PRÓLOGO

niño, vas a comer tu arroz sí o no? póngase juicioso!

hubo pan en el desayuno esta mañana?

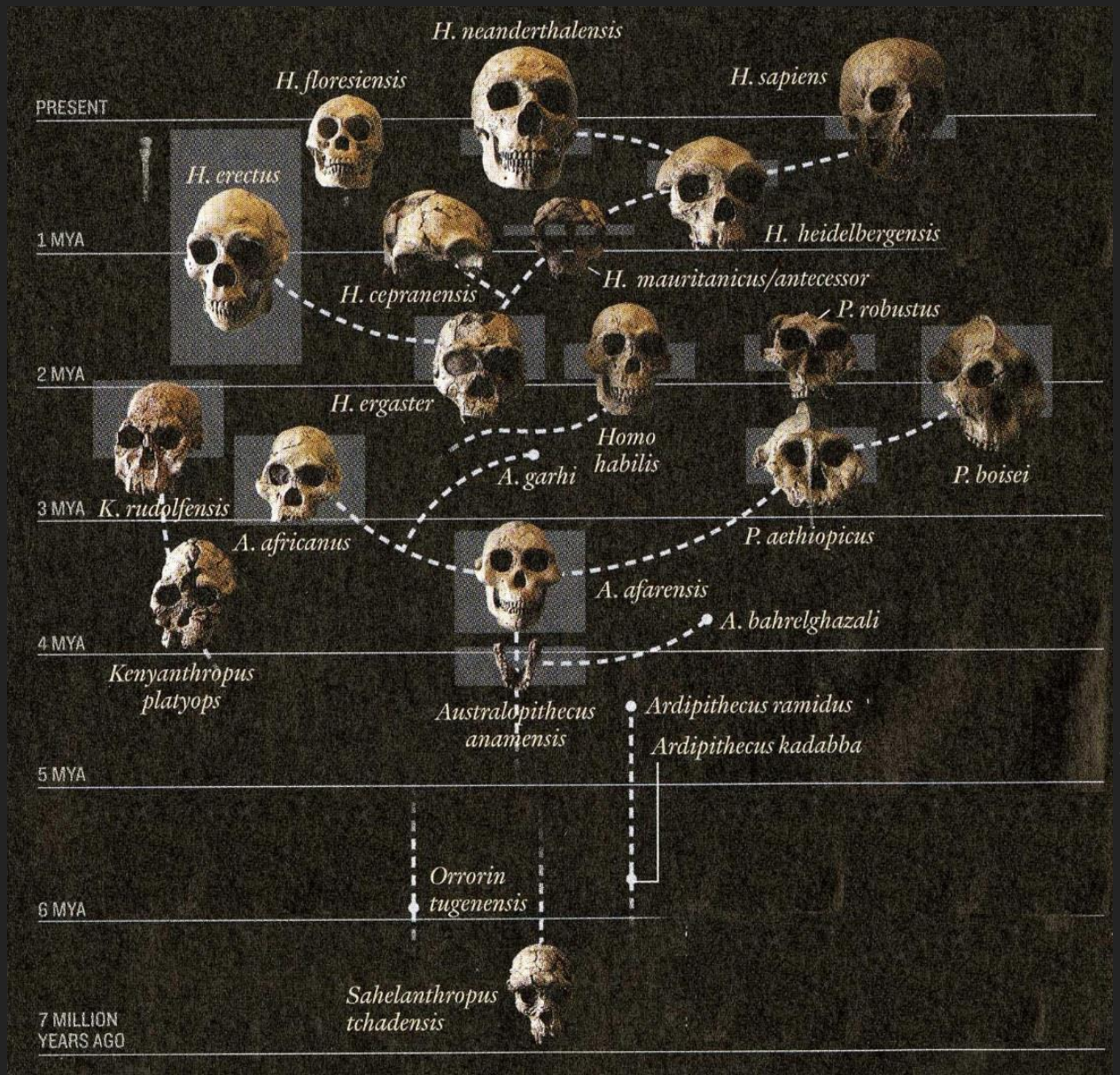
vamos a comer pollo esta semana?

será que engordé otra vez?

Mamá, yo también quiero un celular?

PRÓLOGO (cont.)

Por qué de todos los Hominidae fuimos los únicos en desarrollar la agricultura?



- ✓ *al igual que los demás, dieta = omnívoro*
  ← no. y tipo de dientes
- ✓ *omnívoro no especialista*
- ✓ *la agricultura permitió el control de abastecimiento en alimentos*
- ✓ *este control permitió el auge demográfico jamás visto en todos los Hominidae*

lecturas adicionales: Fleagle 2013

Cátedra José Celestino Mutis

Semillas: ciencia y tecnología para la producción nacional

Cuando unas pocas plantas domesticaron unas pocas personas

D.G. Debouck

Bogotá, 14 de agosto de 2018

PLAN

1. Nuestra dieta actual: extrema dependencia de unos pocos

2. Algunas características de *Homo sapiens* → explicación

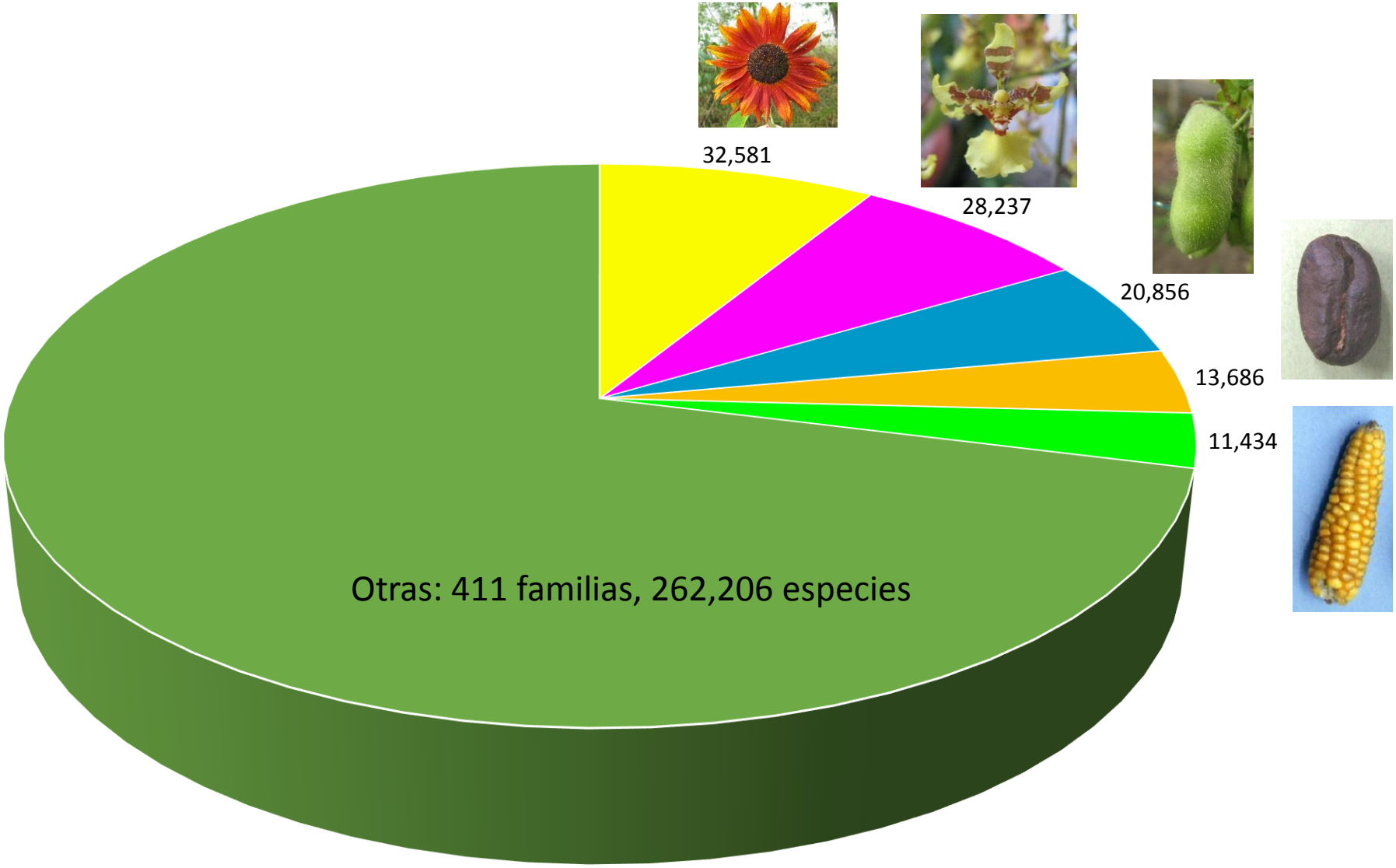
3. Enseñanzas de la domesticación de *Canis*

4. Características de domesticación de plantas en el Neotrópico

5. Presiones de selección no imaginadas

6. Epílogo: hay otras domesticaciones posibles?

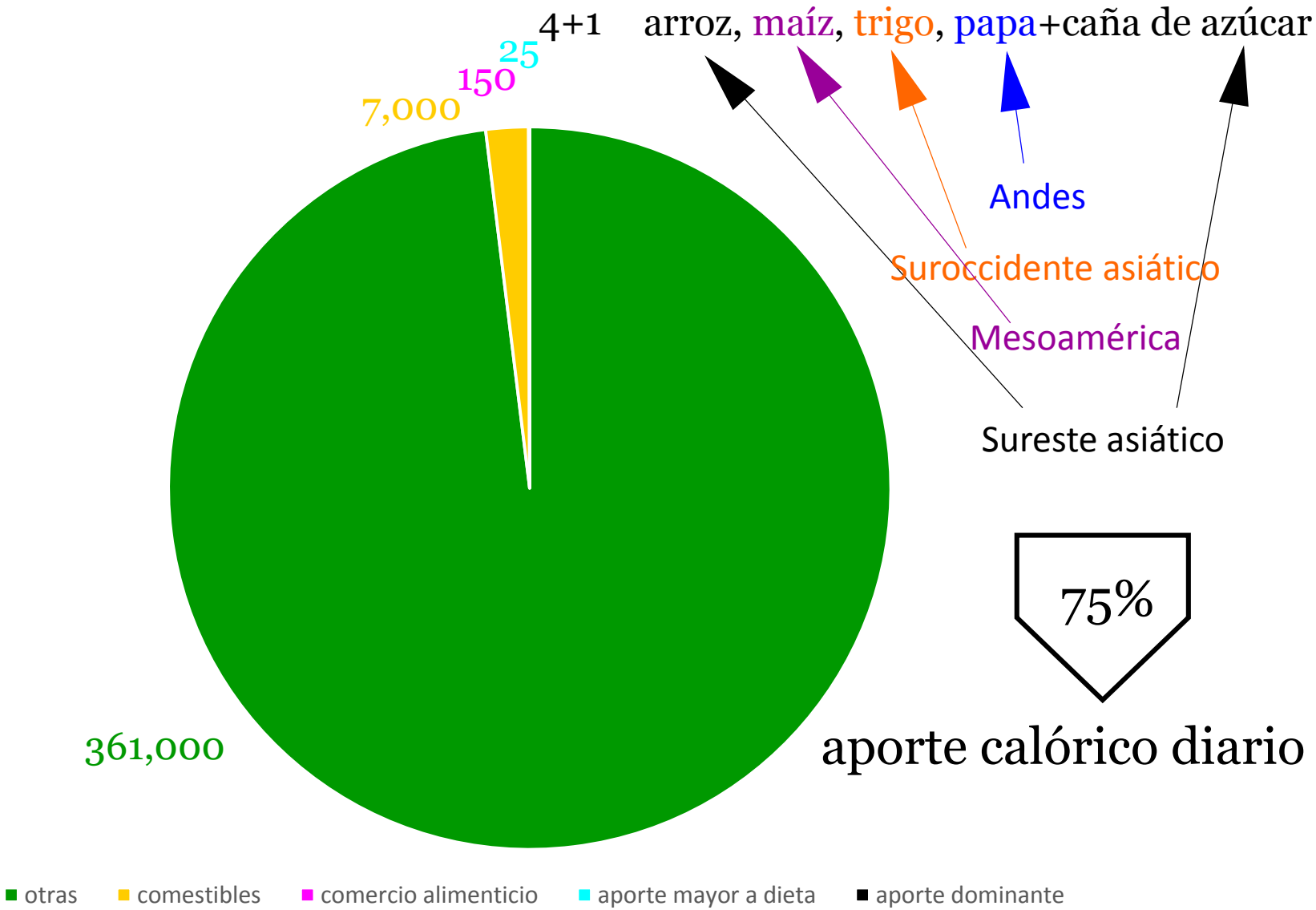
Número total de plantas Angiospermas: 369,000 especies



Asteraceae Orchidaceae Fabaceae Rubiaceae Poaceae otras

fuente: RBG Kew 2017

Número total de plantas Angiospermas usadas (sobre 369,000)



fuentes: Plotkin 1988, RBG Kew 2017, Wilson 1992

Paréntesis: del lado animal

Grupo	No. especies	No. domesticadas
mamíferos	4,000	16
aves	9,040	6
reptiles	6,300	0
anfibios	4,200	0
peces	18,150	6
insectos	751,000	2
otros artrópodos	123,160	0
moluscos	50,000	(2)

fuente: Wilson 1992, 1994

Es cierto que aprovechamos más plantas para moléculas activas p.ej. en salud

Y en familias que poco o nada han contribuido alimentos (p.ej. Lamiaceae)

Es cierto que ahora vemos mejor el panorama a nivel global

Por tener por 265 años una taxonomía más robusta y 15 años de internet

Pero de dónde viene este desbalance?

Tiene que ver con la flora local en el momento del inicio de la domesticación? o

Tiene que ver con la gente que arrancó el proceso? O los dos?

lecturas adicionales: Anderson 2008; Harlan 1992; Hawkes 1983; Miller 1969; Smith et al. 2004

Definiciones (1):

Por “material domesticado” se entiende cualquier material genético de origen vegetal o animal que depende de la gente para su supervivencia.

- tiene una característica morfo-fisiológica que altera su reproducción natural
- depende de un ambiente modificado para su reproducción natural

Por “material silvestre” se entiende cualquier material genético de origen vegetal o animal que crece y se reproduce en condiciones naturales sin intervención humana.

- puede o no ser aprovechado o favorecido

lecturas adicionales: Cook 1919, Ford-Lloyd & Jackson 1986, Harlan 1992, Mapes & Basurto 2016

Dependencia mutua completa
• del hombre para siembra correcta
• de la planta si se quiere la cosecha
Germinación de *Zea mays*, Valle del Cauca, Colombia, 3 julio 2018
foto: Debouck 2018

Definiciones (2):

Por “material cultivado” se entiende cualquier material genético de origen vegetal sembrado a propósito con fin de aprovechamiento.

- acto fundamental y diferenciador: la siembra
- acto frecuente y diferenciador: la ‘roza-tumba-quema’ = abrir otro espacio ecológico

Por “domesticación” se entiende una modificación para hacer producir de parte de un ser vivo (planta, animal, microbio) un producto/ servicio útil a la gente. Hay interferencia humana, directa o indirecta, en los procesos naturales de producción de los mismos, y posible cautiverio.

- el estatuto de su gato hoy no es claro, aunque es claro que lo tiene “domesticado” a Usted!

lecturas adicionales: Cook 1919, Harlan 1992, Smith 1995, Zeder et al. 2006

Material silvestre → *Domesticación* → Material domesticado

pimentón

maíz

fríjol-grano *habichuela*

- nivel de domesticación ± avanzado → dependencia de la gente
- modificación de tamaño, número de items cosechados, sistema de dispersión
- modificación de latencia, fecha de floración, hábito de crecimiento, antinutricionales

Los 20 (faltan: café, cacao, caucho, leche de vaca, carne de cerdo, pollo, res!)

	Domesticado	Origen	Ecologia
1	maíz	México	sábana con invierno seco
2	trigo	Creciente Fértil	sábana con invierno lluvioso
3	arroz	China, sureste asiático	sábana con invierno seco
4	papa	Andes Centrales	tierra alta con invierno seco
5	cebada	Creciente Fértil	sábana con invierno lluvioso
6	soya	China	bosque con invierno seco
7	caña de azúcar	Sureste asiático	bosque tropical lluvioso
8	algodón	Mesoamérica	sábana con invierno seco
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Qué comparten la mayoría de estos cultivos?

- plantas que se reproducen por semillas
- plantas cuyo habitat cuenta con una larga estación seca
- por lo tanto sus semillas (originales) tienen latencia
- propiedad clave para 1) almacenamiento,

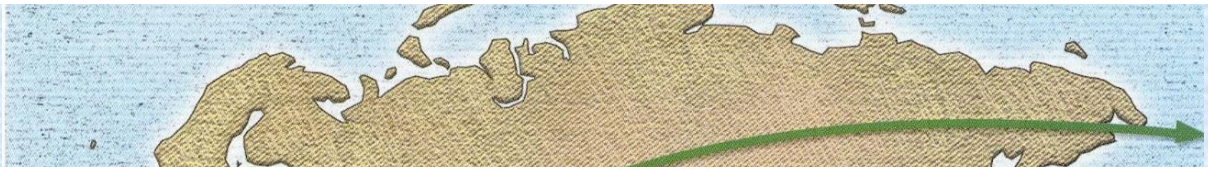
  2) intercambio → comercio, y

  3) transporte

fuentes: Duke 1995; FAO 2018 (2013!); Harlan 1992; Sauer 1993; USDA Foreign Agricultural Service 2018

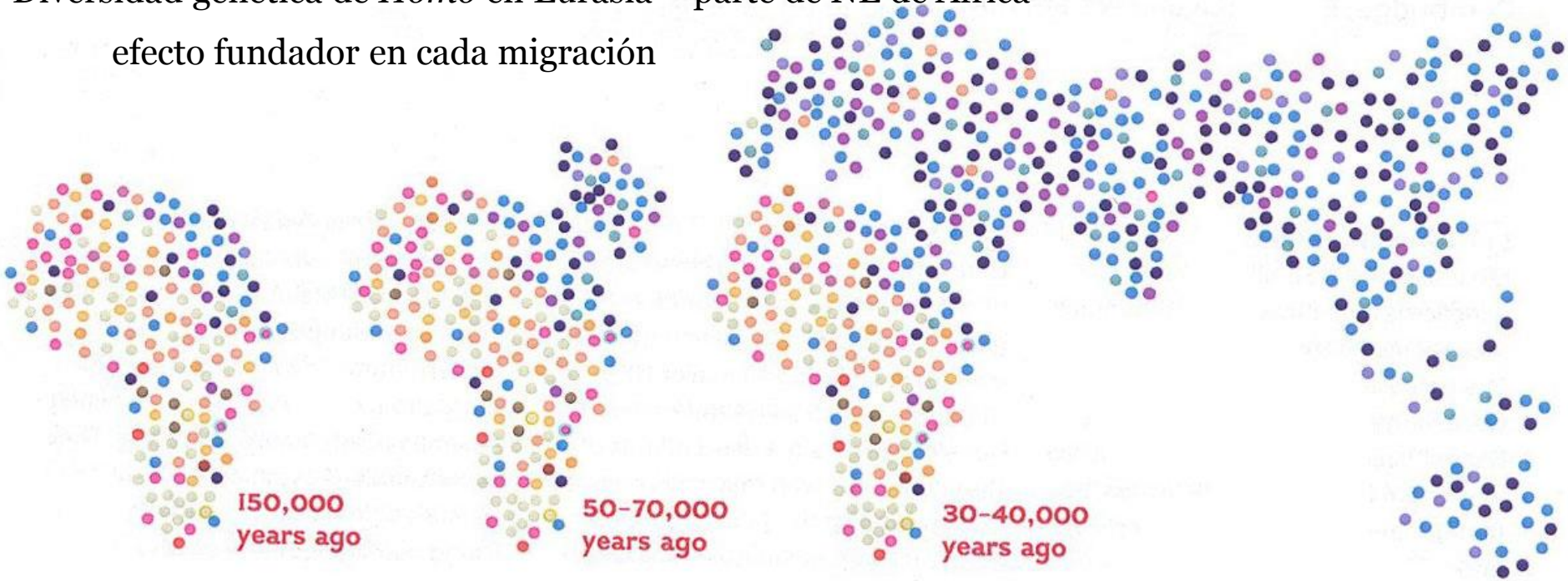
Cómo encontramos e incluimos a estos 25 en nuestra dieta?

Homo sapiens llega a colonizar los 5 continentes ANTES de la agricultura
por lo tanto tendremos casos de 'invento' local de la agricultura, aparte de difusiones

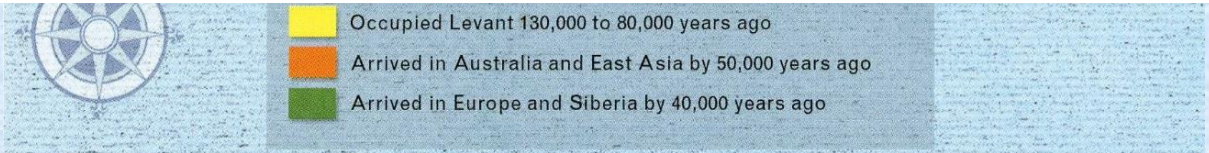


Diversidad genética de *Homo* en Eurasia = parte de NE de África

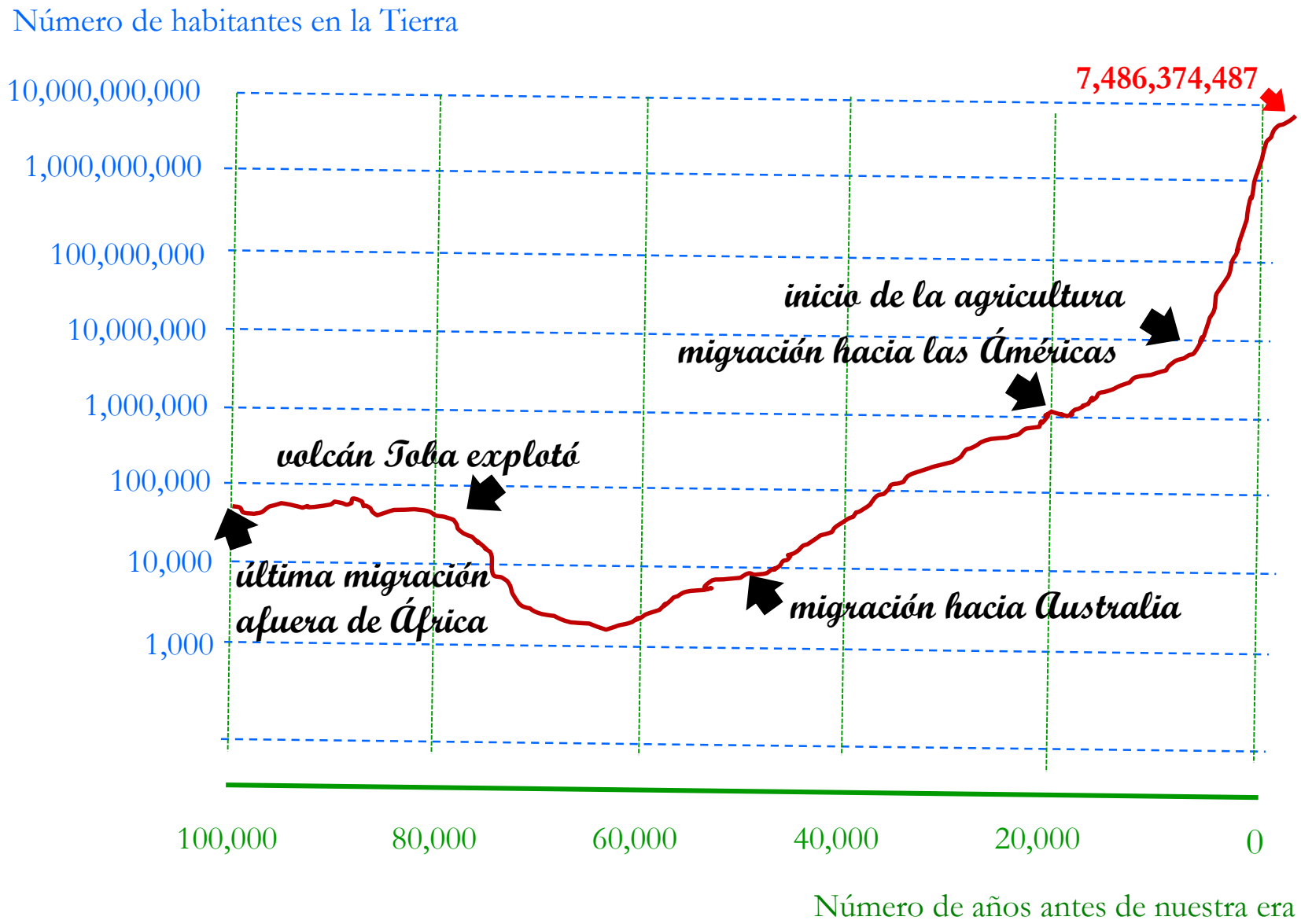
efecto fundador en cada migración



fuente: Kidd 2006



Crecimiento de la población de *Homo sapiens* como especie



fuentes: Castleden 2007; Wells 2010; Stringer & Andrews 2012; US Census Bureau 2018 (16/07 12:34)

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 (2da 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

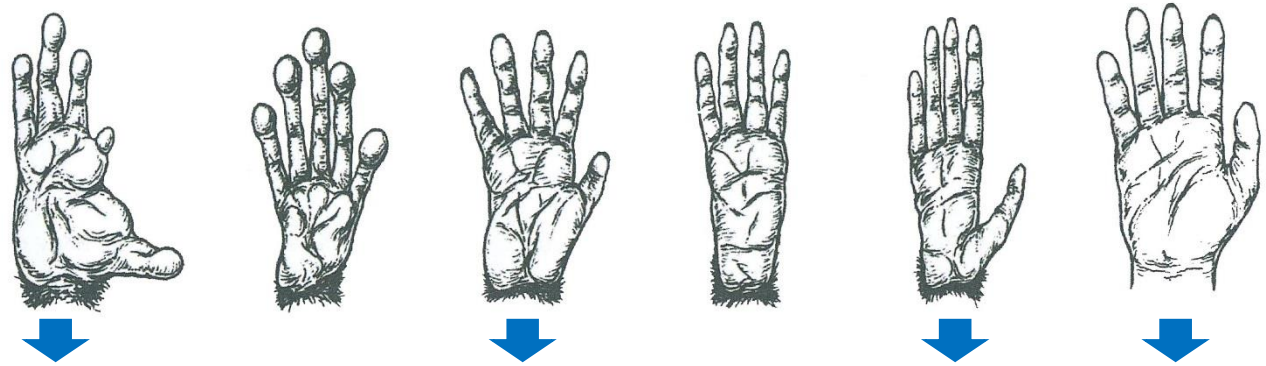
Monteverde: 12,500 años a.P.

la más antigua = responsable de la agricultura americana

fuentes: Cavalli-Sforza et al. 1994; Greenberg 1987; Greenberg & Ruhlen 1992; Nichols 1998; Wells 2003

El viaje fue posible gracias a un cambio en el *tarsus* (*halux* no oponible) lo cual permitió el bipedalismo y la marcha

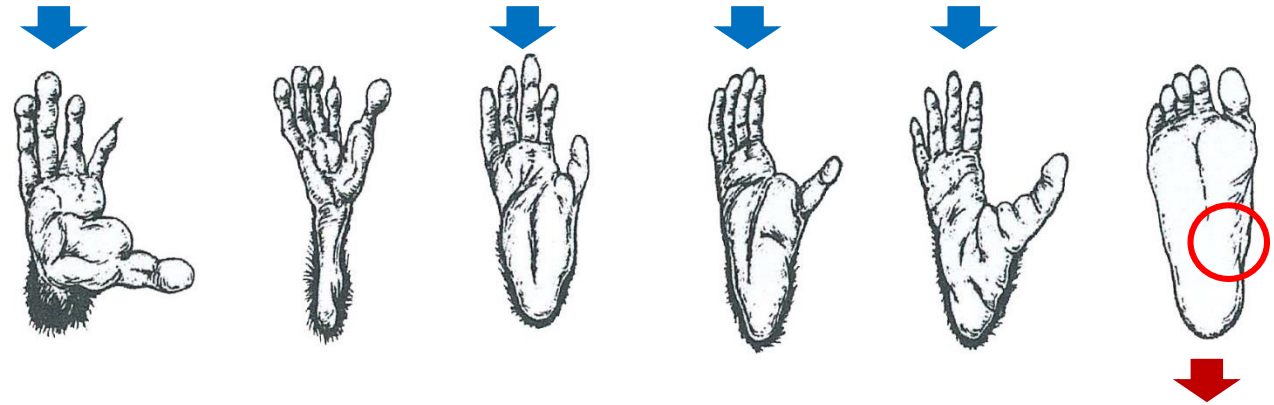
mano



para coger una herramienta

Loris (As.) | Tarsier (As.) | Macaco (As.) | Moño araña (Am.) | Gibón (As.) | Humano

pie



para caminar de pie

fuente: Fleagle 2013

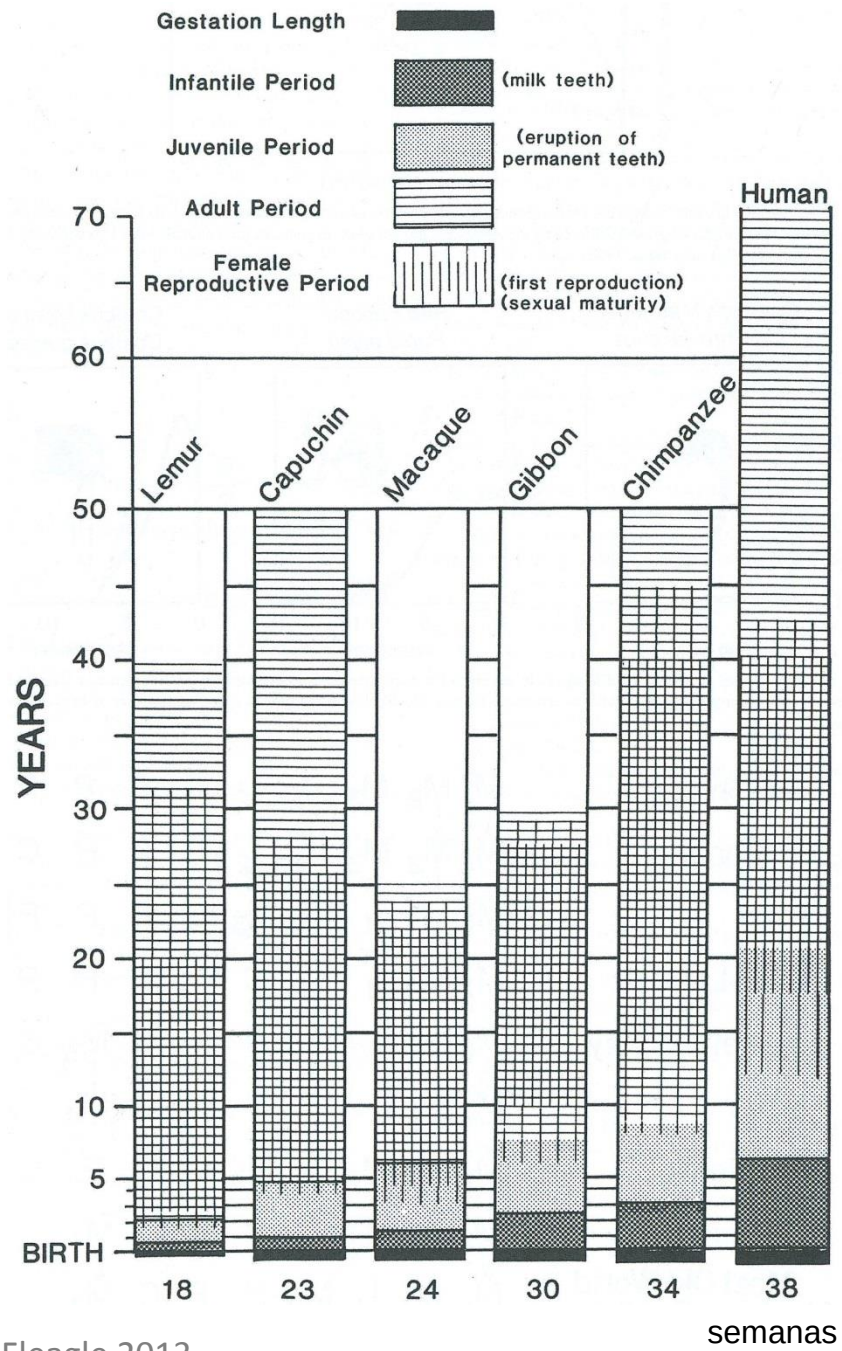
Como primates, tenemos en común:

- vida en grupo para proteger los infantes
- consumo de frutas (vitamina C!)
- consumo de carne animal $\neq$ insectos
- uso de herramientas p.ej. para comer

Pero, como primates, diferimos en:

- posición vertical y morfología del pie son para caminar (correr: poco) →
- abandono de vida arborícola → inseguridad → dominar el fuego
- abandono de vida arborícola → menos hojas en la dieta
- calorías: o vienen de granos y nueces, o vienen de carne/ pescado, o de ambos

lecturas adicionales: Foley 1987; Morris 1967



También, como primates, diferimos en:

- primera niñez: 0-2, y 2-6 años: crecimiento rápido, y sostenido
- niñez larga, hasta 7-12 años → dependencia para alimentos
- crecimiento hasta 19 años en las jóvenes, 25 en los jóvenes
- niño camina solo a 12-15 meses, comienza a hablar; a 5 años conoce más de 2,000 palabras
- crecimiento del cerebro → necesidad de alimentación continua
- vida adulta más larga → posibilidad de pasar conocimientos

fuente: Fleagle 2013

lecturas adicionales: Morris 1967

diferencia costosa en consumo energético

volumen del cráneo

390 cm³

7 mi

Pan troglodytes

chimpancé

500 cm³

4 mi

Australopithecus africanus

millones de años de separación

680 cm³

2.3 mi

Homo habilis

1,100 cm³

2-1 mi

Homo erectus

1,700 cm³

0.2 mi

Homo neanderthalensis

extinto hace 40,000 años

1,500 cm³

1/5 de 2,200 calorías/ día

únicamente glucosa

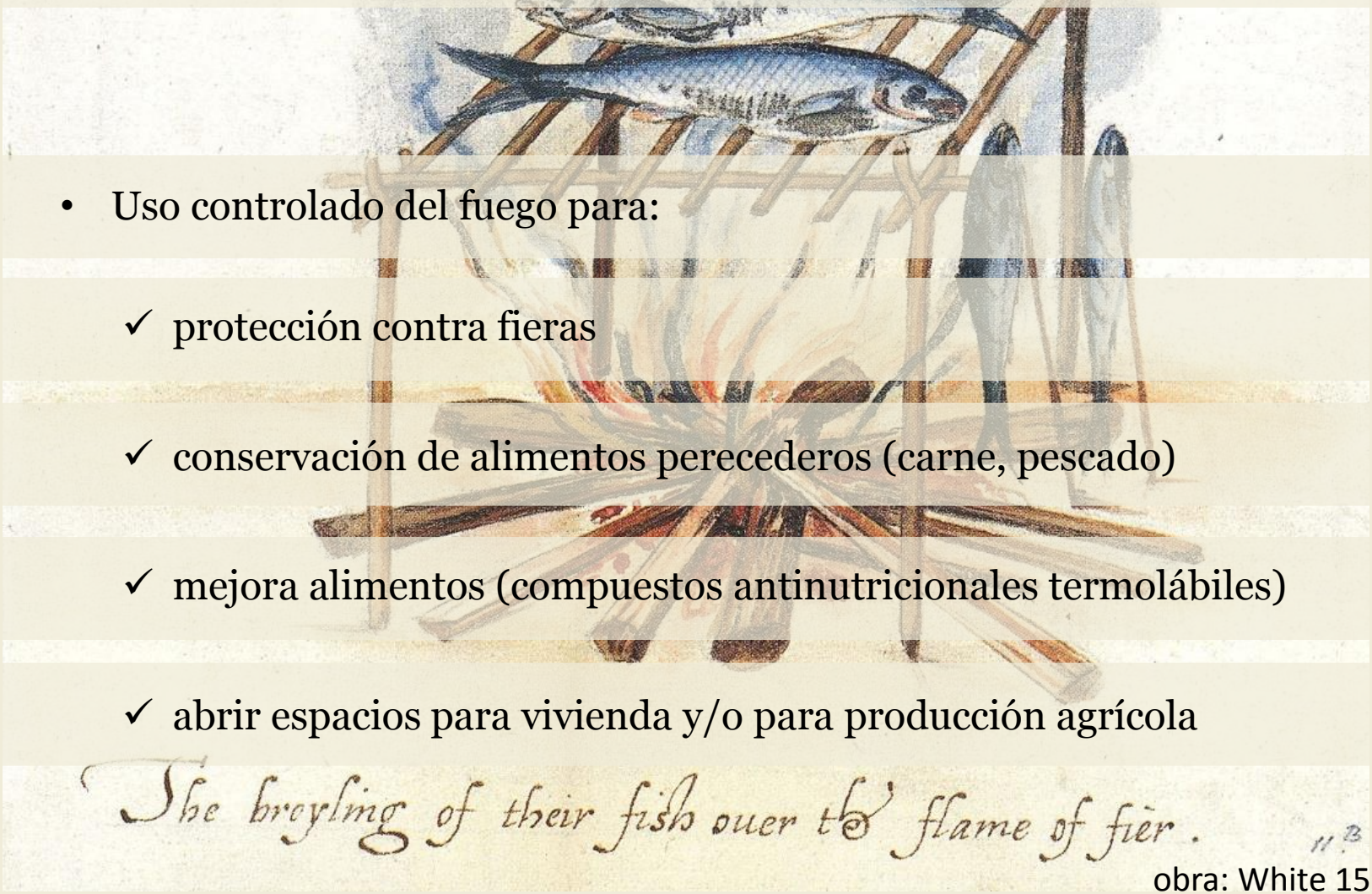
Homo sapiens

hombre moderno

fuente: Zimmer 2005

Fuego, cocción

- Fogatas localizadas en cavas: desde 300,000 - 60,000 años a.P.

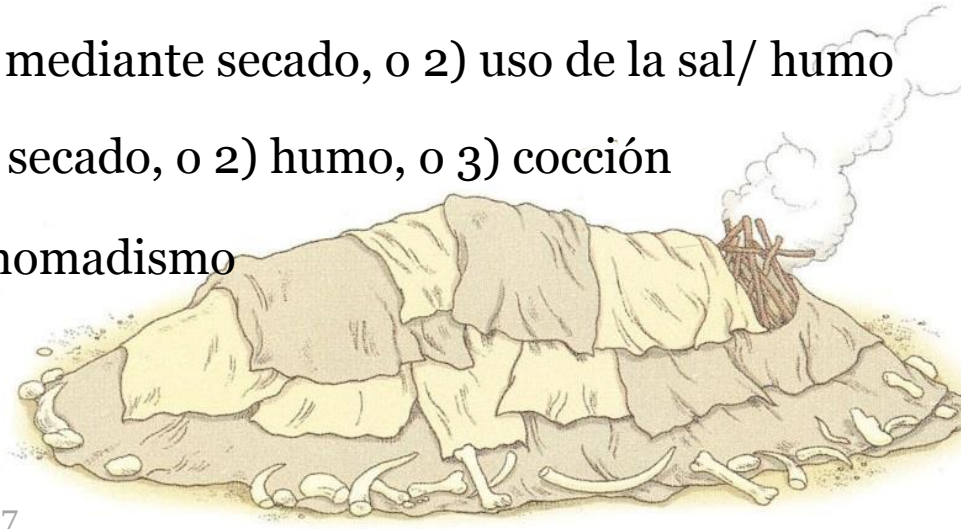


- Uso controlado del fuego para:
  - ✓ protección contra fieras
  - ✓ conservación de alimentos perecederos (carne, pescado)
  - ✓ mejora alimentos (compuestos antinutricionales termolábiles)
  - ✓ abrir espacios para vivienda y/o para producción agrícola

obra: White 1590

La vida sedentaria:

- está establecida aprox. 40,000 años a.P. y antes de la aparición de la agricultura
- vino por la territorialidad de los grupos humanos
- la territorialidad vino de la parte importante de la carne en la dieta ← caza/ pesca
- los primates no son territoriales y por dieta vegetariana comen frecuentemente
- cuando la caza/ pesca no rinde → necesidad de almacenar comida
  - ✓ conservar comida (orig. animal): 1) mediante secado, o 2) uso de la sal/ humo
  - ✓ conservar comida (orig. vegetal): 1) secado, o 2) humo, o 3) cocción
  - ✓ todas prácticas difíciles en caso de nomadismo

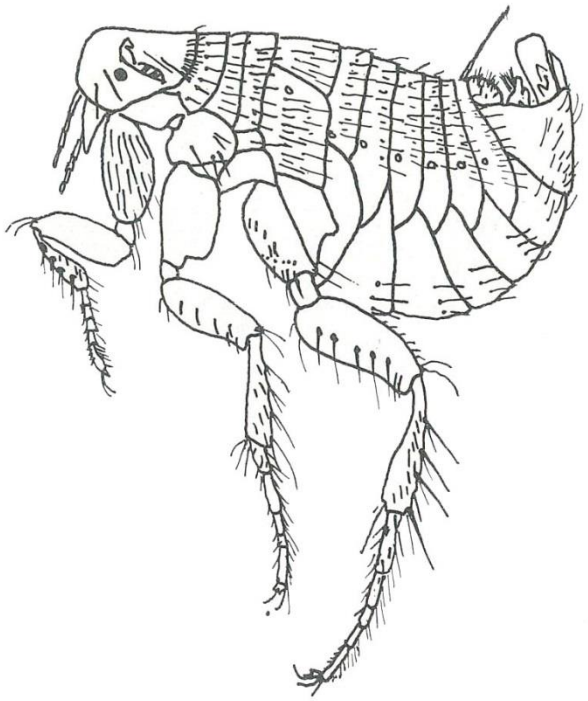


lecturas adicionales: Arranz-Otaegui et al. 2018; Morris 1967

foto: Spence 2004

Especie parasita como evidencia de vida sedentaria

Homo sapiens tiene una especie propia de pulga: *Pulex irritans* L.



dibujo: Roth 1968

primates no tienen pulgas, pero sí el perro y el gato

ambas especies que han co-habitado con la gente

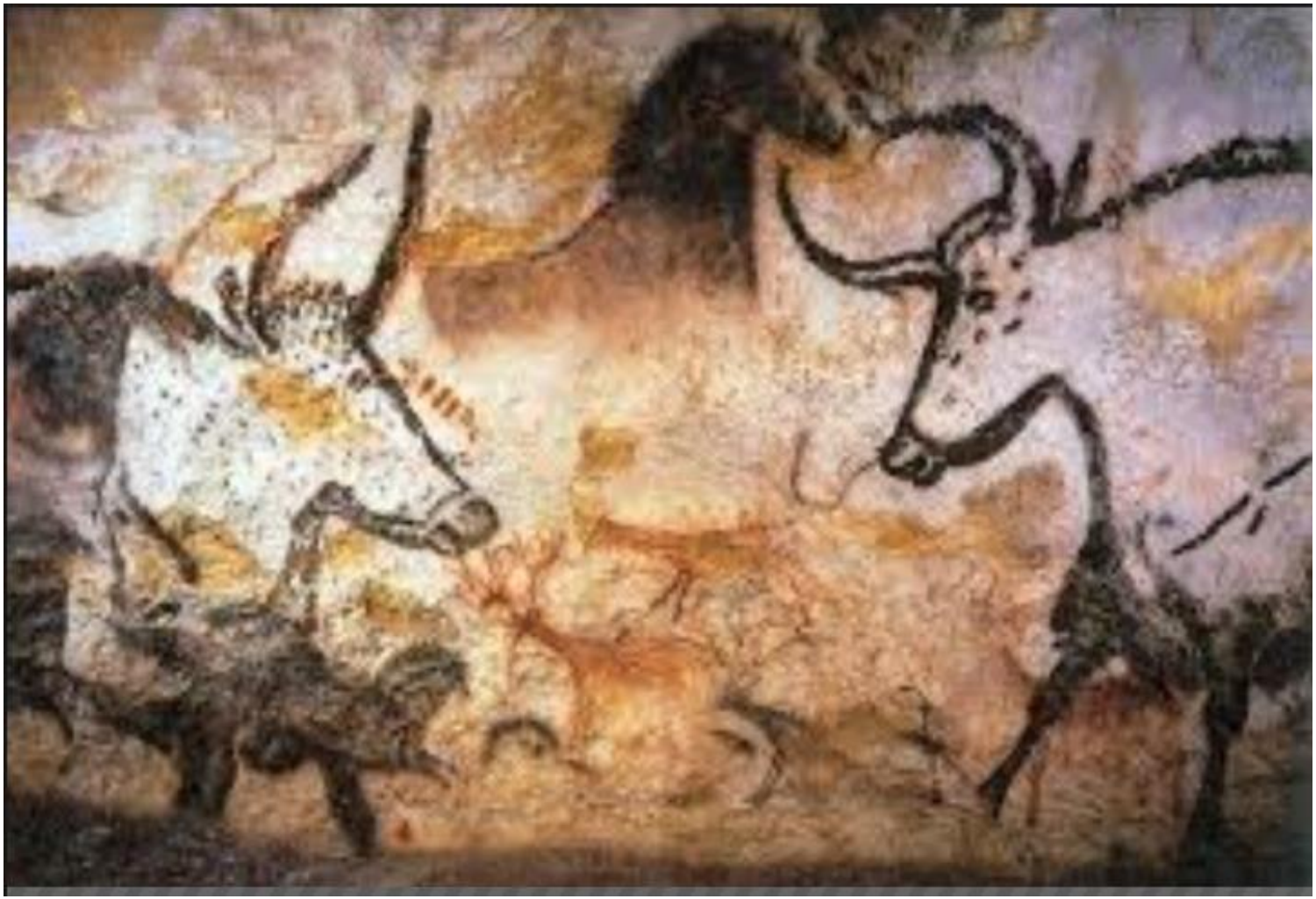
un mes para encontrar a un “viejo conocido”

parasitismo fue posible porque la gente tuvo base fija

especiación rápida porque tiempo de generación corto

fuentes: Borror & White 1970; Morris 1967; Séguy 1971

Arte rupestre como evidencia de vida sedentaria (luz en gruta para pintar!)



Altamira, Santander, España: 13,000 a.P.

Lascaux, Dordogne, Francia: 15,000 a.P.

representación de animales de caza - hoy ya no presentes, no de plantas cultivadas!

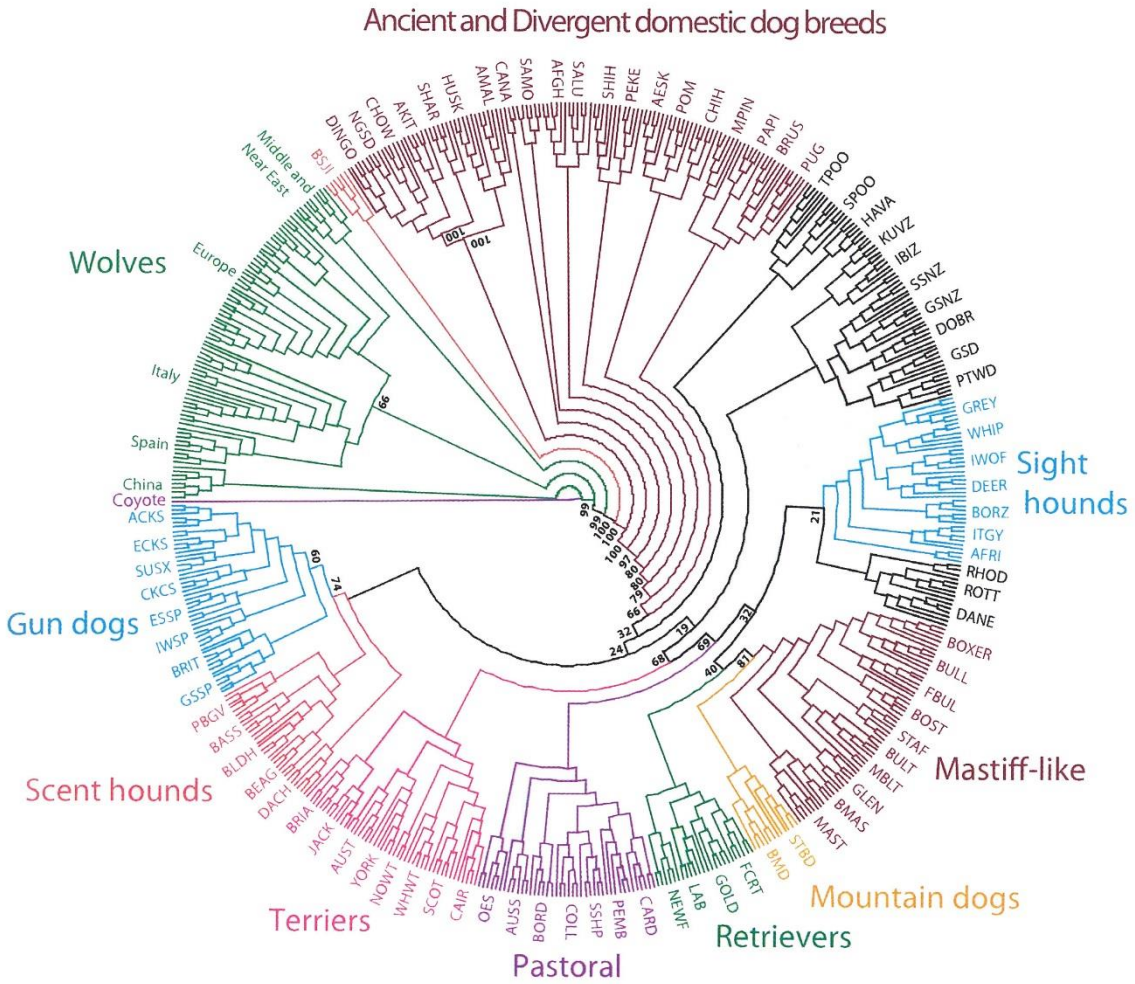
Nuestra primera experiencia de domesticación

Origen del perro americano

Sitios de 10,000 años a.P. :

- Olsen-Chubbock, Colorado, USA
- Cueva Elbert, Tierra de Fuego

fuente: Schwartz 1997



fuente: vonHoldt et al. 2012

foto: Weigand 2004

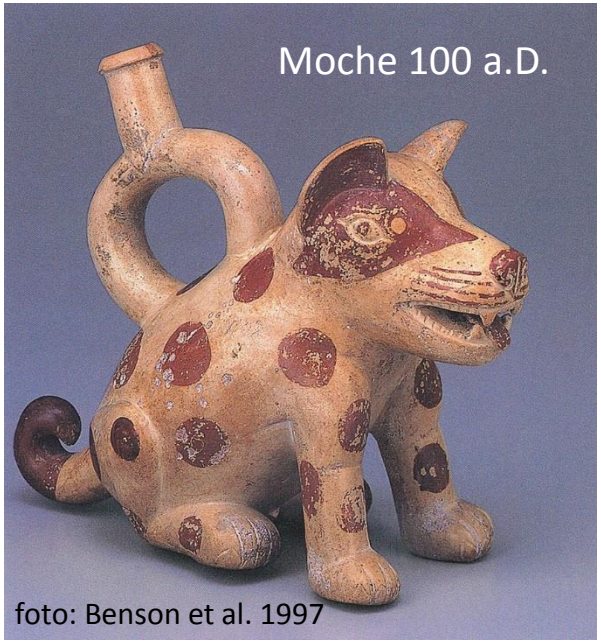


foto: Benson et al. 1997

Origen del perro americano (cont.)

- ancestro del perro = lobo (*Canis lupus*)
- origen del perro = S China, 16,000 años a.P.
- varios cruzamientos con el lobo S y SW Asia

  y fuerte selección humana → >1,500 razas
- perro americano ← perro E Siberia; 5 linajes

fuentes: Leonard et al. 2002; Pang et al. 2009; Savolainen et al. 2002; Verginelli et al. 2005; vonHoldt et al. 2010, 2012; Wayne et al. 2006

- perro americano: acompañante de cada migración!

ilustración: Schobinger 1994

Origen del perro americano (cont.)

- tiempos difíciles de precisar: modificación de comportamiento (no deja fósiles!)
- agresividad hacia el humano → participación en la cacería → comida segura
- el lobo caza en grupo como *Homo sapiens*, con un olfato 100 veces superior
- evitar el cruzamiento con el lobo (retorno de la agresividad!) simpátrico al inicio

Senatus Populus Que Romanus

Qué tal si tomamos el lobo desde muy pequeño?

impronta hacia el humano puede haber ayudado a cambiar la agresividad del lobo hacia la cooperación

foto: Viesti 1988

‘accidente’ en la naturaleza?: relación especial entre el lobo y los humanos (hay otras simbiosis!)

Domesticaciones animales

entender mejor :

- *los límites hacia el futuro*
- *el contexto americano*

foto: McBane 2015

foto: Dohner 2001

foto: Dohner 2001

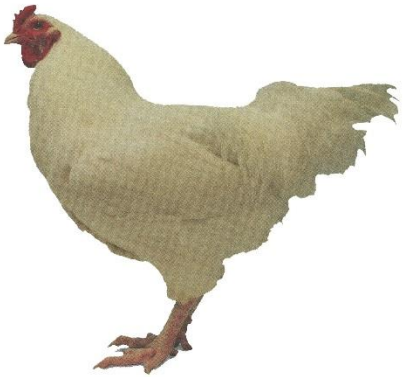


foto: Barber 2012

Domesticación de animales: contribuciones a nivel global

1. caballo	8. camello
2. vacuno	9. dromedario
3. cebú	10. búfalo
4. puerco	11. reno
5. burro	12. yak
6. cabra	13. gaur
7. oveja	14. llama

15. gallo

foto: Dohner 2001

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

Qué tan domesticados (= dependiente del hombre para reproducirse)?

- caballos escapados en EE.-UU. (desde siglo 17)
- dromedarios escapados en Australia (desde siglo 20)
- cerdos escapados en Islas Galápagos (desde siglo 18)

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

Por qué Eurasia: mayor masa continental, y mayor probabilidad que algunos animales satisfacen estos criterios (1/8 x 1/8 . . . =)

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 carnívoras, 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)

La domesticación del bisonte ha fallado hasta ahora por:

- falta de docilidad
- instinto migratorio

foto: Debouck 2013

Rasgos del ‘domesticador’ y del contexto (creado por él)

- impulso de imitación muy fuerte en los niños de 6 a 14 años

  si el niño X tiene un lobo mascota, entonces otros niños de la tribu tienen una mascota

- al llegar a la edad, varios lobos ‘mascota’ pueden producir algo que sería una mascota

  puede

- progre

  la he

  al inicio no hay barrera al flujo génico con el lobo (regreso de los caracteres ‘silvestres’)

- progreso en domesticación será rápido, una vez lograda esta herencia + ausencia de flujo

- cruzamiento entre miembros de la misma familia, con precio de la endocría

en plantas:

- impulso de imitación → huerta de los niños
- importancia del aislamiento con relación al pariente silvestre
- mismos fundamentos genéticos: progreso lento *vs* rápido

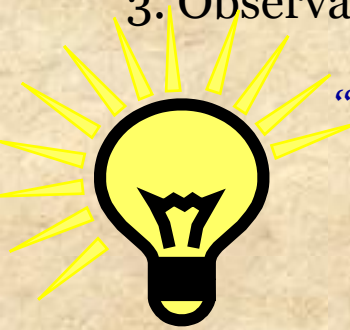
lecturas adicionales: Cruz et al. 2008; Morris 1967; Verginelli et al. 2005; vonHoldt et al. 2012

La vida sedentaria 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

La vida sedentaria 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

Es importante notar:

1. Siembra a partir de un conjunto mayor (bolsa de cosecha(s) anterior(es))

2. Esta siembra puede ser una selección consciente o no

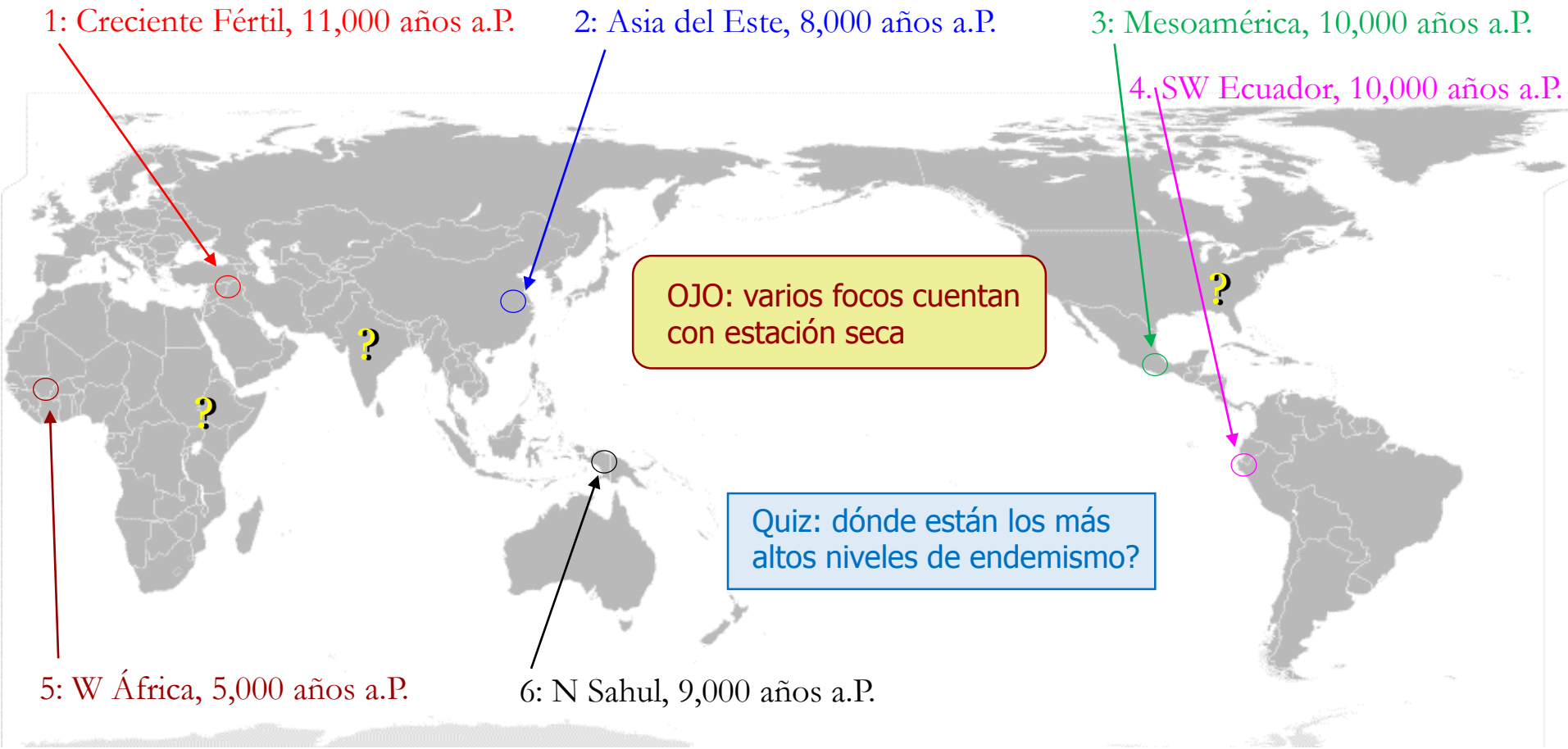
3. Esta siembra se hace casi seguro en un lugar distinto al original

4. Esta siembra va a dar lugar a una evolución disruptiva *versus* el original

imp... der) parte de la cosecha, con la esperanza de una cosecha mayor (por ente...dimiento 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: sinsentido de perder a los niños pequeños por hambre

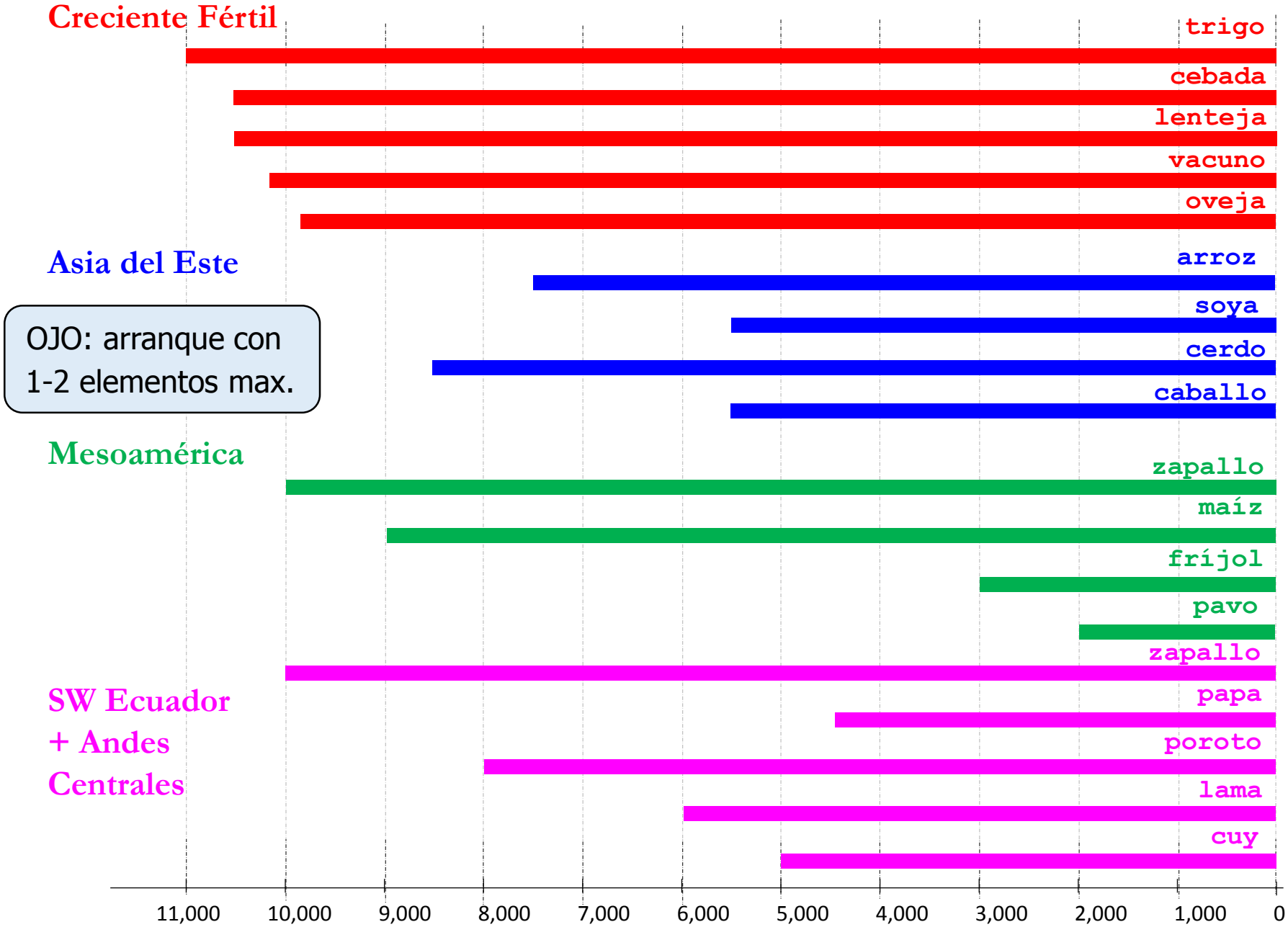
Focos iniciales de domesticación de plantas, y posibles fechas



- 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

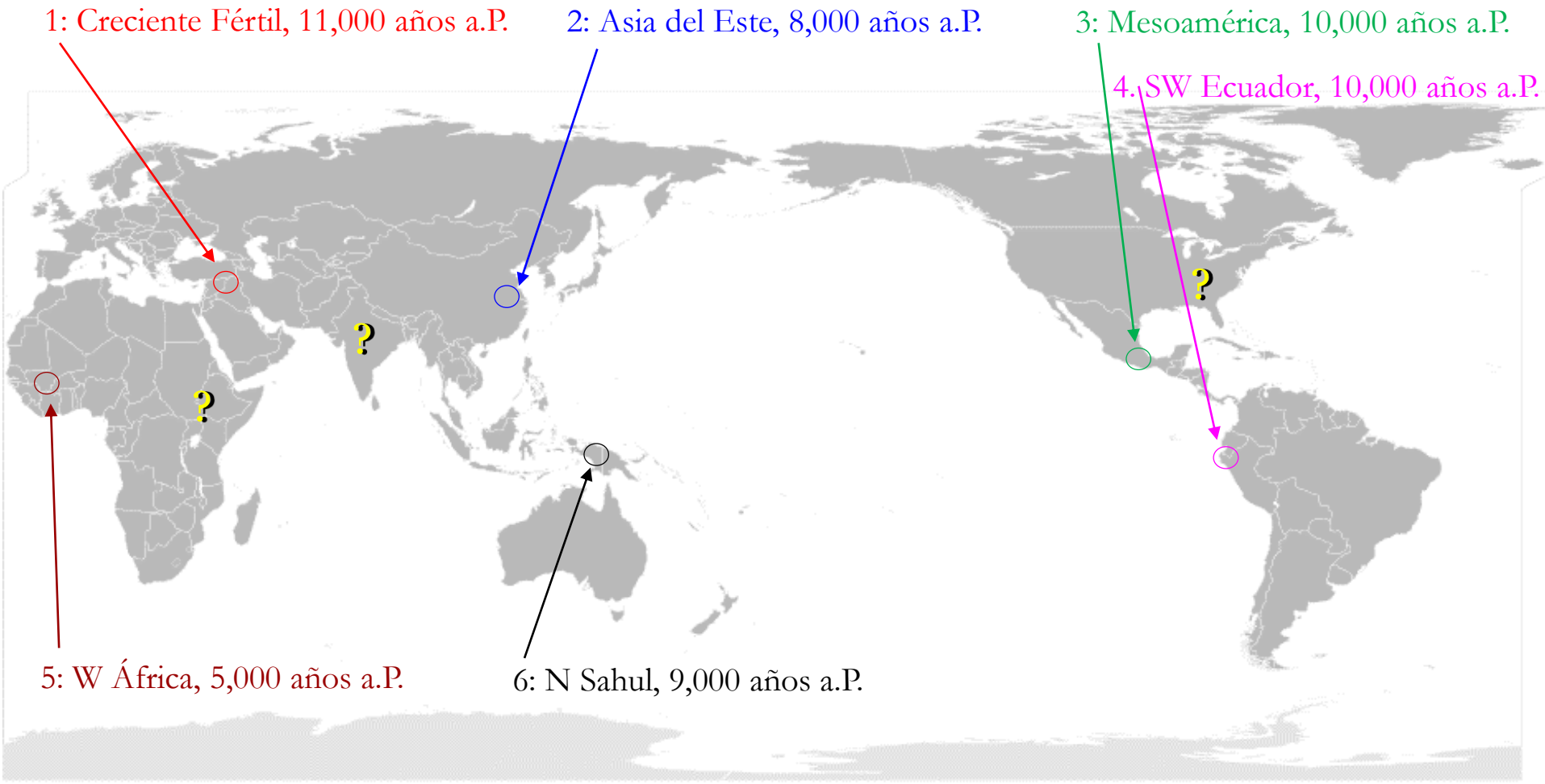
Qué, dónde y cuándo? : datos arqueológicos



OJO: arranque con 1-2 elementos max.

fuentes: Larson et al. 2014; Mamidi et al. 2011

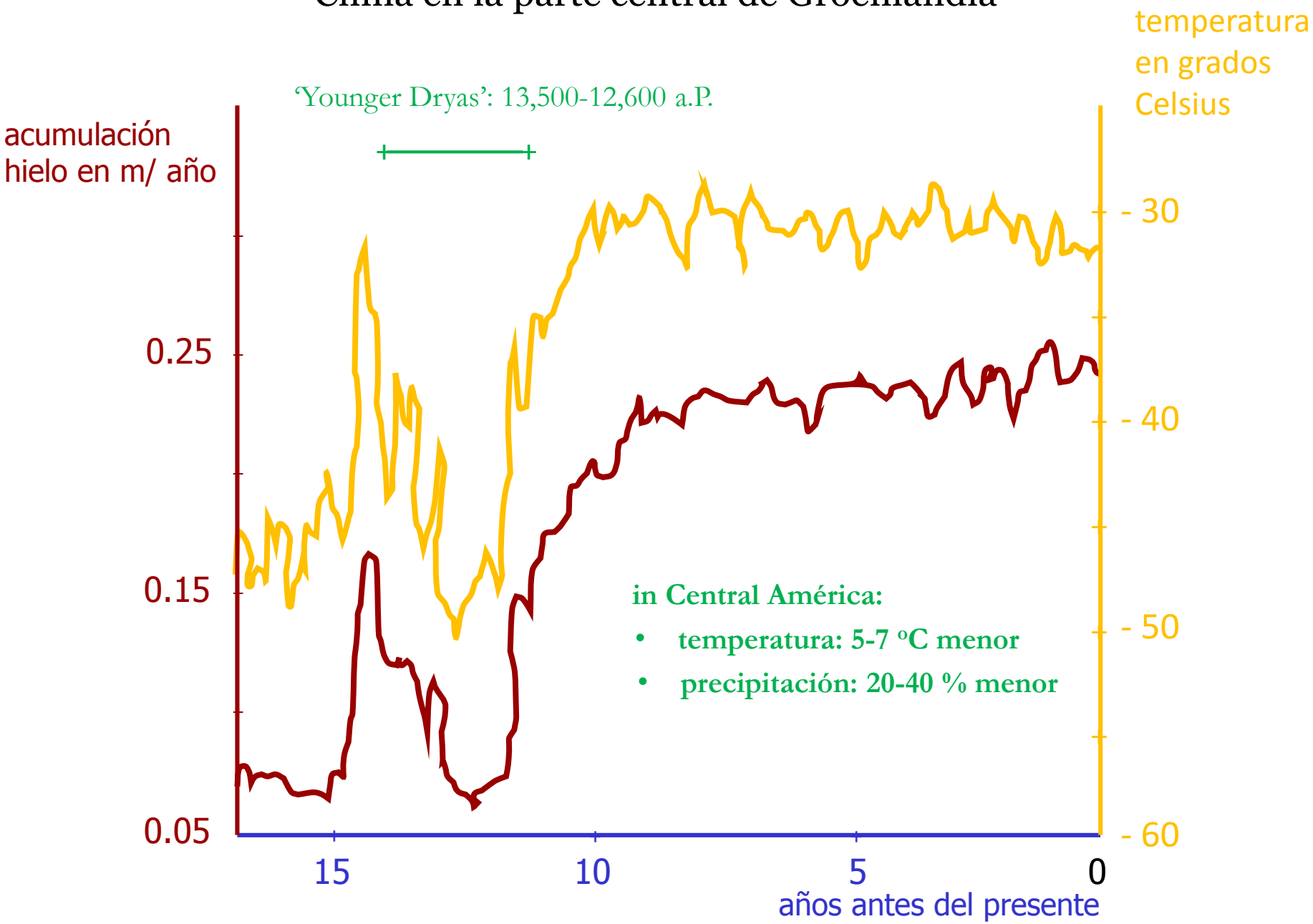
Qué, dónde y cuándo? : por qué ± las mismas fechas?



- no hubo internet para pasar la idea: “hey, por qué no domesticas plantas de tu entorno?!”
- misma señal de cambiar un patrón de uso de recursos naturales del entorno

fuentes: Harlan 1971; Larson et al. 2014; Lebot 1999; Smith 1995

Clima en la parte central de Groenlandia



lecturas adicionales: Colinvaux 1996; Correa-Metrio et al. 2012; Fleagle 2013; Piperno et al. 2007, 2015

Factores geográficos, ecológicos y tecnológicos de mucho peso

Próximo Oriente:

- invento de la rueda (6,000 años a.P.)
- Mesopotamia, Egipto: 2 ecologías excepcionales
- caballo domesticado (7,500 años a.P.)
- carro, carretilla con tracción animal (5,500 años a.P.)

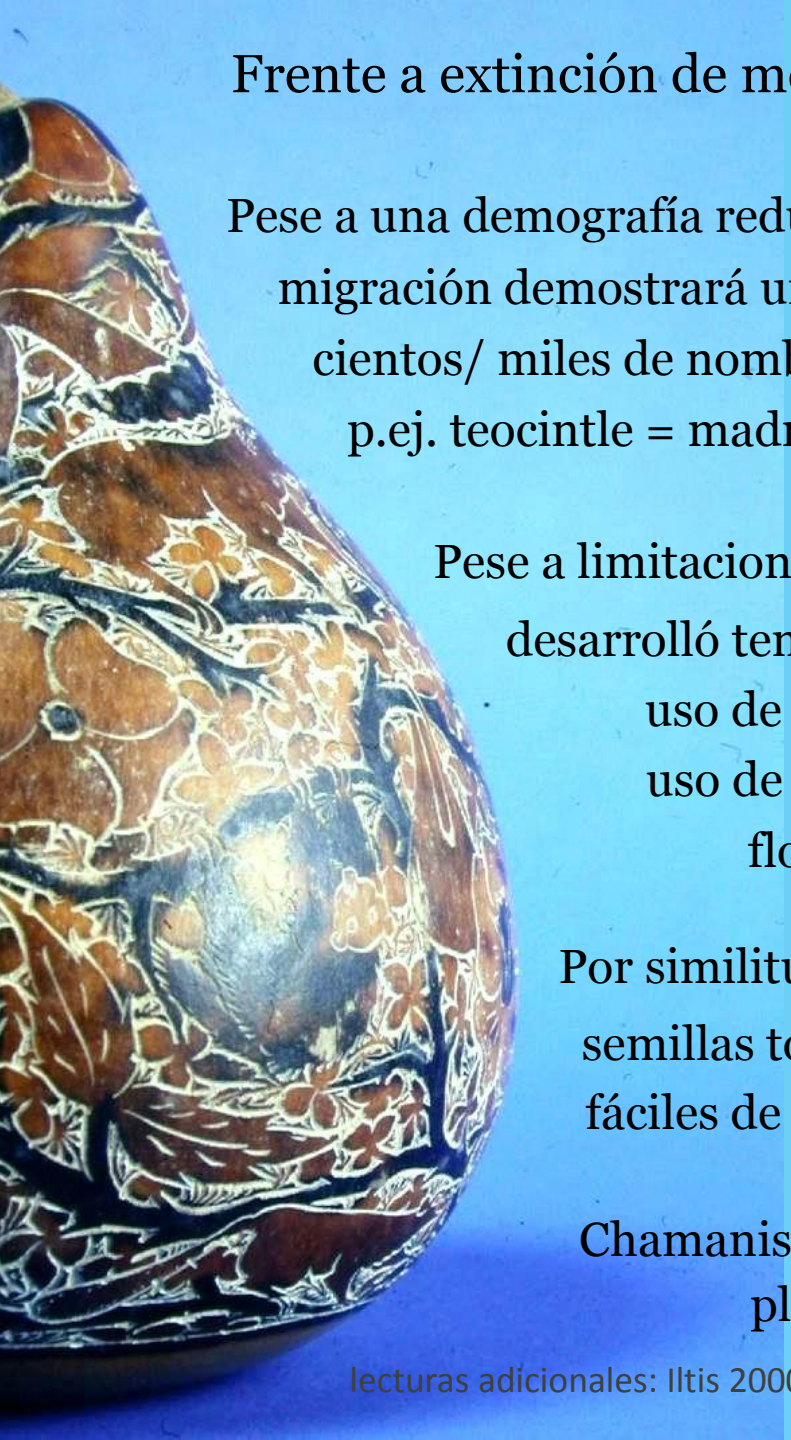
foto: Mallory 2004

arado, Egipto, 4,000 años a.P.

foto: Johns 2011

Antiguo Egipto:

- adopción de cereales de N Mesopotamia
- adopción de ganado foráneo
- arado:
  - control de malezas
  - promoción del descanso del suelo
  - recuperación de la fertilidad
  - permite la siembra masiva



Frente a extinción de megafauna, *Homo sapiens* americano:

Pese a una demografía reducida y atomizada, la gente de la primera migración demostrará un conocimiento excepcional de la flora: son cientos/ miles de nombres en idiomas nativos, y aún más:
p.ej. teocintle = madre de maíz = entendimiento de parentesco

Pese a limitaciones tecnológicas, la primera migración:
desarrolló temprano el arte de tejer: cestería, red de pesca
uso de 4 algodones silvestres y 3 *Agave*
uso de frutos de *Lagenaria* (← África S) como
flotadores de pesca y recipientes (semilla, agua)

Por similitudes, se interesará en *Cucurbita*
semillas tostadas, de alto valor energético,
fáciles de llevar

Lagenaria siceraria (Mol.) Standl.

Chamanismo desde el inicio: interés temprano para
plantas (tabaco, coca) y hongos alucinógenos

lecturas adicionales: Iltis 2000; Pickersgill & Heiser 1977; Schultes & Hoffman 1992; Winter 2000

Consecuencias de la ausencia de animales de tiro, y aparición tardía de metales duros (800 años a.P.)

fuente: Codex Florentino 1548

fuente: Poma Ayala 1615

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

Rasgos excepcionales de la agricultura precolombina

Importancia de la selección estética para los agricultores precolombinos

Rasgos excepcionales de la agricultura precolombina

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

foto: Debouck 2016

Único en el reino vegetal !

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

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

y varios géneros con 2 especies, a menudo una en Mesoamérica , la otra en los Andes: *Amaranthus, Canavalia, Chenopodium, Gossypium, Helianthus, Pachyrhizus* (3), *Physalis, Solanum* (sect. *Lasiocarpa)*

- profundo conocimiento de la flora
- demonstración que sí se han intentado domesticaciones
- base genética y ecofisiológica en la flora neotropical?

Evidencia de siembra de silvestres

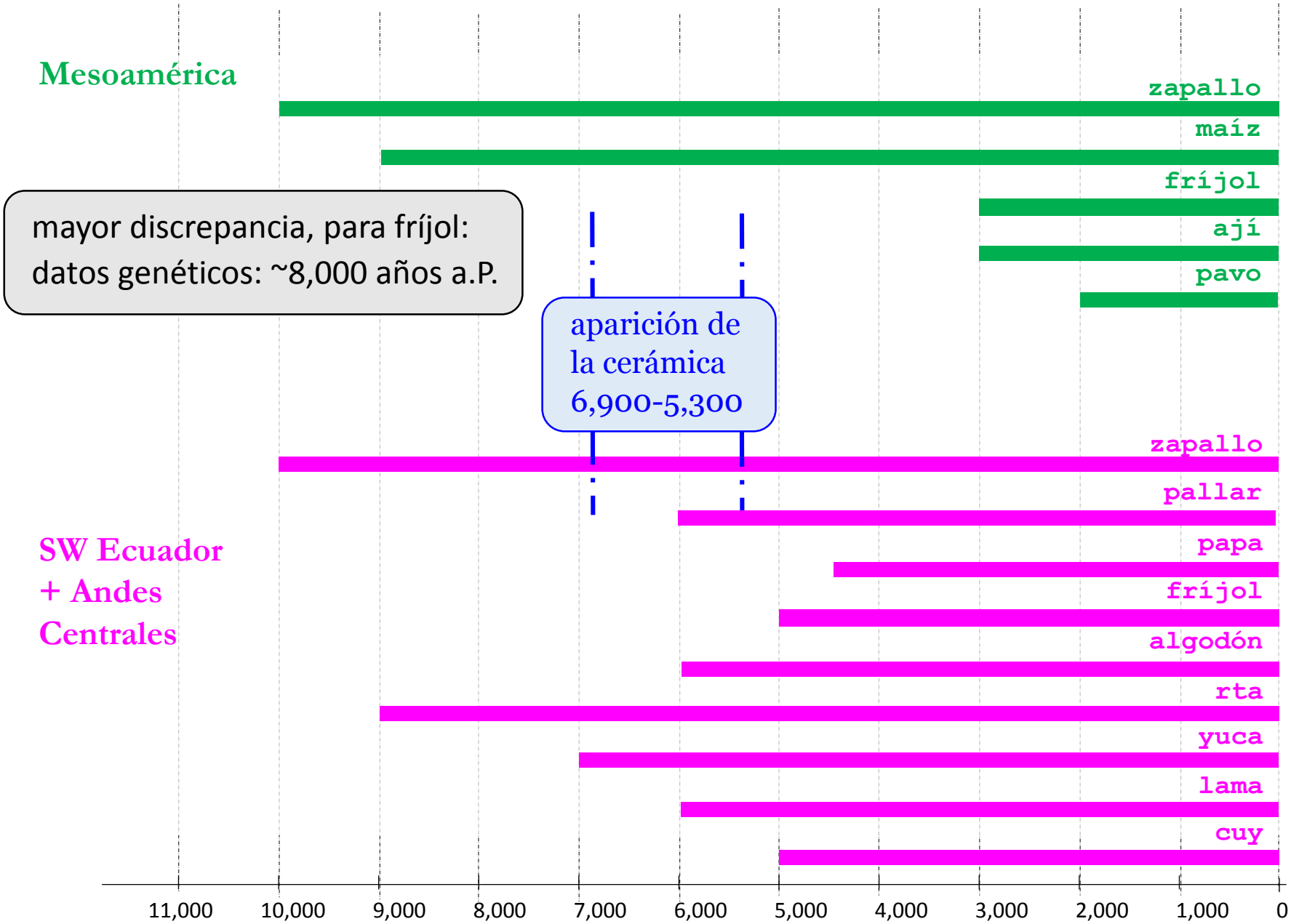
Pariente silvestre de	Región	Fuente
maíz	Oaxaca, México	Benz 2001
fríjol común	límite Apurimac-Cuzco, Perú	Debouck 1988
fríjol ayocote	Oaxaca, México	Kaplan 1980
chile	varios sitios de México y S EE.-UU.	Nabhan 2004
arroz	bajo Yangtze, Zhejiang, China	Fuller et al. 2009

- 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

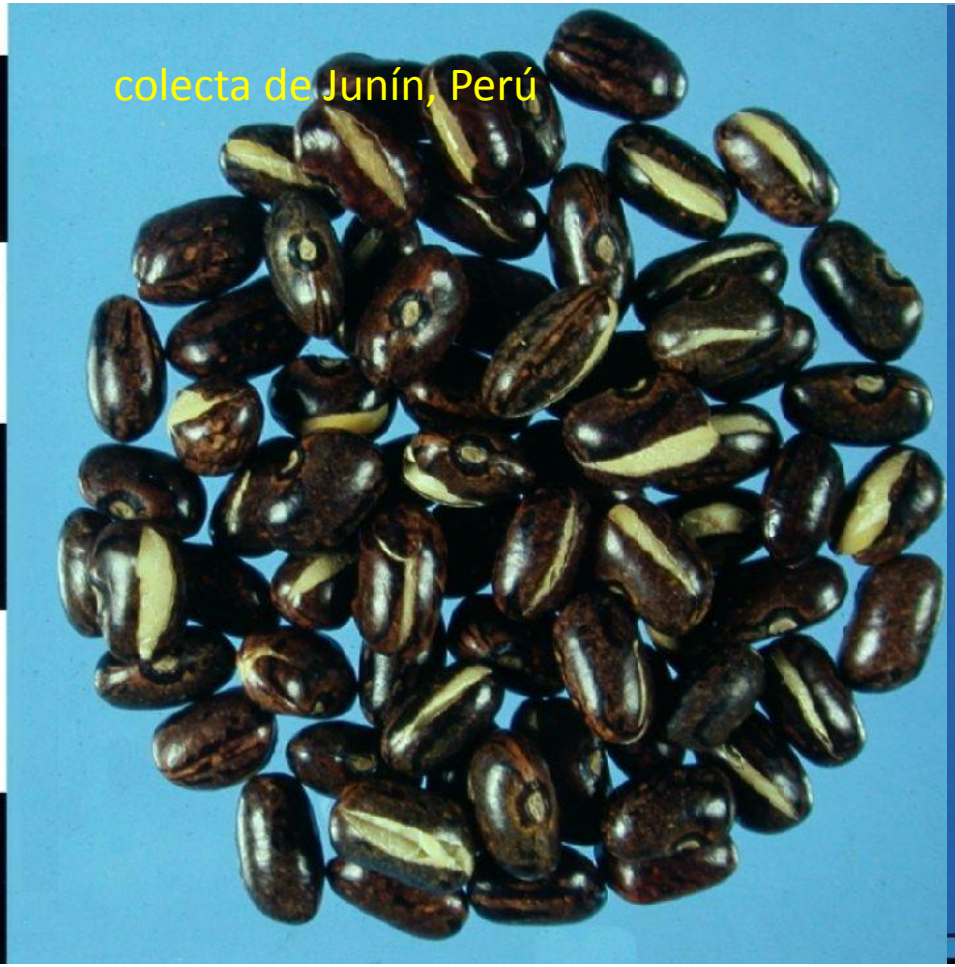
- por qué esta persistencia? o por adicción, o por los niños, o por los dos
- algunos silvestres sí respondieron a las presiones de selección

Qué, dónde y cuándo? : datos arqueológicos



fuentes: Clark & Gosser 1995; Larson et al. 2014; Mamidi et al. 2011; Reichel-Dolmatoff 1985

Uso del fríjol en tiempos precerámicos: las *nuñas* del Perú o los *k'opurus* de Bolivia son para tostado



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

lecturas adicionales: Debouck 2000; Freyre et al. 1996; Gade 1999; NRC 1989; Tohme et al. 1995; van Beem et al. 1992; Zimmerer 1992

Aparentemente los maíces más primitivos precolombinos son para tostado

Colombia:
- Pira
- Pollo

México:
- Reventador
- Palomero toluqueño
- Chapalote

Guatemala:
- Nal-Tel

Perú:
- Kculli
- Confite morocho
- Confite puneño

Bolivia:
- Checchi
- Pura
- Pisanckalla

Chile:
- Polulo

Argentina:
- Pisingallo

fuentes: Avila et al. 1998; Cámara-Hernández 2007; Grobman et al. 1961; Paratori et al. 1990; Ramírez et al. 1960; Roberts et al. 1957; Wellhausen et al. 1952, 1957

Práctica de la geofagia: ejemplo de las guacamayas de Tambopata, SE del Perú

Tradición de la pachamanca en Pasco:

para el consumo de las papas amargas

foto: Lanting 1994

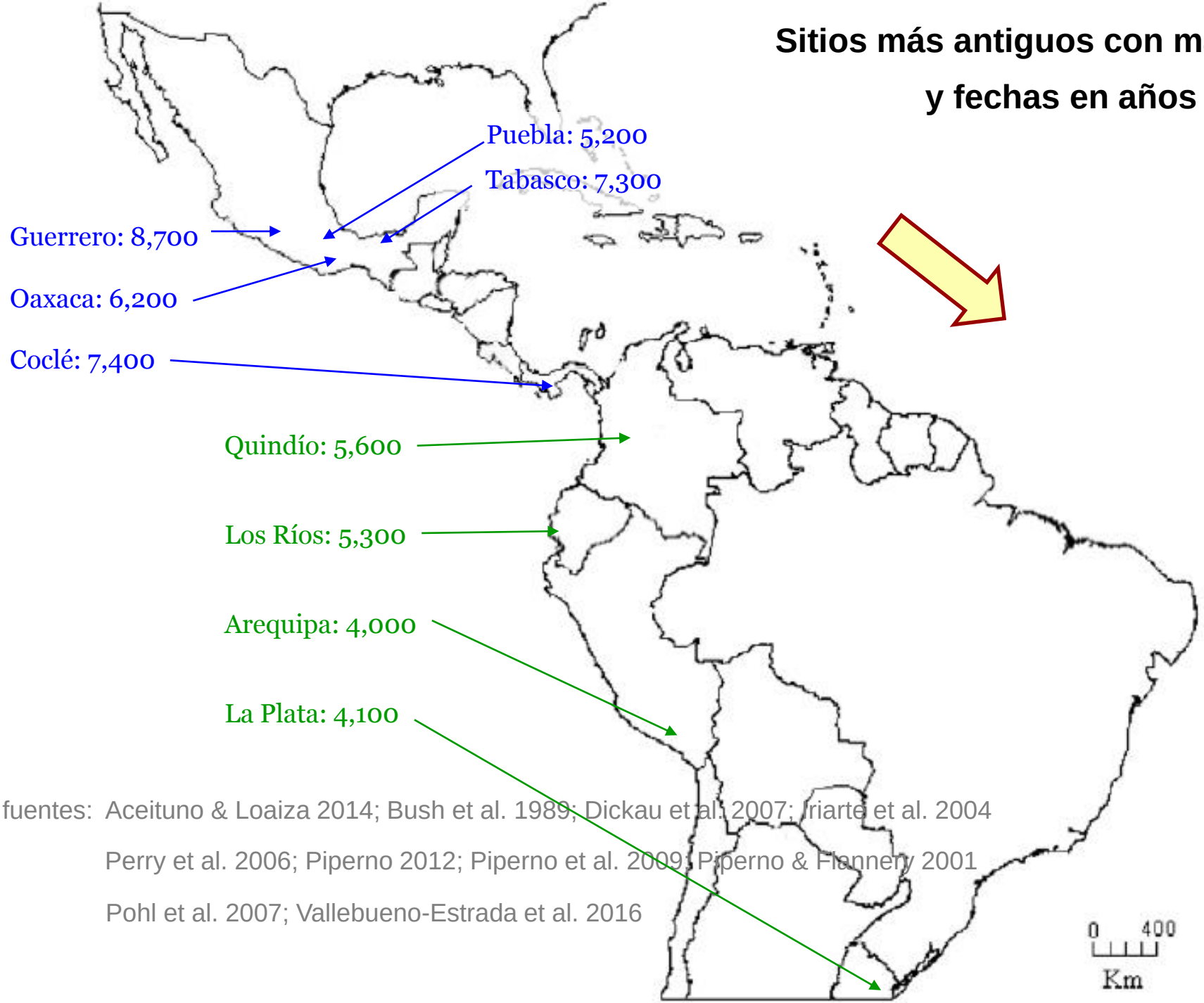
Qué, dónde y cuándo? : unos datos de arqueología colombiana

(fitolitos, granos de almidón, polen, semillas carbonizadas)

Sitios	El Jazmín, Risaralda, 7,000 años a.P.	La Pochola, Risaralda, 6,700 años a.P.	La Morena, Antioquia, 9,000 años a.P.	Peña Roja, Caquetá, 8,500 años a.P.
calabaza *Lagenaria*				x
fríjol *Phaseolus*	x	x	x	
lerén *Calathea*	x			x
maíz *Zea*	x	x		
malanga *Xanthosoma*	x			
mapuey *Dioscorea*	x	x	x	
palma				x
yuca *Manihot*	x			
zapallo *Cucurbita*				x

fuentes: Aceituno & Loaiza 2014, 2015; Dickau et al. 2015; Piperno & Pearsall 1998

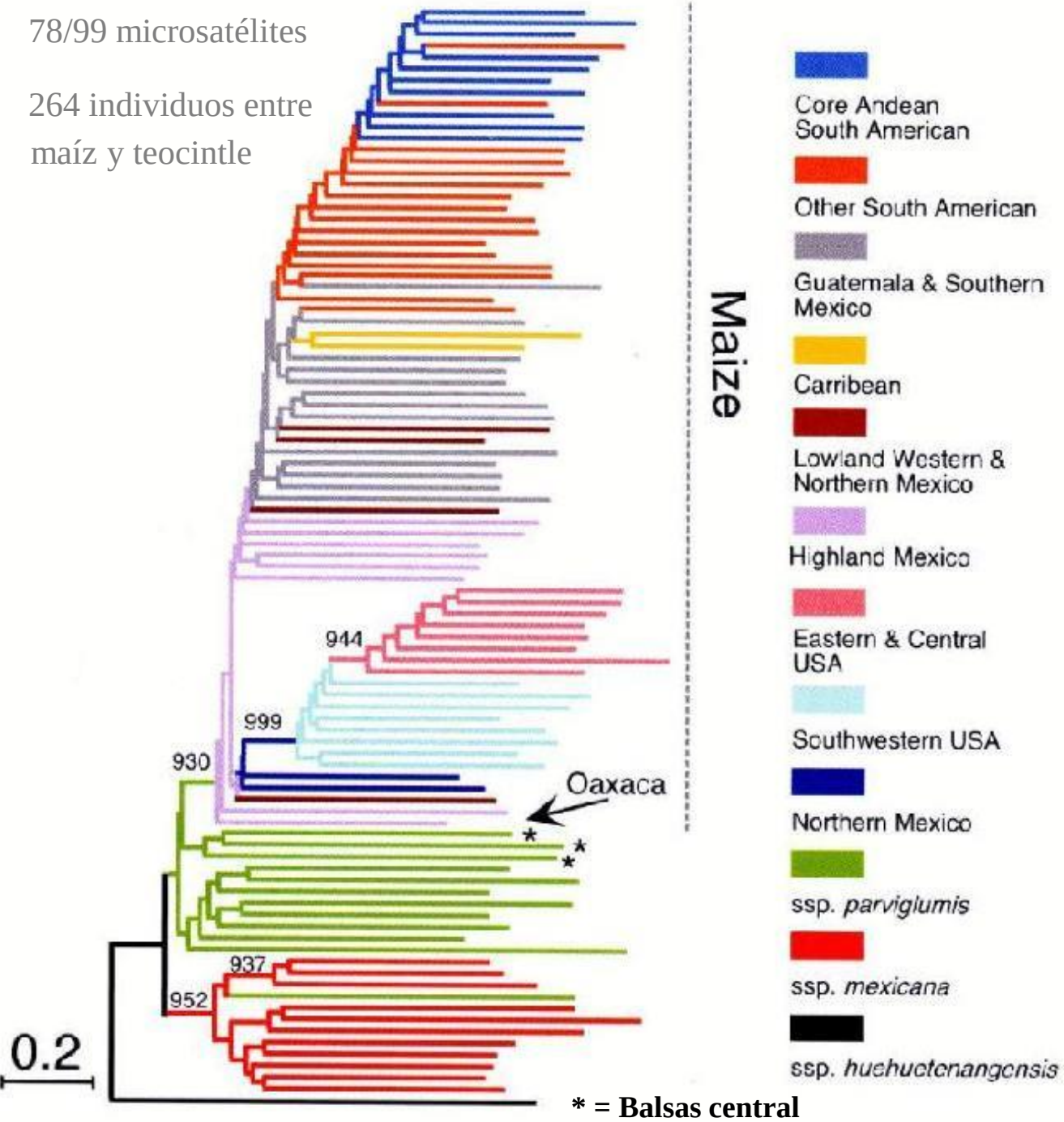
Sitios más antiguos con maíz y fechas en años a.P.



fuentes: Aceituno & Loaiza 2014; Bush et al. 1989; Dickau et al. 2007; Iriarte et al. 2004
Perry et al. 2006; Piperno 2012; Piperno et al. 2009; Piperno & Flannery 2001
Pohl et al. 2007; Vallebueno-Estrada et al. 2016

78/99 microsatélites

264 individuos entre maíz y teocintle



*** = Balsas central**

Puntos principales :

teocintle *parviglumis* = forma ancestral

domesticación única y arrancó 9,188 años a.P.

punto de partida = valle Balsas central

domesticación inicial = Oaxaca ?!

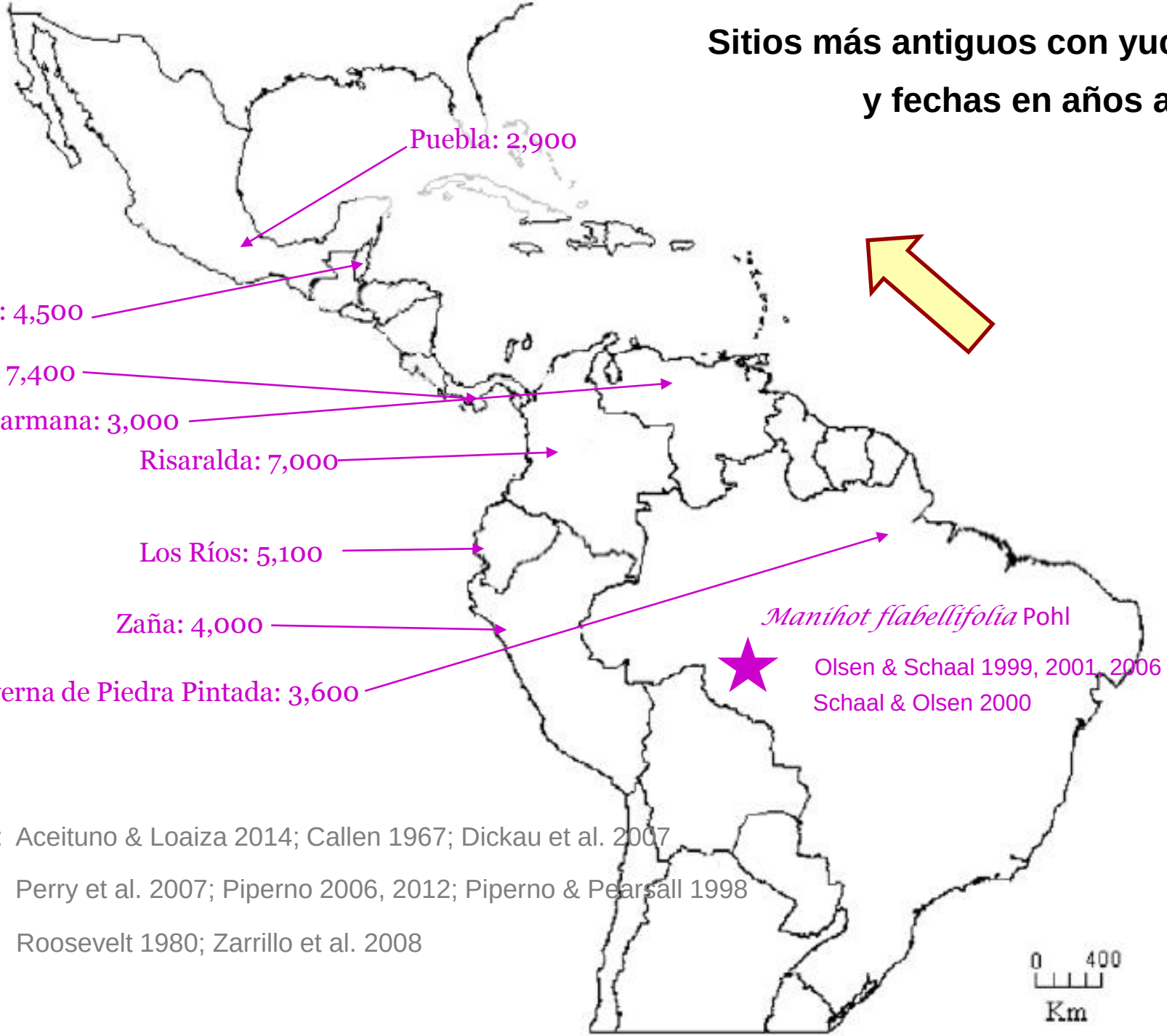
una migración precoz : N Mex > SW US> NE US

otra migración : S Mex > l S Am> Andes

flint <> dent

fuente: Matsuoka et al. 2002

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



fuentes: Aceituno & Loaiza 2014; Callen 1967; Dickau et al. 2007
Perry et al. 2007; Piperno 2006, 2012; Piperno & Pearsall 1998
Roosevelt 1980; Zarrillo et al. 2008

Presiones de selección durante la domesticación del maíz

Vallebueno-Estrada et al. 2016: más cercano a maíz que teocintle, aunque aún muy distante,
selección positiva sobre *tb1*, inicio de selección sobre *tga1 y bt2*
población pequeña con índices de endocría

Ramos-Madrigal et al. 2016: más cercano a maíz que teocintle,
selección positiva sobre *tga1* (granos expuestos)

por qué no mencionan la selección sobre 4 hileras? Obvio?
domesticación = proceso lento; por qué el apego a domesticar?

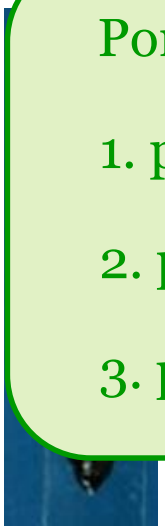
6 cm

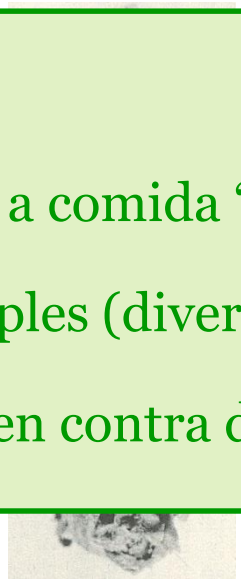
Algo no cuadra?

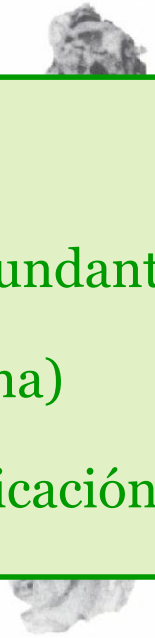
- datos arqueológicos y microsatélites → inicio de la domesticación hace 9,000 años a.P.
- abajo está ilustrado lo logrado gracias a domesticación hace ~5,000 años a.P.
- entonces 4,000 años para obtener estas diferencias con respecto a teocintle!

  o 200 generaciones (20 años/ generación) haciendo selecciones: cuáles?

teocintle moderno Oaxaca, MEX	maíz arqueológico Tehuacán, MEX, 5,200	maíz arqueológico Tehuacán, MEX, 5,200	maíz arqueológico Norte Chico, PER, 5,000







cm

Por qué un progreso tan “lento”?

1. por abandono del proceso frente a comida ‘silvestre’ abundante
2. por presiones de selección múltiples (diversidad humana)
3. por mecanismo(s) que actúa(n) en contra de la domesticación

foto: Debouck 1993 | foto: Boddy 2016 | foto: Mangelsdorf et al. 1967 | foto: Grobman et al. 1977

En el mundo precolombino no hay azúcar!

- las 200 generaciones no se pusieron de acuerdo e hicieron selecciones múltiples pero si las mazorcas de la Costa Peruana son casi iguales a las de Tehuacán! entonces las selecciones al inicio no fueron como las entendemos hoy

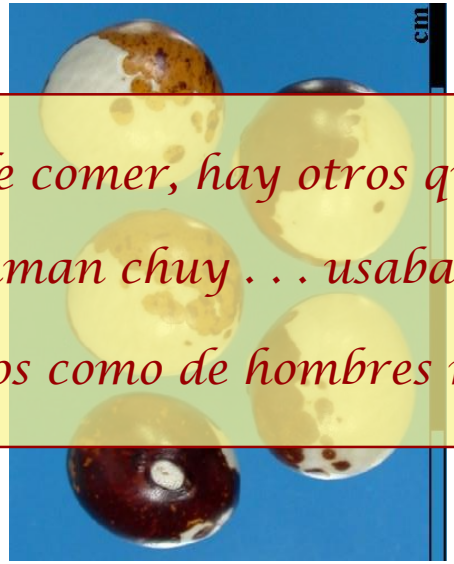
- para no perder el hilo: narcótico (pero tabaco!), adicción, motivo religioso? las 200 generaciones pueden haber seleccionado para:

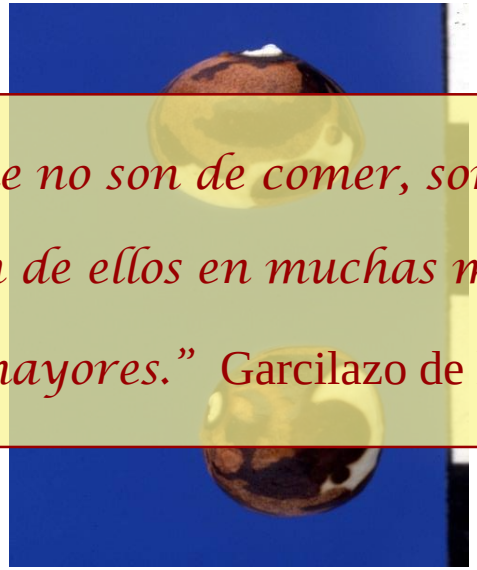
  1) elote verde (comido crudo, ausencia de cerámica)
  2) tallo dulce para los chicos

- entonces madres y chicos tienen una huerta aparte si en el primer milenio aparece un variante sin ramas ellas lo seleccionarán y lo pasarán a otras madres así cambió la frecuencia de los individuos *tb1*

lecturas adicionales: Heiser 1984; Hobhouse 2005; Iltis 2000; Winter 2000

Importancia de la huerta de los niños en el mundo precolombino



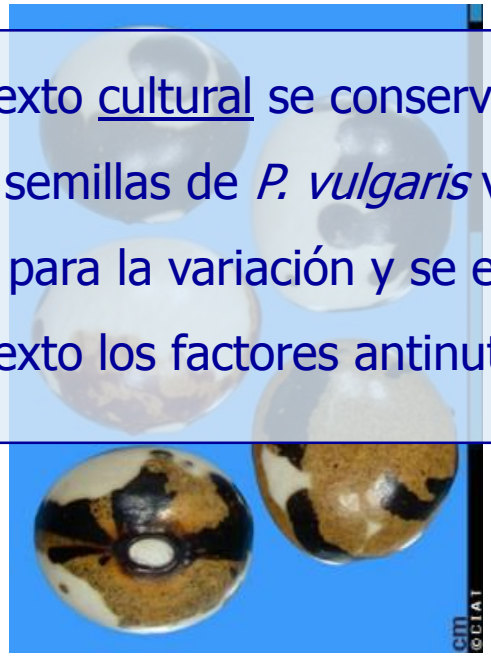


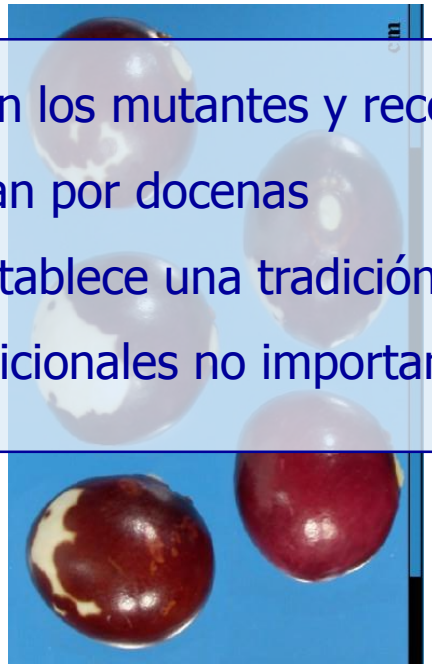
"sin los frisoles de comer, hay otros que no son de comer, son redondos . . .

"en común los llaman chuy . . . usaban de ellos en muchas maneras de juegos

"así de muchachos como de hombres mayores." Garcilazo de la Vega 1609

Peru, Cusco





- en este contexto cultural se conservan los mutantes y recombinaciones
- variantes de semillas de *P. vulgaris* van por docenas
- hay un valor para la variación y se establece una tradición
- en este contexto los factores antinutricionales no importan (→ uso en vaina)

Bolivia, Chuquisaca

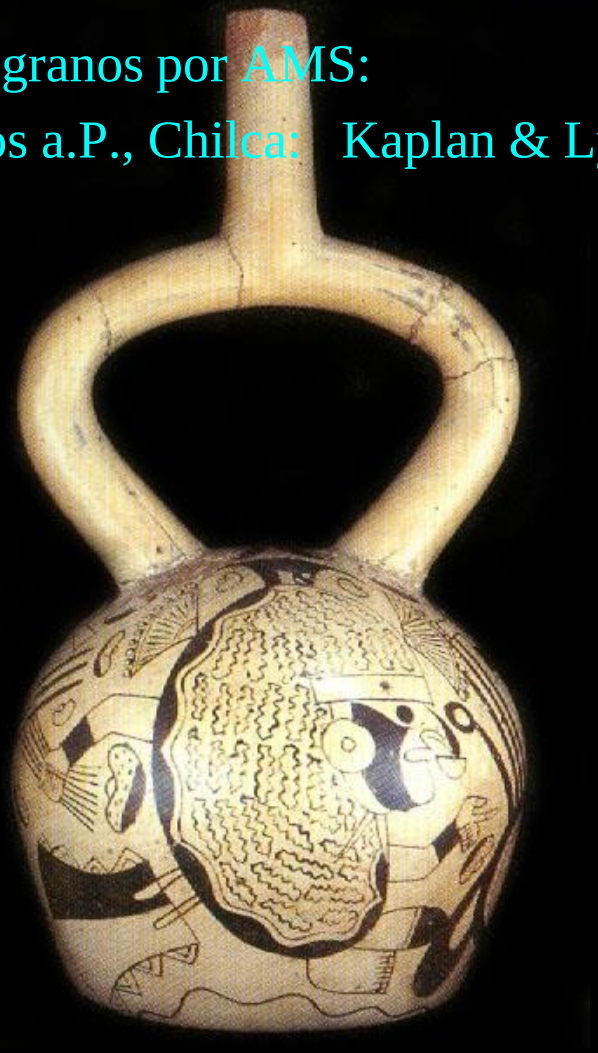
lecturas adicionales: Cárdenas 1989; Debouck 1989; Safford 1917; Towle 1961

Por qué domesticar una leguminosa cuyo grano es tóxico?

pero si el fin de la selección **no** es alimenticio . . .

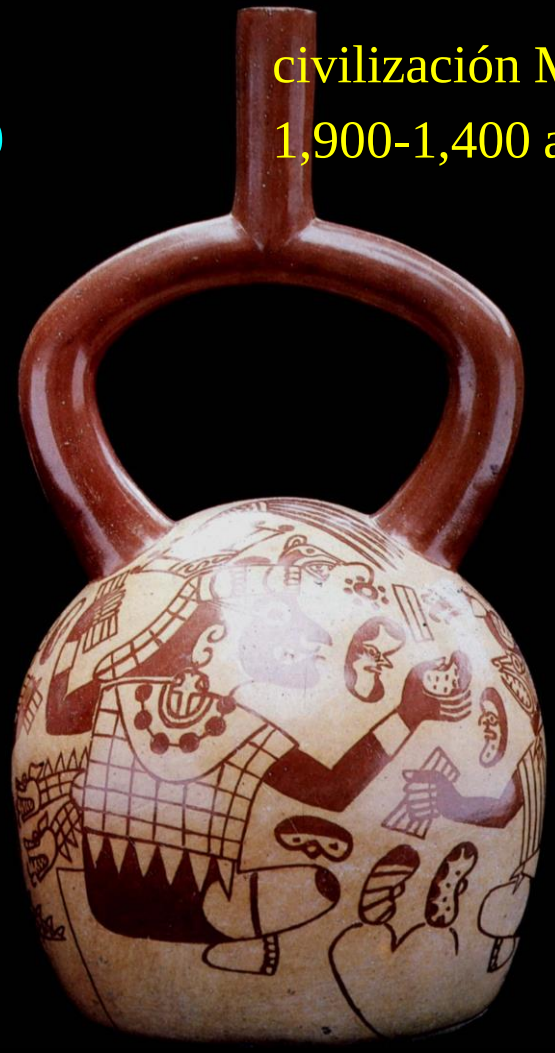
Fecha de granos por AMS:

5,600 años a.P., Chilca: Kaplan & Lynch 1999



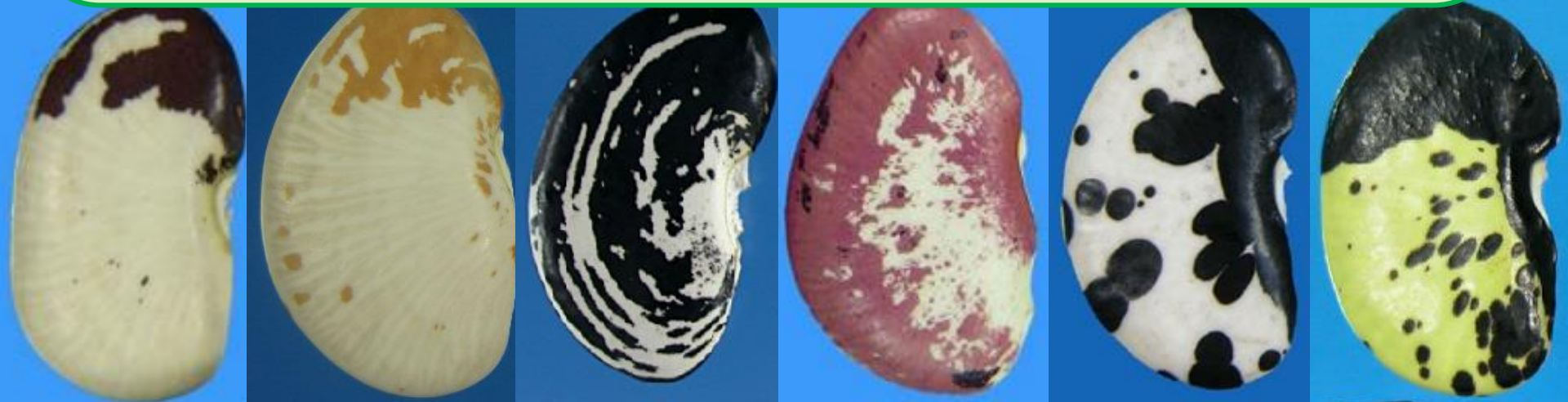
civilización Moche:

1,900-1,400 años a.P.



lecturas adicionales: Cárdenas 1989; Debouck 1989; Larco-Hoyle 1942, 1943; Vivante 1941, 1942

- variantes de semillas de *P. lunatus* se cuentan por centenares
- fueron cultivados desde Cundinamarca hasta Arica (Chile)
- existen desde 6,000 años a.P.
- ya que la finalidad era cultural, toxicidad no importaba
- genes controlan coloración y patrón de la misma ayudaron



Por qué un progreso tan “lento”?

3. por mecanismo(s) que actúa(n) en contra de la domesticación

conversación con un agricultor Maya

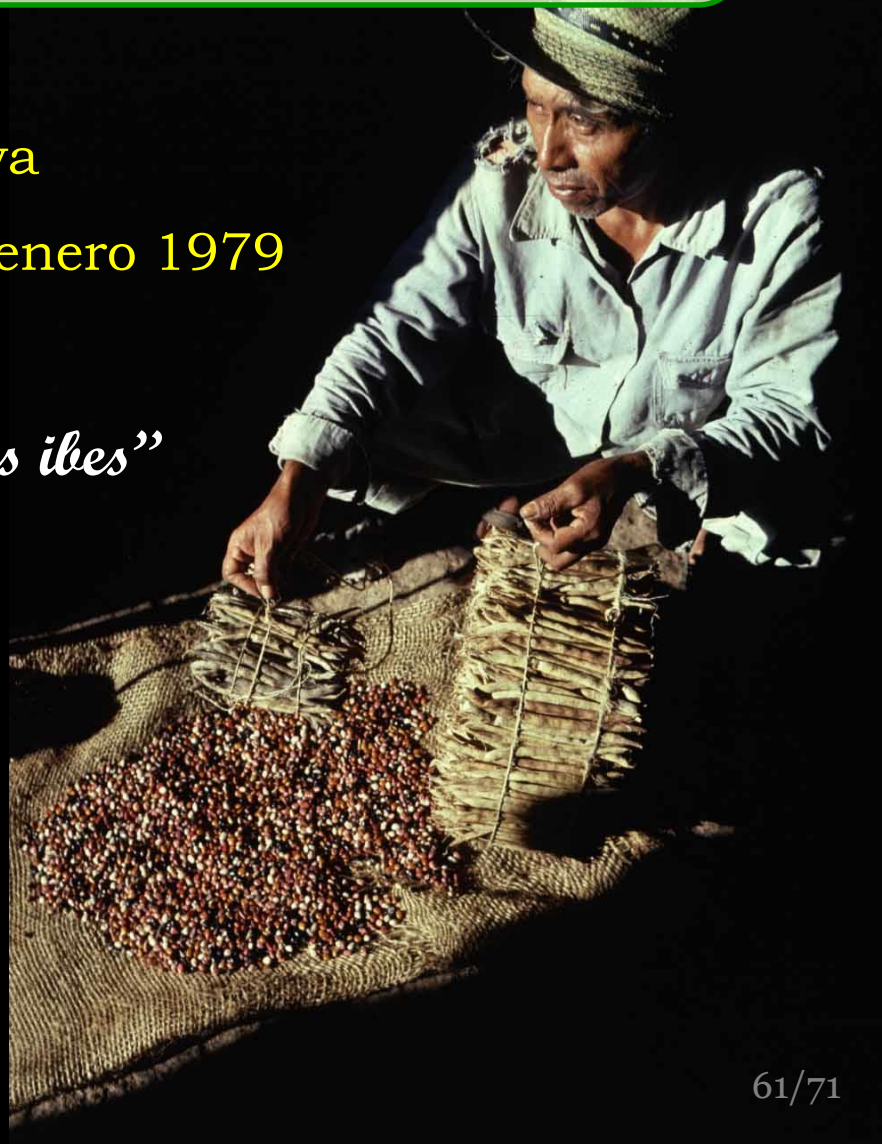
en los Chenes, Campeche, México, enero 1979

“sí Mister, a veces se me amargan los ibes”

‘ib’ = *Phaseolus lunatus* L .

leguminosa de grano, cultivo

tradicional de la milpa Maya



Reportes de cruzamiento natural en fríjol común

Sitio	%	fuente
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	1.9-3.7	Ibarra-Peréz et al. 1996
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
Etiopía, Sidamo, Awassa	4.8	Stoetzer 1984
España, Asturias, Villaviciosa	0.74	Ferreira et al. 2000

* = involucrando formas silvestres

Reportes de complejos cultivo-maleza-silvestre en las Américas

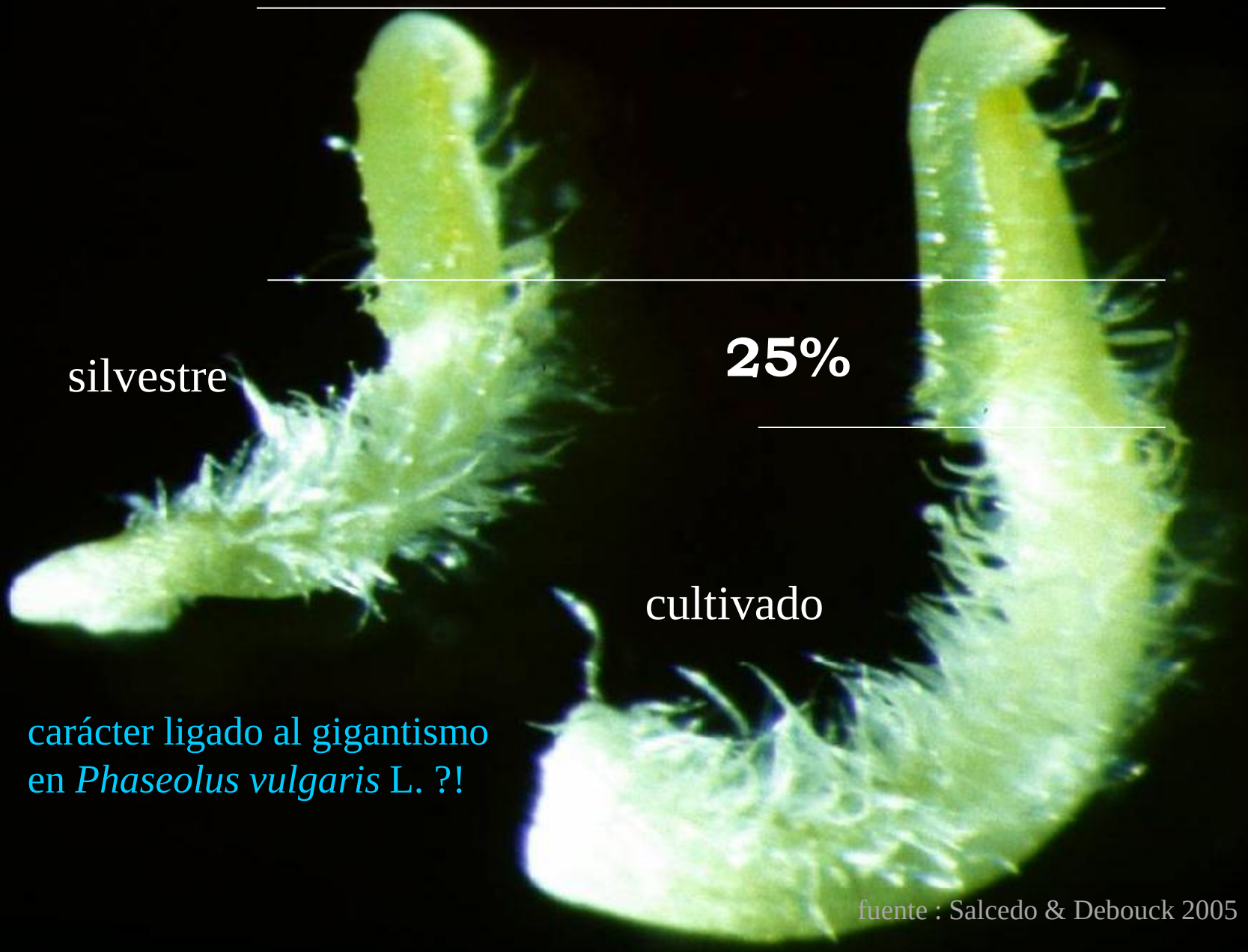
Sitio	fuente
México, Oaxaca, Sto. Domingo Albarradas	Acosta et al. 1994
Guatemala, Progreso, Agustín Acasaguastlán	Debouck 1988
Guatemala, Quetzaltenango, Zunil	Debouck 1995
Costa Rica, San José, Aserri	González-Torres et al. 2003
Colombia, Cundinamarca, Choachí	Beebe et al. 1997
Ecuador, Azuay, Girón	Debouck et al. 1989b
Perú, Junín, Huacapistana	Debouck et al. 1989c
Bolivia, Tarija, Tabladita	Freyre et al. 1996

Reportes de cruzamiento cultivo-silvestre en cultivos tropicales

Cultivo	Región	fuente
ají	Sinaloa, México	Hernández V. et al. 2001
algodón	Galápagos, Ecuador	Wendel & Percy 1990
arroz	Chiengmai, Tailandia	Oka & Chang 1961
azuki	Honshu, Japón	Xu et al. 2000
frijol cacha		bouck 1991
frijol común		e et al. 1997
frijol Lima		o et al. 2007
maíz	Guerrero, México	Wilkes 1977
papa (2n)	Cuzco, Perú	Rabinowitz et al. 1990
sorgo	Kasala, Sudan	Harlan 1995
pipián	Sonora, México	Merrick & Nabhan 1984

por qué tan frecuente?
porque los agricultores seleccionaban para características de interés para ellos/ ellas
no el sistema reproductivo de las plantas

efecto no esperado de la domesticación

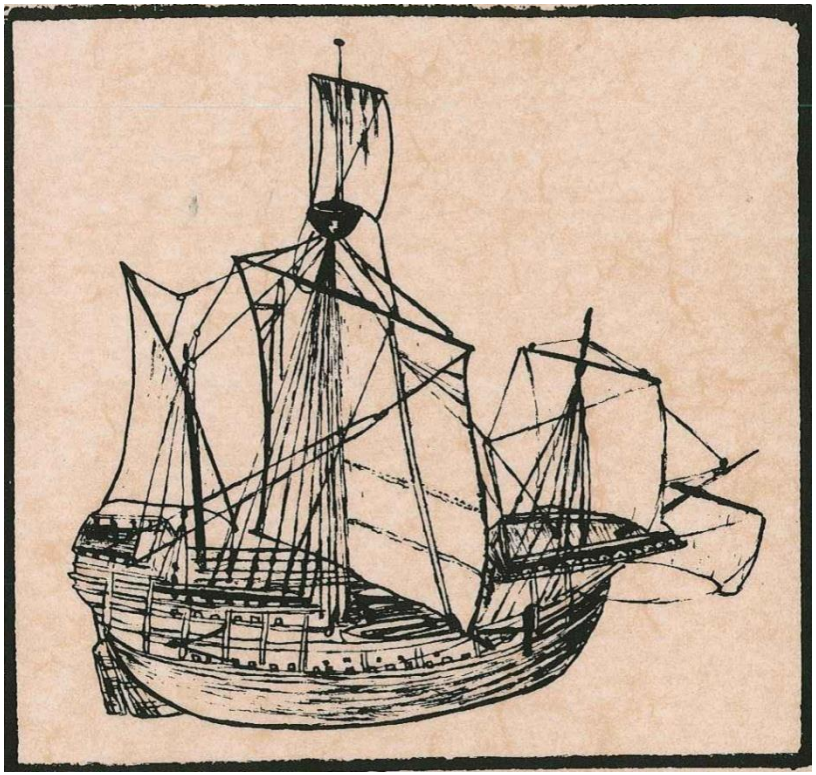


carácter ligado al gigantismo
en *Phaseolus vulgaris* L. ?!

fuente : Salcedo & Debouck 2005

El triunfo de los cultivos precolombinos

con el retorno de las caravelas (desde marzo de 1493 en adelante)



- población mundial: de 500 a 1,000 M
- industrialización textil, electrificación
- revolución en transporte terrestre
- expansión en el trópico húmedo

maíz
papa
fríjol
haba de Lima
judía de España
calabaza
maní
ají
tomate
camote
yuca

aguacate
girasol
fresa
piña
papaya
vanilla
cacao
quina
tabaco
caucho
algodón

guayaba
cuy
pavo
maracuyá
tuna
quinoa
marañón
jícama

fuentes: Crosby 2003; Gray 1995; Harlan 1975; Hobhouse 1985, 2005; León 1992; McNeill 1991; Musgrave 2002; Off 2006; Rocco 2003

Epílogo

Por qué?

1. Quizás en la evolución de *Homo sapiens,* por los requisitos de su cerebro, una vez agotados los recursos de la megafauna, bajo cambio climático, la domesticación de unas pocas plantas y unos pocos animales era inevitable.

H. sapiens dio preferencia a plantas con semillas, anuales, con latencia , por **poder** hacer reservas, intercambios y sustentar viajes y luego sociedades

H. sapiens cambió dos parámetros ecológicos fundamentales:

i) apartó a unos individuos de su población original silvestre (selección disruptiva)

ii) abrió a estos individuos un espacio nuevo de expansión demográfica

De repente sin quererlo, *H. sapiens* se ingenió a construir un mutualismo mutualismo autocatalítico (hasta peligroso), vulnerable y excluyente (exterminio de parientes silvestres de todas las especies domesticadas)

Epílogo

2. Progresos notables en los conocimientos en las últimas décadas:

Qué? De dónde?

identificación del pariente silvestre, aún sobrevive en muchos casos

Dónde?

ubicación de los primeros focos de domesticación (diferente del perfeccionamiento)

Cuándo?

contribución de arqueología no convencional, sobretodo período 10-6,000 años a.P.

Cómo?

entendimiento de cómo operó la domesticación; consciente *versus* inconsciente
dificultad ← pensamiento de hoy; utilidad del enfoque multidisciplinario

Epílogo

Y ahora qué?

3. Gran deuda a quienes domesticaron unas plantas y unos animales hace y a todo lo largo de 12-10,000 años

Cabe notar que el sistema, muy performante/ frágil, del cual gozamos hoy es "fósil"

Las domesticaciones han sido 1-3 veces, y no se ha vuelto a arrancar el proceso por el sinsentido de volver al silvestre (uso directo, cruzamientos)

en plantas: factores antinutricionales, síndrome de domesticación

en animales: agresividad, influencia de estaciones

Quedarían unos chances de perfeccionar varias domesticaciones incompletas, p.ej. tener uchuvas con tamaño de lulo, naranjillas de Quito como pomelos, en lugar de arrancar unas domesticaciones sin mapa guiador

Pero será que los campesinos no lo intentaron durante 12,000 años?

o será que hay un precio ecológico a pagar que no entendemos?

Epílogo

Y ahora qué?

4. Cuidar los recursos genéticos que tenemos:

en el caso de materiales cultivados: representan siglos de selección

en el caso de materiales silvestres: representan la reserva de opciones

para cultivos de semillas ortodoxas: relativamente fácil y de bajo costo

para cultivos de propagación vegetativa: complejo y de alto costo

para árboles de semillas recalcitrantes: complejo y de alto costo

para razas de animales domésticos: complejo y de alto costo

Debemos evolucionar y conservar todos los parientes de nuestras especies domesticadas

Con la vulnerabilidad señalada al inicio, la pregunta no es si pueden haber fracasos, pero cuando. Frente al potencial no explotado, los estudios de domesticación jamás han sido más relevantes!

Gracias a Ustedes por su amable atención,
y a aquellas quienes domesticaron,
paso definitivo a la agricutura y a la civilización