Cultivos biofortificados

Dr. Brian Hilton

El Dr. Brian Hilton investigó y promovió los cultivos biofortificados durante más de 20 años. Brian trabajó como parte de un equipo que hacía pruebas con las primeras variedades de batata anaranjada en Mozambique en 2002. Posee 25 años de experiencia de trabajo con agricultores en Indonesia, Chad y Mozambique. Brian trabaja actualmente con Visión Mundial (World Vision) Australia, coordinando las redes de biofortificación de Visión Mundial con instituciones de CGIAR que siembran cultivos biofortificados y con HarvestPlus cuyo mandato es llegar a 1000 millones de personas con alimentos biofortificados para 2030.

Introducción: Deficiencias de micronutrientes

Se estima que dos mil millones o más de personas sufren de 'hambre oculta', la carencia de los micronutrientes necesarios para el crecimiento y la buena salud. En los niños de corta edad, la deficiencia de micronutrients provoca desnutrición, que resulta en daño cognitivo permanente. Los niños desnutridos nunca alcanzan a sus compañeros mejor alimentados, lo que resulta en toda una vida de mala salud y menor productividad. Esto es una gran preocupación.

La deficiencia de micronutrientes más común es la de hierro. Más del 30% de la población mundial – cerca de dos mil millones de personas– está anémico (una condición sintomática de la deficiencia de hierro). La anemia contribuye al 20% de las muertes maternas (OMS 2017a). Otra deficiencia común de micronutrientes es la deficiencia de vitamina A, una causa común de ceguera prevenible y un factor de riesgo para el aumento de la gravedad de las enfermedades infecciosas y de la mortalidad. Se estima que 250 millones de niños tienen deficiencia de vitamina A y cada año, un estimado de 250,000 a 500,000 quedan ciegos debido a esa deficiencia. Más de la mitad de estos niños muere en el término de un año después de perder su vista (OMS 2017a). La deficiencia de zinc es otra preocupación; más de 116,000 niños mueren cada año debido a eso, y un estimado 17% de la población mundial está en riesgo de una ingesta inadecuada de zinc (HarvestPlus 2017).

Científicos y gobiernos se han ocupado de las deficiencias de micronutrientes con programas de suplementos de vitaminas y minerales, y con programas de fortificación de alimentos donde los molineros y procesadores agregan vitaminas a la comida. Estos programas han sido baratos y efectivos, pero puede haber brechas de cobertura. Los programas de fortificación de alimentos tienen una

cobertura decente en áreas urbanas donde las personas compran alimentos fortificados procesados, pero son menos efectivos en áreas rurales donde las familias no compran mucha comida.

La diversidad de la dieta es el mecanismo ideal para ocuparse de las deficiencias de micronutrientes, pero es muy difícil de lograr en los países donde trabajamos debido a la pobreza, estaciones secas prolongadas o áreas de tierra diminutas. Por ejemplo, el hierro hémico (derivado de fuentes de origen animal) es más fácil de absorber que el hierro no hémico (derivado de fuentes de origen vegetal). Esto es problemático, porque cuanto más pobre es la población menos carne come y menos diversa es la dieta. Por todas estas razones, la mayoría favorece un enfoque combinado de suplementos vitamínicos, fortificación, diversidad de la dieta y biofortificación, en lugar de utilizar un solo enfoque para ocuparse de la deficiencia de micronutrientes.

Biofortificación

Figura 1. Productor zambiano mostrando maíz híbrido provitamina A a la izquierda, versus el híbrido convencional a la derecha. *Fuente: Brian Hilton*

La biofortificación es el proceso de fitomejora de cultivos para logar un mayor contenido nutricional o mayor densidad de nutrientes. Durante las crisis económicas, las personas tienden a recortar las compras de alimentos no básicos caros como carne, frutas y verduras (Bouis 2011). Esto hace que los alimentos básicos como el trigo, el arroz, el maíz, los frijoles y la yuca sean buenos blancos de los programas de biofortificación pues sabemos que los más pobres y desnutridos comerán estos alimentos incluso en los tiempos difíciles.

Los fitomejoradores convencionales han utilizado dos vías para biofortificar cultivos: 1) encontrar variedades de plantas que muestren pigmentos de β caroteno y 2) encontrar raíces fuertes que sean más eficientes en la absorción de hierro y zinc. Cuando se quiera abordar deficiencias de vitamina A, los fitomejoradores cruzan con variedades que espersan los pigmentos naranja de la planta (β caroteno) como los que se encuentran en el maíz de la India o en las batatas dulces. Al seleccionar las raíces más fuertes, los fitomejoradores pueden clasificar variedades según un contenido alto de hierro y zinc y luego cruzan estas variedades con plantas que tienen características de alto rendimiento. Cuando los fitomejoradores investigan por qué los primeros cultivos acumulan más hierro y zinc, usualmente encuentran que las raíces están mejores capaces para extraer minerales del suelo. Las plantas mejoran su capacidad para extraer nutrientes al bombear ácidos orgánicos en la rizofera para dissolver y aumentar la ingesta de hierro y zinc por las raíces de las plantas. Debido a la similitud entre los cationes Fe2+ y Zn2+, los cultivos que son biofortificados con zinb tambi{en son biofortificados con hierro (aunque a un menor grado) y vice versa. Los frijoles altos en hierro promovidos en Burundi son un 70% más altos en hierro, pero también un 40% mayores en zinc que los frijoles normales. El trigo alto en zinc en Pakistán también es alto en hierro.

Esto me lleva a los estándares. Cuando observamos el contenido de micronutrientes de un cultivo, a menudo podemos ver un gran rango que se amplía aún más por los distintos tipos de suelos, lugares y climas. HarvestPlus (http://www.harvestplus.org/node/553) es una organización internacional en el Sistema CGIAR que fija los estándares meta para los cultivos biofortificados (es decir, el aumento en la concentración de un nutriente en particular debe estar por encima de cierto umbral para cumplir con los estándares meta). Por ejemplo, el contenido de hierro de línea base de los frijoles es de 50 ppm, con una meta de 94 ppm para los frijoles biofortificados. Hace dos años yo estaba entusiasmado acerca del apoyo a un proyecto para promover un nuevo frijol rico en hierro en un país africano, cuando miembros de HarvestPlus me recordaron amablemente que la variedad de frijol en mi propuesta tenía solamente 63 ppm de hierro y que no cumplía con las metas de biofortificación. Este era un buen punto. Para realmente hacer una diferencia en nutrición, los cultivos biofortificados deben ser mucho más ricos en micronutrientes –usualmente un 70% más ricos.

La fitoreproducción es un trabajo difícil. Los fitomejoradores seleccionan muchas características distintas, incluyendo alto rendimiento, resistencia a las plagas, tolerancia a la sequía, tamaño del grano y sabor. Estos científicos a menudo se encuentran bajo intensa presión, especialmente para aumentar la resistencia de los cultivos a la sequía. Añadir un parámetro como los aumentos en la nutrición incrementa su carga de trabajo de manera exponencial, de modo que usted puede imaginarse que no todos los fitomejoradores están emocionados por este nuevo reto. En mi experiencia, las mujeres científicas con las que he trabajado apoyan mucho más la biodiversificación que los hombres, debido a que las mujeres entienden mejor la importancia de la nutrición. En cambio, algunos fitomejoradores, cuando se les presenta el catálogo de líneas de investigación de los centros CGIAR, simplemente escogen las semillas que tienen rendimientos más altos o las más grandes sin pensar en el factor nutrición. HarvestPlus está tratando de cambiar esto ganando los corazones y mentes de los fitomejoradores en este

gran debate, a través de talleres, conferencias, y apoyo a programas nacionales de fitomejora que hacen pruebas con cultivos biofortificados.

Figura 2. Siete tipos de frijol rico en hierro en Burundi, incluyendo la judía común y judía de vara. En las distintas regiones se prefieren colores diferentes. *Fuente: Brian Hilton*

La biofortificación puede aumentar los niveles de nutrientes lo suficiente como para mejorar la nutrición humana sin reducir el rendimiento. Yo trabajo principalmente en países muy pobres como Burundi, Mozambique, Bangladesh, y Timor Oriental donde no se han introducido muchas variedades nuevas en tiempos recientes. En Burundi, frijoles nuevos ricos en hierro están rindiendo un 30% más que los frijoles convencionales porque ha habido muy pocas liberaciones previas. Las nuevas variedades de batata naranja van a liberarse en Burundi en 2017, la última variedad de batata blanca fue liberada en 1988 de manera que hay una buena oportunidad para que las nuevas variedades de batata naranja (que fueron desarrolladas para características que incluyen un rendimiento más alto) tengan un mucho mejor rendimiento que la batata blanca local. Con el maíz híbrido naranja provitamina A (rico en β-caroteno, el precursor de la vitamina A) en el sur de África, los rendimientos todavía son más bajos comparados con otros maíces híbridos, pero la diferencia en rendimiento va disminuyendo con el tiempo en la medida que aparecen nuevas variedades provitamina A.

Cultivos biofortificados

Se han liberado muchos cultivos biofortificados. Abordaaré unos cuantos de los realmente más emocionantes (además ver Tabla 1). La batata naranja, la yuca amarilla y el banano naranja proporcionan provitamina A. El trigo rico en zinc y el arroz rico en zinc mejoran el acceso a los minerales importantes y se promueven donde la deficiencia de zinc es alta. El mijo rico en hierro, los frijoles ricos en hierro y las lentejas ricas en hierro ayudan a prevenir la anemia causada por deficiencia de hierro. Estos cultivos han aparecido esporádicamente en toda África, Sudamérica y Asia, en la medida en que tanto fitomejoradores como gobiernos se han interesado en ellos.

Semillas de las variedades mencionadas en la Tabla 1 deben estar disponibles en los respectivos departamentos nacionales de agricultura o en las empresas de semillas de un país. Muchas de estas variedades están disponibles, pero no han sido bien promocionadas. Observe que varias de estas (banano, yuca y batata) pueden propagarse vegetativamente, lo que resulta en clones que retienen el estatus rico en nutrientes de las plantas originales.

Para encontrar una lista más extensa de cultivos básicos biofortificados visite http://www.harvestplus.org/sites/default/files/publications/HarvestPlus_BiofortifiedCropMap_2016.pdf (http://www.harvestplus.org/sites/default/files/publications/HarvestPlus_BiofortifiedCropMap_2016.pdf)

Tabla 1. Cultivos biofortificados que han sido o serán liberados. (los cultivos listados aquí son todos reproducidos convencionalmente).

Cultivo	Países liberados	Países en etapa de prueba y cerca de liberar	Estrategia de propagación	¿Pueden los productores pueden almacenar sus propias semillas?
Maíz Provitamina A	Zambia, RDC, Zimbabue	Muchos	Semilla	No, es mejor comprar nuevas semillas cada año
Batata naranja	Muchos		Vegetativo (esquejes)	Sí (esquejes)
Arroz rico en zinc	India, Bangladesh	En etapas tempranas en muchos países asiáticos	Semilla	Sí
Trigo rico en zinc	Paquistán	Bangladesh, Afganistán	Semilla	Sí
Yuca amarilla	Nigeria, RDC	Ghana, Sierra Leona	Vegetativo (esquejes)	Sí (esquejes)
Frijoles ricos en hierro	Uganda, Rwanda, Burundi, México	Muchos países en el este y el sur de África	Semilla	Sí
Lentejas ricas en hierro	Nepal, Bangladesh		Semilla	Sí
Mijo perla rico en hierro	India	Paquistán, África occidental	Semilla	Sí

La mayor parte de los cultivos parece ser de autopolinización o solo parcialmente de polinización cruzada, hacienda más fácil para los productores mantener sus variedades a través del almacenamiento de semillas. Los productores en nuestros programas están almacenando trigo, arroz, cacahuates, frijoles, sorgo, caupí, guandú, soya, etc. El trigo ese n su mayoría de autopolinización antes de que abran las flores, algunos pueden tener polinización cruzada por el viento, pero el polen es tan pesado que generalmente no viaja muy largo. El sorgo tiene solamente

alrededor del 5% de cruzamiento natural así que la semilla mantiene su pureza por varios años. Aún así, para los cultivos propagados por semilla en la Tabla 1 la mejor manera de mantener la característica rica en nutrientes en cada variedad es comprar regularmente semilla de suplidores locales. La inversión generalmente es compensada por los mayores ingresos que permitirá el uso de semilla de calidad. Aún si una variedad es conocida por ser de autopolinización los productores probablemente deberían comprar semilla nueva cada cuatro o cinco años. Esto reduce los riesgos de contaminación por parte de virus transmitidos por la semilla y polen de variedades no fortificadas; los cultivos de polinización cruzada son más susceptibles a la contaminación que los cultivos de autopolinización pero el cruzamiento natural (a menudo a través de la actividad de insectos) ocurre incluso en cultivos de autopolinización. El maíz provitamina A es un híbrido y está disponible solamente a través de las empresas de semillas; es mejor comprar semilla de maíz híbrido cada año ya que la polinización cruzada y la descomposición de la variedad ocurren en las siembras subsiguientes.

Los cultivos biofortificados pueden tener características visibles o invisibles. El maíz provitamina A es visiblemente color naranja, de manera que los productores pueden identificar qué es lo que tienen. El color del maíz nsima (gachas) también es de un color naranja pero más claro; es un color agradable pero en la mayoría de culturas tomará un tiempo acostumbrarse a éste. Puede ser necesario algún tipo de cambio de comportamiento. En Mozambique pude seguir fácilmente la distribución de la batata naranja en nuevos poblados debido a que sus características eran visibles.

Los cultivos más ricos en minerales poseen características invisibles—no es obvio a la vista que estos cultivos sean más nutritivos. Estos cultivos con características invisibles pueden aumentarse muy rápido, pero los productores que los cultivan a menudo no saben que son más nutritivos. En vez de esto puede que los productores los cultiven debido a sus mayores rendimientos. Yo llamo a esto 'nutrición oculta.' Personalmente a mí me gusta ver los aumentos de los cultivos biofortificados acompañados de proyectos de nutrición donde madres y padres pueden aprender sobre nutrición. El conocimiento nutricional es ciertamente empoderador.

Medición del impacto

El Íncide de Prioridad de Biofortificación (BPI por sus siglas en inglés) evalúa los impactos de siete cultivos biofortificados en 127 países. Los impactos se estiman en base al número de personas cultivando y consumiendo el cultivo determinado en cada país, junto a la gravedad de la deficiencia de micronutrientes que el cultivo está tratando (Asare-Marfo *et al.* 2013).

El Informe Global sobre Nutrición 2016 (p. 18) observa que los retornos sobre la inversión en las intervenciones nutricionales son 16 veces mayores que lo invertido debido a que los impactos en las madres y niños de corta edad se multiplican durante sus vidas. He estado haciendo proyectos de agricultura por 30 años y todavía tengo que encontrar proyectos que tengan un mayor impacto por dólar que el escalamiento up de los cultivos biofortificados. Considere el nuevo trigo alto en zinc (y alto en hierro) en Paquistán llamado Zincol 2016 (Figura 3). 200 millones

de consumidores de pan viven en Paquistán; usted puede imaginar el impacto que este cultivo podría tener en una población deficiente en hierro y zinc. Este trigo rico en zinc estaría clasificado en un alto lugar en el BPI.

Figura 3. Trigo Zincol 2016 en Paquistán. Brian Hilton con el Reproductor de Trigo de HarvestPlus Yacub Mujadin. *Fuente: Brian Hilton*

Ingeniería genética

En la medida que la ingeniería genética se vuelve más ampliamente aceptada, habrá disponibilidad de más y mejores cultivos fortificados. La ingeniería genética involucra un proceso de insertar AND en una planta. La la fitoproducción convencional (cruce de dos variedades) necesita de muchas generaciones de cruces. Aún si el gen deseado ha sido identificado en una variedad silvestre de una planta de cultivo dentro de la misma especie, no hay garantía de que un fitoproductor será capaz de llevarlo al cultivo domestico a través de cruces. La ingeniería genética ofrece un enfoque más rápido y más directo para llevar ese gen. La modificación genética entre las plantas de la misma especie se llama cisgénesis. Los fitoproductores también pueden introducir nuevos genes en plantas transfiriendo genes provenientes de otra especie; a esto se le llama transgénesis.

Golden Rice (http://www.goldenrice.org/Content2-How/how1_sci.php) es un ejemplo de un cultivo transgénico que se practica en Bangladesh y las Filipinas. Dos genes, uno de un narciso y el otro de una bacteria del suelo, fueron introducidos para permitir que el arroz sintetice el β-caroteno en el grano. Esto ha sido muy emocionante para los nutricionistas; las deficiencias de micronutrientes son una amenaza para la vida en las Filipinas, y la modificación genética (MG) aumenta el rango de cultivos que pueden ser biofortificados y reduce el tiempo necesario para que los programas nacionales de reproducción liberen estos cultivos. La MG también ofrece a los científicos más rutas para llegar a cultivos biofortificados. Los genes insertados en el golden rice activan el mecanismo para sintetizar el β-caroteno en el grano. Los genes insertados en el arroz rico en hierro (próximamente a la disponibilidad) desactivan el mecanismo de la planta para alcanzar la saciedad de hierro, de manera que la planta siempre está tratando de absorber más hierro.

Después del *golden rice*, el arroz rico en hierro y el trigo rico en hierro serán la próxima generación de cultivos fortificados MG; de hecho, estos cultivos se encuentran en etapas avanzadas en el proceso. Lo que atrasará su llegada en la mayor parte del mundo serán las políticas nacionales de los gobiernos que regulan el uso de cultivos MG. La transgénesis inquieta a algunas personas que se preocupan sobre problemas no deseados en la inocuidad de los alimentos y en el cruce natural de cultivos genéticamente modificados con cultivos convencionales y con parientes silvestres. Sin embargo, las preocupaciones sobre la seguridad de los cultivos transgénicos necesitan ser balanceadas con respecto a los beneficios que esos cultivos podrían producir en poblaciones meta extremadamente pobres. Aquí es donde se encuentra otro gran debate, sobre el cual cada quien parece tener una fuerte opinión. Una opinión que no se escucha frecuentemente en los debates es la de los desnutridos pobres que serían los más beneficiados con estos cultivos.

[Editores: Para mantenernos dentro de nuestras áreas de fortalezas, los recursos de semillas de ECHO se enfocan en OPV - Organismos modificados no genéticamente, en particular de plantas alimenticias subutilizadas.]

Conclusión

Figura 4. Las batatas naranja han sido introducidas en las dietas de los niños en Mozambique. *Fuente: Brian Hilton*

La lista de cultivos biofortificados disponibles crece constantemente. Si usted está promoviendo cultivos tales como frijoles o lentejas, las nuevas variedades biofortificadas ricas en hierro podrían estar disponibles en su país.

Yo utilizo cultivos biofortificados como un punto focal para hacer que los donantes inviertan en la agricultura integrada y en proyectos de nutrición. A comienzos de mi carrera estaba interesado en ayudar a los productores en el Chad y Mozambique a obtener altos rendimientos aumentar sus ingresos y salir de la pobreza. Estos productores eran principalmente empresarios y hombres en su mayoría. Con seguridad, esos productores empezaron muy pobres y se ha logrado avanzar mucho. Sin embargo, ahora voy más adentro en las comunidades y busco familias con niños desnutridos, los tipos de productores que no asisten muy a menudo a las reuniones comunitarias. Trabajo con otros para mejorar sus conocimientos en nutrición y para ayudarles a

las madres a aumentar sus habilidades en cuidado infantil y en prácticas de alimentación. En muchos aspectos esto ha sido difícil, pero tal como expresa el Informe Global sobre Nutrición, llegar a estos productores y ayudar a sus niños a recuperarse de la desnutrición puede tener impactos grandes y duraderos. Promover cultivos fortificados puede ser una parte importante en el mejoramiento de la nutrición.

Referencias

Asare-Marfo, D., E. Birol, C. Gonzalez, M. Moursi, S. Perez, J. Schwarz, and M. Zeller. 2013. Prioritizing countries for biofortification interventions using country-level data. *HarvestPlus Working Paper No. 11*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Bouis, H. 2011. Rising Food Prices Increase Hidden Hunger. [ONLINE] Available at: http://www.harvestplus.org/node/553 (http://www.harvestplus.org/node/553). [Accessed 7 December 2016].

HarvestPlus. 2017. *Nutrition*. [ONLINE] Available at: http://www.harvestplus.org/what-we-do/nutrition (http://www.harvestplus.org/what-we-do/nutrition). [Accessed 21 February 2017].

International Food Policy Research Institute, *The Global Nutrition Report* 2016. p 18.

The Golden Rice Project. 2017. *The Science Behind Golden Rice*. [ONLINE] Available at: http://www.goldenrice.org/Content2-How/how1_sci.php (http://www.goldenrice.org/Content2-How/how1_sci.php). [Accessed 21 February 2017].

World Health Organization. 2017a. Iron deficiency anaemia. [ONLINE] Available at: http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/ (http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/). [Accessed 21 February 2017].

World Health Organization. 2017 b. *Vitamin A deficiency*. [ONLINE] Available at: http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/ (http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/). [Accessed 21 February 2017].

© 2017 ECHO Inc.