

Observaciones sobre la domesticación andina de *Phaseolus*:
implicaciones para la bioseguridad y la valoración de los
recursos genéticos en el Perú

D.G. Debouck

Cali, Colombia, 19 de junio de 2020



PLAN

1. Domesticación: qué es? (entender la domesticación → entender primero la gente)
definiciones, caso en animales, caso en plantas; consecuencias de su éxito

2. Cuándo y dónde arrancó?

las migraciones americanas, el 'Younger Dryas', los pocos focos a nivel mundial

3. Cómo y por qué arrancó?

particularidades americanas, dos brillantes ideas copiadas a menudo, las horti-culturas

4. Datos sobre la domesticación del frejol y el pallar

domesticaciones independientes, en contextos pre-/maíz/cerámica, flujo genético

5. Conclusiones y posibles implicaciones para la Línea de base

silvestres como reservorio total, generadores naturales y humanos de diversidad

1. Domesticación: qué es?



1. Domesticación: qué es?

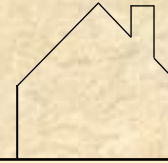
hacer entrar plantas y/o animales
en el territorio de los humanos
para sacarles algún provecho



plantas y animales que respondieron
= domesticados, con varios niveles
de dependencia hacia los humanos,
o en la modificación ambiental, y/o
en el sistema reproductivo



*acción doble + beneficio → trampa
peligrosa si demografía y/o economía
caen en ella*



domus = espacio del planeta modificado por la gente
la gente tendrá una acción doble:

1. sobre este mismo espacio modificado
→ presiones de selección indirectas o inconscientes
2. sobre las especies introducidas en este espacio
→ presiones de selección directas o conscientes

si cualquier presión de selección (o ambas) se mantiene:
el beneficio tiende a aumentar en cada ciclo de selección

si el beneficio aumenta, anima a aumentar la presión:

→ nivel de dependencia va creciendo hasta llegar a

- mutualismo sin reversa (p.ej. maíz, vaca de leche)
- espacio original ya no tiene nada de natural

1. Domesticación: qué es? (cont.)

ejemplos donde la domesticación no funcionó:

bisonte



arce



Condiciones para que funcione a nivel animal:

1. docilidad
2. tamaño intermedio (1-1,000 kg)
3. alimento fácil de conseguir
4. crecimiento rápido
5. tolerancia al encierro
6. reproducción en cautiverio
7. comportamiento jerárquico
8. comportamiento no migratorio

fuentes: Diamond 2012, Zeder 2012

Condiciones para que funcione a nivel vegetal:

1. ciclo corto frente al producto deseado: presión sobre perennes
2. el producto deseado puede ser aumentado: respuesta a la selección
3. rasgos de reproducción: selección contra plantas dioicas o anemocoras
4. posibilidad de transporte y almacenamiento: ventaja de plantas con semillas ortodoxas
5. menores requisitos sincológicos: polinizadores, micorrizas, . . ., poco especializados

fuentes: Hanson 2015; Harlan 1992; Heiser 1990

Domesticación de animales: orígenes y posibles explicaciones

1. caballo: Eurasia
2. vacuno: Europa, SW Asia
3. cebú: India
4. puerco: Eurasia
5. burro: NE África
6. cabra: SW Asia
7. oveja: SW Asia

8. camello: C Asia
9. dromedario: SW Asia
10. búfalo: SE Asia
11. reno: N Europa
12. yak: Himalaya
13. gaur: SE Asia
14. llama: Andes

15. gallo



foto: Dohner 2001

Por qué Eurasia: mayor masa continental, y mayor probabilidad que algunos animales satisfacen estos criterios ($1/8 \times 1/8 \dots =$)

y mayor probabilidad que algunos sobreviven a la cacería cuando entró *Homo*

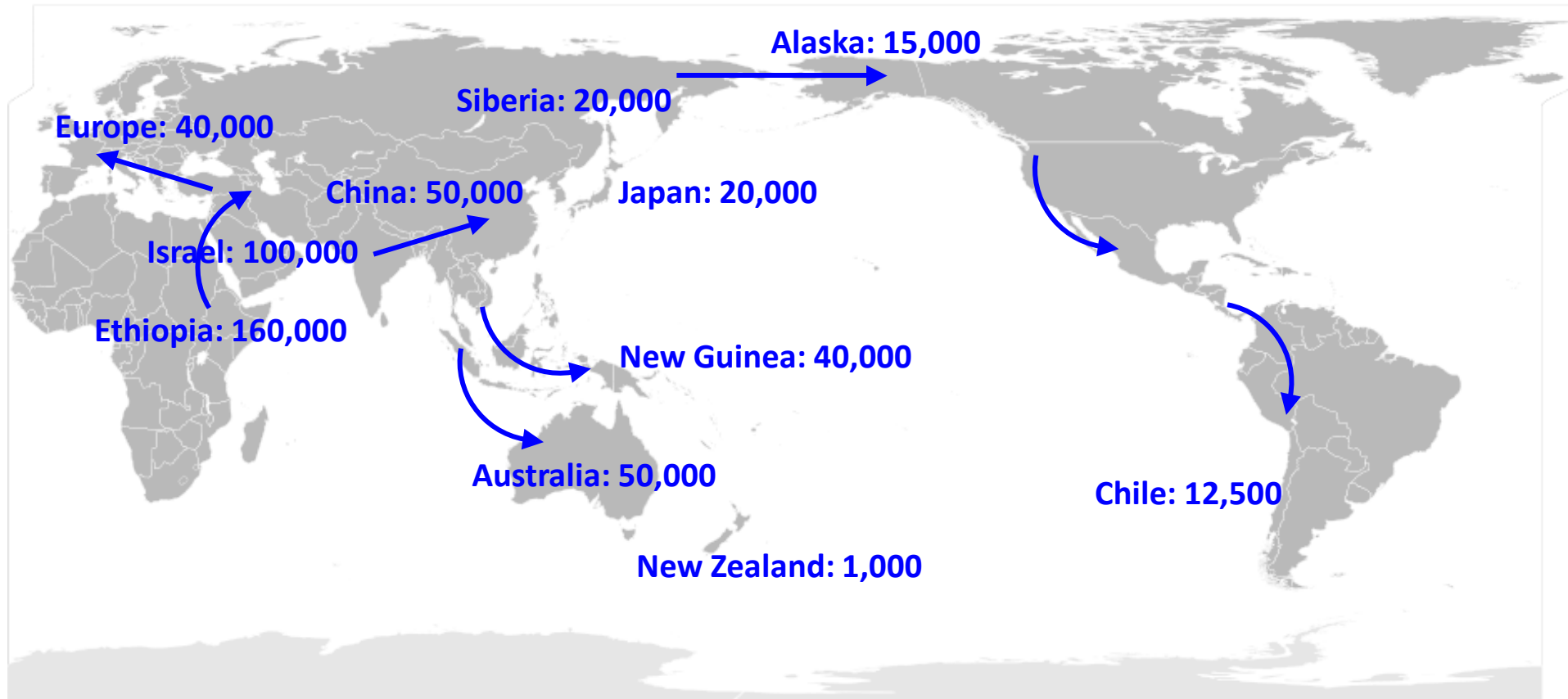
Por qué no África: instinto de fuga en respuesta a la cacería de *Homo* desde el inicio
agresividad frente a los carnívoros, instinto migratorio (patrón de lluvias)

Por qué no América: mansedumbre en respuesta a la cacería de *Homo* desde el inicio
(ejemplo: caballo cazado hasta extinción antes de ser re-introducido)

2. Domesticación: cuándo y dónde arrancó?



El último gran salto de nuestra especie desde África



fuentes: Crawford 1998; Cavalli-Sforza 2000; Zimmer 2005; Stringer & Andrews 2011

- notar que *Homo sapiens* está en Siberia antes de la domesticación de animales de granja (~11,000 años aP)
- hace 16,000 años atrás *Homo sapiens* introduce el perro en Siberia; lo ayuda en la caza; *sapiens* se extiende
- y sale de Siberia oriental, y cruza Beringia que tenía vegetación de tundra hace 20-15,000 años atrás

fuentes: Crawford 1998; Schwartz 1997; vonHoldt et al. 2012; Wells 2003

Hace 20,000 años atrás cruzando a pie Beringia tan amplia como Polonia



(Na-Dene: 2^{da} migración, más tecnología)

el mar de Bering vuelve a ocupar su sitio

Vostock, Antártica

Oxygen Isotope - Global Ice Volume Last 500,000 Years BP

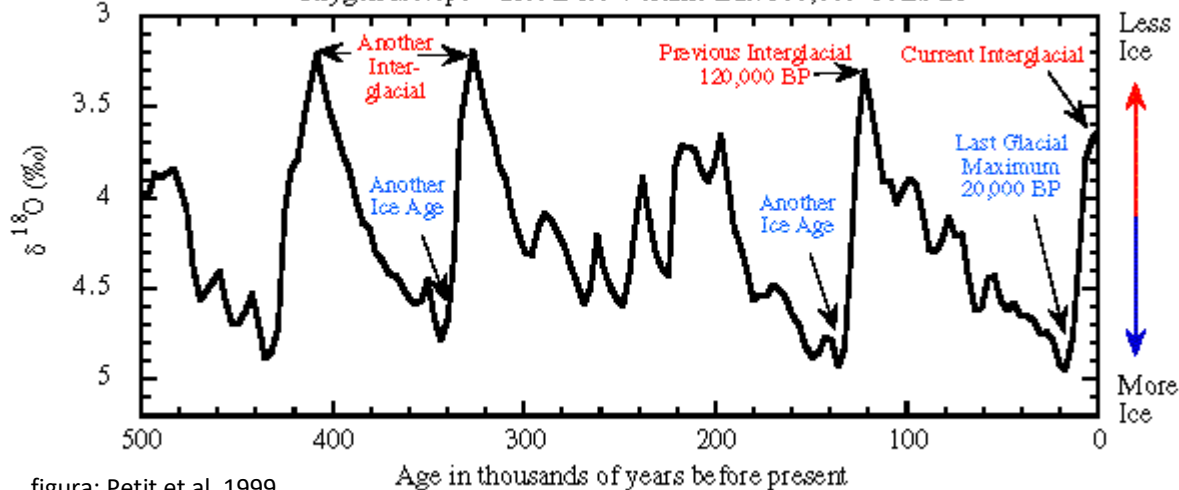


figura: Petit et al. 1999

fuentes: Graham 2011; Tudge 1999; Wells 2007

Central Greenland Climate

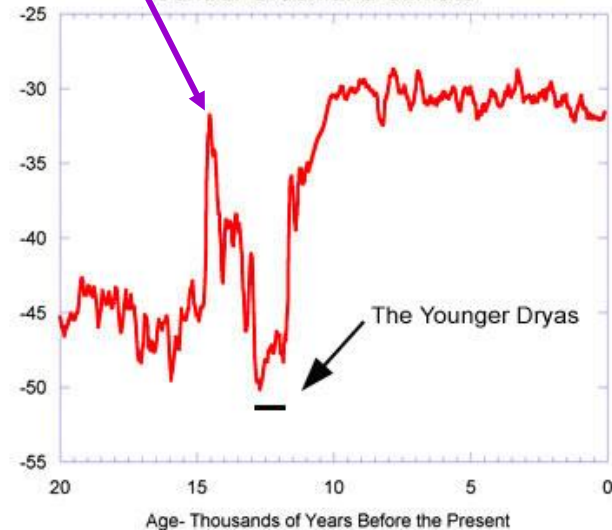


figura: Alley 2000

Las 4 grandes migraciones a América

7,000 años a.P.

- Eskimo-Aleut (más reciente): 10 idiomas (e.g. Inuit)

10,000 años a.P.

- Na-Dene (2^{da} migración): 32 idiomas (e.g. Tlingit, Apache, Navajo)
- Amerind (más antigua): 583 idiomas; 6 sub-familias

- Almosan-Penutian: 20 idiomas (e.g. Zuni, Quiché, Totonac, Maya)
- Central Amerind: 10 idiomas (e.g. Pima, Nahuatl, Zapotec)
- Chibcha-Paezan: >100 idiomas (e.g. Cuna, Paez, Yanomami)
- Andean: 20 idiomas (e.g. Quechua, Aymara, Mapuche)
- Equatorial-Tucanoan: >150 idiomas (e.g. Desana, Guaraní, Arawak)
- Ge-Pano-Carib: >50 idiomas, varios extintos (e.g. Shipibo, Surinam, Cayapo)

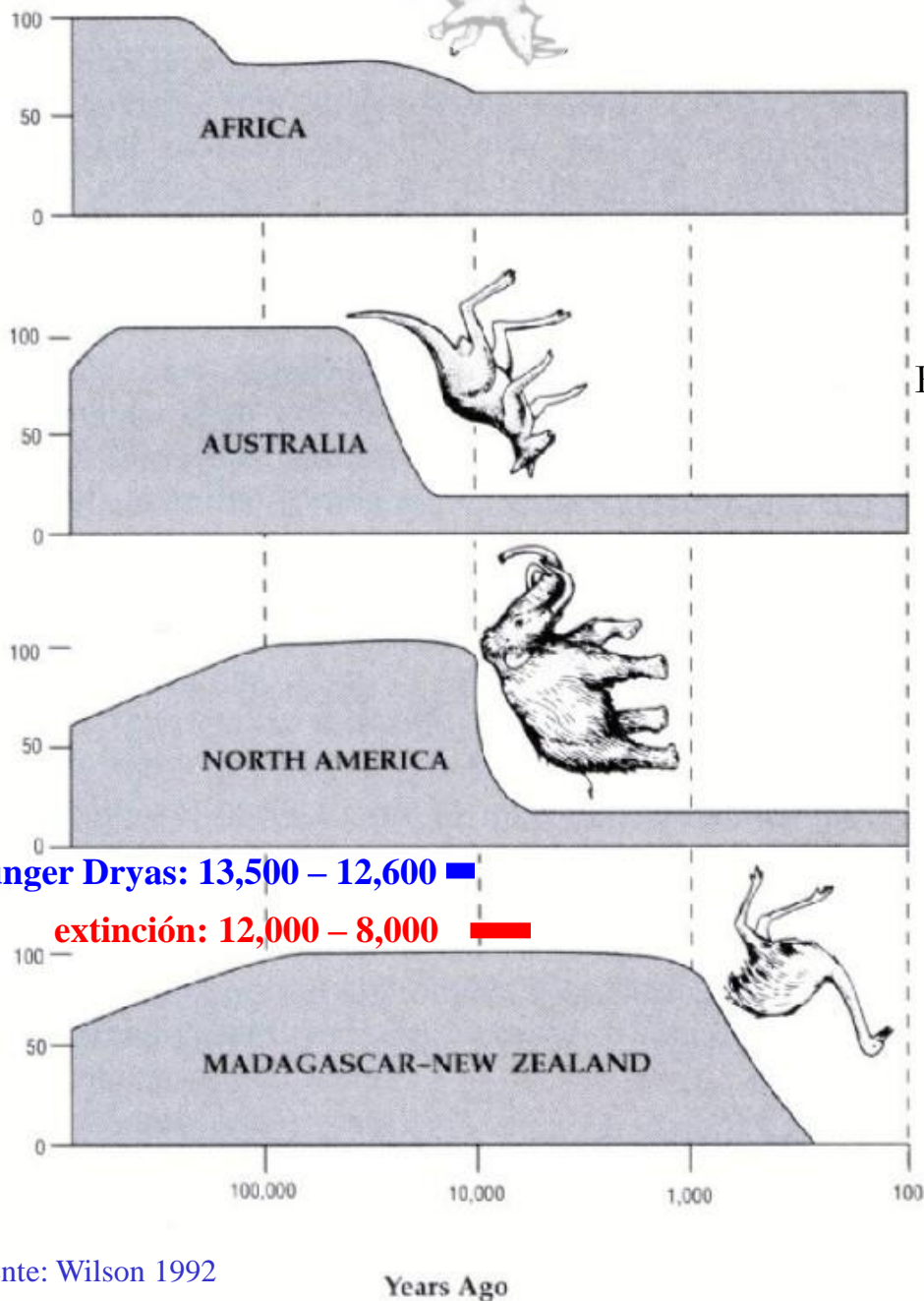
15-20,000 años a.P.

Europa
500 years a.P.
2+ idiomas

Monteverde: 12,500 años a.P.
(aún cacería!)

la más antigua = responsable de la agricultura americana

Contribuyendo a la extinción de la megafauna americana !



fuelle: Wilson 1992

Aunque habían sobrevivido a 22 glaciaciones, los siguientes mamíferos se extinguieron:

- caballo, camelido, mastodón
- mamut, tigre con dientes-sable
- hormiguero y perosozo gigantes

Extinción de géneros de grandes mamíferos terrestres:

- 73% en América del Norte
- 80% en Suramérica

fuentes: Janis 1993; Diamond 1997; Gill & West 2001

*El patrón cultural – importado – era la caza, al extremo!
Los animales americanos nunca desarrollaron el miedo*



fuelle: Schobinger 1994

Mientras se acaban los recursos de la caza, se intensifica la colecta de plantas, y aparecen los focos iniciales de domesticación (posibles fechas)

1: Creciente Fértil, 11,000 años a.P.

2: Asia del Este, 8,000 años a.P.

3: Mesoamérica, 10,000 años a.P.

4: SW Ecuador, 10,000 años a.P.

5: W África, 5,000 años a.P.

6: N Sahul, 9,000 años a.P.

OJO: varios focos cuentan con estación seca

- domesticaciones independientes, no difusión por migraciones humanas (casos marcados ?)
- idea copiada con frecuencia → el núcleo inicial de plantas va a aumentar → sistema
- sistema ('headstart') por miles de años → "Centros de Origen de Plantas Cultivadas" (1920)

fuentes: Harlan 1971; Larson et al. 2014; Lebot 1999; Smith 1995; Vavilov 1926, 1949

Qué, dónde y cuándo? : datos arqueológicos

Creciente Fértil

trigo

cebada

lenteja

vacuno

oveja

Asia del Este

arroz

soya

cerdo

caballo

OJO: arranque con
1-2 elementos max.

Mesoamérica

zapallo

maíz

frijol

pavo

zapallo

SW Ecuador

papa

+ Andes

poroto

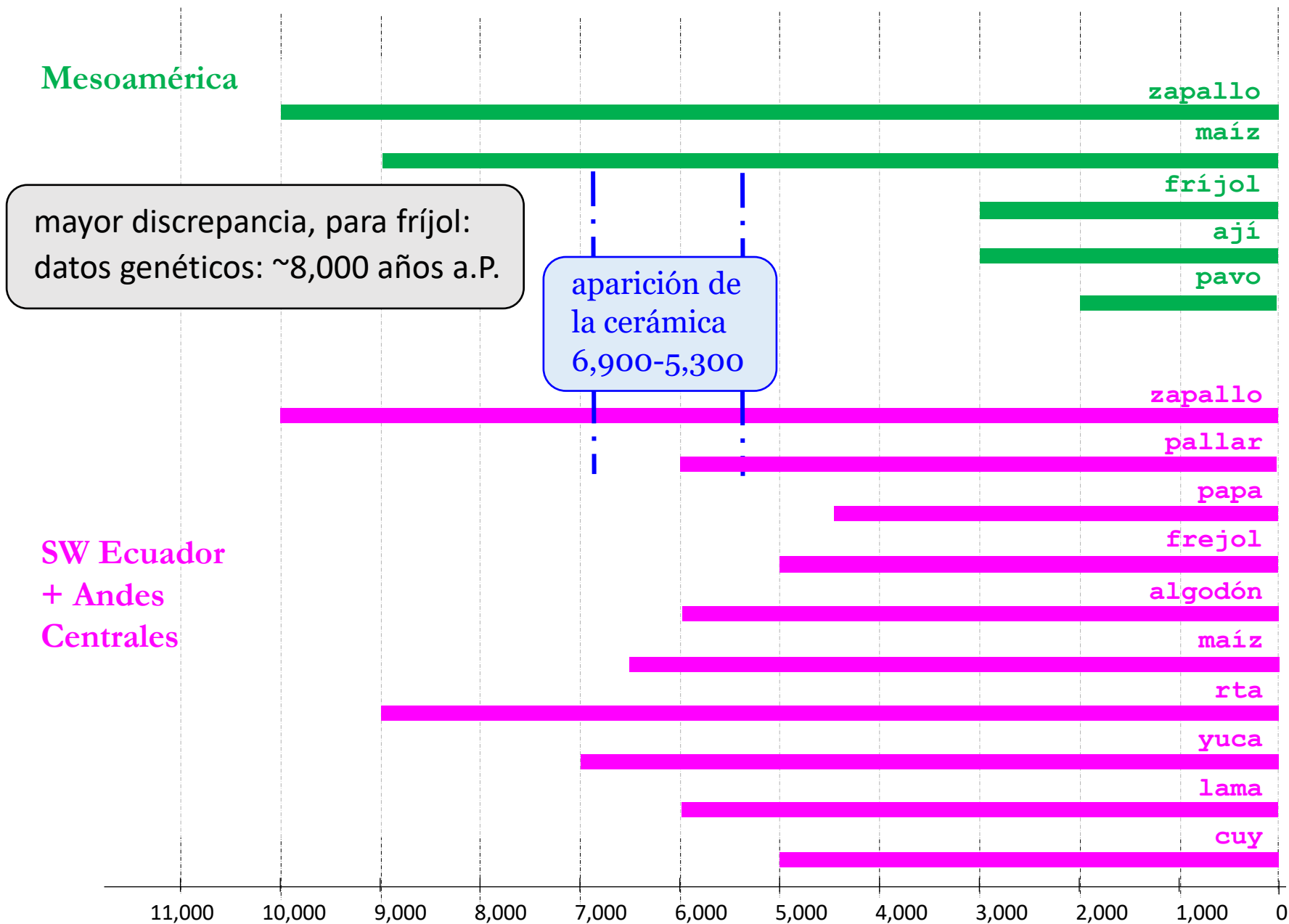
Centrales

lama

cuy

11,000 10,000 9,000 8,000 7,000 6,000 5,000 4,000 3,000 2,000 1,000 0

Qué, dónde y cuándo? : datos arqueológicos



Buscando los orígenes: la perspectiva del tiempo

(en esta tabla los cultivos fueron separados de sus parientes silvestres por: semillas más grandes, distintos granos de almidón o fitolitos)

Cultivos	años a.P.	sitios	fuentes
<i>Calathea allouia</i>	9,300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno & Stothert 2003
<i>Capsicum baccatum?</i>	6,100	Prov. Guayas, Ecuador	Perry et al. 2007
<i>Cucurbita moschata?</i>	9,300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno & Stothert 2003
<i>Cucurbita pepo</i>	9,900	Edo. Oaxaca, México	Smith 1997
<i>Gossypium barbadense</i>	5,490	Dep. Lambayeque, Perú	Dillehay et al. 2007
<i>Lagenaria siceraria</i>	9,300	Prov. Guayas, Ecuador	Piperno & Stothert 2003
<i>Manihot esculenta</i>	7,000	Prov. Coclé, Panamá	Piperno 2006
<i>Phaseolus lunatus</i>	5,600	Dep. Lima, Perú	Kaplan & Lynch 1999
<i>Phaseolus vulgaris</i>	4,300	Dep. Ancash, Perú	Kaplan & Lynch 1999
<i>Zea mays</i>	8,700	Edo. Guerrero, México	Piperno et al. 2009

en azul aquellos **afuera** del rango de distribución (actual) de sus parientes silvestres

- ➔ por lo tanto, la domesticación ocurrió en otra parte, posiblemente más temprano
- ➔ nos acercamos del final del 'Younger Dryas' (~12,600 years a.P.)
- ➔ nos acercamos de la transición de cacería a cosecha intensa y siembra consciente

3. Domesticación: cómo y por qué arrancó?



Particularidades americanas por entrar por Beringia

tiene el perro, maneja el fuego (60,000 años atrás)

- **el chamanismo**

- practicado en ambos lados de Beringia
- desde hace 15,000 años hasta hoy
- un chamán por cada grupo humano
- profundo conocimiento de la flora local
- 79/132 plantas y hongos alucinógenos

- **la rueda: para qué?**

- rueda existió, en otros usos
- metate (maíz, cacao) vs piedra de moler (trigo)
- falta de animales de tiro
- W del continente: topografía quebrada

- **metales duros: dónde?**

- zonas W del continente: oro, cobre
- Lago Titicaca: 4,100 a.P.; Jalisco: 1,400 a.P.
- aleaciones: bronce (Cu-Sn) (900 a.P.)
- sustitutos: piedra, obsidiana, madera

Mesoamérica



tabaco: Codex Tro-Cortesiano 600 a.P.

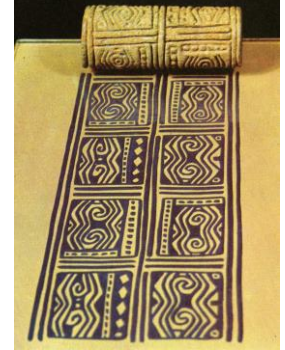
Zona andina



poporo Sinú 1600 a.P.



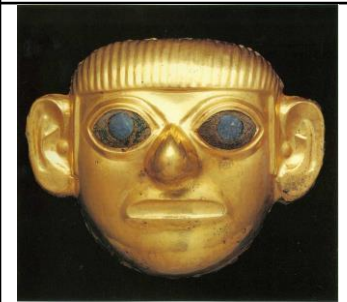
juguete Veracruz 1300 a.P.



rodillo Calima 1400 a.P.



máscara Mixteca 800 a.P.



máscara Moche 1700 a.P.

La vida sedentaria (← Younger Dryas) permitió:

1. Mayor protección a los niños → auge demográfico y presión para más alimentos
2. Guardar el fuego, lo cual mejora la preparación de alimentos y de armas
3. Observar las plantas del entorno → entender el ciclo de semilla a semilla



“invento”: en lugar de consumir ahora la semilla del silvestre, prefiero sembrarla, y prefiero sembrarla cerca donde vivo en lugar de ir lejos a cosecharla

- cambio de comportamiento profundo (por lo tanto poco frecuente, y por lo tanto pocos sitios de “invento” de la domesticación, porque:
 - implica arriesgar (= perder) parte de la cosecha, con la esperanza de una cosecha mayor (por entendimiento del ciclo), o por lo menos segura, pero el riesgo es menor si hay sedentarismo, para proteger la siembra
- autoría: la mujer y/o el anciano (por no ser implicados en la caza/ pesca) (pero también quieren aportar comida al grupo)
- razón: sin sentido de perder a los niños pequeños por hambre

Evidencia de siembra de silvestres

Pariente silvestre de	Región	Fuente
maíz	Oaxaca, México	Benz 2001
fríjol común	límite Apurímac-Cusco, Perú	Debouck & Tohme 1988
fríjol ayocote	Oaxaca, México	Kaplan 1985
chile	varios sitios de México y S EE.-UU.	Nabhan 2004
arroz	bajo Yangtze, Zhejiang, China	Fuller et al. 2009

- la idea de sembrar plantas silvestres ocurrió en más de un lugar
 - se sembraron estas plantas silvestres durante siglos
- ⇒ ambos hechos demuestran un conocimiento de/ interés en estas plantas
- por qué esta persistencia? o por adicción, o por los niños, o por los dos
 - algunos silvestres sí respondieron a las presiones de selección

Único en el reino vegetal !

Género	Especies	Total
<i>Annona</i>	<i>cherimoya, diversifolia, muricata, scleroderma, squamosa</i>	5
<i>Capsicum</i>	<i>annuum, baccatum, chinense, frutescens, pubescens</i>	5
<i>Cucurbita</i>	<i>argyrosperma, ficifolia, maxima, moschata, pepo,</i>	5
<i>Phaseolus</i>	<i>acutifolius, coccineus, dumosus, lunatus, vulgaris</i>	5 (7)
<i>Solanum</i>	Petota: <i>ajanhuiri, chaucha, curtilobum, juzepczukii, phureja, stenotomum, tuberosum</i>	7

fuentes: Hawkes 1990; Debouck & Smartt 1995; Heiser 1995; Madheem 1992; Pickersgill 2007

y varios géneros con 2 especies, y a menudo una domesticación en Mesoamérica ,
la otra en los Andes:

Amaranthus, Canavalia, Chenopodium, Gossypium, Helianthus, Pachyrhizus (3),
Physalis, Solanum (sect. *Lasiocarpa*)

- profundo conocimiento de la flora: asociaciones
- demostración que sí se ha intentado domesticaciones
- base genética y ecofisiológica en la flora neotropical?

La segunda innovación precolombina: un sistema agrícola

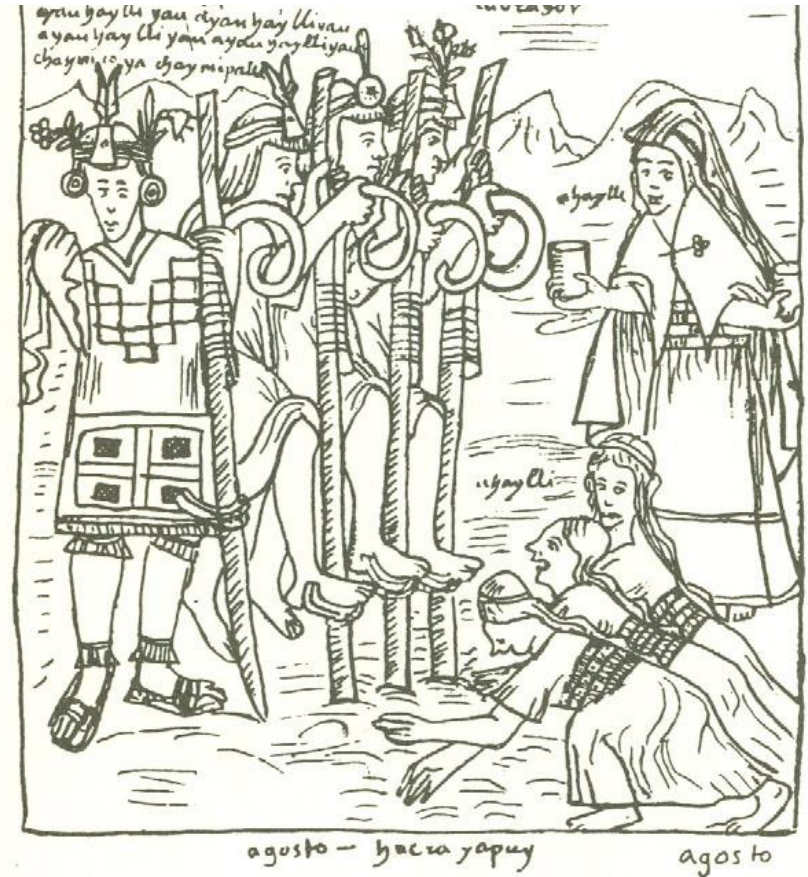


- obligación de producir todo para el año → otro manejo espacial (andenes!)
- alta inversión por unidad superficie → policultivo + fertilizantes

Consecuencias de la ausencia de animales de tiro, y aparición tardía de metales duros (900 años a.P.)



fuelle: Codex Florentino 1548



fuelle: Guamán Poma Ayala 1600

agricultura americana = horti-cultura; manejo y selección individual de plantas
selección individual: papel de la familia: mujer + niños (escasez de mano de obra!)
selección individual → gigantismo de frutos, semillas, y valor estético

Lo que los Rusos observaron en 1925-33 es el resultado final de lo que fue un proceso de selección e introducción de cultivos desde varias partes, que se extendió por siglos, en contra de un gradiente de latitud (fotoperíodo)

Aridoamérica: cerca de ríos temporales: maíz, tepari, zapallo

Mesoamérica: milpa: maíz, frijol, zapallo, ají, frutales, cacao

Andes del Norte: chacra: maíz, frijol, zapallo, raíces, frutales

Amazonía: chagra: yuca, ñame, palmeras, frutales, maíz, ají

Andes Centrales y del Sur: chacra: maíz, papa, quinua, frejol, tarwí, zapallo, raíces, tubérculos

Chaco: chacra: maíz, maní, poroto, zapallo, mandioca, camote

fuentes: Arenas 1992

Carter 1946

Cook 1919

Estrella 1988

Hernández-Xolocotzi 1959

Parodi 1966

Reichel-Dolmatoff 1961

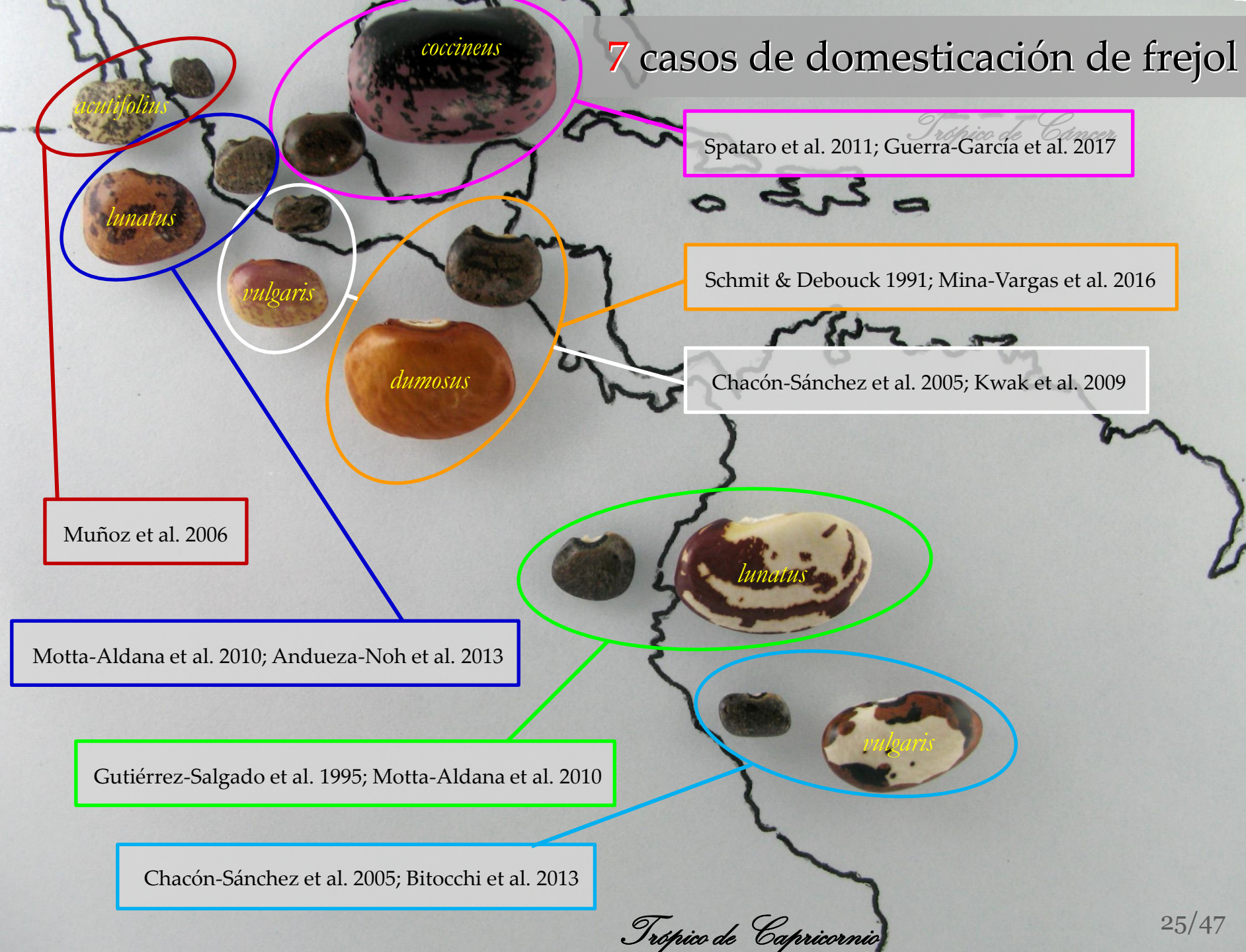
Roosevelt 1993

0 400
Km

4. Datos sobre la Domesticación del frejol y pallar:



7 casos de domesticación de frejol



Tropico de Cancer
Spataro et al. 2011; Guerra-García et al. 2017

Schmit & Debouck 1991; Mina-Vargas et al. 2016

Chacón-Sánchez et al. 2005; Kwak et al. 2009

Muñoz et al. 2006

Motta-Aldana et al. 2010; Andueza-Noh et al. 2013

Gutiérrez-Salgado et al. 1995; Motta-Aldana et al. 2010

Chacón-Sánchez et al. 2005; Bitocchi et al. 2013

Tropico de Capricornio

Cambios inducidos por la selección humana (= domesticación)

Característica	planta silvestre	planta cultivada
dehiscencia del fruto	no	sí
tamaño semilla	4 - 16	20 – 80+
color semilla	grís, bayo, café	∞ , pero no azul
hábitos de crecimiento	IV	I, II, III, IV, V
latencia semilla	sí	no
gigantismo vainas, hojas	no	sí
factores antinutricionales	sí	no
fotoperiodismo	sí	sí y neutro
alogamía	alta	baja

Observaciones:

- son todas diferencias que interesan a la gente: cosecha y/o cultivo y/o consumo
- son las mismas tendencias en las otras 4 sp. cultivadas (¿mismos genes?)
- serían las últimas cinco bajo selección inconsciente y/o indirecta?

Cambios con la domesticación en pallar

DGD-453; Jalisco



10 g

linamarina



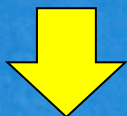
DGD-1944; Cajamarca



12 g

2250 ppm

aumento en tamaño y peso de semilla



2747 ppm

3-4 x



28 g

43 ppm

DGD-508; Campeche

(en W México: p.ej. valle del Santiago)



131 g

10-14 x

47 ppm

(en la depresión de Amotape-Huancabamba)

DGD-1176; Cajamarca



2 cm

Cambios con la domesticación en frejol

DGD-489; Jalisco



6 g



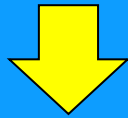
anti-tripsina

DGD-644; Catamarca

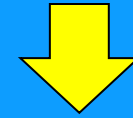


10 g

aumento en tamaño y peso de semilla



3-4 x



10 x



22 g

“Porillo”, El Salvador

(en W México: p.ej. valle del Santiago)



108 g

“Canario de Andahuaylas”, Apurimac

(en la Quebrada del R. Apurimac o de Humahuaca)

2 cm

Selecciones disruptivas

localidad B

patógenos B

insectos B

suelos B

Dinámica de la Domesticación:

- importancia de los polinizadores locales
- importancia de los circuitos de semillas

Cruzamientos variedades x parientes

maíz: Matsuoka et al. 2002

fríjol: Beebe et al. 1997

papa: Rabinowitz et al. 1990

ají: Hernández et al. 2001

algodón: Wendel & Percy 1990

calabaza: Kirkpatrick & Wilson 1988

patógenos A

insectos A

suelos A

pariente silvestre

segregación

hibridación

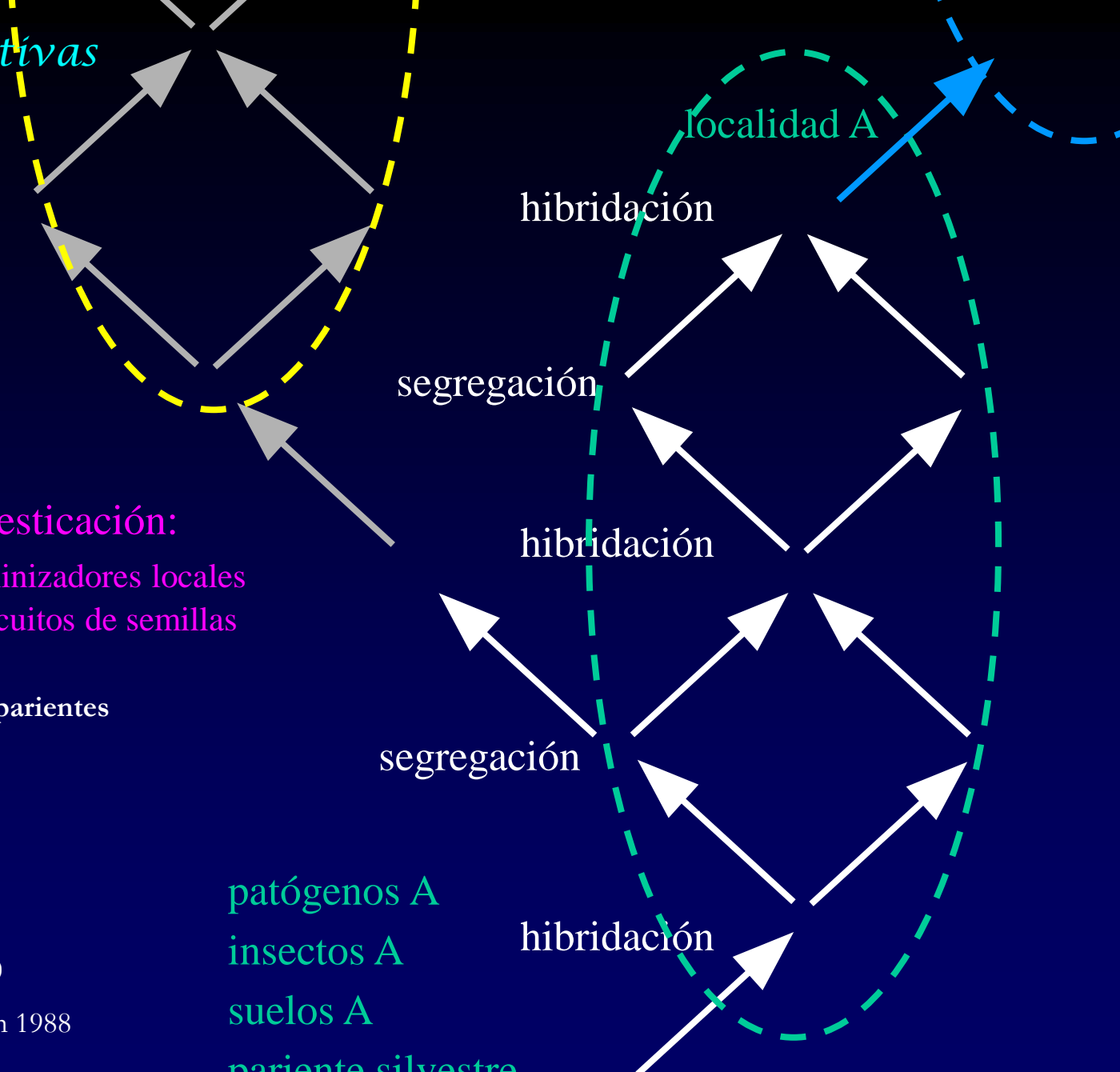
segregación

hibridación

hibridación

localidad A

adaptado de: Harlan 1992

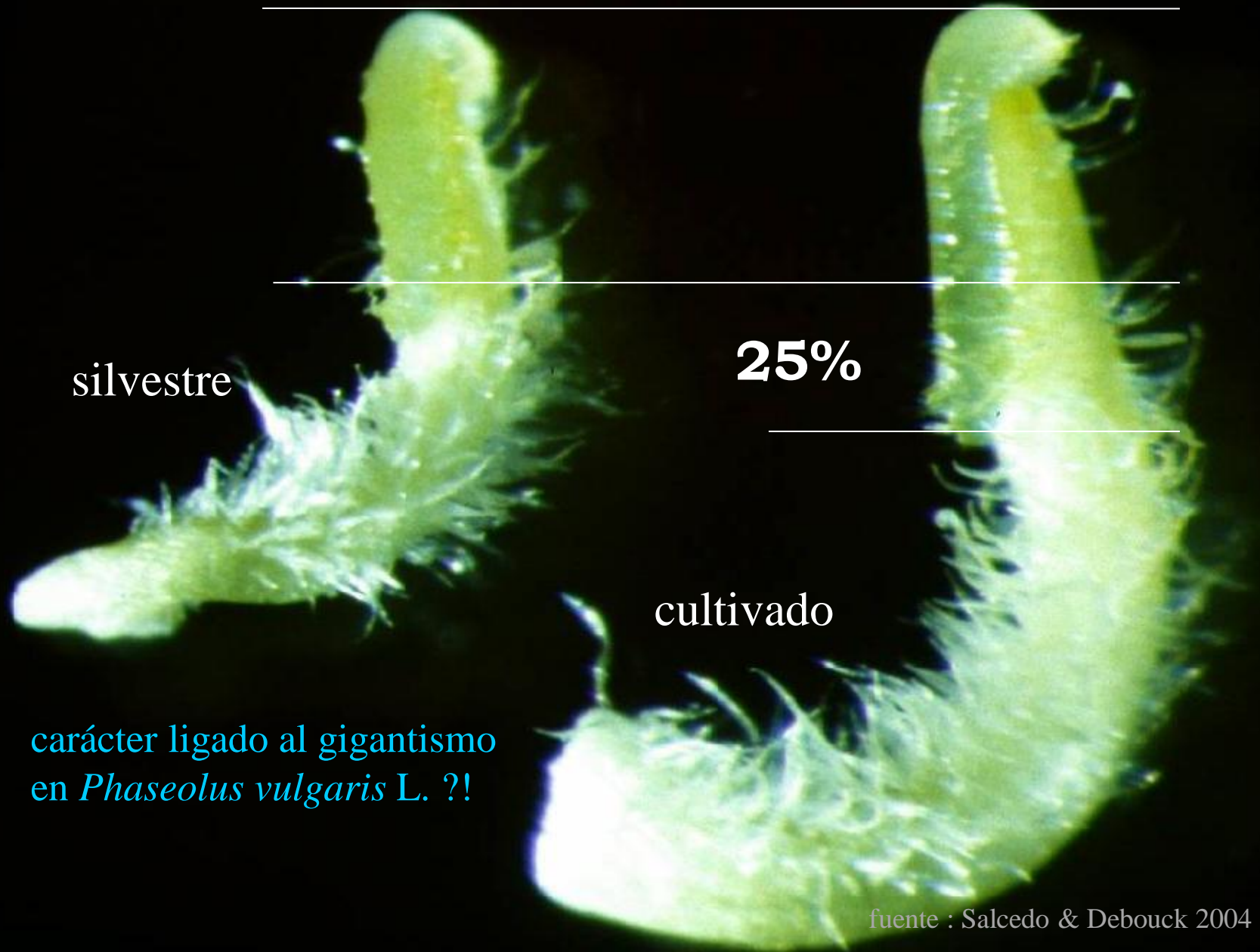


Reportes de cruzamiento natural en fríjol común

Sitio	%	fuentes
México, México, Chapingo	1.3-7.4	Miranda-Colín 1971
México, Puebla, Tecamachalco	4.5	Crispín 1960
*México, Puebla, sierra Norte	20-55	Gepts et al. 2000
Puerto Rico, Mayagüez	0.5-39.3	Brunner & Beaver 1989
*Colombia, Valle, Cerrito	1.5-8.7	Triana et al. 1993
USA, California, Irvine	1.6-7.1	Ibarra-Pérez et al. 1997
USA, California, Irvine	11.5-66.8	Wells et al. 1988
USA, California, Berkeley	0.73	Mackie & Smith 1935
Brasil, Paraná, Maringá	0.004- 2.25	Regina-Royer et al. 2000
Ethiopia, Sidamo, Awassa	4.8	Stoetzer 1984
España, Asturias, Villaviciosa	0.74	Ferreira et al. 2000

* = involucrando formas silvestres

efecto no esperado de la domesticación



silvestre

25%

cultivado

carácter ligado al gigantismo
en *Phaseolus vulgaris* L. ?!

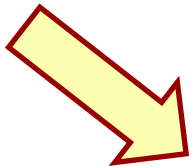
Sitios más antiguos con maíz y fechas en años a.P.

- Puebla: 5,200
- Tabasco: 7,300
- Guerrero: 8,700
- Oaxaca: 6,200
- Coclé: 7,400
- Quindío: 5,600
- Los Ríos: 5,300
- La Libertad: 6,500
- Arequipa: 4,000
- La Plata: 4,100

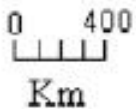
7,000 años a.P.
Tehuacán, México



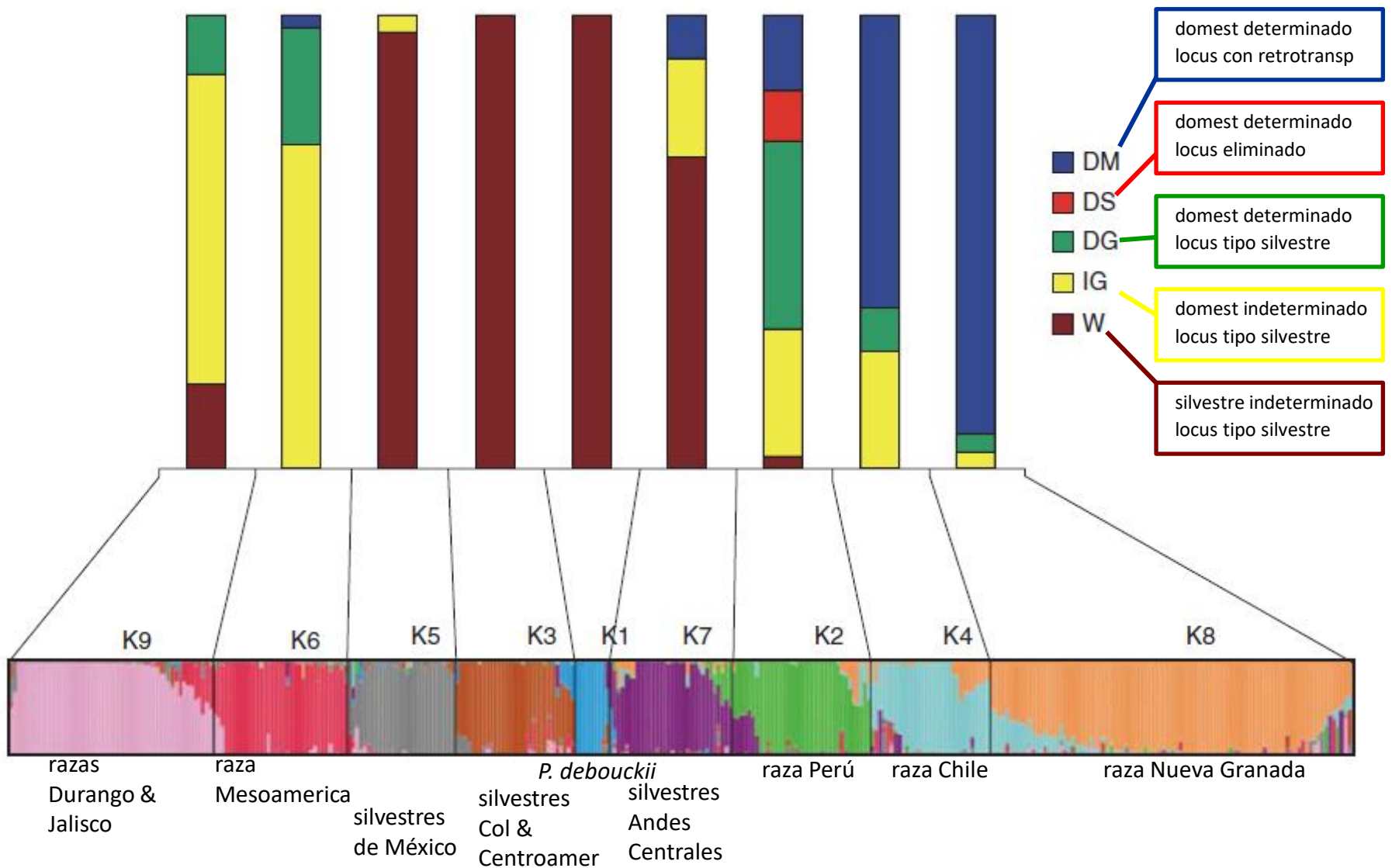
6,500 años a.P.
Huaca Prieta, Perú



fuentes: Aceituno & Loaiza 2014; Bush et al. 1989; Dickau et al. 2007; Grobman et al. 2012
Iriarte et al. 2004; Mangelsdorf et al. 1967; Perry et al. 2006; Piperno 2012
Piperno et al. 2009; Piperno & Flannery 2001; Pohl et al. 2007
Vallebuena-Estrada et al. 2016; Zarrillo et al. 2008



Consecuencia de la aparición del maíz en los Andes 1-2,000 años después de la domesticación del frejol



hábito determinado causado por la acción del gen *fin* en cromosoma Pv01, equivalente TFL1 de *Arabidopsis*; otro gen en Pv07 en este locus, se encontraron 12 cambios estructurales del gen; 3 fenotipos determinados en la raza Perú → 3 búsquedas independientes

Consecuencia de la aparición de la cerámica en los Andes 1-2,000 años después de la domesticación del frejol: las *nuñas* del Perú y los *k'opurus* de Bolivia que son para tostado

colecta de Junín, Perú



colecta de Cajamarca, Perú



gran número de tipos de faseolina en las nuñas: mayor presión de selección para este carácter?
interés para el tostado: facilidad de preparación, posibilidad de transporte, valor nutricional

Consecuencia de haber sembrado semilla de un silvestre afuera del rango

= reducción de la diversidad genética en el silvestre cultivado → domesticado cultivado

Marcador	Reducción %	Fuentes
proteína reserva semilla, faseolina	20-85	Koenig et al. 1990
enzima semilla α -amilasa	33	Ishimoto et al. 1995
RFLPs sobre secuencias relacionadas a M13	15-33	Sonnante et al. 1994
AFLPs de ADN genómico con 4 combinaciones de cebadores	35	Papa & Gepts 2003
Haplotipos de 10 regiones no codificantes de ADN cloroplástico	38-55	Chacón-Sánchez et al. 2005
2,506 AFLPs de ADN genómico	14-32	Papa et al. 2007
26 microsatélites de los 11 grupos de ligamientos; ADN genómico	9-11	Kwak & Gepts 2009
secuencias de nucleótidos de 5 genes nucleares	27-72	Bitocchi et al. 2013

Variación según acervo genético y marcador ligado o no a un carácter bajo selección directa

(el investigador trató de buscar una medición “neutral” de la reducción = efecto fundador)

Consecuencia para el fitomejoramiento:

varias características útiles jamás fueron incluidas en los acervos cultivados

porque la domesticación no tocó estos silvestres: ejemplo: la arcelina contra gorgojos

En la historia de las especies, la domesticación ocupa un tiempo muy corto

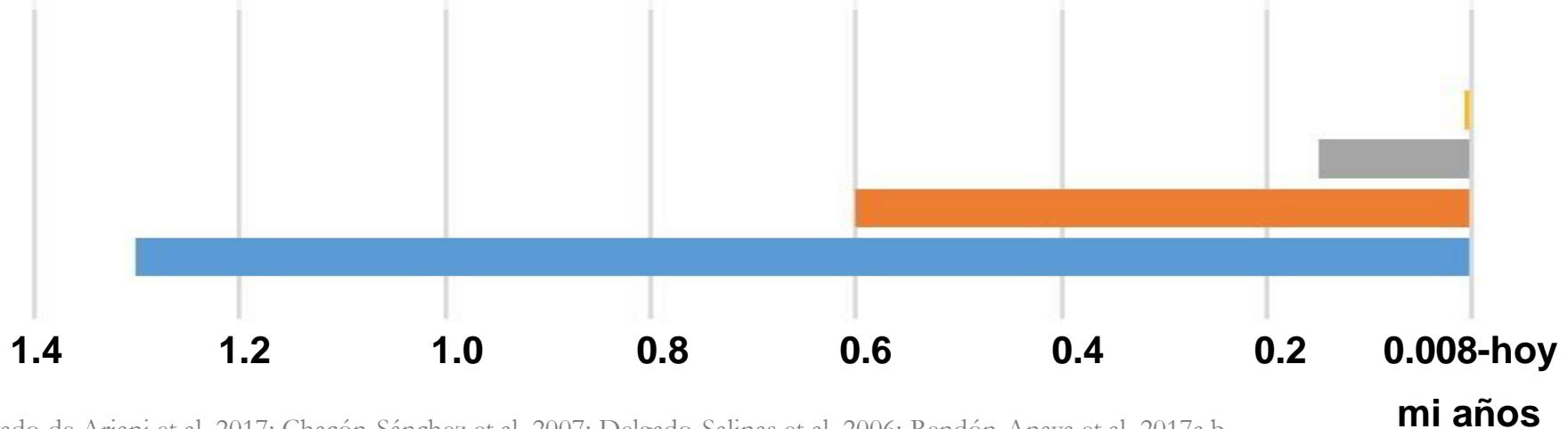
a mayor duración, mayor probabilidad de encontrar una característica interesante

duración de la domesticación (en Mesoamérica o en los Andes)

divergencia de los acervos Andino y Mesoamericano (estado silvestre)

divergencia de *P. debouckii* (hoy en NW Perú/ SW ECD) y otros dos acervos A y M

divergencia de las otras especies mexi-centroamericanas de *Phaseoli*



5. Algunas conclusiones e implicaciones:



5. Conclusiones y posibles implicaciones para la Línea de base:

- la domesticación andina fue independiente, arrancando ~ 10,000 años atrás, y como las demás fue muy dependiente del entorno (e.g. *andenes*), y vino por el fin de un modelo de aprovechamiento
- el conocimiento botánico por el chamanismo desde la primera migración ayudó a la domesticación
- 2 ideas (y por buenas copias) ayudaron: 1) sembrar, y 2) repetir la siembra con otra planta → sistema
- pudo haber arrancado con plantas utilitarias (fibras, flotadores) para la pesca, o plantas medicinales y con un *plus* para plantas: semillas para tostado, fáciles de transportar o guardar (RTA!)
- la domesticación (in-)consciente de frejol y pallar fue sobre todas características de interés para la gente, no directamente sobre el sistema reproductivo; el flujo genético siguió (y sigue!) abierto
- la domesticación arrancó con la siembra del pariente silvestre, posiblemente sin cerámica y sin maíz, pero progresó con la siembra afuera de la zona del pariente silvestre (no retorno de alelos dominantes)
- el flujo genético fue entonces entre variedades tradicionales, aumentando su diversidad genética el valor estético y la reducción de enfermedades ← mezclas ayudaron a la conservación de esta diversidad
- la variabilidad generada por los agricultores ya era o está probada en sus condiciones
- puede ser útil mantener el flujo genético y las selecciones originales; cómo garantizar la continuidad?!

Agradecimientos

Steve Beebe	Robert Burns	AGCD
Ana L Caicedo	Viviana Becerra	BMZ
Genis Castillo	Raúl Castillo	CIAT
Maria I Chacón	Hipólito de la Cruz	CIF
Jorge Duitama	George Freytag+	COSUDE
Eliana Gaitán	Mirihan Gamarra	EU
Rosa González	Paul Gepts	GCDT
Alberto Gutiérrez	Miguel Holle	IBPGR
Antonio Hernández+	Jorge Liñan	ICA
Celia Lima	Luís López	INIA
Josefina Martínez	Mario Paredes	INIAP
Jenny Motta	Raúl Ríos	INTA
Martha Serrano	Abundio Sagástegui	USAID
Alba M Torres	María C Sevillano	USDA
Joe Tohme	Eyla Velasco	World Bank
Orlando Toro+	Trevor Williams+	



Referencias (1)

- Aceituno, F.J. & N. Loaiza. 2014. Early and Middle Holocene evidence for plant use and cultivation in the Middle Cauca river basin, Cordillera Central (Colombia). *Quaternary Sci. Rev.* 86: 49-62.
- Aguilera, C. 1985. Flora y fauna mexicana: mitología y tradiciones. Editorial Everest Mexicana, S.A. Ciudad de México, D.F., México. 204p.
- Alva, W. & C.B. Donnan. 1994. Royal tombs of Sipán. Fowler museum of cultural history. University of California. Los Angeles, California, USA. 229p.
- Andueza-Noh, R.H., M.L. Serrano-Serrano, M.I. Chacón-Sánchez, I. Sánchez del Pino, L. Camacho-Pérez, J. Coello-Coello, J. Mijangos-Cortés, D.G. Debouck & J. Martínez-Castillo. 2013. Multiple domestications of the Mesoamerican gene pool of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. *Genet. Resources & Crop Evol.* 60 (3): 1069-1086.
- Arenas, P. 1992. El Chaco, su gente y las plantas. Universidad de Córdoba. Córdoba, Spain. 52p.
- Ariani, A., J.C. Berny-Mier y Terán & P. Gepts. 2017. Spatial and temporal scales of range expansion in wild *Phaseolus vulgaris*. *Mol. Biol. Evol.* 35 (1): 119-131.
- Beebe, S., J. Rengifo, E. Gaitán, M.C. Duque & J. Tohme. 2001. Diversity and origin of Andean landraces of common bean. *Crop Sci.* 41 (3): 854-862.
- Beebe, S.E., O. Toro-Chica, A.V. González, M.I. Chacón-Sánchez & D.G. Debouck. 1997. Wild-weed-crop complexes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae) in the Andes of Peru and Colombia, and their implications for conservation and breeding. *Genet. Resources & Crop Evol.* 44 (1): 73-91.
- Benz, B.F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98 (4): 2104-2106.
- Bitocchi, E., E. Bellucci, A. Giardini, D. Rau, M. Rodríguez, E. Biagetti, R. Santilocchi, P. Spagnoletti-Zeuli, T. Gioia, G. Logozzo, G. Attene, L. Nanni & R. Papa. 2013. Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and the Andes. *New Phytol.* 197 (1): 303-313.
- Brunner, B.R. & J.S. Beaver. 1989. Estimation of outcrossing of the common bean in Puerto Rico. *HortScience* 24 (4): 669-671.
- Burland, C.A. 1976. Peoples of the sun: the civilizations of pre-Columbian America. Praeger Publishers Inc. New York, New York, USA. 240p.
- Bush, M.B., D.R. Piperno & P.A. Colinvaux. 1989. A 6.000 year history of Amazonian maize cultivation. *Nature* 340: 303-305.
- Carter, G.F. 1946. Origins of American Indian agriculture. *Amer. Anthropol.* 48 (1): 1-21.
- Cavalli-Sforza, L.L., P. Menozzi & A. Piazza. 1994. The history and geography of human genes. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA. 1059p.
- Chacón-Sánchez, M.I., B. Pickersgill & D.G. Debouck. 2005. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theor. Appl. Genet.* 110 (3): 432-444.
- Chacón-Sánchez, M.I., B. Pickersgill, D.G. Debouck & J. Salvador-Arias. 2007. Phylogeographic analysis of the chloroplast DNA variation in wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Americas. *Pl. Syst. Evol.* 266 (3-4): 175-195.
- Clark, J.E. & D. Gosser. 1995. Reinventing Mesoamerica's first pottery. *in*: "The emergence of pottery - Technology and innovation in ancient societies", W.K. Barnett & J.W. Hoopes (eds.). Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., USA. Pp. 209-221.

Referencias (2)

- Cook, O.F. 1919. Milpa agriculture, a primitive tropical system. Smithsonian Inst. Washington Annu. Rept. Pp. 307-326.
- Crawford. M.H. 1998. The origins of native Americans: evidence from anthropological genetics. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 308p.
- Crispín M., A. 1960. Cruzamiento natural en frijol. Agric. Técn. México 11: 38-39.
- Debouck, D.G. 2000. Genetic resources of *Phaseolus* beans: patterns in time, space, and people. in: "La judía en un nuevo marco de calidad", 2nd Seminario de Judía de la Península Ibérica, M.A. Fueyo Olmo, A..J. González Fernández, J.J. Ferreira Fernández, R. Giraldez Ceballos-Escalera (eds.). Asturgraf, Villaviciosa, Asturias, Spain, pp. 17-39.
- Debouck, D.G. 2017. Domesticaciones americanas: cuando la recursividad humana con ayuda de algunas plantas hace maravillas contra el peso de la geografía y de la migración original. in: "Domesticación en el continente americano: investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo", vol. 2, chapt. 5, A. Casas, J. Torres-Guevara and F. Parra (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, Mexico. Pp. 135-149.
- Debouck, D.G. & J. Smartt. 1995. Beans, *Phaseolus* spp. (Leguminosae-Papilionoideae). in: "Evolution of crop plants", J. Smartt & N.W. Simmonds (eds.), Second Edition, Longman Scientific & Technical, London, United Kingdom. Pp. 287-294.
- Debouck, D.G. & J. Tohme. 1988. Recolección de germoplasma de *Phaseolus* en el centro-sur del Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Mimeographed, 29p.
- Delgado-Salinas, A., R. Bibler & M. Lavin. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. Syst. Bot. 31 (4): 779-791.
- Diamond, J. 1997. Guns, germs and steel - The fate of human societies. W.W. Norton & Company. New York, New York, USA. 480p.
- Diamond, J. 2012. The local origins of domestication. in: "Biodiversity in agriculture – Domestication, evolution, and sustainability", P. Gepts, Th.R. Famula, R.L. Bettinger, S.B. Brush, A.B. Damania, P.E. McGuire & C.O. Qualset (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 9-17.
- Dickau, R., A.J. Ranere & R.G. Cooke. 2007. Starch grain evidence for the preceramic dispersals of maize and root crops into tropical dry and humid forests of Panama. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104 (9): 3651-3656.
- Dillehay, T.D., C. Ramírez, M. Pino, M.B. Collins, J. Rossen & J.D. Pino-Navarro. 2008. Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. Science 320: 784-786.
- Dillehay, T.D., J. Rossen, T.C. Andres & D.E. Williams. 2007. Preceramic adoption of peanut, squash, and cotton in northern Peru. Science 316: 1890-1893.
- Estrella, E. 1988. El pan de América. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 390p.
- Ferreira, J.J., E. Alvarez, M.A. Fueyo, A. Roca & R. Giraldez. 2000. Determination of the outcrossing rate of *Phaseolus vulgaris* L. using seed protein markers. Euphytica 113 (3): 259-263.
- Freyre, R., R. Ríos, L. Guzmán, D.G. Debouck & P. Gepts. 1996. Ecogeographic distribution of *Phaseolus* spp. (Fabaceae) in Bolivia. Econ. Bot. 50 (2): 195-215.

Referencias (3)

- Fuller, D.Q., L. Qin, Y. Zheng, Z. Zhao, X. Chen, L.A. Hosoya & G.-P. Sun. 2009. The domestication process and domestication rate in rice: spikelet bases from the Lower Yangtze. *Science* 323 (5921): 1607-1610.
- Gade, D.W. 1999. *Nature and culture in the Andes*. The University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin, USA. 287p.
- Gepts, P., A. González, R. Papa, J. Acosta, A. Wong & A. Delgado Salinas. 2000. Outcrossing in Mexican wild and domesticated populations of common bean. *Annu. Rept. Bean Improvement Coop. (USA)* 43: 25-26.
- Gill, A. & A. West. 2001. *Extinct*. Channel Four Books. London, England. 256p.
- Graham, A. 2011. *A natural history of the New World: the ecology and evolution of plants in the Americas*. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA. 387p.
- Greenberg, J.H. 1987. *Language in the Americas*. Stanford University Press. Stanford, California, USA. 438p.
- Greenberg, J.H. & M. Ruhlen. 1992. Linguistic origins of native Americans. *Scientific American* 267 (5): 94-99.
- Grobman, A., D. Bonavia, T.D. Dillehay, D.R. Piperno, J. Iriarte & I. Holst. 2012. Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109 (5): 1755-1759.
- Guamán Poma de Ayala, F. 1600. *Desde la creación del mundo hasta el calendario de los Incas*. Editorial Comentarios. Lima, Perú. 218p.
- Guerra-García, A., M. Suárez-Atilano, A. Mastretta-Yanes, A. Delgado-Salinas & D. Piñero. 2017. Domestication genomics of the open-pollinated scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Front. Plant Sci.* 8: 1-15.
- Gutiérrez-Salgado, A., P. Gepts & D.G. Debouck. 1995. Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus*, in the Americas. *Genet. Resources & Crop Evol.* 42 (1): 15-28.
- Hanson, T. 2015. *The triumph of seeds: how grains, nuts, kernels, pulses and pips conquered the plant kingdom and shaped human history*. Basic Books, New York, New York, USA. 277p.
- Harari, Y.N. 2014. *De animales a dioses: breve historia de la humanidad*. Penguin Random House Grupo Editorial. Barcelona, Spain. 493p.
- Harlan, J.R. 1971. Agricultural origins: centers and non-centers. *Science* 174: 468-474.
- Harlan, J.R. 1975. *Crops and man*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 295p.
- Harlan, J.R. 1992. *Crops and man*. 2nd edition. American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 284p.
- Hawkes, J.G. 1990. *The potato - Evolution, biodiversity and genetic resources*. Belhaven Press. London, United Kingdom. 259p.
- Heiser, C.B. 1988. Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Euphytica* 37: 77-81.
- Heiser, C.B. 1990. *Seed to civilization – The story of food*. New edition. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 228p.
- Heiser, C.B. 1995. Peppers, *Capsicum* (Solanaceae). *in*: “Evolution of crop plants. Second edition”, Smartt, J. & N.W. Simmonds (eds.). Longman Scientific & Technical. London, England. Pp. 449-451.
- Hernández-Verdugo, S., R. Luna-Reyes & K. Oyama. 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Syst. Evol.* 226: 129-142.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1959. La agricultura en la Península de Yucatán. *in*: “Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento”, E. Beltrán (ed.). Edic. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. México 2 (3): 3-57.

Referencias (4)

- Ibarra-Pérez, F.J., B. Ehdaie & J.G. Waines. 1997. Estimation of outcrossing rate in common bean. *Crop Sci.* 37 (1): 60-65.
- Iriarte, J., I. Holst, O. Marozzi, C. Listopad, E. Alonso, A. Rinderknecht & J. Montaña. 2004. Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the La Plata basin. *Nature* 432 (7017): 614-617.
- Ishimoto, M., K. Suzuki, M. Iwanaga, F. Kikuchi & K. Kitamura. 1995. Variation of seed α -amylase inhibitors in the common bean. *Theor. Appl. Genet.* 90 (3-4): 425-429.
- Janis, D. 1993. Victors by default. *in*: "The book of life", S.J. Gould (ed.). W.W. Norton & Company. New York, New York, USA. Pp. 169-217.
- Kaplan, L. 1985. Pre-ceramic *Phaseolus* from Guilá Naquitz. *in*: "Guila Naquitz: archaic foraging and early agriculture in Oaxaca, Mexico", K.V. Flannery (ed.). Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. Pp. 281-284.
- Kaplan, L., & T. Lynch. 1999. *Phaseolus* (Fabaceae) in archaeology: AMS radiocarbon dates and their significance for pre-Columbian agriculture. *Econ. Bot.* 53 (3): 261-272.
- Kirkpatrick, K.J. & H.D. Wilson. 1988. Interspecific gene flow in *Cucurbita*: *C. texana* vs *C. pepo*. *Amer. J. Bot.* 75 (4): 519-527
- Koenig, R.L., S.P. Singh & P. Gepts. 1990. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 44 (1): 50-60.
- Kwak, M. & P. Gepts. 2009. Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Theor. Appl. Genet.* 118 (5): 979-992.
- Kwak, M., J.A. Kami & P. Gepts. 2009. The putative Mesoamerican domestication center of *Phaseolus vulgaris* is located in the Lerma-Santiago basin of Mexico. *Crop Sci.* 49 (2): 554-563.
- Kwak, M., O. Toro-Chica, D.G. Debouck & P. Gepts. 2012. Multiple origins of the determinate growth habit in domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Ann. Bot.* 110 (8): 1573-1580.
- Larson, G., D.R. Piperno, R.G. Allaby, M.D. Purugganan, L. Andersson, M. Arroyo-Kalin, L. Barton, C. Climer-Vigueira, T. Denham, K. Dobney, A.N. Doust, P. Gepts, M.T.P. Gilbert, K.J. Gremillon, 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 & D.Q. Fuller. 2014. Current perspectives and the future of domestication studies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111 (17): 6139-6146.
- Lebot, V. 1999. Biomolecular evidence for plant domestication in Sahul. *Genet. Resources & Crop Evol.* 46 (6): 619-628.
- Mackie, W.W. & F.L. Smith. 1935. Evidence of field hybridization in beans. *J. Amer. Soc. Agron.* 27: 903-909.
- Madheem, H. 1992. Anonás (*Annona* spp.). *in*: "Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492", E. Hernández-Bermejo & J. León (eds.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Pp. 83-90.
- Maldonado, B.E. 2017. For gods and rulers: metalworking in the Ancient Americas. *in*: "Golden kingdoms: luxury arts in the ancient Americas", J. Pillsbury, T. Potts & K.N. Richter (eds.). The J. Paul Getty Museum and The Getty Research Institute. Los Angeles, California, USA. Pp. 14-23.
- Mamidi, S., M. Rossi, D. Annam, S. Moghaddam, R. Lee, R. Papa & P. McClean. 2011. Investigation of the domestication of common bean (*Phaseolus vulgaris*) using multilocus sequence data. *Functional Plant Biol.* 38 (12): 953-967.

Referencias (5)

- Mangelsdorf, P.C., R.S. MacNeish & W.C. Galinat. 1967. Prehistoric wild and cultivated maize. *in*: “Environment and subsistence”, D.S. Byers (ed.). The prehistory of the Tehuacan valley. Volume One. University of Texas Press. Austin, Texas, USA. Pp. 178-200.
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sánchez-González, E. Buckler & J. Doebley. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99 (9): 6080-6084.
- Mina-Vargas, A.M., P.C. McKeown, N.S. Flanagan, D.G. Debouck, A. Kilian, T.R. Hodgkinson & C. Spillane. 2016. Origin of year-long bean (*Phaseolus dumosus* Macfady., Fabaceae) from reticulated hybridization events between multiple *Phaseolus* species. *Ann. Bot.* 118 (5): 957-969.
- Miranda-Colín, S. 1971. Cruzamiento natural en frijol. *Agric. Técn. México* 3 (2): 48-52.
- Motta-Aldana, J.R., M.L. Serrano-Serrano, J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck & M.I. Chacón-Sánchez. 2010. Multiple origins of Lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Sci.* 50 (5): 1773-1787.
- Muñoz, L.C., M.C. Duque, D.G. Debouck & M.W. Blair. 2006. Taxonomy of tepary bean and wild relatives as determined by amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. *Crop Sci.* 46 (4): 1744-1754.
- Nabhan, G.P. 2004. Why some like it hot - Food, genes, and cultural diversity. Island Press, Shearwater Book. Washington, D.C., USA. 233p.
- National Research Council. 1989. Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, D.C., USA. 415p.
- Nichols, J. 1998. The origin and dispersal of languages: linguistic evidence. *in*: “The origin and diversification of language”, N.G. Jablonski & L.C. Aiello (eds.). *Mem. Calif. Acad. Sci.* 24. San Francisco, California, USA. Pp. 127-170.
- Papa, R., E. Bellucci, M. Rossi, S. Leonardi, D. Rau, P. Gepts, L. Nanni & G. Attene. 2007. Tagging the signatures of domestication in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by means of pooled DNA samples. *Ann. Bot.* 100 (5): 1039-1051.
- Papa, R. & P. Gepts. 2003. Asymmetry of gene flow and differential geographic structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. *Theor. Appl. Genet.* 106 (2): 239-250.
- Parodi, L.R. 1966. La agricultura aborigen argentina. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Eudeba. Buenos Aires, Argentina. 48p.
- Perry, L., D.H. Sandweiss, D.R. Piperno, K. Rademaker, M.A. Malpass, A. Umire & P. de la Vera. 2006. Early maize agriculture and interzonal interaction in southern Peru. *Nature* 440: 76-79.
- 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 & J.A. Zeidler, 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315: 986-988.
- Pickersgill, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: insights from Mendelian and molecular genetics. *Ann. Bot.* 100 (5): 925-940.
- Pickersgill, B. & C.B. Heiser. 1977. Origins and distribution of plants domesticated in the New World tropics. *in*: “Origins of agriculture”, C.A. Reed (ed.). Mouton Publishers. The Hague, Paris. Pp. 803-835.

Referencias (6)

- Piperno, D.R. 2006. Identifying manioc (*Manihot esculenta* Crantz) and other crops in pre-Columbian tropical America through starch grain analysis. *in*: “Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms”, M.A. Zeder, D.G. Bradley, E. Emshwiller & B.D. Smith (eds.). University of California Press. Berkeley, California, USA. Pp. 46-67.
- Piperno, D.R. 2012. New archaeobotanical information on early cultivation and plant domestication involving microplant (phytolith and starch grain) remains. *in*: “Biodiversity in agriculture – Domestication, evolution, and sustainability”, P. Gepts, Th.R. Famula, R.L. Bettinger, S.B. Brush, A.B. Damania, P.E. McGuire & C.O. Qualset (eds.), Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom, pp. 136-159.
- Piperno, D.R. & K.V. Flannery. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98 (4): 2101-2103.
- Piperno, D.R., A.J. Ranere, I. Holst, J. Iriarte & R. Dickau. 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas river valley, Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106 (13): 5019-5024.
- Piperno, D.R. & K.E. Stothert. 2003. Phytolith evidence for early Holocene *Cucurbita* domestication in southwest Ecuador. *Science* 299 (5609): 1054-1057.
- Pohl, M.E.D., D.R. Piperno, K.O. Pope & J.G. Jones. 2007. Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the Neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104 (16): 6870-6875.
- Rabinowitz, D., C.R. Linder, R. Ortega, D. Begazo, H. Murguía, D.S. Douches & C.F. Quiros. 1990. High levels of interspecific hybridization between *Solanum sparsipilum* and *S. stenotomum* in experimental plots in the Andes. *Amer. Potato J.* 67 (2): 73-81.
- Reichel-Dolmatoff, G. 1961. The agricultural basis of the sub-andean chiefdoms of Colombia. *in*: “The evolution of horticultural systems in native South America: causes and consequences”, J. Wilbert (ed.). Sociedad de Ciencias Naturales. Caracas, Venezuela. Pp. 83-100.
- Reichel-Dolmatoff, G. 1985. Monsú - Un sitio arqueológico. Biblioteca Banco Popular, Textos Universitarios. Bogotá, D.C., Colombia. 226p.
- Regina-Royer, M., M.C. Gonçalves-Vidigal, C.A. Scapim, P.S. Vidigal-Filho & E. Miglioranza. 2000. Natural outcrossing rates of bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annu. Rept. Bean Improvement Coop. (USA)* 43: 194-195.
- Rendón-Anaya, M., J.M. Montero-Vargas, S. Saburido-Alvarez, A. Vlasova, S. Capella-Gutiérrez, J.J. Ordaz-Ortiz, O.M. Aguilar, R.P. Vianello-Brondani, M. Santalla, L. Delaye, T. Gabaldón, P. Gepts, R. Winkler, R. Guigó, A. Delgado Salinas & A. Herrera-Estrella. 2017a. Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. *Genome Biol.* 18 (60): 1-17.
- Rendón-Anaya, M., A. Herrera-Estrella, P. Gepts & A. Delgado Salinas. 2017b. A new species of *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoideae) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. *Phytotaxa* 313 (3): 259-266.
- Roosevelt, A.C. 1993. The rise and fall of the Amazon chiefdoms. *L'Homme* 33 (2-4): 255-283.
- Root, W.C. 1963. Metallurgy. *in*: “Handbook of South American Indians”, J.H. Steward (ed.). Volume 5. The comparative ethnology of South American Indians. Cooper Square Publishers, Inc. New York, New York, USA. Pp. 205-225.
- Salcedo, J.M. & D.G. Debouck. 2004. Comparación de áreas estigmáticas florales entre formas silvestres y cultivadas (tradicionales y modernas) de *Phaseolus vulgaris* L. III Congreso Colombiano de Botánica, Popayán, Colombia, 7-12 noviembre 2004.
- Schmit, V. & D.G. Debouck. 1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Econ. Bot.* 45 (3): 345-364.

Referencias (7)

- Schobinger, J. 1994. The first Americans. William B. Eerdmans Publishing Company. Grand Rapids, Michigan, USA. 194p.
- Schultes, R.E. & A. Hofmann. 1992. Plants of the gods: their sacred, healing and hallucinogenic powers. Healing Arts Press. Rochester, Vermont, USA. 192p.
- Schwartz, M. 1997. A history of dogs in the early Americas. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 233p.
- Singh, S.P., P. Gepts & D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 45 (3): 379-396.
- Smith, B.D. 1995. The emergence of agriculture. Scientific American Library. A division of HPHLP. New York, New York, USA. 230p.
- Smith, B.D. 1997. The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. Science 276: 932-934.
- Sonnante, G., T. Stockton, R.O. Nodari, V.L. Becerra-Velásquez & P. Gepts. 1994. Evolution of genetic diversity during the domestication of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theor. Appl. Genet. 89 (5): 629-635.
- Sotelo, A., H. Sousa & M. Sánchez. 1995. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). Plant Foods Hum. Nutr. 47 (2): 93-100.
- Soukup, J. 1986. Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de los géneros. Editorial Salesiana. Lima, Perú. 436p.
- Spataro, G., B. Tiranti, P. Arcaleni, E. Bellucci, G. Attene, R. Papa, P. Spagnoletti-Zeuli & V. Negri. 2011. Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. Theor. Appl. Genet. 122 (7): 1281-1291.
- Stoetzer, H.A.I. 1984. Natural cross-pollination in bean in Ethiopia. Annu. Rept. Bean Improvement Coop. (USA) 27: 99-100.
- Tarrago, M.N. 1980. El proceso de agriculturización en el noroeste argentino, zona valliserrana. Actas V Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Tomo 1. Univ. Nal. San Juan, Instituto Invest. Arqueol. & Museo. Pp. 181-217.
- Tohme, J., O. Toro-Chica, J. Vargas & D.G. Debouck. 1995. Variability in Andean Nuña common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 49 (1): 78-95.
- Triana, B., M. Iwanaga, H. Rubiano & M. Andrade. 1993. A study of allogamy in wild *Phaseolus vulgaris*. Annu. Rept. Bean Improvement Coop. (USA) 36: 20-21.
- Tudge, C. 1999. Neanderthals, bandits and farmers: how agriculture really began. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA. 53p.
- Vallebuena-Estrada, M., I. Rodríguez-Arévalo, A. Rougon-Cardoso, J. Martínez-González, A. García-Cook, R. Montiel & J.P. Vielle-Calzada. 2016. The earliest maize from San Marcos Tehuacán is a partial domesticate with genomic evidence of inbreeding. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 113 (49): 14151-14156.
- van Beem, J., J. Kornegay & L. Lareo. 1992. Nutritive value of the nuña popping bean. Econ. Bot. 46 (2): 164-170.
- Vavilov, N.I. 1926. Centers of origin of cultivated plants. Tr. po prikl. Bot. i Selek. 16 (2): 1-113.
- Vavilov, N.I. 1949. Phytogeographic basis of plant breeding. Chron. Bot. 13 (1-6): 13-54.
- vonHoldt, B.M., M.M. Gray & R.K. Wayne. 2012. Genome-wide approaches for the study of dog domestication. in: "Biodiversity in agriculture – Domestication, evolution, and sustainability", P. Gepts, Th.R. Famula, R.L. Bettinger, S.B. Brush, A.B. Damania, P.E. McGuire & C.O. Qualset (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 275-298.
- Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Ministerio de Agricultura, Estación Experimental Agrícola de La Molina. Lima, Perú. 776p.

Referencias (8)

- Wells, S. 2003. The journey of man: a genetic odyssey. Random House, Inc. New York, New York, USA. 218p.
- Wells, S. 2007. Deep ancestry: inside the genographic project. National Geographic. Washington, D.C., USA. 247p.
- Wells, W.C., W.H. Isom & J.G. Waines. 1988. Outcrossing rates of six common bean lines. *Crop Sci.* 28 (1): 177-178.
- Wendel, J.F. & R.G. Percy. 1990. Allozyme diversity and introgression in the Galapagos Islands endemic *Gossypium darwinii* and its relationship to continental *G. barbadense*. *Biochem. System. Ecol.* 18 (7-8): 517-528.
- Wilson, E.O. 1992. The diversity of life. W.W. Norton & Company. New York, New York, USA. 424p.
- Yacovleff, E. & F.L. Herrera. 1934. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. *Rev. Museo Nac.* Lima 3: 241-322.
- Zarrillo, S., D.M. Pearsall, J.S. Raymond, M.A. Tisdale & D.J. Quon. 2008. Directly dated starch residues document early formative maize (*Zea mays* L.) in tropical Ecuador. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105 (13): 5006-5011.
- Zeder, M.A. 2012. Pathways to animal domestication. *in*: "Biodiversity in agriculture – Domestication, evolution, and sustainability", P. Gepts, Th.R. Famula, R.L. Bettinger, S.B. Brush, A.B. Damania, P.E. McGuire & C.O. Qualset (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 225-259.
- Zimmerer, K.S. 1992. Biological diversity and local development: "Popping beans" in the Central Andes. *Mountain Res. Dev.* 12 (1): 47-61.