



Domesticación en el continente americano

Volumen 2

Investigación para el manejo sustentable
de recursos genéticos en el Nuevo Mundo

Alejandro Casas, Juan Torres-Guevara y Fabiola Parra

EDITORES



Domesticaciones americanas: cuando la recursividad humana con ayuda de algunas plantas hace maravillas contra el peso de la geografía y de la migración original

Daniel G. Debouck

Resumen

Nuestra especie entró en grupos pequeños al continente americano a través de Beringia hace 20-15 000 años. Compartió con Siberia Oriental el chamanismo y con él la búsqueda de plantas y hongos alucinógenos y, como consecuencia, el conocimiento detallado de la flora y el continuo interés por experimentar. Al entrar en el interior del continente americano, nuestra especie contribuyó –por la caza continua– a la extinción de su megafauna. Una alteración climática hace 12 000-10 000 años ('Dryas Joven') obligó a cambiar un patrón de aprovechamiento de recursos naturales, de la cacería a la siembra consciente de las especies de plantas silvestres más buscadas cerca de los asentamientos. El contexto americano es singular por no contar con animales de tiro y pocas herramientas metálicas, llevando a los humanos a convertirse en la principal fuerza laboral. El fuego fue bastante usado para abrir espacios para los cultivos. Más que el cultivo del *ager* predominó el cultivo de una huerta, en donde continuamente se experimentó y se introdujeron plantas de varias partes hasta construir un sistema de policultivo. La necesidad de producir todo en una superficie reducida, contribuyó a su éxito agronómico y nutricional, y a su difusión a través del trópico precolombino. El manejo individual (en la siembra y cosecha) de las plantas tuvo como consecuencia el gigantismo y una variación extraordinaria de formas y colores de frutos y semillas. La propia geografía física propició la diversidad dentro y entre los sistemas. Por lo tanto, en contraste con otras partes del mundo, no se ve un centro de origen de los cultivos neotropicales. Varios de los sistemas agrícolas prehispánicos permitieron el auge demográfico y la especialización social, y desde allí las civilizaciones precolombinas conocidas. Algunos sistemas no pudieron mantener la fertilidad de los suelos o manejar las oscilaciones climáticas del Niño y sus civilizaciones terminaron. El entendimiento de la domesticación de las plantas americanas jamás ha sido tan importante como lo es ahora para seguir garantizando la seguridad alimentaria.

Abstract

Humans entered as small groups into the Americas through Beringia approximately 20-15,000 years ago. Shamanism was shared with eastern Siberia, and with it came the search for hallucinogenic fungi and plants, and thus an in-depth knowledge of the flora and a continuing interest in testing plants. Going southwards, our species contributed to the extinction of the American megafauna. A climate change 12 000 to 10 000 years ago ('Younger Dryas') forced people to change the way natural resources were used from hunting towards the conscious planting of preferred wild species close to the settlements. The American context is a special one given the absence of draft animals and the reduced number of metallic implements, with people being the main work force. Fire has been frequently used to clear the land for planting. Rather than raising plants in a clean open field *ager*, a kitchen-garden was frequently used with continuous trials and introductions from many parts up to building a polycrop system. The need to produce all food and goods from a reduced size land contributed to its agronomical and nutritional success, and therefore its diffusion through the pre-Columbian tropics. The individual handling of plants (namely at planting and harvest) resulted into gigantism and an uncommon diversity of shapes and colors in fruits and seeds. Physical geography lead to diversity among and within systems. Consequently and in contrast with other regions of the world, no center of origin of American crops can be seen. Several of the pre-Columbian agricultural systems resulted in demographic growth and social stratification, and from there the very famous civilizations. A few systems could not keep up with soil fertility or manage the climatic variations of El Niño, and their civilizations came to an end. Understanding the domestication of American crops has never been as important as it is now, if it is to continue to ensure food security.

Palabras clave: domesticación, origen de la agricultura, poblamiento y difusión humana en el continente americano

Introducción

¿Por qué el sistema agrícola precolombino se parece más a una pequeña huerta de policultivo cuando su contraparte en el Viejo Mundo es un campo grande?, ¿Por qué solo se veía gente con picos de madera mientras que en la Creciente Fértil y en el Egipto Antiguo se veían arados jalados por bueyes?, ¿Por qué se usaron metates por acá y grandes ruedas para la molienda de granos por allá?, ¿Por qué las papas andinas y los frijoles precolombinos son multicolores en contraste con el trigo o la arveja?, ¿Por qué varios cultivos de grano del Viejo Mundo fueron sustituidos por los del Nuevo Mundo desde 1493 en adelante? Estas son algunas preguntas de geografía histórica que se tratará de contestar a continuación.

La entrada por Beringia

Abordar el estudio de la domesticación de las plantas americanas implica primero conocer la gente, ciertamente desde la época precolombina. Es obvio que la domesticación no ha parado; un ejemplo es *Zizania palustris* de los Grandes Lagos de Norteamérica. Su aprovechamiento ha sido por siglos, su domesticación o entrada en el *domus* –como lo entendía Jack Harlan (1975, p. 63)– o dominio humano arranca en la segunda mitad del siglo XX (Hayes *et al.*, 1989). Sin embargo, los plazos de tiempo, como se verá, son tales que debemos considerar épocas miles de años antes del presente (A.P.) (Tabla 5.1). Pese a una efímera colonización de parte del pueblo vikingo en el extremo oriental de Canadá (L'Anse aux Meadows, Newfoundland) (Diamond, 2005), alrededor del undécimo siglo de nuestra era, el poblamiento original de las Américas antes de 1492 se hizo a través de Alaska, en tres migraciones humanas desde Beringia (Wells, 2002). Las evidencias son genéticas y lingüísticas, aplicándose a todos los pueblos americanos estudiados en los últimos cien años. Las evidencias genéticas han sido relacionadas a haplotipos de inmunoglobulinas (Crawford, 1998), microsátélites de ADN no codificante (Crawford, 1998) y polimorfismos de ADN en el cromosoma Y (Wells, 2002, 2007). Las evidencias lingüísticas se han enfocado en: 1) la relación entre los idiomas nativos americanos (hablados desde antes de 1492) con aquellos de la parte oriental de Siberia, y 2) la relación entre los mismos idiomas nativos americanos (Greenberg, 1987). Cabe mencionar la coherencia y la sincronía en la divergencia entre varios aspectos físicos genéticos y un logro inmaterial como lo es el idioma. La primera migración amerindia que llegó hasta América del Sur es la más antigua y la que más se diversificó, llegando a 583 idiomas (Cavalli-Sforza *et al.*, 1994). La segunda migración Na-Dene entró en América del Norte hace 8000 años A.P. y dejó huella en los pueblos Atabascanos (oeste de Canadá y Alaska oriental), Apache y Navajo, que no llegaron a América del Sur. No se ha descartado que esta segunda migración se haya realizado por las costas del Pacífico (Wells, 2007). La tercera y más reciente migración Eskimo-Aleut concierne únicamente al norte de Canadá y Alaska; por quedarse en estas latitudes extremas, esta gente intervendrá poco en la domesticación de plantas americanas.

Tabla 5.1. Algunos cultivos americanos y fechas de hallazgos arqueológicos, y lugares.

Cultivos	Fechas años A.P.	Lugares	Fuentes
<i>Calathea allouia</i>	9300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno y Stothert, 2003
<i>Capsicum baccatum?</i>	6100	Prov. Guayas, Ecuador	Perry <i>et al.</i> , 2007
<i>Cucurbita moschata?</i>	9300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno y Stothert, 2003
<i>Cucurbita pepo</i>	9900	Edo. Oaxaca, México	Smith, 1997
<i>Gossypium barbadense</i>	5490	Dep. Lambayeque, Perú	Dillehay <i>et al.</i> , 2007
<i>Lagenaria siceraria</i>	9300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno y Stothert, 2003
<i>Manihot esculenta</i>	7000	Prov. Coclé, Panamá	Piperno, 2006
<i>Phaseolus lunatus</i>	5600	Dep. Lima, Perú	Kaplan y Lynch, 1999
<i>Phaseolus vulgaris</i>	4300	Dep. Ancash, Perú	Kaplan y Lynch, 1999
<i>Zea mays</i>	8700	Edo. Guerrero, México	Piperno <i>et al.</i> , 2009

Si bien hay consenso en que el poblamiento del continente americano antes de 1492 se hizo a través de Beringia (Dillehay, 2000; Wells, 2007; Fagan, 2011; Watson, 2011), la fecha de este poblamiento sigue siendo objeto de discusiones. Un punto de intenso debate es la fecha de la primera migración. A favor de una migración reciente (~14 000 años A.P.) están las evidencias genéticas usando ADN mitocondrial (Sykes, 2001), o polimorfismo en el cromosoma Y (Ruiz-Linares, 1999; Wells, 2007), incluyendo una reconsideración de la diversidad de idiomas americanos (Nettle, 1999) que apunta a una rápida diferenciación de estos. Algunos hallazgos arqueológicos en Alaska central no muestran la presencia de humanos antes de 14.5-13 000 años a.P. (Dale Guthrie, 2006; Fagan, 2011). A favor de una migración temprana (~30 000 años a.P.) están algunas evidencias genéticas usando ADN mitocondrial (Torroni *et al.*, 1994), y también de modo indirecto los hallazgos de Monte Verde cerca de Puerto Montt en Chile (Dillehay *et al.*, 2008) y los de Pedra Pintada cerca de Taperinha en Brasil (Roosevelt *et al.*, 1996). Pero la migración – a pie – se hizo en un período glaciario: el mar de Bering había retrocedido porque una enorme cantidad de agua estaba fijada como hielo sobre el norte de Canadá y las Montañas Rocosas, además de todo el ártico (Fairbanks, 1989). El último período glaciario fue hace 18 000 años a.P. (Fairbanks, 1989; Petit *et al.*, 1999; Yokoyama *et al.*, 2000; Graham, 2011), o hace 26-20 000 años a.P. (Clark *et al.*, 2009). Sigue el debate pendiente de nuevos hallazgos arqueológicos, considerando que se necesitaría un paso libre en Beringia y unos 3000 años para cubrir la distancia de Alaska hasta Chile (Stringer y Andrews, 2012).

La crónica escasez de gente en las Américas

Una consecuencia del patrón de colonización humana en esta parte del mundo es una población original muy pequeña y de composición genética bastante uniforme (Fagan, 2011). En genética de poblaciones, esta situación de migración de unos individuos seguida por una expansión geográfica y demográfica se conoce como "efecto fundador" (Nei, 1987; Avise, 1994). Los pueblos americanos precolombinos pagarán un alto precio por este efecto fundador al momento de la introducción de las enfermedades del Viejo Mundo, con alta mortandad (Crosby, 1991; McNeill, 1998). La duración del contacto con el ganado hizo que en el Viejo Continente la población humana tuviera la oportunidad de desarrollar resistencia a enfermedades tales como la viruela o el sarampión (Crosby, 2004; Mann, 2011). Esta situación no existió en el Nuevo Mundo hasta 1493 cuando llegaron el caballo, el ganado vacuno, caprino y porcino (Bennett y Hoffman, 1991; Crosby, 2003). La caída demográfica fue catastrófica (Borah, 1992), y explica en buena parte la facilidad con la cual desaparecieron los imperios azteca e incaico (McNeill, 1998). La amplitud de esta catástrofe demográfica conforta la hipótesis de la entrada original de poca gente al continente americano y en pocas migraciones. Cabe recordar que en el momento de las migraciones a través de Beringia estos mismos animales domésticos del Viejo Mundo aún no habían llegado al oriente de Siberia, donde por igual provocaron después severas caídas demográficas (Mann, 2011). Cabe decir que el oriente de Siberia fue poblado hace 20 000 años A.P. (Wells, 2007), mientras que estos mismos animales domésticos fueron domesticados en Asia suroccidental hace 10 000 años A.P. (Larson *et al.*, 2014). Entonces la población humana que entró en las Américas jamás estuvo en contacto con los animales domésticos del Viejo Mundo una vez que el mar volvió a ocupar Beringia 14 000 - 12 000 años a.P. (Crawford, 1998).

La extinción de animales que podrían haber cambiado el transporte y la agricultura

La entrada por Alaska hace ~15,000 años A.P. debido a los limitantes climáticos hace que el patrón económico y cultural haya sido predominantemente la cacería. De hecho, las condiciones climáticas de la zona hasta hoy solo permiten la caza como tipo de subsistencia, y recientemente unas pocas industrias extractivas. La gente migrando hacia el sur seguirá en este patrón, empujando hacia la extinción gran parte de la megafauna americana con la ayuda de alteraciones climáticas (Leakey y Lewin, 1995; Guthrie, 2006). Al igual como pasó con la fauna de muchas islas al momento de su descubrimiento en los siglos XVI y XIX de nuestra era; por ejemplo la extinción del dodo en Mauritius en 1598-1662 (Gill y West, 2001), la fauna, por no haber visto jamás al hombre cazador, no había desarrollado el miedo y el instinto de fuga. Así desaparecieron el mamut, el mastodonte, el bisón de estepa, el oso de cara corta, el perezoso gigante de suelo, el caballo, varios camélidos, solo para mencionar algunos (Gill y West, 2001; Janis, 2001; Guthrie, 2006). Esta cacería fácil empujó a la gente hacia el oriente y hacia el sur (cabe hacer notar que es el mismo patrón de cacería que aún se encontró en Monte Verde en Chile: Dillehay *et al.*, 2008), llevando a la extinción al caballo y otros animales susceptibles de jalar una carga. En efecto, no todos los animales se prestan para ser domesticados, esto es debido a siete características específicas de su morfología (por ejemplo, tamaño, velocidad de crecimiento, alimento de fácil consecución) y de su comportamiento (e.g. carácter dócil, jerarquía grupal, ausencia de pánico y reproducción en cautiverio) (Diamond, 2012); y no todos tienen la fuerza para las labores agrícolas. El perro acompañó a la gente en la entrada al continente americano, pero solo se presta a jalar un trineo (Schwartz, 1997), y no hay nieve en todas partes. Cabe señalar que la fauna americana – que sobrevivió la extinción pleistocénica – solo contribuyó con animales domésticos como la llama, la alpaca, el cuy y el pavo (Harlan, 1995), aunque en tiempos precolombinos hubo selección de razas de perros para comer en México y Perú (Schwartz, 1997). La falta real de animales de tiro en tiempos precolombinos dejó pocos incentivos para el uso de la rueda. La rueda existió, como lo muestran unas pequeñas figuras de terracota de México –en Veracruz, 1400 años A.P.– (Burland, 1976), hace 5000 años A.P., pues en Asia suroccidental los bueyes ya jalaban carretas con ruedas y arados (Diamond, 1997), una diferencia profunda con la América precolombina.

Una geografía no facilitadora de la comunicación

La entrada de los primeros americanos fue por Alaska, no por el oriente, y el destino del continente podría haber sido distinto con una entrada por el Saint-Laurent o por el Río Amazonas o por el Río de la Plata. ¡Entraron por la parte más montañosa, y, además, volcánica! En términos de geografía física, el continente americano en el lado Pacífico tiene una comunicación norte-sur frecuentemente interrumpida por el relieve o el clima (e.g. desiertos de Altar, Sechura, Atacama). La comunicación del oeste hacia el este tampoco es fácil, con excepción de los grandes llanos de Norteamérica y de la pampa sudamericana. Sin embar-

go, los grandes llanos de Norteamérica son cada año expuestos a tornados impredecibles y devastadores. El bosque boreal y la selva amazónica completan esta dificultad de comunicación longitudinal (Cabrera y Willink, 1980). Muchos de los ríos también comunican en el sentido latitudinal –Mississippi, Cauca, Magdalena, Orinoco, Paraná–, con la excepción del río Amazonas. Cabe notar en el lado Pacífico el número reducido de grandes ríos –Columbia, Sacramento, Colorado, Santiago, Balsas, Patía, Santa– y sus valles atravesando empinadas cordilleras. América Central solo podría verse como corredor en sus tres depresiones –Tehuantepec, Nicaragua, Panamá–; por el resto tiene relieve quebrado con muchos volcanes muy activos. La geografía americana no es, entonces, muy propicia a la comunicación. No es casual que el Tahuantisuyu de los Incas que se extendió desde el río Ancasmayo (Nariño, Colombia) hasta el río Maule (Región del Maule, Chile) logró esta extensión territorial solo en 1527, por ser el primero en implementar una red de caminos (Lumbreras, 1987). Como lo recordó Diamond (2002), el eje del continente americano es norte-sur o latitudinal, y el movimiento de cultivos se hace en contra de un gradiente fotoperiódico. Un cultivo de arracacha presente en Nariño (Patiño, 1964) podrá adaptarse a las condiciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Reichel-Dolmatoff, 1988) a la misma altitud, pero luego de un trabajo de selección por los diez grados de diferencia en latitud. La papa oriunda de los Andes centrales (Spooner *et al.*, 2005) será seleccionada para adaptarse a las condiciones de Chiloé (Gavrilenko *et al.*, 2013), con una diferencia de treinta grados en latitud. El maíz oriundo de la cuenca mediana del río Balsas (Matsuoka *et al.*, 2002) (18° 30' latitud Norte) será seleccionado en la Quebrada de Humahuaca (Cámara-Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007) (23° latitud Sur), una vez atravesado el Istmo de Panamá tropical.

Otro factor que complica tales condiciones es que la zona del Pacífico desde México hasta Perú puede ser afectada por las oscilaciones climáticas de El Niño, responsables de graves sequías en América Central (las cuales tuvieron impacto en el colapso de la civilización Maya: Gil, 2001) o de inundaciones catastróficas en la costa Pacífica de América del Sur (que contribuyeron en el fin de la civilización Moche: Fagan, 1999).

Cuando los ríos traían polvo del sol

Entre las industrias más significativas del progreso humano está el trabajo de los metales. Otras especies animales usan herramientas, como los chimpancés (Hernández-Aguilar *et al.*, 2007) o el pinzón carpintero (Wilson, 1992), pero la metalurgia es marca de nuestra especie; además, deja huellas en el tiempo, pues los metales trabajados pueden mantenerse por unos años, a veces muchos siglos. El trabajo de los metales es un evento tardío en la historia de los pueblos americanos, aproximadamente hace 4000 años A.P. para el cobre y el oro (Root, 1963; Fagan, 2004). Su papel en la agricultura ha sido, por lo tanto, limitado, desde allí la escasez de hachas o palas con partes metálicas cortantes. El oro, relativamente abundante en las aluviones de ríos de América Central, Colombia y Perú (Root, 1963; Burland, 1976), no dio lugar a herramientas duras (en escala de dureza 2.5 contra 5 para el hierro: Hodgman *et al.*, 1959), pero sí a piezas de adorno de excepcional belleza. El estaño y el plomo, de temperaturas de fusión más asequibles (232 °C y 326 °C, respectivamente, contra 1063 °C para el oro:

Hodgman *et al.*, 1959), son metales blandos (dureza: 1.5 para ambos: Hodgman *et al.*, 1959) no aptos para herramientas agrícolas. El hierro o sus aleaciones necesitan temperaturas más altas (1515 °C para el primero: Hodgman *et al.*, 1959), conseguidas en pequeños hornos con carbón vegetal y sopletes; estos hornos aparecieron más tarde en la historia precolombina (Root, 1963). La gente tuvo entonces que usar el fuego para dejar libre un terreno para la siembra. Además de algunos árboles útiles salvados a propósito (Hernández-Xolocotzi, 1959) y preservados más o menos, la tumba y la quema eran usualmente totales, tratando que el fuego no se salga de control. El uso repetido del fuego contra una flora poco adaptada ha causado la erosión de muchos suelos del trópico americano, desde tiempos precolombinos hasta hoy. Este uso ayudó a controlar las malezas y a impedir el regreso inmediato de la vegetación original, y contribuyó al éxito de los sistemas agrícolas. Sin embargo, trae un elemento intrínseco de inestabilidad: si el sistema agrícola es exitoso, entonces alimentará a más personas, y para esto necesitará más área bajo cultivo o menor tiempo de rotación y descanso del suelo, y más quemas.

La insaciable curiosidad precolombina

Por último, debemos notar un rasgo sociocultural compartido entre Siberia oriental y Alaska: el chamanismo. El chamanismo existe en ambos lados de Beringia en el momento del cruce hace 26-14 000 años a.P. (Clark *et al.*, 2009; Graham, 2011), pues entonces este rasgo era común entre la misma gente (Watson, 2011). Al migrar hacia el sur, el chamán descubre una flora nueva jamás vista en Beringia en la cual busca, mediante pruebas y errores, las plantas que curan o que permiten sus ritos. Cabe mencionar que el chamanismo existe mucho antes que la domesticación de plantas con fines alimenticios en el Nuevo Mundo. El chamanismo ha perdurado hasta hoy en muchos pueblos amerindios, por ejemplo, el huichol en Nayarit, México (Lumholtz, 1902); el desana en el Vaupés, Colombia (Reichel-Dolmatoff, 1997); el shuar en Morona-Santiago, Ecuador (Bennett *et al.*, 2002); el toba-pilagá en Formosa, Argentina (Arenas, 1992). Este rasgo tendrá importancia en la búsqueda de plantas y hongos alucinógenos, donde el Nuevo Mundo se revelará particularmente rico (Schultes y Hofmann, 1992) (Tabla 5.2). Es importante destacar que es el uso, durante milenios y hasta el presente, lo que ha revelado las propiedades de estas plantas, y, desde luego, es la demostración del detenido conocimiento de la flora neotropical. Es posible que por su extensión territorial Eurasia y la Creciente Fértil en particular cuenten con un número igualmente alto de plantas y hongos alucinógenos, pero estos cayeron en desuso (La Barre, 1970), mientras que miles de años después de los primeros usos, América del Sur cuenta con diez veces más plantas y hongos con uso psicotrópico y mágico conocido.

Tabla 5.2. Número de plantas y hongos alucinógenos por zonas geográficas.

Europa	África	Oeste asiático	Sureste asiático	Norte y Centroamérica	América del Sur	Total
12	14	4	23	38	41	132

Fuentes: Dobkin de Ríos, 1977; Plowman, 1984; Schultes y Hofmann, 1992; Wink y van Wyk, 2008.

Un cambio climático no esperado

Alrededor del duodécimo milenio antes de nuestra era, un cambio climático afectó la disponibilidad de alimentos (Wells, 2010). El interglaciar con temperaturas en aumento progresivo es súbitamente interrumpido por un período caliente de 1500 años, seguido por un período frío de 900 años (13 500-12 600 A.P) (Fairbanks, 1989; Fagan, 2005). Este cambio es conocido como "Dryas Más Reciente", por una planta rosácea, la *Dryas octopetala*, característica de la vegetación del Ártico (Ronning, 1996), debido a una nueva expansión de esta vegetación en la zona boreal. En paralelo, en los Andes vuelve a bajar el páramo y los bosques andinos (Heusser y Shackleton, 1994). El patrón de consumo extractivista (colecta, cacería) permitió una expansión demográfica sostenida primero y luego acelerada. El brutal regreso de temperaturas frías empujó este patrón al extremo y lo hizo tambalear. En lugar de caminar lejos hasta las poblaciones de plantas preferidas cada vez más escasas, alguien pensó que era más fácil sembrarlas cerca de los campamentos. Fue la entrada de algunas plantas en el *domus*, es decir, la domesticación, y significó la discontinuidad espacial, temporal y biológica con las plantas de la población madre. La idea de sembrar –reconocida con razón como un acto fundamental en el inicio de la agricultura (Harlan, 1975)– puede haber ocurrido más de una vez y puede haber sido copiada, y explica en buena parte el gran número de plantas domesticadas en las Américas en tiempos precolombinos (ver las compilaciones de Clement, 1989; Harlan, 1992; León, 1992; Smith, 2006). Puede haber sido la idea de una persona con poca movilidad, como un anciano o una mujer con niño pequeño, y de paso el inicio de la vida sedentaria para ver el resultado del "experimento".

El cultivo de los silvestres afuera de los lugares donde crecen

Los datos arqueológicos (Tabla 5.1) y genéticos (p. ej. para frijol común, hace 8200 y 8500 años A.P. en Mesoamérica y en los Andes, respectivamente: Mamidi *et al.*, 2011) y otros estudios (Teahuacán, Puebla, México: MacNeish, 1967; Aguadulce, Coclé, Panamá: Piperno y Pearsall, 1998; Santa Helena, Guayas, Ecuador: Piperno y Pearsall, 1998) permiten la hipótesis de este inicio de la domesticación hace ~9000 años A.P. Las fechas parecen iguales en muchos sitios, en un principio no conectados, y las fechas implican a varios cultivos, dejando entender que el problema de abastecimiento era común a través de varias comunidades humanas, y que la respuesta tuvo la misma lógica sencilla: sembrar para coleccionar cerca en lugar de ir a coleccionar lejos, porque la gente por su sentido de observación ya había entendido la conexión entre la semilla germinada dando una planta adulta y luego una futura cosecha. Cabe notar que muy probablemente se sembraron las mismas formas silvestres que más adelante darán lugar a los cultivos. Es lo que se pudo ver con el teocintle (Benz, 2001), el frijol (Berglund-Brücher y Brücher, 1976; Kaplan *et al.*, 2015), y la calabaza (Smith, 1997). La siembra de los silvestres explica la larga duración de la eliminación de la dispersión natural en el proceso de domesticación, 11 000 a 8000 años a.P. (Fuller *et al.*, 2014). Llama la atención que no se tienen documentados muchos abandonos de este nuevo patrón de siembra-cosecha, dejando suponer que había una ventaja definitiva en seguir el proceso de domesticación, quizás la seguridad de cosechar algo. Igualmente, debía

haber un medio para reconocer las plantas en el proceso de sus parientes silvestres ancestrales. Como no se seleccionaba sobre el sistema reproductivo de las plantas, entonces gracias al flujo de genes los caracteres silvestres dominantes tenían altas posibilidades de regresar y arruinar el esfuerzo de domesticación. Pero el acto de sembrar afuera (en el espacio y/o en el tiempo) del contacto con la(s) población(es) madre(s) del pariente silvestre ayudó a avanzar en la domesticación y así lograr la diferenciación.

Los marcadores moleculares que fueron tan frecuentemente usados para ubicar el lugar de domesticación apuntan más bien a la población silvestre de la última cosecha (Debouck, 2016), asumiendo que las formas silvestres aún tienen hoy la misma posición geográfica que en esta época, mientras que la domesticación real tuvo lugar en otra parte. Así como lo hemos visto, el maíz altoandino (Grobman *et al.*, 1961) tiene su origen en la cuenca mediana del Balsas (Matsuoka *et al.*, 2002), el frijol de la raza nueva granada (Singh *et al.*, 1991) viene de los Andes centrales (Chacón-Sánchez *et al.*, 2005), el ib maya (Martínez-Castillo *et al.*, 2004) viene del occidente de México (Andueza-Noh *et al.*, 2013), el cacahuate mexicano (Smith, 1967) viene del Gran Cháco (Kochert *et al.*, 1996) y la yuca centroamericana (Dickau *et al.*, 2007) proviene del suroccidente de la cuenca amazónica (Olsen y Schaal, 2001).

Unas plantas dando una mano a gente recursiva

La imposibilidad de poder arar por falta de animales de tiro y de rejón metálico, obligó a otro manejo de las plantas cultivadas, es decir, un manejo individual debido a la siembra por sitio. La atención del agricultor se concentró entonces sobre pequeños grupos de plantas individuales, no sobre comunidades vegetales grandes. Las consecuencias en varios cultivos americanos son el gigantismo de las partes cosechadas – se trata de minimizar el esfuerzo y de maximizar el beneficio– (Smartt, 1988), la variación estética –se seleccionan los variantes de partes cosechadas como frutos, semillas, tubérculos, con colores muy llamativos– (Hawkes, 1983), y posiblemente de manera indirecta el valor nutricional. Cabe notar que varias plantas americanas tienen un aporte calórico superior por superficie sembrada en comparación a sus pares en el Viejo Mundo (Crosby, 2003). El color muy llamativo de varias papas andinas ayudó en el momento de la cosecha (¡selección indirecta!), pero se puede pensar que era una búsqueda sistemática para variar una dieta proclive a la monotonía. El gigantismo puede explicar el éxito del maíz en África occidental contra los cereales locales (sorgo, mijos) (National Research Council, 1996). Lo mismo puede haber pasado en Chile donde los Mapuches adoptaron el maíz al lado de su *Bromus mango* (Wilhelm de Mösbach, 1992). Llama la atención que es en las Américas donde se encuentra el mayor número de domesticaciones por género vegetal, con *Capsicum* (5), *Cucurbita* (5), *Phaseolus* (7) y *Solanum* sección *Petota* (7) (Hawkes, 1990; Debouck y Smartt, 1995; Heiser, 1995; Pickersgill, 2007). No se sabe si estos casos son fortuitos, pero se nota que la gente precolombina no dejó perder estos recursos alimenticios.

Por otra parte, la única fuerza laboral, siendo la gente misma, no permitió que se modificaran grandes superficies por ciclo; desde allí viene la necesidad de producir todo lo necesario hasta la próxima cosecha en el mínimo perímetro (Anderson, 1997). Aquí puede estar la razón

de las mezclas de cultivos. Nuevamente, el agudo sentido de observación ayudó: en efecto, no es raro observar en el occidente del Eje Neovolcánico de México el frijol común silvestre creciendo sobre el tallo del teocintle (Miranda-Colín, 1967). Pero la mezcla de cultivos (maíz-frijol-calabaza-chile como cuadrilógia de base en Mesoamérica, o papa-oca-quinua-tarwi en la zona altoandina) contribuyó a sistemas agrónomicamente más estables y nutricionalmente más balanceados. Esta verdadera innovación de añadir plantas puede haber sido la iniciativa de una persona, pero el contexto hizo que el sistema policultivo fuera adoptado en casi todo el mundo agrícola precolombino.

Otra consecuencia importante: el rendimiento del trabajo individual puede multiplicarse con la ayuda de varias personas. En varias partes de la América precolombina, algunas operaciones agrícolas exigentes en mano de obra (como la siembra o la cosecha) son operaciones colectivas con activa participación de la familia o de la comunidad. También se requiere mano de obra importante para la elaboración de las terrazas; estas son principalmente distribuidas del lado Pacífico del continente desde 2800 años a.P. (Donkin, 1979), por donde entraron los primeros americanos y donde aparentemente ocurrieron muchas de las primeras domesticaciones.

Epílogo

La especie humana entró al Nuevo Mundo con conceptos del Viejo Mundo sin haber entendido las complejidades de las Américas, especialmente por entrar por Beringia (¿y no aplica también cuando entró por las Bahamas en 1492?). Así, la cacería puede haber eliminado varios animales domésticos potenciales que hubieran facilitado diversas operaciones agrícolas o de transporte. No obstante, la entrada por Beringia trajo el chamanismo y con él la búsqueda de plantas y hongos alucinógenos, y desde allí la curiosidad insaciable de conocer la flora y las ganas de experimentar con las plantas. Este conocimiento y este sentido de experimentación fueron –quizá– la salvación cuando arribó el "Dryas más Joven", cambio climático que marcó el arranque de la agricultura en unos pocos focos del mundo. La geografía física del continente complicó la migración del lado Pacífico, dejando frecuentemente las comunidades humanas poco comunicadas. La geografía física del continente, por la ubicación de los yacimientos de metales y carbón, también frenó el desarrollo de una metalurgia aplicable en la agricultura.

En contraste con la Creciente Fértil de Asia occidental, en el caso de las Américas, no hay un centro de origen de las plantas cultivadas. Es verosímil que en los años treinta los botánicos rusos (Bukasov, 1930; Vavilov, 1939) pudieron aún observar una gran concentración geográfica de variedades de unos cultivos, pues el mejoramiento científico aún no había conducido a la extinción de un gran número de variedades tradicionales. Pero tal concentración era el resultado final de movimientos de plantas oriundas de muchas partes del continente americano gracias a eficaces –aunque de corto rango– circuitos de semilla. Fue también el resultado de la construcción de sistemas donde, como lo permitan las condiciones ecológicas (clima y suelo), se asocian varias plantas, cuya finalidad es la producción de alimentos y otros productos para el abastecimiento de la comunidad por todo el año (Anderson, 1997). De esto son testigos los movimientos precolombinos del maíz (Thompson, 2006), frijol (Chacón-Sánchez *et al.*, 2005), maní (Dillehay *et al.*, 2007), y yuca (Piperno, 2006).

Pese a estas dificultades geográficas y climáticas, la gente precolombina hizo una demostración de un talento sin igual como domesticador y fitomejorador de plantas. Su legado ha sido un aporte del 40% a la mesa del mundo de hoy, un impacto tremendo en la revolución textil y del transporte en el siglo XIX a.D. ¡Sí, nos dejaron semillas de maíz, de frijol y muchos más cultivos gigantes y bellos, pero también semillas de esperanza y de humanidad!

Agradecimientos

El autor extiende un especial agradecimiento a los organizadores del Simposio, Fabiola Parra Rondinel, Alejandro Casas y Juan Torres Guevara, por la amable invitación a compartir en La Molina las informaciones aquí reunidas. El autor agradece calurosamente a Josefina Martínez Realpe por su cuidado en la edición del manuscrito.

Bibliografía

- Anderson, E., 1997. *Plants, man and life*. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA.
- Andueza-Noh, R., M. L. Serrano-Serrano, M. I. Chacón-Sánchez, I. Sánchez del Pino, L. Camacho-Pérez, J. Coello-Coello, J. Mijangos-Cortes, D. G. Debouck y J. Martínez-Castillo, 2013. Multiple domestications of the Mesoamerican gene pool of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60 (3): 1069-1086.
- Arenas, P., 1992. *El Chaco, su gente y las plantas*. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Avise, J. C., 1994. *Molecular markers, natural history and evolution*. Chapman & Hall, New York, New York, USA.
- Bennett, D. y R. S. Hoffman, 1991. Ranching in the New World. En: H.J. Viola y C. Margolis (Eds.). *Seeds of change*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA, pp. 90-111.
- Bennett, B. C., M. A. Baker y P. Gómez-Andrade, 2002. Ethnobotany of the Shuar of eastern Ecuador. *Advances in Economic Botany*, 14: 1-299.
- Benz, B. F., 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98 (4): 2104-2106.
- Berglund-Brücher, O. y H. Brücher, 1976. The South American wild bean (*Phaseolus aborigineus* Burk.) as ancestor of the common bean. *Economic Botany*, 30 (3): 257-272.
- Borah, W., 1992. The historical demography of aboriginal and colonial America: an attempt at perspective. En: W. M. Denevan (ed.). *The native population of the Americas in 1492*. 2ª ed., The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA, pp. 13-34.
- Bukasov, S. M., 1930. The cultivated plants of Mexico, Guatemala and Colombia. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant-breeding*, 47 (suplemento): 1-553.
- Burland, C. A., 1976. *Peoples of the sun: the civilizations of pre-Columbian America*. Praeger Publishers Inc., New York, New York, USA, 240 p.
- Cabrera, A. L. y A. Willink, 1980. *Biogeografía de América Latina*. 2ª ed., Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C. USA, 122 p.
- Cámara-Hernández, J. y D. Arancibia de Cabezas, 2007. *Maíces andinos y sus usos en la quebrada de Humahuaca y regiones vecinas*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, República Argentina.
- Cavalli-Sforza, L. L., P. Menozzi y A. Piazza, 1994. *The history and geography of human genes*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1059 p.
- Chacón-Sánchez, M. I., B. Pickersgill y D.G. Debouck, 2005. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theoretical and Applied Genetics*, 110 (3): 432-444.
- Clark, P. U., A. S. Dyke, J. D. Shakun, A. E. Carlson, J. Clark, B. Wolhlfarth, J. X. Mitrovica, S. W. Hostetler y A. M. McCabe, 2009. The Last Glacial Maximum. *Science*, 325 (5941): 710-714.
- Clement, C. R., 1989. A center of crop genetic diversity in western Amazonia. *BioScience*, 39 (9): 624-631.
- Crawford, M. H., 1998. *The origins of Native Americans: evidence from anthropological genetics*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Crosby, A. W., 1991. Metamorphosis of the Americas. En: H. J. Viola y C. Margolis (Eds.). *Seeds of change*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA, pp. 70-89.
- Crosby, A. W., 2003. *The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492*. Edición 30 aniversario, Praeger, Westport, Connecticut, USA.
- Crosby, A. W., 2004. *Ecological imperialism: the biological expansion of Europe, 900-1900*. 2ª edición, Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Debouck, D. G., 2016. Your beans of the last harvest and the possible adoption of bright ideas. En: R. Lira, A. Casas y J. Blancas (Eds.). *Ethnobotany of Mexico: interactions of people and plants in Mesoamerica*. Springer, New York, New York, USA, pp. 367-387.
- Debouck, D. G. y J. Smartt, 1995. Beans, *Phaseolus* spp. (Leguminosae-Papilionoideae). En: J. Smartt y N. W. Simmonds (Eds.). *Evolution of crop plants*. 2ª edición, Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom.
- De Feo, V., Della Porta, G., Urrunaga Soria, E., Urrunaga Soria, R., & Senatore, F. (1998). Composition of the essential oil of *Tagetes filifolia* Lag. *Flavour and Fragrance Journal*, 13(3): 145-147.
- Diamond, J., 1997. *Guns, germs and steel – The fates of human societies*. W.W. Norton & Co., New York, New York, USA.
- Diamond, J., 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418 (6898): 700-707.
- Diamond, J., 2005. *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Viking Penguin, New York, New York, USA.
- Diamond, J., 2012. The local origins of domestication. En: P. Gepts, T. R. Famula, R. L. Bettinger, S. B. Brush, A. B. Damania, P. E. McGuire y C. O. Qualset (Eds.). *Biodiversity in agriculture. Domestication, evolution, and sustainability*. Cambridge University Press, New York, New York, USA., pp. 9-17.
- Dickau, R., A. J. Ranere y R. G. Cooke, 2007. Starch grain evidence for the preceramic dispersals of maize and root crops into tropical dry and humid forests of Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104 (9): 3651-3656.
- Dillehay, T. D., 2000. *The settlement of the Americas: a new prehistory*. Basic Books, New York, New York, USA.
- Dillehay, T. D., J. Rossen, T. C. Andres y D. E. Williams, 2007. Pre-ceramic adoption of peanut, squash, and cotton in northern Peru. *Science*, 316 (5833): 1890-1893.
- Dillehay, T. D., C. Ramírez, M. Pino, M. B. Collins, J. Rossen y J. D. Pino-Navarro, 2008. Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. *Science*, 320 (5877): 784-786.
- Dobkin de Ríos, M., 1977. Plant hallucinogens and the religion of the Mochica – an ancient Peruvian people. *Economic Botany*, 31 (2): 189-203.
- Donkin, R.A., 1979. *Agricultural terracing in the aboriginal New World*. Viking Fund Publ. Anthropol. 56, Wenner Gren Foundation Anthropol. Res., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA, 196 p.
- Eguren, F., 2006. Reforma agraria y desarrollo rural en el Perú. *Reforma agraria y desarrollo rural en la región andina*, 11-31.
- Fagan, B., 1999. *Floods, famines, and emperors - El Niño and the fate of civilizations*. Basic Books, New York, New York, USA.
- Fagan, B.M., 2004. *The seventy great inventions of the ancient world*. Thames & Hudson Ltd., London, United Kingdom.
- Fagan, B., 2005. *The long summer: how climate changed civilization*. Basic Books, New York, New York, USA.
- Fagan, B., 2011. *The first North Americans*. Thames & Hudson, New York, New York, USA.
- Fairbanks, R. G., 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342 (6250): 637-642.
- Fuller, D. Q., T. Denham, M. Arroyo-Kalin, L. Lucas, C. J. Stevens, L. Qin, R. G. Allaby y M. D. Purugganan, 2014. Convergent evolution and parallelism in plant domestication revealed by an expanding archaeological record. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111 (17): 6147-6152.
- Gavrilenko, T., O. Antonova, A. Shuvalova, E. Krylova, N. Alpatyeva, D. M. Spooner y L. Novikova, 2013. Genetic diversity and origin of cultivated potatoes based on plastid microsatellite polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60 (7): 1997-2015.
- Gil, R. B., 2001. *The great Maya droughts – Water, life and death*. Univ. New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico, USA.
- Gill, A. y A. West, 2001. *Extinct*. Channel 4 Books, London, United Kingdom, 256 p.
- Graham, A., 2011. *A natural history of the New World*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Greenberg, J. H., 1987. *Language in the Americas*. Stanford University Press, Stanford, California, USA.
- Grobman, A., W. Salhuana, R. Sevilla y P. C. Mangelsdorf, 1961. *Races of maize in Peru: their origins, evolution and classification*. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C., USA.
- Guthrie, R. D. 2006. New carbon dates link climatic change with human colonization and Pleistocene extinctions. *Nature*, 441 (7090): 207-209.
- Harlan, J. R., 1975. *Crops and Man*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Harlan, J. R., 1992. *Crops and Man*. 2ª edic., American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Harlan, J. R., 1995. *The living fields: our agricultural heritage*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Hawkes, J.G., 1983. *The diversity of crop plants*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Hawkes, J. G., 1990. *The potato: evolution, biodiversity and genetic resources*. Belhaven Press, London, United Kingdom, 259 p.
- Hayes, P. M., R. E. Stucker y G. G. Wandrey, 1989. The domestication of American wildrice (*Zizania palustris*, Poaceae). *Economic Botany*, 43 (2): 203-214.
- Heiser, C. B., 1995. Peppers, *Capsicum* (Solanaceae). En: Smartt, J. y N. W. Simmonds (Eds.). *Evolution of crop plants*. 2ª edición, Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom, pp. 449-451.
- Hernández-Aguilar, R. A., J. Moore y T. R. Pickering, 2007. Savanna chimpanzees use tools to harvest the underground storage organs of plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104 (49): 19210-19213.
- Hernández-Xolocotzi, E., 1959. La agricultura en la Península de Yucatán. En: E. Beltrán (ed.). *Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento*. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov., Mexico 2 (3): 3-57.
- Heusser, L. E. y N. J. Shackleton, 1994. Tropical climatic variation on the Pacific slopes of the Ecuadorian Andes based on a 25,000-year pollen record from deep-sea sediment core Tri 163-31B. *Quaternary Research*, 42: 222-225.
- Hodgman, C. D., R. C. Weast y S. M. Selby, 1959. *Handbook of chemistry and physics*. Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, Ohio, USA.
- Huamantupa, I., M. Cuba, R. Urrunaga, E. Paz, N. Ananya, M. Callalli, y H. Coasaca, 2011. Riqueza, uso y origen de plantas medicinales expendidas en los mercados de la ciudad del Cusco. *Revista Peruana de Biología*, 18(3), 283-292.
- Janis, C., 2001. Victors by default: the mammalian succession. En: S. J. Gould (Ed.). *The book of life*. W. W. Norton & Co., New York, New York, USA, pp. 168-218.
- Kaplan, L. y T. F. Lynch, 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance for pre-Columbian agriculture. *Economic Botany*, 53 (2): 261-272.
- Kaplan, L., D. L. Lentz, V. Sloten, P. Sheets y A. N. Hood, 2015. *Phaseolus* from Cerén - A late Classic Maya site. *Economic Botany*, 69 (2): 150-160.
- Kochert, G., H. T. Stalker, M. Gimenes, L. Galgaro, C. Romero-Lopes y K. Moore, 1996. RFLP and cytogenetic evidence on the origin and evolution of allotetraploid domesticated peanut, *Arachis hypogaea* (Leguminosae). *American Journal of Botany*, 83 (10): 1282-1291.
- La Barre, W., 1970. Old and New World narcotics: a statistical question and an ethnological reply. *Economic Botany*, 24 (1): 73-80.

- Larson, G., D. R. Piperno, R. G. Allaby, M. D. Purugganan, L. Andersson, M. Arroyo-Kalin, L. Barton, C. C. Vigueira, T. Denham, K. Dobney, A. N. Doust, P. Gepts, M. T. P. Gilbert, K. J. Gremillion, L. Lucas, L. Lukens, F. B. Marshall, K. M. Olsen, J. C. Pires, P. J. Richerson, R. Rubio de Casas, O. I. Sanjur, M. G. Thomas y D. Q. Fuller, 2014. Current perspectives and the future of domestication studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111 (17): 6139-6146.
- Leakey, R. y R. Lewin, 1995. *The sixth extinction: patterns of life and the future of humankind*. Doubleday, New York, New York, USA.
- León, J., 1992. Los recursos fitogenéticos del Nuevo Mundo. En: E. Hernández Bermejo y J. León (Eds.). *Cultivos Marginados: Otra Perspectiva de 1492*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp. 3-22.
- Lumbreras, L.G., 1987. *The peoples and cultures of ancient Peru*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Lumholtz, C. 1902. *Unknown Mexico: explorations in the Sierra Madre and other regions, 1890-1898*. Vol. 2, Charles Scribner's Sons, New York, New York, USA.
- MacNeish, R. S., 1967. A summary of the subsistence. En: D. S. Byers (ed.). *The prehistory of the Tehuacan Valley*. Vol. 1. Environment and subsistence. Univ. Texas Press, Austin, Texas, USA, pp. 290-309.
- Mamidi, S., M. Rossi, D. Annam, S. Moghaddam, R. Lee, R. Papa y P. McClean, 2011. Investigation of the domestication of common bean (*Phaseolus vulgaris*) using multilocus sequence data. *Functional Plant Biology*, 38 (12): 953-967.
- Mann, C. C., 2011. *1491: new revelations of the Americas before Columbus*. 2ª edición, Vintage Books, New York, New York, USA.
- Martínez-Castillo, J., D. Zizumbo-Villareal, H. Perales-Rivera y P. Colunga-GarcíaMarín, 2004. Intraspecific diversity and morpho-phenological variation in *Phaseolus lunatus* L. from the Yucatan peninsula, Mexico. *Economic Botany*, 58 (3): 354-380.
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J. Sánchez G., E. Buckler y J. Doebley, 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 99 (9): 6080-6084.
- McNeill, W. H., 1998. *Plagues and peoples*. Anchor Books, New York, New York, USA.
- Miranda-Colín, S., 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común). *Agrociencia*, 1 (2): 99-109.
- Nei, M., 1987. *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Nettle, D., 1999. Linguistic diversity of the Americas can be reconciled with a recent colonization. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96 (6): 3325-3329.
- National Research Council, 1996. *Lost crops of Africa*. Vol. 1 Grains. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Olsen, K. M. y B. A. Schaal, 2001. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany*, 88 (1): 131-142.
- Patiño, V. M., 1964. *Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial*. 1ª edic, Imprenta Departamental, Cali, Valle, Colombia.
- Perry, L., R. Dickau, S. Zarrillo, I. Holst, D. M. Pearsall, D. R. Piperno, M. J. Berman, R. G. Cooke, K. Rademaker, A. J. Ranere, J. S. Raymond, D. H. Sandweiss, F. Scaramelli, K. Tarble y J. A. Zeidler, 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science*, 315 (5814): 986-988.
- Petit, J. R., J. Jouzel, D. Raynaud, N. I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chapellaz, M. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V. M. Kotlyakov, M. Legrand, V. Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pépin, C. Ritz, E. Saltzman y M. Stievenard, 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399 (6735): 429-436.
- Pickersgill, B., 2007. Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany*, 100 (5): 925-940.
- Piperno, D. R., 2006. Identifying manioc (*Manihot esculenta* Crantz) and other crops in pre-Columbian tropical America through starch grain analysis: a case study from Central Panama. En: M. A. Zeder, D. G. Bradley, E. Emshwiller y B. D. Smith (Eds.). *Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms*. University of California Press, Berkeley, California, USA, pp. 46-67.
- Piperno, D. R. y D. M. Pearsall, 1998. *The origins of agriculture in the lowland Neotropics*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Piperno, D. R. y K. E. Stothert, 2003. Phytolith evidence for early Holocene *Cucurbita* domestication in southwest Ecuador. *Science*, 299 (5609): 1054-1057.
- Piperno, D. R., A. J. Ranere, I. Holst, J. Iriarte y R. Dickau, 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas river valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106 (13): 5019-5024.
- Plowman, T. 1984. The origin, evolution, and diffusion of coca, *Erythroxylum* spp., in South and Central America. En: S. Stone (ed.). *Pre-Columbian plant migration*. Peabody Museum Archaeology and Ethnology, Vol. 76, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, pp. 124-157.
- Reichel-Dolmatoff, G., 1988. Cultural change and environmental awareness: a case study of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 16 (63): 121-130.
- Reichel-Dolmatoff, G., 1997. *Rainforest shamans: essays on the Tukano Indians of the northwest Amazon*. Themis Books, Dartington, Devon, United Kingdom.
- Ronning, O. I., 1996. *Svalbards flora*. Norsk Polarinstittutt, Oslo, Norway.
- Roosevelt, A. C., M. Lima da Costa, C. Lopes Machado, M. Michab, N. Mercier, H. Valladas, J. Feathers, W. Barnett, M. Imazio da Silveira, A. Henderson, J. Sliva, B. Chernoff, D. S. Reese, J. A. Holman, N. Toth y K. Schick, 1996. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. *Science*, 272 (5260): 373-383.
- Root, W. C., 1963. Metallurgy. En: J. H. Steward (Ed.). *Handbook of South American Indians*. Bureau of American Ethnology, Vol. 5, Smithsonian Institution. Cooper Square Publishers Inc., New York, New York, USA, pp. 205-228.
- Ruiz-Linares, A., 1999. Microsatellites and the reconstruction of the history of human populations. En: D. B. Goldstein y C. Schlötterer (eds.). *Microsatellites: evolution and applications*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, pp. 183-197.
- Schultes, R. E. y A. Hofmann, 1992. *Plants of the gods: their sacred, healing and hallucinogenic powers*. Healing Arts Press, Rochester, Vermont, USA.
- Schwartz, M., 1997. *A history of dogs in the early Americas*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.
- Senatoro, F., Urrunaga Soria, E., Urrunaga Soria, R., Della Porta, G., y De Feo, V. (1998). Essential oils from two Peruvian Satureja species. *Flavour and fragrance journal*, 13(1): 1-4.
- Singh, S. P., P. Gepts y D. G. Debouck, 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45 (3): 379-396.
- Smartt, J., 1988. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. En: P. Gepts (ed.). *Genetic resources of Phaseolus beans*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 143-161.
- Smith, B. D., 1997. The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. *Science*, 276 (5314): 932-934.
- Smith, B. D., 2006. Eastern North America as an independent center of plant domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, USA 103 (33): 12223-12228.
- Smith, C. E., 1967. Plant remains. En: D.S. Byers, (ed.). *The prehistory of the Tehuacán valley*. Univ. Texas Press, Austin, Texas, USA, pp. 220-255.
- Spooner, D., K. McClean, G. Ramsay, R. Waugh y G. J. Bryan, 2005. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102 (41): 14694-14699.
- Stringer, C. y P. Andrews, 2012. *The complete world of human evolution*. 2ª edición, Thames & Hudson Inc., New York, New York, USA.
- Sykes, B., 2001. *The seven daughters of Eve*. W.W. Norton & Co., Inc. New York, New York, USA.
- Thompson, R. G., 2006. Documenting the presence of maize in Central and South America through phytolith analysis of food residues. En: M. A. Zeder, D.G. Bradley, E. Emshwiller y B.D. Smith (eds.). *Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms*. University of California Press, Berkeley, California, USA, pp. 82-95.
- Torroni, A., J. V. Neel, R. Barrantes, T. G. Schurr y D. C. Wallace, 1994. Mitochondrial DNA "clock" for the Amerinds and its implications for timing their entry into North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 91 (3): 1158-1162.
- Vavilov, N. I., 1939. The important agricultural crops of pre-Columbian America and their mutual relationships. *Izd. Gos. Geogr. O-va (Public. Nat. Dept. Geogr. USSR)* 71 (10): 1-25.
- Watson, P., 2011. *The great divide: nature and human nature in the Old World and the New*. Harper Collins, New York, New York, USA.
- Wells, S., 2002. *The journey of man: a genetic odyssey*. Random House, New York, New York, USA.
- Wells, S., 2007. *Deep ancestry: inside the geographic project*. National Geographic, Washington, D.C., USA.
- Wells, S., 2010. *Pandora's seed: the unforeseen cost of civilization*. Random House Inc., New York, New York, USA.
- Wilhelm de Mösbach, E., 1992. *Botánica indígena de Chile*. Editorial Andres Bello, Santiago, Chile.
- Wilson, E. O., 1992. *The diversity of life*. W. W. Norton & Co., Inc., New York, New York, USA.
- Wink, M. y B. E. van Wyk, 2008. *Mind-altering and poisonous plants of the world*. Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- Yokoyama, Y., K. Lambeck, P. De Deckker, P. Johnston y L. K. Fifield, 2000. Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima. *Nature*, 406 (6797): 713-716.