

Cultivos infrautilizados, cambio climático y un nuevo paradigma para la agricultura

David E. Williams

Programa de Agricultura, Recursos Naturales y Cambio Climático,
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica

LA PROBLEMÁTICA

La adaptación de la agricultura al cambio climático puede ser el desafío más importante que enfrentará la humanidad en las próximas décadas. Aunque el cambio climático amenaza a todos los sectores de la sociedad, ninguno es más susceptible que el sector agrícola, donde el impacto es inmediato y con consecuencias potencialmente catastróficas para la sociedad. La velocidad del cambio climático actual está acelerándose a un ritmo sin precedentes. Los modelos meteorológicos pronostican regímenes de altas temperaturas y alteraciones radicales en los patrones de precipitación que jamás se han visto en la historia de la agricultura. Sin embargo, los modelos no proporcionan –ni pueden proporcionar– un nivel de resolución o confiabilidad que nos permita saber exactamente cómo va a ser el clima en determinado país, territorio o región dentro de 5 o 10 años, y mucho menos dentro de 50 o 100 años. Sin embargo, los modelos climáticos nos permiten vislumbrar la escala, la naturaleza y la probable distribución general de los cambios que podemos anticipar en el futuro próximo y medio. De lo que tenemos certeza es que sí vamos a ver cambios en el clima, y que van a ser grandes.

Queda claro que los cambios climáticos van a ser lo suficientemente grandes para que nos

veamos obligados a hacer cambios igualmente grandes en nuestros sistemas agrícolas para seguir alimentando a una población humana que sigue en aumento.

Será necesario modificar –quizás radicalmente– los sistemas productivos, incluyendo los cultivos en los que estos sistemas están basados.

Tenemos que reconocer y aceptar que en muchos lugares del mundo los actuales sistemas

La adaptación de la agricultura al cambio climático puede ser el desafío más importante que enfrentará la humanidad en las próximas décadas. Aunque el cambio climático amenaza a todos los sectores de la sociedad, ninguno es más susceptible que el sector agrícola, donde el impacto es inmediato y con consecuencias potencialmente catastróficas para la sociedad



productivos dejarán de ser viables en el futuro, poniendo en duda la seguridad alimentaria local, si no mundial. Si pretendemos evitar hambrunas masivas y las consecuencias económicas, sociales y políticas que las acompañarán, nos vemos obligados a adoptar un nuevo paradigma para la agricultura que incluye cultivos “nuevos” y nuevos sistemas de producción que tengan la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, y que sean resilientes a eventos meteorológicos impredecibles.

Se sitúa cultivos “nuevos” entre comillas porque no existe, y probablemente no va a existir, un número significativo de cultivos nuevos en

el futuro próximo. En realidad, prácticamente todos los cultivos de los que depende la humanidad moderna fueron domesticados en tiempos prehistóricos. A pesar de los impresionantes avances en nuestro conocimiento de la genética y de las ciencias agrícolas, no hemos logrado domesticar nuevas especies en tiempos modernos, con muy pocas excepciones. Solamente hemos podido mejorar y explotar más eficientemente las mismas especies cultivadas que son la herencia de nuestros ancestros neolíticos.

El cambio climático no es nada nuevo para la agricultura. De hecho, los procesos iniciales de

Physalis peruviana.
Foto: K. Williams.

Si pretendemos evitar hambrunas masivas y las consecuencias económicas, sociales y políticas que las acompañarán, nos vemos obligados a adoptar un nuevo paradigma para la agricultura que incluye cultivos “nuevos” y nuevos sistemas de producción que tengan la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, y que sean resilientes a eventos meteorológicos impredecibles

la domesticación de plantas y el origen de la agricultura, coincidieron precisamente con el cambio climático mundial correspondiente al calentamiento global que marcó el final de la última glaciación (la Wörm), hace aproximadamente 10 000 años. Fue entonces cuando, en diferentes lugares del mundo, los seres humanos –en respuesta al clima cambiante– empe-

zaron a intensificar sus interacciones con algunas especies silvestres, iniciando su proceso de domesticación. A través de muchas generaciones, la relación coevolutiva entre los humanos y aquellas plantas fue cada vez más intensiva hasta que las plantas quedaron genéticamente modificadas hasta tal grado que se volvieron totalmente dependientes a los agro-hábitats creados por aquellos agricultores incipientes y llegaron a formar una parte inseparable de la supervivencia y bienestar de las sociedades humanas. Así fue el origen de los primeros cultivos y de la agricultura, lo que a su vez permitió el establecimiento de asentamientos humanos permanentes y desencadenó el desarrollo de la civilización.

Al pasar por el “umbral” genético de la domesticación, las plantas sufrieron cambios genéticos importantes y en muchos casos irreversibles, incluyendo la capacidad de sobrevivir y reproducirse sin la intervención humana. El conjunto de los cambios genéticos asociados con la domesticación las transformó en plantas expresamente adaptadas al agro-hábitat y a la producción de órganos comestibles de mayor tamaño y cantidad. Al mismo tiempo, las plantas domesticadas pierden otras características necesarias para sobrevivir y reproducirse en condiciones silvestres. Entre los cambios típicos que experimentaron las plantas domesticadas, se pueden enumerar los siguientes:

Cambios morfo-fisiológicos asociados con la domesticación de plantas

Rasgos domesticados adquiridos	Rasgos silvestres perdidos
Germinación uniforme de las semillas	Latencia de las semillas, germinación escalonada
Tamaño aumentado del órgano consumido	Mecanismo de dispersión de las semillas
Frutos persistentes	Frutos dehiscentes
Frutos inermes, agradables, nutritivos	Frutos con espinas, tóxicos, amargos, hediondos
Autopolinización	Polinización cruzada
Hábito de crecimiento determinado	Hábito de crecimiento indeterminado
Tendencia hacia ciclo anual	Tendencia a ser perenne
Tendencia a poliploidismo	Tendencia a ser diploides

Fuente: Schwanzitz 1966.



Una vez domesticadas, y a través de los subsiguientes siglos de su dispersión por el mundo, estos cultivos fueron diversificándose y adaptándose a los nuevos ambientes bióticos, abióticos y culturales, culminando en la rica diversidad genética que hoy en día conocemos. Esta diversidad genética representa la materia prima para el mejoramiento de los cultivos y constituye la base biológica de la adaptabilidad de la agricultura a nuevas condiciones y demandas.

ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN

Para adaptarse al cambio climático, el agricultor tiene diferentes opciones (y combinaciones de ellas) para modificar su sistema actual y

continuar produciendo alimentos en un lugar determinado:

- a) Manejar el agro-hábitat
 - Por ejemplo: aplicación de riego, fertilizantes, pesticidas y plaguicidas; labranza mínima, manejo integral de plagas; agricultura protegida (invernaderos), etc.
 - Estas opciones tienen sus limitaciones: costo, disponibilidad, acceso
- b) Manejar la agro-biodiversidad cultivada
 - Cambiar la variedad o el cultivo con otro mejor adaptado.

Si el agricultor no logra adaptar su sistema productivo a las nuevas condiciones climáticas, se verá obligado a encontrar otra fuente de ingresos o de subsistencia, o abandonar el lugar. Foto: K. Williams.



El autor del artículo junto a unos cultivos de huauzontle. Foto: K. Williams.

- Incrementar la adaptabilidad de los cultivos aumentando la diversidad genética infra-específica (diferentes razas y variedades); la heterogeneidad intra-poblacional y/o la plasticidad de la variedad (> efecto GxA).
- Aumentar la adaptabilidad del sistema productivo aumentando la diversidad inter-específica (número de especies cultivadas) en el sistema.
- La diversificación genética confiere resiliencia al sistema productivo, es decir,

aumenta su capacidad de recuperarse de diferentes presiones ambientales y permite el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos y evolutivos (adaptativos) que la diversidad ofrece. Los procesos de adaptación y resiliencia pueden ser guiados y optimizados por los agricultores mismos, mediante conocimientos tradicionales, científicos, o una combinación de los dos.

La agricultura es un proceso biológico, inducido por los seres humanos, que se desarrolla al aire libre y depende enteramente de condiciones ambientales favorables: suelo, humedad, temperatura, radiación solar, y la ausencia de plagas y enfermedades, así como en la capacidad de los cultivos para resistir o tolerar ciertas variaciones en estos factores.

La inevitabilidad del cambio climático atenta contra los actuales sistemas agrícolas y representa una amenaza directa a la seguridad alimentaria mundial. Si el agricultor no logra adaptar su sistema productivo a las nuevas condiciones climáticas, se verá obligado a encontrar otra fuente de ingresos o de subsistencia, o abandonar el lugar. Para la mayoría de los agricultores pequeños y medianos del mundo, la eventualidad de no poder adaptarse implicaría hambruna, desestabilidad social y económica, y migraciones masivas desde las zonas rurales hacia las ciudades.

Para adaptar los sistemas productivos al cambio climático, es preciso contar con los elementos básicos para poder responder a las nuevas condiciones de producción. El elemento más básico para la adaptabilidad de la producción es el aprovechamiento de la diversidad genética que existe dentro de las especies cultivadas.

DIVERSIDAD GENÉTICA: EL FUNDAMENTO DE LA ADAPTACIÓN

Tal y como Charles Darwin (1859, 1868) nos explicó con tanta elegancia, la diversidad es la base sobre la cual la selección de los mejor

adaptados puede ocurrir para permitir la evolución de las especies y de los cultivos. Este principio fundamental de la biología evolutiva rige igual para las especies silvestres como para las domesticadas. Para que las plantas cultivadas y los agroecosistemas puedan evolucionar y adaptarse exitosamente al cambio, es imprescindible contar con una amplia diversidad genética.

Se calcula que existen unas 30 000 especies de plantas silvestres que son comestibles, y unas 7 000 especies que tienen algún registro de uso humano para la alimentación (FAO 1997). Aunque representan una gran diversidad de plantas comestibles, existe muy poca información sobre las propiedades nutritivas, características agronómicas y potencial de aprovechamiento para la gran mayoría de estas especies silvestres.

Ante los urgentes desafíos para la agricultura que la creciente población mundial y el cambio climático ya están presentando, sería prudente en términos prácticos concentrar nuestras atenciones en la diversidad de las especies domesticadas, las que ya han pasado por el proceso co-evolucionario y mayormente irreversible de la *domesticación*. Aunque no es fácil llegar a una definición suficientemente rígida para poder enumerar con precisión todas las plantas verdaderamente o completamente domesticadas, podemos pensar en un número que no pasa de las 500 especies. A estas plantas domesticadas las llamamos *cultígenos*. Cada especie domesticada representa un triunfo de la creatividad humana, logrado por generaciones de agricultores prehistóricos durante siglos de selección y adaptación.

Por suerte, 500 cultígenos suponen un amplio abanico de especies domesticadas. Pero solamente estamos aprovechando plenamente una pequeña fracción de éstas. Nuestra cartera actual de especies agrícolas incluye no más de 150 cultivos de importancia comercial y con amplia distribución y consumo, de los cuales 30 cultivos “básicos” proveen un 90% de las calorías consumidas alrededor del mundo, mien-

tras solamente tres cultivos (arroz, trigo y maíz) suministran más de la mitad de las calorías consumidas (FAO 1997). Casi todo el resto de los cultígenos, sumando unas 200 a 300 especies, puedan considerarse cultivos marginados o infrautilizados. Por la poca atención que han recibido de la comunidad científica, muchos de estos cultivos marginados están sufriendo una erosión lamentable de su diversidad y algunos están en peligro de perderse. Aunque a menudo se menciona la importancia de los recursos genéticos para la sostenibilidad de la agricultura, seguimos descontando y descuidando los cultivos infrautilizados que conforman un importante porcentaje –mucho más del 50%– de la totalidad de la agrobiodiversidad domesticada disponible.

LAS VENTAJAS DE LOS CULTIVOS INFRAUTILIZADOS

Los numerosos cultivos infrautilizados ofrecen interesantes opciones para la adaptación de la producción a nuevas condiciones climáticas, por lo que pueden jugar un papel clave en la agricultura del futuro. Una de las potencialidades notables de los cultivos infrautilizados reside en su gran número, que en sí representa una amplia oportunidad de encontrar cultivos adaptados a diferentes condiciones y para satisfacer diferentes propósitos y gustos. Las ventajas que estos cultivos ofrecen incluyen su pre-adaptación a condiciones marginales o extremas de temperatura, humedad, suelo, viento y altura, y su resistencia a plagas y enfermedades. Muchos cultivos infrautilizados cuentan con una amplia diversidad infra-específica que les da mayor potencial para la obtención de variedades adaptadas a diferentes condiciones ambientales, y para satisfacer diferentes necesidades de la población humana.

El uso de cultivos infrautilizados está típicamente restringido a áreas geográficas marginadas donde grupos étnicos o campesinos conservan un importante cuerpo de conocimientos tradicionales acerca de las variedades locales, su manejo agronómico, y los múltiples usos y

Los numerosos cultivos infrautilizados ofrecen interesantes opciones para la adaptación de la producción a nuevas condiciones climáticas, por lo que pueden jugar un papel clave en la agricultura del futuro

propiedades culinarias, nutricionales, medicinales y culturales que poseen.

Muchos cultivos que hoy en día están considerados infrautilizados eran cultivos de gran importancia en tiempos anteriores, y por diferentes razones históricas –entre ellas los efectos disruptivos de la conquista y la colonización europea– su cultivo fue suprimido o reemplazado por cultivos introducidos, y en la actualidad estos cultivos han caído en relativo desuso (Hernández y León 1994). Ejemplos notables incluyen la quinua y el amaranto, que fueron cultivos importantes para las civilizaciones prehispánicas andinas y mesoamericanas, respectivamente. Algunos de estos cultivos suprimidos han experimentado un resurgimiento en los últimos años y han recuperado en cierto grado una producción y consumo más generalizado. Sin embargo, el potencial de los cultivos infrautilizados para hacer un aporte significativo a la seguridad alimentaria mundial y a la adaptación de los sistemas productivos al cambio climático, aun está por realizarse.

Los cultivos infrautilizados confieren resiliencia a sistemas diversificadas, como son los huertos familiares; los policultivos tradicionales (por ej. las *milpas* de Mesoamérica, los *conucos* del Caribe, y las *chacras* de la zona andina); así como los sistemas agroforestales y agrosilvopastorales. En estos sistemas diversificados, los cultivos infrautilizados contribuyen no solamente a la diversidad y sostenibilidad de los sistemas, sino también a la seguridad alimentaria, la nutrición y la salud, la identidad cultural, crean nuevas fuentes de

trabajo y fortalecen el bienestar general de los territorios rurales.

EL QUEHACER DEL IICA HACIA UN NUEVO PARADIGMA PARA LA AGRICULTURA

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es la institución designada del Sistema Interamericano para atender a las necesidades de los países del hemisferio en el sector agrícola. Como parte del quehacer del IICA está proveer y promover soluciones a los problemas agrícolas sobresalientes a los que se enfrentan nuestros países miembros, siendo el cambio climático una de los problemas emergentes de mayor preocupación. Para enfrentar las amenazas que el cambio climático presenta a la agricultura, estamos priorizando la conservación y aprovechamiento de la rica agrobiodiversidad de las Américas como un recurso natural clave y una ventaja comparativa para lograr la sostenibilidad de la agricultura y la seguridad alimentaria de sus pueblos ante el cambio climático.

Consideramos además que la extraordinaria diversidad de cultivos nativos de las Américas (incluyendo los cultivos infrautilizados) brindará beneficios importantes para agricultores en otros continentes, donde la adopción de cultivos neotropicales ya ha contribuido significativamente a las dietas y los sistemas productivos. Esto es especialmente relevante para los pueblos africanos y asiáticos donde la necesidad de acceder a nuevos recursos fitogenéticos neotropicales solo puede aumentar ante las demandas de una población creciente y las exigencias del cambio climático.

Por sus características de adaptabilidad y resistencia, los cultivos infrautilizados puedan realizar su potencial contribuyendo al establecimiento de un nuevo paradigma de agricultura climáticamente inteligente que incorpora el manejo integral de los recursos naturales. Una de las características fundamentales de este nuevo paradigma es la incorporación de los cultivos subutilizados, aprovechando su amplia diver-



El uso de cultivos infrautilizados esta típicamente restringido a áreas geográficas marginadas donde grupos étnicos o campesinos conservan un importante cuerpo de conocimientos tradicionales acerca de las variedades locales.

sidad genética tanto interespecífica (cultígenos) como intraespecífica (razas y variedades).

Obviamente, el nuevo paradigma tendrá diferentes modalidades y aplicaciones según las condiciones y necesidades particulares de los diferentes países y regiones. Entre las modalidades previstas para introducir y probar el nuevo paradigma agrícola en las Américas, se pueden mencionar las siguientes áreas de acción:

- Aprovechamiento, reintroducción y promoción de cultivos nativos infrautilizados adaptados a condiciones marginales.
- Aprovechamiento, reintroducción y promoción de razas y variedades criollas de cultivos mayores (por ej., maíz, papa, frijol, etc.) adaptadas a condiciones marginales.
- Reconocimiento y fortalecimiento de los sistemas informales de semillas.
- Reconocimiento, rescate y fortalecimiento de sistemas tradicionales diversificados (milpas, chacras, conucos, huertos familiares, etc.) donde los factores culturales y los conocimientos ancestrales apoyarán el uso y manejo sostenible de la agrobiodiversidad existente.
- Un enfoque prioritario en los agricultores pequeños y medianos, agricultores familiares, marginados, indígenas y pobres, para que sus sistemas de producción sean más diversificadas y por ende más resilientes a los achaques del cambio climático.
- Un enfoque prioritario en las zonas áridas y semi-áridas del altiplano central mexicano, del corredor seco centroamericano, y de la región alto-andina de Sudamérica.
- Introducción, ensayo y promoción de cultivos infrautilizados adaptados a condiciones



Especies
infrautilizadas
de Ecuador.

áridas y semi-áridas. Se prestará atención particular a los cultivos con metabolismos fotosintéticos C4 y CAM (que son mucho más eficientes en el uso del agua que la mayoría de los cultivos, que tienen metabolismo fotosintético C3).

- Ejemplos de cultivos infrautilizados con fotosíntesis C3 que muestran potencial para mayor explotación en un mundo más seco y más caliente incluyen la cassava (*Manihot esculenta*), el frijol tépari (*Phaseolus acutifolius*), el gandul (*Cajanus cajan*), la nuez de Bambara (*Vigna subterranea*), y los numerosos cultivos cucurbitáceas (*Cucurbita* spp., *Sechium edule*, etc.).
- Ejemplos de cultivos infrautilizados con fotosíntesis C4 incluyen los amarantos de grano y las quenopodiáceas (quinoa, cañihua, huauzontle).
- Ejemplos de cultivos infrautilizados con fotosíntesis CAM incluyen las cactáceas

(nopales, pitayas y pitahayas), las agaváceas (agaves, magueyes), y las piñas (*Ananas* spp.).

- Promoción del agroturismo en fincas tradicionales donde la gran variedad de cultivos nativos, la cultura agrícola ancestral, y el manejo integral de los recursos naturales serán los principales atractivos.
- Rescate y promoción de tradiciones gastronómicas ancestrales basadas en cultivos nativos y variedades locales.

CONCLUSIONES PRINCIPALES

1. El número de plantas alimenticias domesticadas es grande pero no es infinito, y no pasa de los 500 cultígenos en todo el mundo. Sin embargo, la seguridad alimentaria mundial depende en un número muy reducido de cultivos principales (<100), lo que representa una gran vulnerabilidad para la agricultura,

y aun mayor ante el cambio climático y las tendencias demográficas de la humanidad.

2. La mayoría de las plantas domesticadas siguen siendo poco estudiadas, infrautilizadas, sin programas formales de conservación y mejoramiento, y relegadas a sistemas productivos locales y marginados donde están experimentando erosión genética.
3. Prácticamente todos los cultígenos actuales fueron domesticados en tiempos prehistóricos, y a través de siglos de evolución bajo diferentes condiciones bióticas, abióticas y culturales, han desarrollado un amplio acervo de diversidad genética infra-específica (variedades). Para la mayoría de los cultivos infrautilizados, esta gran diversidad genética está acompañada por un valioso acervo de conocimientos ancestrales acerca de su uso que también está escasamente estudiado, documentado o aprovechado. Para estos cultivos, ambos acervos (genético y cultural) están en vías de perderse, justo en el momento en el que serán de inmenso valor para adaptar la agricultura al cambio climático.
4. Por su gran antigüedad, su alta diversidad, y sus sistemas tradicionales de producción sin insumos externos (riego, fertilizantes, pesticidas), los cultivos infrautilizados están preadaptados a condiciones marginales, por lo que estarán mejor adaptados y serán más resistentes que los cultivos convencionales a las extremidades climáticas y nuevos regímenes de temperatura, precipitación, plagas y enfermedades del futuro.
5. Bajo los escenarios climáticos pronosticados para las próximas décadas, no es realista esperar que el fitomejoramiento, aun con las herramientas de la biotecnología, vaya a tener la capacidad de producir nuevas variedades de los cultivos principales en suficiente cantidad y a la velocidad requerida para sostener los niveles actuales de producción. Es más improbable aún que se domestiquen nuevas especies que puedan responder a los desafíos del cambio climáti-

Por su gran antigüedad, su alta diversidad, y sus sistemas tradicionales de producción sin insumos externos (riego, fertilizantes, pesticidas), los cultivos infrautilizados están pre-adaptados a condiciones marginales, por lo que estarán mejor adaptados y serán más resistentes que los cultivos convencionales a las extremidades climáticas y nuevos regímenes de temperatura, precipitación, plagas y enfermedades del futuro

co. Sería mucho más prudente centrarse en el aprovechamiento y mejoramiento de la gran diversidad de cultivos ya domesticados que han sido desatendidos por la ciencia e infrautilizados por la humanidad.

6. Hace falta adoptar un nuevo paradigma para lograr una agricultura climáticamente inteligente. El nuevo paradigma potenciará y aprovechará la resiliencia, adaptabilidad y capacidad evolutiva de los sistemas diversificados, valiéndose de la amplia agrobiodiversidad existente, así como de los conocimientos ancestrales en combinación con y fortalecidos por la ciencia moderna. ❀

REFERENCIAS

- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species*. John Murray Publishers, London.
- Darwin, C. 1868. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. John Murray Publishers, London.
- FAO. 1997. *First Report of the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO, Rome.
- Hernández Bermejo, J.E. and J. León (eds.). 1994. *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*. FAO, Rome.
- Schwanitz, F. 1966. *The Origin of Cultivated Plants*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Smartt, J. and Simmonds, N.W. (eds.). 1995. *Evolution of Crop Plants* (2nd ed.). Longman Scientific and Technical, Harlow.