

PROPORCIONS DE DOMESTICACIÓ MESURABLES EN BLATS I ORDIS SILVESTRES EN CONREUS PRIMITIUS, I LES SEVES IMPLICACIONS ARQUEOLÒGIQUES

Gordon C. Hillman i M. Stuart Davies

Definició de domesticació

En aquest article ens adherim a la definició clàssica, més restringida, de domesticació, més que no pas a la més àmplia aplicació proposada per Rindos (1984, 1989). D'aquesta manera, «domesticació» aquí es refereix al procés que (a) s'esdevé en cultius primitius de tipus silvestre (sebrats originàriament amb llavors recollides en les àrees d'origen); (b) als avantatges selectius de plantes mutants poc comunes sense les característiques (especialment característiques reproductives) necessàries per a la seva supervivència en estat silvestre, i (c) que continua fins que aquests tipus mutants dominen els conreus i els tipus silvestres originals són eliminats, és a dir, el procés pel qual les plantes conreades depenen de la intervenció humana per a sobreviure, a través de la pèrdua dels trets adaptatius de tipus silvestre. Aquest procés implica canvis de genotip (que només són reversibles de manera lenta) en poblacions senceres, més que canvis totalment reversibles en els fenotips de plantes individuals.

Introducció

La domesticació fou reconeguda com un exemple d'evolució accelerada per Darwin (1859, 1868/1875) i De Candolle (1886), però van ser Vavilov (1917, 1926, 1951) i Engelbrecht (1917) els primers que tractaren de manera específica sobre l'evolució de la domesticació de cereals silvestres. Més tard, aquest estudi de processos s'ha estès en els treballs de Darlington (1969, 1963/1973), de Wet i Harlan (1975), Hammer (1984), Harlan (1965, 1975), Harlan et alii (1973), Hawkes (1969, 1983, 1989), Heiser (1965,

1985, 1988, 1989), Johns (1989), Ladizinsky (1979, 1985, 1987, 1989a, b), Pickersgill i Heiser (1976); Pickersgill et alii (1979), Riley (1965), Schiemann (1932), Schwanitz (1937), Wilson i Heiser (1979), i Zohary (1969, 1984, 1989a, b, 1990). El debat actual es centra entre Ladizinsky (1987, 1989a, b), que proposa un model en el qual la domesticació de llegums, com ara les lleties, s'esdevé abans que qualsevol altre conreu, i Zohary (1989b), que argumenta que la domesticació de llegums i de cereals només s'hauria esdevingut sota condicions de conreu.

Quant a blats i ordís, els mecanismes de domesticació discutits a l'article de Wilke et alii (1972) (i també HARRIS, 1976) prefigura allò que el nostre propi estudi suggereix que va ser el possible camí històric. No obstant això, les seves hipòtesis passen per sobre certs factors necessaris perquè la domesticació fos possible, a més de no estimar el temps necessari per aconseguir la domesticació. Genètics dedicats a conreus (HARLAN, 1975; LADIZINSKY, 1987 i ZOHARY, 1969, 1984, 1989b, 1990), han reconegut que la domesticació podia haver estat molt ràpida. Zohary (1968, inèdit) suggereix un període de 20 anys des de l'aparició del mutant. Ladizinsky (1987) indica, de manera similar, que la «domesticació anterior al cultiu» de lleties podia haver succeït en uns 25 anys. No obstant això, aquestes consideracions no estan fonamentades en mesures de selecció responsable de pes per a la domesticació inicial o en models matemàtics formals.

Una idea central

Els cereals de tipus silvestre es desenvolupen en zones del sud-oest d'Àsia en hàbitats ruderals rics en

nitrogen, tant en àrees que envolten les ocupacions humanes, com en les d'estabulament de bestiar (cabra/xai), o àrees molt erosionades i adobades formades per animals domèstics quan pasturen en paratges allunyats del seu lloc d'origen. Els primers conreus de cereals fets per l'Home (o més aviat per les Dones) havien d'haver estat sembrats amb llavors de tipus silvestre recollectades a les seves àrees d'origen (llevat d'alguna influència subtil de grups de caçadors-recol·lectors en la tria d'alguna espècie, RINDOS, 1984). Va ser, doncs, en el decurs del conreu que es va produir la domesticació (com s'ha definit abans). En el cas de l'espelta petita, la forma domèstica (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) va sortir de cultius del seu antecessor immediat, l'espelta petita silvestre [*T. monococcum* L. subsp. *boeoticum* (Boiss.) A. and D. Love], que encara creix de manera espontània en el Pròxim Orient, principalment en un ecosistema entre boscos de roures i estepes (Fig. 1). (En aquest article, espelta petita, pisana i ordi es mantenen morfològicament en estat silvestre, però creixen en conreus, i es denominen «cereals conreats de tipus silvestre». Així el terme «cereals silvestres» és reservat per a les poblacions de tipus silvestre que creixen en els hàbitats silvestres). (La subsp. *boeoticum* s'utilitza aquí per incloure-hi *Triticum urartu* Tum.)

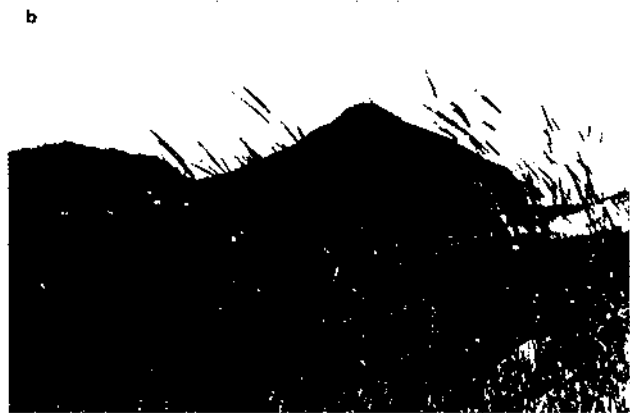


Fig. 1. Espelta petita silvestre (*Triticum monococcum* ssp. *boeoticum*) creixent entre bosc de roures i estepa a les faldes de Karadağ a la conca de Konya (Turquia central), 1970. (Foto: GCH).

Diferències entre les formes silvestres i domèstiques del blat i de l'ordi

En cereals com el blat, fins i tot les formes domesticades més primitives es diferencien dels seus progenitors silvestres en un nombre de poligènia determinat per diferents caràcters: robustesa, rigidesa de les glumes, dimensió de la llavor, nombre de flors fèrtils, tendències de cultiu, uniformitat de maduresa de la llavor, proporció de la fotosíntesi i abundància d'a-

restes i pèls en raquis i glumes (DARLINGTON, 1963, 1969; EVANS, 1976; HAMMER, 1984; HARLAN, 1975; HEISER, 1988; LADIZINSKY, 1985, 1987, 1989a; MILLER, 1986; PERCIVAL, 1921; SCHIEMANN, 1948; SCHWANITZ, 1966; SHARMA i WAINES, 1980; DE WET, 1977; ZOHARY, 1969, 1984, 1989a, b, 1990). No obstant això, les diferències d'adaptació més crítiques inclouen la pèrdua de l'estat de repòs de la llavor de tipus silvestre i la fragilitat del raquis, i, d'aquests, només la fragilitat del raquis és visible en la morfologia.

Diferències en la fragilitat del raquis

En blats i ordis silvestres el raquis madur de cada una de les espiguetes fèrtils es desarticula i permet que es desprenguin espontàniament (Fig. 2). La desarticulació es produeix des de la part superior de l'espiga cap a la inferior (Fig. 3a). La morfologia en forma de fletxa de les espiguetes, amb les arestes flexibles, glumes llargues i estretes, i les barbes corbades, assegura una penetració fàcil en qualsevol superfície fixant-se per fragments en el sòl, on poden restar a l'esguard d'ocells, rosegadors i formigues. Per contra, fins i tot en els blats i ordis domesticats més primitius, els raquis es desarticulen espontàniament i l'espiga es manté intacta fins que la collita és segada i batuda (Fig. 3b). (En la pisana i espelta petita domèstiques el raquis és «semirígid», però pot arribar a desarticular-se durant la batuda. No obstant això, no s'ha de confondre amb el raquis totalment rígid per exemple dels blats comú o dur, que resten intactes en la batuda com en tots els ordis domèstics).

Si es sembren en estat silvestre, aquestes plantes domèstiques són incapaces de reproduir-se, perquè les espiguetes no es disseminen de manera eficaç ni es protegeixen dels depredadors. Encara que les espigues es trenquin a causa de les pluges, l'absència en les espiguetes de les característiques d'autoimplanta-

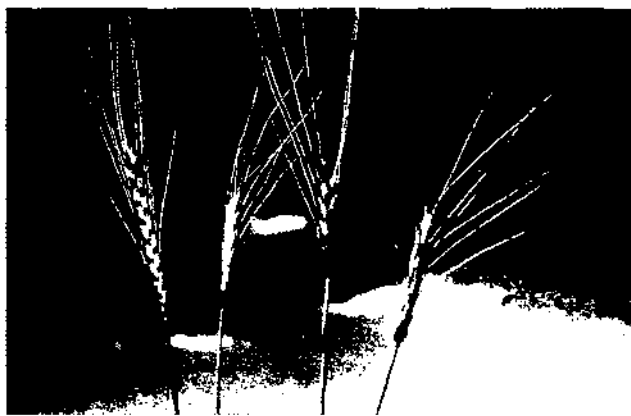


Fig. 2. Espigues semimadures d'espelta petita silvestre de les quals espontàniament s'han fracturat les espiguetes superiors (les espigues tenien originalment de 20-26 espiguetes). (Foto: GCH).

ció de tipus silvestre n'impossibilita la penetració en el sòl: el tall desigual en el raquis impedeix la penetració en el sòl, les glumes no tenen ni els pèls corbats ni les barbes prominents, i les arestes són febles (Fig. 3b). Aquestes espiguetes queden ràpidament a mercè dels depredadors, dels rosegadors i de les formigues com és evident per l'absència completa de cereals silvestres domesticats al Pròxim Orient (contra les indicacions equivocades de JARMAN, 1972). Aquesta absència de cereals silvestres es la més significativa en vista de la caiguda freqüent de llavors i espiguetes de cereal en les vores de camins entre camps, eres de batuda i graners (ICARDA, 1980). Fora del conreu, doncs, el mutant domèstic fracassa.

Tria d'un criteri de domesticació per aquest estudi

El nostre criteri de mesura del «grau de domesticació» en l'estudi de les poblacions vegetals ha estat la proporció de les plantes de raquis semirígid amb les de raquis fràgil. Els motius d'aquest criteri són: (a) la fragilitat del raquis juga un paper crucial en el procés de domesticació ja que les formes més resistents són peribles en estat silvestre, però són més afavorides en algunes formes de conreu; (b) el grau de rigidesa del raquis es pot determinar en les restes arqueològiques; i (c) és més fàcil l'estudi de caràcters morfològics en els cereals moderns.

Evidència arqueològica de la domesticació

Restes de Raquis i Criteris de Canvi

Les restes de raquis de cereals com el blat, l'ordi, el sègol i la civada es preserven habitualment en jaciments arqueològics tardans, que d'ordinari són resistents a l'acció microbiana perquè s'havien cremat abans de ser dipositades. Quan la conservació és bona, les restes de raquis poden mostrar clarament si el cereal era (a) de tipus silvestre, amb raquis totalment fràgil (com en l'espelta petita i la pisana silvestres), (b) de tipus domèstic, amb un raquis *semirígid* (com en l'espelta petita i la pisana domèstiques) o (c) de tipus domèstic més modern, amb un raquis totalment rígid (com en els blats dur i comú). Distingir els dos primers pot ser difícil, però generalment la desarticulació en els cereals silvestres deixa un senyal semicircular o reniforme, mentre que en els domèstics, el caràcter d'un raquis semirígid és lineal, dentat i irregular, amb un tall tènue a la superfície (Fig. 3) (WILLCOX, 1990). Les identificacions dubtoses d'exemplars problemàtics poden ser verificades examinant la histologia dels teixits en la zona d'abscissió del nus del raquis (FRANK, 1964; KISLEV, 1989).

Contràriament a aquests jaciments tardans, les restes de raquis són molt rares en jaciments arqueològics d'inicis de l'agricultura (és a dir, de les fases antigues del Neolític preceràmic). En conseqüència, els arqueobotànics generalment intenten distingir els blats i els ordis silvestres dels domèstics d'aquests jaciments utilitzant trets secundaris com la forma del gra. En els blats, aquests trets són sovint insatisfactoris, però en els ordis es poden distingir les formes domèstiques, nues i de sis files, de les silvestres, vestides i de dues files.

Cronologia actual de la domesticació i del conreu

En base a aquestes característiques bàsiques de les llavors, els cereals més antics i totalment domesticats de l'oest d'Euràsia d'ordinari es daten del 9.800 BP (C14; 8.800 BC ca) en el Neolític d'Aswad, al sud-oest de Síria, lleugerament més tard que Jericó, Gilgal i Netiv Hagdud, a Palestina, i que el Neolític d'Abu Hureyra, al nord de Síria, i també, en una fase més tardana de Çayönü, al sud-est de Turquia. Els cereals són la pisana, el blat i l'ordi, excepte a Abu Hureyra i Çayönü, on també es va determinar l'espelta petita (BAR-YOSEF i KISLEV, 1989; HELBAEK, 1969; HILLMAN, 1975; HILLMAN et alii, 1989; HOPF, 1983; KISLEV, 1989; KISLEV et alii, 1986; VAN ZEIST, 1972; VAN ZEIST i BAKKER-HEERES, 1979).

Per datar els orígens de l'*agricultura* hem de tenir en compte la data més antiga per a les formes domèstiques i afegir-hi el temps necessari per aconseguir la domesticació després que la planta estigués en conreu; anomenem aquest període el de «conreu de pre-domesticació». No obstant això, no totes les formes d'agricultura primitiva donen formes de raquis rígid, i molts dels antics agricultors podien haver aplicat algunes pràctiques «ineficaçes» durant un llarg període de «conreu de no-domesticació» abans d'adoptar les tècniques de conreu de pre-domesticació que havien de portar inexorablement a la domesticació. Aquest retard potencial hauria estat precedit encara per una altra demora (més conreu de no-domesticació), deguda a l'absència de mutants de raquis semirígid en els primers cultius (ZOHARY, 1990).

Per datar els inicis del conreu de no- i pre-domesticació, hem de conèixer (a) amb quina rapidesa els fenotips de raquis semirígid haurien aparegut en els primers conreus de tipus silvestre; (b) quines combinacions de mètodes agrícoles haurien afectat la domesticació d'un cultiu de tipus silvestre; (c) si altres formes d'agricultura haurien estat completament ineficaçes; (d) si els mètodes inicials d'agricultura dels primers agricultors haurien estat «ineficaços», i, si fou així, amb quina rapidesa haurien anat cap a mètodes «efectius»; i (e) quant de temps duraria el procés un cop els mètodes efectius haurien estat posats en pràctica.

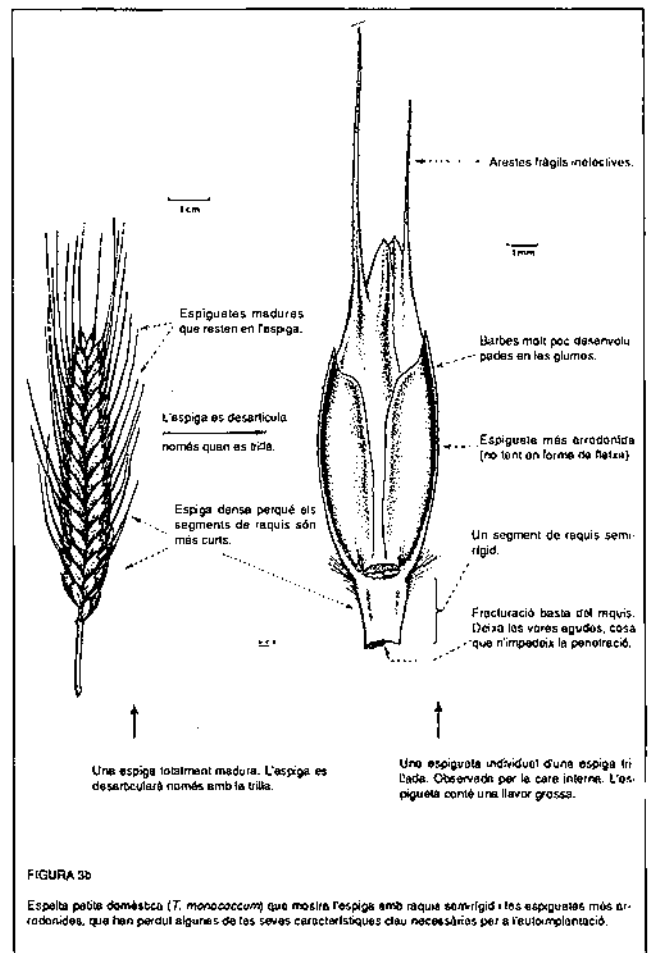
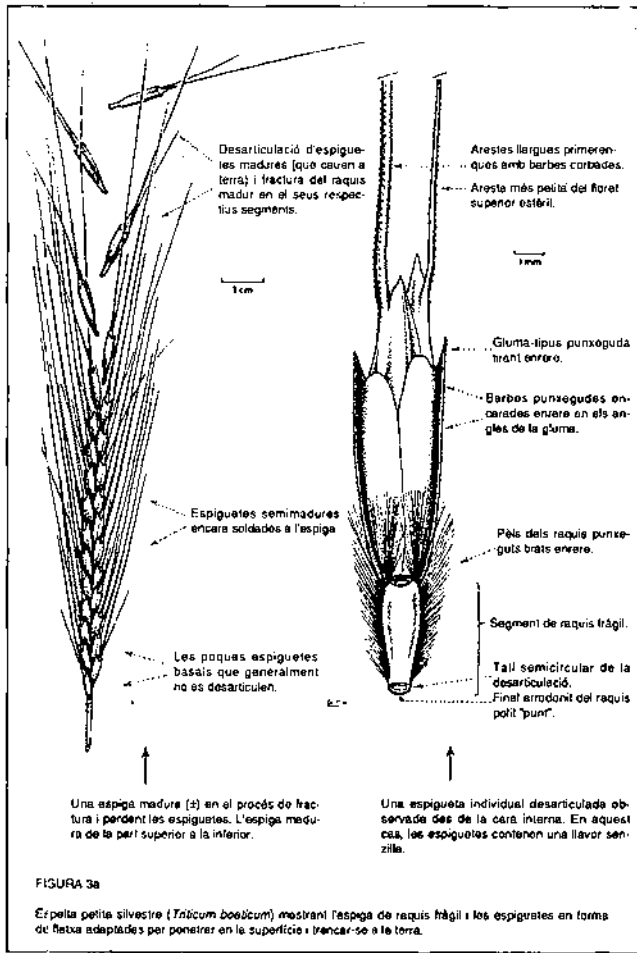


Fig. 3. Diagrama que mostra les característiques que afecten la dispersió de la llavor i la implantació de l'espigueteta, per distingir les formes silvestre i domèstica de l'espelta petita. (Dibuix: GCH).

Els elements bàsics (vegetals) que propicien la domesticació

Les formes domèstiques d'espelta petita, pisana i ordi originades per mutants recessius de raquis semirígid es generen en les poblacions de formes silvestres de raquis fràgil. En aquestes poblacions silvestres, els mutants són molt rars perquè (a) la proporció neta progressiva de la mutació d'aquests gens és probablement baixa (hem assumit una proporció neta progressiva de mutació de 10^{-6} per generació de planta); (b) el pes de la mutació està equilibrat per una ràpida eliminació de fenotips mutants que no tenen valor adaptatiu en la forma silvestre; i (c) aquests fenotips eliminen automàticament la meitat de gens mutants en el grup, perquè, encara que l'allel mutant és recessiu en l'allel de tipus silvestre (raquis fràgil), i només es manifesta en homozigots, els blats i els ordis silvestres són endògams i per això la meitat d'allels mutants acaben en la reserva d'homozigots.

Si agafem espelta petita, i assumim (vegeu SHARMA i WAINES, 1980) que, dels dos loci identificats que controlen la fragilitat del raquis, només un estava ini-

cialment involucrat en la domesticació, aleshores una gran quantitat de formes silvestres d'aquestes espècies essencialment endògams contindran només un homozigot individual (que produeix espigues amb raquis semirígid) per cada 2-4 milions amb raquis fràgil. La concentració d'allels mutants portats (no manifestats) en raquis fràgil seria també baix, perquè l'espelta petita és endògama i els homozigots recessius no són viables en estat silvestre i la meitat d'allels recessius són eliminats en cada generació. Els tipus silvestres seran, doncs, quasi completament homozigots, amb només un o dos heterozigots per cada 2-4 milions de tipus amb raquis fràgil.

No obstant això, no solament hi hauria més d'un locus eventualment involucrat, sinó que la modificació dels gens podia haver alterat les pautes de domini d'aquests loci durant els darrers 11 mil·lennis.

L'inici del cultiu

Què és el que va passar a aquests rars mutants de raquis semirígid, quan grups de (fins ara) caçadors-

recollectors recollien llavors de blat o ordi amb raquis fràgil dels llocs silvestres i, per primera vegada, els sembraren com a cultiu? En vista de la poca freqüència de mutants a les àrees silvestres, és probable que no fossin presents en les reserves inicials de llavor recollides en aquests llocs. La gran majoria dels primers conreus (potser tots) haurien estat de raquis fràgil, i la tria per a la domesticació hauria esperat fins que els mutants es generessin espontàniament dintre dels propis conreus antics. Així, la domesticació va tenir dues fases diferents (ZOHARY, com. personal, 1988).

La primera fase (preliminar) inclou el cultiu de poblacions genuïnes de raquis fràgil i hauria continuat fins que els mutants eren generats. La durada d'aquesta fase va dependre de la dimensió de població de cultiu i, en la majoria dels casos, és probable que hagués estat molt curta.

La segona fase va començar amb l'aparició dels primers fenotips mutants (al principi amb unes freqüències molt baixes), i la seva durada fou en gran part independent de la dimensió del grup. Va seguir un o dos camins: si els mètodes selectius d'agricultura afavoriren els fenotips mutants, aleshores un període de «conreu de pre-domesticació» hauria culminat automàticament en la domesticació total; si els mètodes d'agricultura haguessin desafavorit els mutants, aleshores el cultiu s'hauria mantingut en estat silvestre («conreu de no-domesticació») fins a ser reemplaçat per reserves de llavor domèstiques obtingudes d'algun altre lloc.

La fase preliminar: el retard en la domesticació degut a l'absència de mutants en els primers cultius

El temps necessari perquè els mutants amb raquis semirígid fossin generats espontàniament dintre les primeres formes de conreu de tipus silvestre dependria de la dimensió de les poblacions. Malauradament, desconeixem el grau inicial de dependència de gra cultivat entre els primers agricultors i les àrees que necessitaven sembrar. Les possibilitats considerades després mostren que les àrees sembrades probablement haurien estat suficientment extenses per assegurar que els mutants fossin possibles dintre <20 anys en la majoria de primers conreus de blat i ordi.

La taula I mostra les estimacions de l'àrea sembrada que hauria proveït el 25% de les necessitats calòriques d'una família de cinc persones. [Aquesta figura fou triada simplement per comoditat, però sembla raonable en un context del nord del Creixent Fèrtil (HILLMAN, 1987)]. No hi ha xifres per als rendiments probables de gra per unitat d'àrea o per a rendiment calòric de gra consumit, i per això hem utilitzat dos nivells per a cada un. Amb aquesta base,

les àrees en cultiu haurien pogut estar distribuïdes de 0.3 a 3 hectàrees. D'altra banda, si el gra cultivat proveïa només un 10% de les necessitats calòriques, les àrees conreades haurien estat d'una distribució de 0.1 a 1.2 hectàrees.

De totes maneres, això té una importància relativa en comparació al problema de l'origen principal del conreu de carbohidrats, responsable dels cultius a gran escala, fora que es conegui la majoria de les necessitats totals calòriques (BUTLER, 1990).

En una proporció de mutació de 10^{-6} una planta amb un homozigot mutant pot ser possible per cada 2-4 milions. En una proporció de sembra de 200 espiguetes per m^2 , aquesta mutació podia aparèixer en un sol conreu estacional en una àrea cultivada de 1-2 hectàrees. [El càlcul de 200 espiguetes per m^2 es basa en les proporcions de sembra de blat en l'agricultura tradicional (HILLMAN, 1973)]. Efectivament totes les àrees citades abans haurien permès als mutants generar-se dintre dels 5 anys i, en endògams com blat i ordi, els homozigots recessius haurien aparegut 1 any més tard. En àrees que probablement eren cultivades per totes bandes, els mutants varen aparèixer probablement en 2 anys. Fins i tot si les àrees sembrades eren tan petites com de 0.1 hectàrees, les formes mutants aparegueren probablement en 10-20 anys. Potencialment, els retards més grans en el conreu de camps més petits haurien estat probablement interromputs per agricultors, que haurien obtingut reserves de llavors domèstiques en els llocs de cultiu on el procés de domesticació ja havia començat.

Tria conscient o inconscient?

L'evidència actual suggereix que, en els estadis primitius de l'agricultura, la tria que afavoria els mutants de raquis semirígid fou totalment inconscient. Les freqüències d'homozigots recessius citats abans suggereixen que els mutants de raquis rígid eren tan rars, que els agricultors que recol·lectaren les primeres reserves de llavors en estat silvestre n'haurien ignorat l'existència, i haurien continuat així tant de temps com el cultiu hagués restat essencialment en aquest estat. Les espigues de cereals com les d'espelta petita silvestre maduren de manera desigual, per això aquestes espigues mutants haurien passat desaparebudes enmig dels milers d'espigues que encara no s'haurien trencat perquè eren immadures. Algunes espigues que es mantien intactes en el camp quan altres ja estaven trencades haurien estat ràpidament depredades pels ocells. Per tant, no podia haver estat una tria conscient en cap dels dos casos, «conreu de no-domesticació» o «conreu de pre-domesticació» primitiu. Només quan els mutants de raquis semi-rígid s'havien tornat tan freqüents per ser visibles en el conreu (1-5 %?) fou aplicada la tria conscient. (Fig. 10).

Taula I

	gra necessari per a una família de 5 per any (per subministrar el 25% de les necessitats calòriques totals)	Àrees sembrades per proveir el gra suficient per al 25% de necessitats calòriques d'una família nuclear de cinc	
		Estimant rendiments de 500 kg per hectàrea ³	Estimant rendiments de 1000 kg per hectàrea ⁴
Càlculs basats en el 25% de «llavor econòmica equivalent» consumida avui dia per agricultors de subsistència en el Pròxim Orient ¹	700 kg	1,4 hectàrees	2,8 hectàrees
Càlculs basats en (i) el 25% de necessitat calòrica mínima dels humans moderns; (ii) les mesures de laboratori de contingut calòric de la llavor de blat moderna ²	330 kg	0,75 hectàrees	0,4 hectàrees

Dimensió de les poblacions conreades primitives —com a base per estimar el temps necessari per a l'aparició de mutants domèstics en els primers conreus de cereals de tipus silvestre. La taula suggereix la distribució per hectàrea de cereals de tipus silvestre que poden haver estat sembrats (pels primers agricultors) per a cada família nuclear de cinc, assumint que el gra de cereals conreats proveïa un modest 25% de les necessitats totals calòriques. Les àrees en conreu per a comunitats d'agricultors globals haurien d'haver estat molt amples.

1. Clark i Haswell (1967) citen el promig de consumició de «gra econòmic equivalent» (és a dir, l'equivalent econòmic de dependència total del gra) de 650 kg/adult/any. Aquesta figura té en compte la incompleta digestió/absorció d'aliments de gra i la consumició en excés de la necessitat mínima teòrica d'energia, però això està molt per sota dels nivells observats en els pobles Anatolis actuals que practiquen formes de subsistència tradicionals (HILLMAN, 1973).

2. Les necessitats calòriques dels humans aquí estan basades en la «unitat estàndard de nutrició» de 10⁶ Kcal/adult/any. La mesura de laboratori de rendiment de calor de la totalitat de farina de blat utilitzada aquí = ca. 330 kcal/100g (al 12% d'humitat). Les dues figures estan recollides de Legge (en premsa).

3. 500 kg/hectàrea s'acorda amb els resultats més baixos esperats per a cereals silvestres o primitius domèstics (p.e. HILLMAN, 1973; RUSSELL, 1988; WILLCOX, en premsa; ZOHARY, 1969).

4. 1000 kg/hectàrea sobrepassen les figures extremes per a la pisana silvestre en hàbitats primaris (ZOHARY, 1969), però està també per sota d'algunes de les Willcox (en premsa) per a espelta petita silvestre sota conreu primitiu.

La nostra conclusió que la tria inconscient està relacionada amb els primers estadis de la domesticació concorda amb l'opinió convencional sobre la matèria. La tria inconscient en els primers conreus fou proposada per Darwin (1859, 1868), i la seva naturalesa i possibles conseqüències per Vavilov (1926), Darlington (1969, 1963/1973), Harlan (1975), Harlan et alii (1973), Ladizinsky (1987, 1989a, i b), Rindos (1984) i Zohary (1969, 1984, 1989b, 1990), i revisades per Heiser (1988).

Els sistemes d'agricultura necessaris per a la domesticació

Els nostres estudis suggereixen que els homòzigs de raquis semirígid haurien experimentat un avantatge selectiu només si es va utilitzar un mètode particular de recollida (Vegeu WILKE et alii, 1972) i els cultius foren segats quan estaven parcialment madurs o «quasi-madurs». En alguns casos dos requisits addicionals foren les prolongacions anuals o els canvis d'àrees de cultiu i el fet que cada any se separava la llavor de la collita dels nous camps de la

temporada anterior. Aquests mètodes d'agricultura no han pas d'haver estat els més eficients o els més coneguts (dels seus avantpassats caçadors-recol·lectors), ja que molts agricultors podien haver usat altres mètodes (no-domesticació-inductiva). Els cereals de molts dels primers agricultors podrien haver continuat en la seva forma silvestre per un període, abans de ser substituïts per les formes domesticades portades com a llavor de reserva dels llocs d'hàbitat, on havia estat aplicada l'efectiva combinació (domesticació-inducció) de tècniques agrícoles (HILLMAN, 1978).

Terminologia utilitzada per descriure els estats de maduresa

El cultiu «totalment madur» d'un cereal de tipus silvestre és aquell en el qual totes les espiguetes s'han després; «collir», inclou recollir-les de terra. Els mètodes tradicionals (batre, segar, arrencar, etc.) només poden ser aplicats en cultius parcialment madurs o semimadurs (en els quals la desarticulació és encara incompleta) o en cultius completament immadurs (en els quals no s'ha desarticulat cap espiguetta). Com

que l'espelta petita silvestre madura accidentalment, «parcialment madura» o «semimadura» es refereix al promig de l'estat de tot el cultiu. (La categoria «completament immadura» es refereix estrictament a la maduresa del raquis i inclou les categories «verda» i «semiverda» de Willcox (1990).

Mètodes de sega i l'estat de maduresa del cultiu a la collita

Hi ha cinc mètodes principals de sega amb els quals els cultivadors primitius de cereals estaven familiaritzats: *picar* les espiguetes madures dins d'un cistell; *segar* amb falç o altres eines tallants; *arrencar* d'arrel; *pentinar* o *estirar* amb la mà; i *cremar*. La viabilitat de cada mètode està confirmada per estudis etnogràfics de caçadors-recol·lectors i d'agricultors primitius, pel registre arqueològic, pels nostres camps experimentals, per observacions de camp de científics com Harlan, (1989, 1990); i Zohary, (1990), i per diverses experimentacions (REYNOLDS, 1981, 1990; WILLCOX, 1990; ANDERSON-GERFAUD, 1990).

Segar picant les espiguetes madures dins d'un cistell

Picar les espiguetes madures en un cistell (sobretot les que estan menys inclinades) pot ser molt eficaç (Fig. 4). Aplicat a blats o ordis silvestres parcialment o quasi madurs, es piquen les espiguetes d'espigues madures de raquis fràgil, però queden les de raquis rígid i un gran nombre d'espigues immadures de tipus fràgil. (Algunes de les darreres poden ser recollides al cap d'uns quants dies). Les espigues de raquis rígid que resten són agafades per ocells, i, encara que les espiguetes caiguin a terra, la impossibilitat d'auto-implantació en el sòl assegura la depredació. Per tant, no contribueixen a garantir futures generacions de cultius, encara que el mateix camp sigui conreat de nou durant la temporada següent.

Algunes espiguetes d'espigues amb raquis fràgil cauen a terra durant la sega, i si l'agricultor hi confia per a la collita de l'any següent, aquesta collita serà de tipus silvestre. Igualment les noves terres sembrades amb llavors de la collita seran totalment silvestres; per això, la recollida de cereals picant les espigues fa una tria forta a favor del tipus silvestre en perjudici de les formes amb raquis rígid.

Segar l'espelta petita silvestre en temps sec és el mètode que comporta menys esforç i produeix els rendiments més grans per unitat de temps (Fig. 4), com va observar Harlan en llurs experiments de sega amb falç d'espelta petita silvestre parcialment madura a Karacadag (Turquia; HARLAN, 1967, 1990).

Picar les espigues ha estat el mètode preferit per la majoria de caçadors-recol·lectors històrics que depenen de llavors de plantes silvestres (BOHRER, 1972;



Fig. 4. Segar de camps d'experimentació d'espelta petita de tipus silvestre picant les espigues en un cistell a Celppa Park (Dpt. de Botànica, Cardiff), el 1979. GCH fa servir eina de fusta, però generalment la mà nua és més efectiva. (Foto: Isobel Ellis).

HARRIS, 1984). Fins i tot grups d'agricultors i ramaders que utilitzaven llavors d'herbes silvestres com a suplement habitual, recullen la llavor picant amb un bastó malgrat que posseïen falçs de ferro per segar les collites domèstiques (BARTH, 1857, I i III; HARLAN, 1989; MAURIZIO, 1927; SCUDDER, 1971), com també ho feien en la recollida de llavors d'herbes silvestres d'espigues semblants als blats i als ordis silvestres (MAURIZIO, 1927; STEWART, 1933, 1941).

Sega amb falç de cultius parcialment madurs

Quan la falç s'aplica a tiges de blat i ordi silvestres, algunes de les espiguetes de la part superior (més madures) d'espigues més madures es desarticulen i cauen a terra, però no hi ha una pèrdua equivalent d'espiguetes en espigues de raquis semirígid i la freqüència relativa en espiguetes segades s'incrementa. Això es reflecteix en el gra recollit en els camps sembrats, i l'increment continua, any rere any, fins que són sembrats en un nou camp (s) amb les collites dels nous cultius de l'any anterior. Eventualment, el camp estarà totalment compost per formes de raquis rígid i en aquest punt, la domesticació (amb respecte a la fixació del raquis semirígid), és completa (Fig. 5).

Per contra, els terrenys cultivats en anys anteriors mantindran el cultiu silvestre perquè són auto-sembrats amb espiguetes despreses d'espigues de raquis fràgil durant la sega. És clar que l'emmagatzematge de llavors recollides d'aquest camp vell i sembrades en camps nous podria capgirar potencialment la domesticació.

Sega amb falç de cultius immadurs

En plantes completament immadures (verdes), la sega amb falç no té un efecte selectiu: els raquis po-



Fig. 5. Sega de camps d'experimentació d'espelta petita de tipus silvestre amb una falç de sílex (Cardiff, 1979). La falç de la foto és del tipus del Carmel. (Foto: Isobel Ellis).

tencialment fràgils no es desarticulen mentre són verds (fora que s'assequin), i així els fenotips són segats en les proporcions en què es troben en el camp, i els camps sembrats amb la collita reproduiran de nou les mateixes proporcions. [La sembra de llavors immadures no és cap problema ja que són capaces de germinar (PERCIVAL, 1921), o com es demostra en experiments recents de laboratori en blats i ordís primitius (ANDERSON-GERFAUD, 1990; ANDERSON-GERFAUD et alii, 1990; WILLCOX, com. personal, 1990)].

De totes maneres, si el cultiu és parcialment madur, hi haurà algunes pèrdues d'espiguetes en espigues de raquis fràgil i el fenotip de raquis semirígid serà afavorit. A causa de la maduresa irregular de l'espelta petita, aquest efecte pot ser evitat només en collites molt immadures, però aquestes collites produeixen una gran proporció de gra sec i buit (i per aquesta raó per sota del pes normal). A la pràctica, per tant, «immadur» vol dir «parcialment madur», i segar aquests cultius amb la falç afavoreix la domesticació, si bé a una intensitat baixa.

La sega de cereals o d'altres plantes silvestres en un estat parcial (o total) d'immaduresa té l'avantatge de recollir la majoria d'espiguetes que es perden. Aquest cas s'ha observat en espècies que maduren de manera més uniforme com la pisana silvestre (*T. dicoccoides*) al fer la sega en «verd» (UNGER-HAMIL-

TON, 1989; ANDERSON-GERFAUD, 1988, 1990; ANDERSON-GERFAUD et alii, 1990; WILLCOX, 1990). Les llavors immadures també són més fèrtils, tanmateix només coneixem dos casos de sega d'herbes silvestres immadures amb falç fetes per caçadors-recollectors actuals: la collita d'*Oryzopsis* dels Kawaiisu al sud de Califòrnia (ZIGMAN, 1941; BOHRER, 1972), i un poble aborígen del sud-oest de Queensland (Austràlia) que utilitzen ganivets de sílex per tallar el mill silvestre (ALLEN, 1974).

Arrencar d'arrel els cultius de tipus silvestre parcialment madurs

Aquest mètode batzega les espigues d'una manera similar a la sega amb falç (Fig. 6). El resultat és que les espiguetes que cauen dels extrems de les espigues de raquis fràgil semimadur es seleccionen positivament per a mutants de raquis rígid.

Arrencar cereals totalment domesticats encara es fa en l'agricultura tradicional, especialment per a l'ordi (HILLMAN, 1985; LESER, 1970). L'evidència arqueològica per arrencar plantes domèstiques està molt més estesa del que fins ara s'ha suposat (HILLMAN, 1981), encara que sovint aquestes troballes no ens poden explicar si els cultius eren madurs o immadurs al moment de la sega.



Fig. 6. Nens segant ordi arrencant d'arrel prop de Gölü Dag al centre de Turquia el 1974. Fins fa poc, l'ordi era segat arrencant d'arrel amb la mà nua o amb l'ajuda d'un ganxo (en turc Kiliç, cf. Hillman, 1984, 1985). (Foto: GCH).

Arrencar d'arrel cultius totalment immadurs

Arrencar d'arrel cultius totalment immadurs (com segar amb la falç) no té un efecte selectiu, però de nou ofereix l'avantatge d'un gra més fèrtil i de recuperar el gra extraviat. Tanmateix, tot i que la collita encara sigui parcialment madura, pot ocórrer alguna selecció positiva per al fenotip de raquis semirígid. Arrencar herbes en estat immadur consta en pobles aborígens d'Austràlia (MITCHELL, 1983; ALLEN, 1974).

Pentinar amb la mà o estirant

Pentinar amb la mà fou aparentment utilitzat per grups de caçadors-recol·lectors per recollir la llavor d'herbàcies en panícula (O'CONNELL et alii, 1983). Hem observat que pentinant amb la mà lliure en madur desarticulant les espiguetes (començant a sota de la part baixa de l'espiga), actua com una forma ineficient de picar les espigues dins d'un cistell però té efectes selectius similars. Tanmateix, això és molt més lent que picar les espigues i sembla improbable que s'hagués utilitzat gaire (ANDERSON-GERFAUD, 1988; REYNOLDS, 1981).

Segar les collites madures o verdes amb l'ajuda del foc

Si la collita és simplement cremada i es recullen de terra les espiguetes (o espigues) socarrimades, no hi ha un efecte selectiu, perquè d'aquesta forma es mata el gra i les llavors per als cultius posteriors han de ser recollides d'alguna altra part per altres mètodes. Cremar ofereix l'avantatge de poder controlar les males herbes i evita la necessitat de segar, batre, ventar, i assecar les espiguetes abans d'espellofar el gra (HILLMAN, 1984; 1985). No obstant això, recollir les espiguetes de terra és una feina laboriosa i és difícil estendre un foc uniforme en camps de cereals.

D'aquests mètodes de sega diferents, només la sega amb falç i arrencar d'arrel els cultius parcialment madurs afectarà la domesticació dels cultius de tipus silvestre.

Canvis anuals en terrenys verges utilitzant llavors emmagatzemades dels camps nous dels anys anteriors: sense aquests, podia haver ocorregut la domesticació?

El registre actual suggereix que aquestes dues condicions havien d'haver estat prerequisits per a la domesticació, però aquesta podia haver existit sense elles.

Per sembrar la collita de l'any següent només és necessària una petita proporció d'espiguetes recollides, per això, de la sega, només es sembla una petita proporció de mutants de tipus domèstic. En collites sembrades de nou en camps vells, aquest nombre reduït de mutants domèstics podien ser «ofegats» per les espiguetes de tipus silvestre caigudes de manera espontània durant la collita anterior i així no es produiria la domesticació. Però la domesticació només serà possible si l'agricultor estén anualment el cultiu en una terra verge, utilitzant la llavor emmagatzemada de la collita dels camps nous de l'any anterior, evitant que l'autoembra d'espiguetes silvestres dels camps vells contribueixi a generar posteriors cultius d'aquest tipus.

Tanmateix aquest «efecte d'ofegament» comporta que una gran proporció d'espiguetes auto-sembrades de tipus silvestre sobrevisquin a la depredació entre la sega i la sembra de tardor. Si la proporció d'espiguetes collides sembrades en camps vells (un 12%) fos més gran que la proporció d'espiguetes auto-sembrades que sobreviuen a la depredació (un 10%), aleshores la domesticació encara podria esdevenir-se entenent que el mètode de selecció de la reserva de gra segat manté o incrementa, d'altra banda, la relativa abundància de mutants.



Fig. 7. Resultats de segar espelta petita de tipus silvestre picant un estiu humit de Gal·les. Les espigues de raquis fràgil acaben per desarticular-se, i picar ha de ser tan violent que totes les espigues foren separades en el procés (Cardiff, 1979). (Foto: Isobel Ellis).

Els factors determinants són, doncs, (a) la proporció de supervivència d'espiguetes de tipus silvestre que cauen a terra durant la sega, (b) la proporció de gra segat deixat de banda per sembrar el cultiu de l'any següent (proporció anticipada de rendiment, rendiment del gra per unitat de gra sembrat), i (c) el mètode de tria de gra per sembrar.

Factor a. Per a camps silvestres, Zohary (com. personal, 1988 i 1989) constata que aquestes llavors estan exposades a una forta depredació i que en les condicions del Pròxim Orient, almenys un 50-80% d'aquestes llavors silvestres serien eliminades. No obstant això, també suggereix que també es podrien perdre el 90% d'espiguetes despreses en un terreny cultivat.

Factor b. Les proporcions de rendiment tradicionals en blats i ordís cultivats ben regats a l'est de Turquia es presenten en una escala 1:6.5-1:9 (HILLMAN, 1973); els agricultors, per tant, fixen a part una proporció de $\pm 11-17\%$ de la seva collita per tornar a sembrar. Però en els 2 primers anys de cultiu experimental d'espelta petita silvestre, Willcox (1990) va obtenir un rendiment de producció d'escala 1:2 a 1:33. No obstant, la majoria de valors de Hillman i la meitat dels de Willcox permetrien als agricultors usar una proporció més petita d'espiguetes recollides com a llavor que el 20-50% d'espiguetes silvestres auto-sembrades que s'estima que sobreviuen en un camp natural, i això impossibilitaria la domesticació. De totes maneres, únicament amb un 10% de supervivència d'espiguetes de plantes de tipus silvestre en camps cultivats el percentatge sembrat podria ser més elevat i permetria la domesticació sense canviar de lloc.

Si es presentés el cas que el 10% o més d'espiguetes despreses sobrevisquessin a la depreddació del camp, l'agricultor podria reduir el cultiu de llavor sembrada a un nivell que assegurés que els mutants en el gra conreat estarien sempre ofegats per l'auto-sembrada del tipus silvestre i que la domesticació, consegüentment, mai no es podria dur a terme sense canviar de terreny. De totes maneres, el 10% de supervivència de Zohary es refereix al 10% del 50-60% d'espiguetes que es desprenen espontàniament (5-6% del conreu original). La quantitat d'espiguetes recollides que han de ser sembrades per elevar aquesta figura a l'exigit 11-17% serà del 5-12% del total de la collita d'origen (12-24% del 40-50% de les espiguetes que varen ser segades). Si acceptem el 10% de supervivència de Zohary, la domesticació seria impedida només a les proporcions més baixes de sembra. En totes les proporcions altes, la domesticació podria ocórrer sense canvis de terreny.

Factor c. No coneixem si els mètodes de selecció de les reserves de llavor dels primers agricultors per sembrar l'any següent haurien alterat la proporció de mutants.

En resum, tornar a utilitzar els camps vells podria haver impedit tota possibilitat de domesticació o es podria haver produït encara que els agricultors persistissin a tornar a utilitzar els camps vells. Si la domesticació *es va dur a terme* a partir d'un sistema en el qual els camps vells eren persistentment tornats a usar, s'hauria procedit de manera més lenta que amb un sistema de canvis anuals en terrenys verges.

Amb quina celeritat es va produir la domesticació després que el fenotip mutant fou present en el cultiu?

Per realitzar un model matemàtic de la proporció de domesticació (la proporció d'increment de mu-

tants de raquis semirígid en cultius de tipus silvestre primitius) es requereixen mesures de les proporcions de mutació en els loci rellevants, proporcions d'«endogàmia/exogàmia» en blats i ordís silvestres, i els coeficients de selecció generats pels mètodes efectius de l'agricultura primitiva. Les estimacions fidedignes existeixen per als primers dos factors però no per al tercer. Per tant, el nostre objectiu prioritari és mesurar les pressions de selecció que poden resultar de les combinacions d'aquestes tècniques agrícoles probablement utilitzades pels primers agricultors.

Mesures Preliminars del Coeficient de Selecció

Les nostres mesures de camp es varen limitar a les pressions de selecció generades per diversos mètodes de sega perquè a) aquest és el factor principal que determina la pressió selectiva en tots els sistemes, b) pot produir una proporció àmplia de valors de selecció i c) aquests valors són fàcilment mesurables de manera experimental. Vam aplicar els experiments de sega a l'espelta petita silvestre que era disponible en denses àrees de Turquia. Però els nostres resultats són igualment vàlids tant per a la pisana com per a l'ordi, per tal com els tipus espontanis de tots tres tenen adaptacions silvestres paral·leles i sistemes molt similars de pol·linització, «síndrome de domesticació», i antiguitat (ZOHARY, com. personal).

L'any 1974 es varen emprendre uns experiments de sega en àrees denses d'espelta petita silvestre semimadura que creixia en hàbitats primitius a les Muntanyes de Manzur (prop de Çemisgezdek), a l'est de Turquia, i a Karadag (prop de Karaman), al centre de Turquia. En cada regió, es dividiren quatre àrees de camps silvestres en sèries de 1m², i s'aplicaven les diferents tècniques de conreu. En cada quadrat es comptaven el nombre d'espiguetes recollides i el nombre de perdudes en el sòl. El nombre segat amb cada un dels mètodes en els quadrats fou expressat com a decimal del nombre total d'espiguetes de raquis fràgil en els mateixos quadrats. Això ens donà una mesura de «capacitat» del fenotip de raquis fràgil en cada règim de sega (Taula II). La mesura de capacitat representa la probabilitat que la llavor contribuiria a la pròxima generació perquè estava incorporada a la reserva de la qual s'agafa el gra per al cultiu de l'any següent. Per obtenir una mesura aproximada de la capacitat del fenotip de raquis semirígid fou necessari utilitzar una gluma cultivada de pisana, perquè els fenotips de raquis semirígid són massa rars en àrees silvestres per ser perceptibles. Vam mesurar la capacitat a cada règim de sega, però vàrem usar poques rèpliques.

Un tractament de sega (tractament 1) incloïa picar les espigues dels camps en diverses tandes. La primera fou calculada perquè coincidís amb la desarticulació dels extrems de les espigues primeres, i la

Taula II

Tècniques de sega		% d'espiguetes disponibles segades en cada fenotip		Capacitat relativa de cada fenotip		N. total d'espiguetes de tipus silvestre concaptabilitzades a col. iii
		tipus silvestre	tipus espiga rígida	tipus silvestre	tipus espiga rígida	
1. Picar les espigues - passes repetides	a	84%	ca. 9% (1-10%)	0,84	ca. 0,05	1280
2. Picar les espigues - una sola passada	a	38%	ca. 9% (1-10%)	0,44	ca. 0,05	990
	b	48%				1160
	c	43%				1340
	mitjana	44%				tot. 2330
3. Segar amb falç	a	33%	100%	0,40	1	1050
	b	43%				1520
	c	43%				860
	mitjana	40%				tot. 3430
4. Arrancar d'arrel	a	41%	100%	0,43	1	2300
	b	37%				1240
	c	51%				1310
	mitjana	43%				tot. 4850

Mesuraments preliminars de la capacitat relativa de la fragilitat del raquis de dos fenotips presents en poblacions d'espelta petita de tipus silvestre segons els quatre principals mètodes de sega disponibles per als agricultors primitius. En aquest cas, la «capacitat» de cada fenotip representa la probabilitat de ser segat i contribuir a les següents generacions per mitjà de la llavor extreta de les espiguetes segades.

darrera, amb el punt on quedarien només tres de les espiguetes de sota per madurar en les últimes espigues. Per evitar trepitjar-les, aquest tractament fou aplicat en quadrats aïllats, però els primers agricultors no es podien permetre aquest luxe i les trepitjades podrien haver produït pèrdues que no estan reflectides en el nostres resultats per al tractament de «tandes repetides».

No es va intentar mesurar la capacitat en plantes totalment immadures en les quals la desarticulació no s'havia iniciat. La sega exploratòria havia suggerit que el fracàs en la desarticulació d'espigues immadures de raquis fràgil impedia cap tria positiva per al fenotip de raquis rígid. Per això, cap forma de sega de cultius *totalment* immadurs no ens podia portar a la domesticació.

Els resultats de les mesures preliminars de la capacitat relativa apareixen a la taula II. El tret més notable dels resultats és que els fenotips de raquis fràgil mostren promitjos idèntics de capacitat en els tractaments 2, 3 i 4 (40, 43 i 44%, respectivament). L'excepció està en la tècnica de picar les espigues en tandes repetides, que té una capacitat molt alta (80%). Per contra, les plantes madures de raquis semirígid mostren una alta capacitat (que tendeix al 100%) quan són segades amb falçs o arrencades d'ar-

rel, però en canvi, una baixa aptitud quan es recullen picant (el coeficient de selecció per a cada tipus sota els diversos mètodes de sega pot ser calculat com a 1-capacitat). Una capacitat pròxima al 40% per a les plantes de raquis fràgil en tres dels tractaments s'acorda amb l'estimació de Harlan (1990) per a les proporcions de recuperació quan es seguen herbes silvestres. Tanmateix, es poden esperar valors molt diversos amb graus diferents de variació de maduresa. Els valors extrems de capacitat per a les plantes de raquis semirígid eren també els esperats i una mesura més rigorosa hauria produït probablement el mateix «tot o cap» resultat.

No hi va haver mai la intenció que aquests resultats preliminars fossin utilitzats de manera estadística: els experiments estaven mal concebuts (estadísticament) i s'utilitzava una falç de metall (en lloc d'una de sílex). Els experiments foren repetits, doncs, fent servir poblacions sembrades en condicions controlades amb tractaments escollits a l'atzar adequadament, i amb més rèpliques.

L'espelta petita silvestre de raquis fràgil (recollida a les muntanyes de Manzur N° Col GCH 3773) fou sembrada a l'hivern amb una quantitat controlada de tipus domèstic (± 200 espiguetes per m²) en un camp a Cleppa Park Research Station, College de Cardiff (Gran Bretanya). Va germinar bé i va produir dues o tres tiges fèrtils per planta. Vam utilitzar falçs de fulles de sílex de tres tipus: un de tipus Fayum (el més eficient), un de tipus Natufià, i una única peça de falç del Neolític Britànic. L'experiment del primer any va fracassar per una sequera de primavera seguida d'un estiu extremadament humit. El cultiu va créixer, però les condicions d'humitat a la sega varen impedir que les espigues es desarticulessin en cap de les tècniques de sega, fins i tot en el tractament de «picar les espigues» (Fig. 7).

L'any següent, un cultiu idèntic fou sembrat en un hivernacle, però vàrem sembrar massa tard, i encara que el tipus domèstic va tenir espigues, el silvestre només va formar grups d'herbes sense espigues. (Les espigues s'haurien desenvolupat probablement a partir del segon any de creixement).

No obstant això, aquests experiments han generat dues observacions d'interès. En primer lloc, en un estiu humit les espigues de raquis fràgil no es desarticulen un cop madures. De manera similar, Sharma i Waines (1980) i Willcox (1990) varen trobar que fins i tot la rosada podia evitar la desarticulació, i Kuc-kuck (1964) va notar que les condicions d'humitat de l'Iran transformaven els cultius d'espelta de raquis semirígid en els de totalment rígid. En segon lloc, la durada del dia en la primavera requereix activar la formació de l'embrió de l'espiga i en la nostra espelta petita silvestre era més curt que en el nostre genotip particular d'espelta petita domèstica. Llevat de les necessitats de vernalització de llavors, la sembra d'a-

quest cereal domesticat podria ser retardada a un moment avançat de la primavera amb no més efectes que la reducció habitual de rendiment (WILLCOX, 1990, dona algunes figures de reducció de rendiment obtingudes de sembres tardanes en cereals domesticats primitius), però en el nostre tipus silvestre fou desastrós. Aquests resultats minen els arguments que els primers conreus de blat eren sembrats a l'estiu (SHERRATT, 1980).

Simulació computable de proporcions de domesticació

El propòsit d'enregistrar la capacitat és el de proporcionar mesures per a un model computable que hauria simulat l'increment en freqüència del fenotip de raquis semirígid (domèstic) en cultius de raquis fràgil (silvestre) de sistemes d'agricultura primitius. Tanmateix, aquesta simulació també requereix estimacions de la freqüència d'autopollinització o pollinització creuada i la freqüència de l'allel de raquis semirígid en la població de conreu als inicis de l'agricultura.

Mètodes agrícoles. Els mètodes agrícoles utilitzats foren els que assumiren la capacitat de selecció de fenotips de raquis semirígid en un cultiu d'espelta petita de raquis fràgil: segant en estat parcialment madur amb falç o arrencant d'arrel (combinat, si calia, amb la sembra en terrenys verges amb llavors dels nou(s) camp(s) de l'any anterior). Si s'han utilitzat altres mètodes (com recollir picant), assumim que la collita s'hauria mantingut amb el raquis fràgil indefinidament.

Nivells de capacitat. Vàrem utilitzar els nivells de capacitat observats en la sega amb falç i arrencant d'arrel en els camps d'experimentació turcs: 40-45% de tipus silvestre i 100% de tipus domesticat. Però, a causa que les mesures de capacitat de tipus silvestre són preliminars i poden tenir variacions en l'aptitud del recollector i en la maduresa del cultiu, hem afegit una escala (45-95%) de molts més valors moderats que produeixen baixes variacions de domesticació i corresponen a l'efecte de recollir el cultiu quan és molt menys madur.

Freqüència d'endogàmia en l'espelta petita. Hem testificat els efectes classificats d'una pollinització creuada a una d'endogàmica (autopollinització). De totes maneres, Zohary (com. personal, 1981 i 1988) constata que la proporció de pollinització creuada en blats silvestres és probablement de <1%, i que hem de considerar *Triticum dicoccoides*, *T. boeoticum* i *Hordeum spontaneum* com a plantes predominantment autopollíniques. En totes tres la suma de creuament polínic podria variar entre el 0'5% i el 5%. Willcox (1990) cita una excepció (10-15% de pollinització creuada en condicions càlides del nord d'Àfrica), però l'oscil·lació de valors en el nostre mo-

del (0-90% de pollinització per creuament) acomoda totes les possibilitats i algun canvi major en la conducta genètica d'aquests cereals durant els 11 mil·lennis anteriors.

Freqüència de l'allel i proporció de la mutació. En poblacions silvestres, en hàbitats primaris, els allels recessius de raquis semirígid són letals quan són homozigots i per això només passa en heterozigots. En una planta endògama com l'espelta petita, aquests heterozigots hi seran a una freqüència nominal només moments abans de les proporcions de mutació. En llavor recollida en àrees silvestres per sembrar els primers cultius de blat de tipus silvestre, els fenotips de raquis semirígid seran generalment apartats si les espiguetes són segades picant les espigues; per això, aquesta baixa freqüència d'allel de raquis semirígid continuarà probablement en els primers cultius. Per a la simulació ens equivocarem (per precaució) i vàrem utilitzar una proporció de mutació de raquis fràgil a l'allel de raquis semirígid de 10^{-6} per locus per generació. Fins i tot en aquesta baixa proporció de mutació, l'àrea total de cultius fundadors sembrats pels primers agricultors del Pròxim Orient fa inevitable que el mutant de raquis semirígid hauria estat present en almenys alguns camps dels inicis i aviat va emergir en la majoria dels altres.

Els resultats

La fig. 8 mostra els models de creixement en el fenotip de raquis semirígid en una variació d'intensitats selectives amb endogàmia al 100%. Amb un coeficient de selecció de 0.6 enfront del tipus silvestre (capacitat=0.4 o 40%) mesurat en les experimentacions de camp, la domesticació tenia lloc en unes 20 generacions (20 anys), si el cultiu és sembrat anualment. Fins i tot amb un coeficient de selecció tan baix com de 0,1 enfront del tipus silvestre (capacitat=0.9 o 90%), la domesticació és pràcticament completa en 200 generacions. Els baixos coeficients de selecció s'assemblen probablement als generats per la sega d'una collita no tan madura i potser són més realistes.

A la fig. 9, la intensitat selectiva és constant a 0.6, però la freqüència d'endogàmia es distribueix des d'un 100% a un improbable 10%. En una freqüència d'endogàmia del 99% (estimació de Zohary), la fixació té lloc dintre dels 20 anys; amb només un 70% d'endogàmia, passa entre els 30 anys; fins i tot amb el 10% d'endogàmia (equivalent a un fort agent exògam), la fixació encara s'esdevé entre els 200 anys. Però amb una exogàmia total, el fenotip domèstic és encara molt rar fins i tot en el límit dels 8.000 anys del programa de simulació, cosa que explicaria l'aparició suposadament tardana en el registre arqueològic de la forma domèstica d'exògams com el sègol, encara que el sègol podia haver aparegut abans de ser

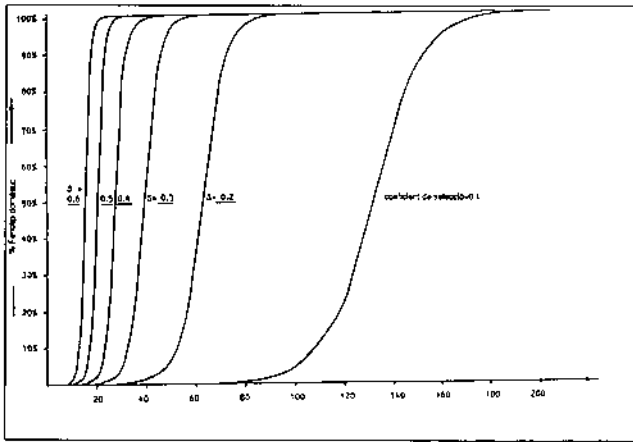


Fig. 8. Abundància relativa de fenotips domèstics de raquis semirígid en poblacions d'espelta petita silvestre de raquis fràgil segons una distribució d'intensitats selectives però amb una constant d'endogàmia del 100%, i amb la freqüència inicial de l'allel de raquis semirígid agafant una constant de 10^{-6} . La primera corba (csquerra) és la que està més a prop dels coeficients de selecció mesurats en els nostres experiments de camp (Taula I). Amb una sembra anual, 1 planta per generació = 1 any).

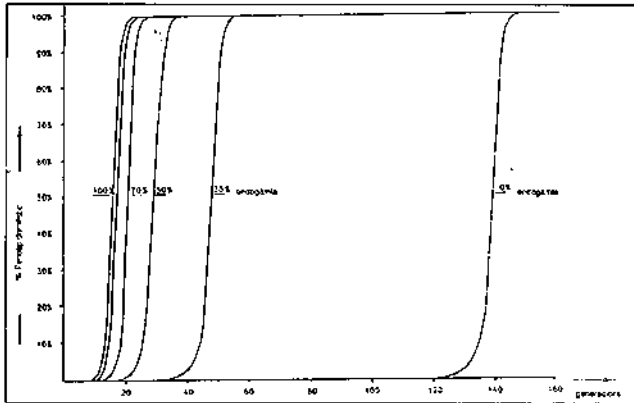


Fig. 9. Abundància relativa dels fenotips de raquis semirígid (domèstic) en poblacions d'espelta petita silvestre de raquis fràgil amb una cadena de nivells d'endogàmia, però sota una constant intensitat selectiva del 0.6 (que era el valor mesurat en experiments de camp preliminaris). La proporció d'endogàmia en blat silvestre suggerida per Daniel Zohary (comun. per. 1980) era possiblement més gran del 99%, és a dir, pròxima a la primera corba. (Amb sembra anual, una generació per planta = 1 any).

adoptat (HILLMAN, 1978; HILLMAN i McLAREN, en premsa; MOORE et alii, en premsa).

La taula III documenta el nombre de generacions necessàries per aconseguir que el fenotip domèstic es trobi en el 99% del cultiu, amb la distribució total de valors per a tots dos coeficients de selecció i la freqüència d'endogàmia. Les figures de més rellevança per a l'espelta petita silvestre poden ser les del fons dret, que es basen en el coeficient de selecció registrat en els nostres camps experimentals ($S = 0.6$) i l'estimació de Zohary de freqüència d'endogàmia (>99%). Tanmateix, les proporcions de domesticació generades pels coeficients més baixos de selecció (0.1-0.3)

Taula III

% ENDOGÀMIA	COEFICIENT DE SELECCIÓ PEL FENOTIP DE RAQUIS FRÀGIL						
	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0	*	*	*	*	*	*	*
10	4090	1940	860	510	330	220	150
20	2130	1010	450	270	170	120	77
30	1440	680	310	180	120	78	53
40	1070	510	230	140	87	60	42
50	840	380	180	100	71	49	34
60	690	330	150	89	59	42	30
70	580	280	130	76	51	37	27
80	490	240	110	67	45	33	24
90	420	210	95	59	41	30	23
100	360	180	84	53	37	28	21

Nombre de generacions necessàries perquè el fenotip de raquis semirígid aconseguixi una freqüència del 99% a diferents nivells de selecció en relació al fenotip de tipus silvestre i a diversos nivells d'endogàmia. La freqüència inicial de l'allel de raquis semirígid ha estat estimat al 10^{-6} , i l'allel només es presenta en heterozigots a la generació 0. (En els casos marcats «*» no es produïren homozigots de raquis semirígid ni tan sols després de 8.000 generacions.

poden ser una mica més realistes, perquè corresponen a la sega quan el cultiu és molt menys madur, com ho constata Willcox (com. personal, 1990) pel volum de sega d'espelta petita silvestre.

Per tant, els resultats de la simulació suggereixen que la domesticació podia haver-se aconseguit entre 20-30 anys si el camp era segat quasi-madur pel mètode de segar amb falç o arrencar d'arrel, i si es sembrava cada any en una terra verge utilitzant llavor dels nous camps dels anys anteriors. Els períodes més curts concorden amb les ràpides proporcions de domesticació proposades per Zohary (1969, 1984, 1990) i Ladizinsky (1987), encara que hauríem de demostrar que alguns períodes més llargs podrien ser més probables, especialment si els efectes de segar en verd eren combinats amb els resultats de tornar a sembrar repetidament els mateixos camps. Fins i tot així, la possible domesticació de blats i ordis silvestres en dos segles fa que sigui un esdeveniment tan curt que té poques possibilitats de ser identificat, (com un procés clinal), en restes de plantes recuperades en jaciments arqueològics.

Limitacions del model computable

El model és determinista i dona poca importància als processos fortuïts. L'objectiu és donar una idea general de l'escala de temps per al procés de domesticació, i per això hem utilitzat algunes simplificacions en la selecció de valors per algunes de les variables.

En primer lloc, la simulació assumeix que l'estat de raquis semirígid en espelta petita està determinada per un únic allele. No obstant això, Sharma i Wai-

nes (1980) mostraren que dos loci estan inclosos en *ssp.monococcum*, i la proporció 15:1 de segregació que varen trobar en el progeni F_2 de creuaments entre *ssp. boeoticum* i *ssp.monococcum* indiquen que els dos gens no estaven units. La probabilitat de fixar els dos allels en forma d'homozigots en les primeres generacions és molt inferior que per a un únic locus, però una vegada present i amb un alt grau d'autopollinització, el genotip mostraria un ràpid increment en freqüència, similar al gen individual homozigot. De totes maneres, els efectes d'exogàmia en el retard de la relació d'increment de l'homozigot serien notablement més pronunciats que per al model d'un únic gen. Això vol dir que fins i tot en homozigots recessius de plantes de només un locus, el raquis era prou rígid per conservar les espigues intactes quan es deixaven en el camp durant 1 mes en un clima sec i calent. Per tant, l'homozigositat en només un locus hauria estat suficient per a la domesticació; probablement això també passaria si hi hagués més loci involucrats, tal com Miller (com. personal, 1988) ha suggerit per a l'espelta petita moderna.

En segon lloc, el model no té en compte els possibles efectes d'introgessió dels allels de tipus espontani d'àrees properes silvestres. La introgessió resultant podria haver retardat la proporció de domesticació, però amb l'alt grau d'autopollinització en blats i ordís, és probable que hagués estat només modesta durant el curt període del procés de domesticació. Harlan (1965) i Ladizinsky (1985) suggereixen que la introgessió de fases silvestres en els cereals domèstics (o incipientment domèstics) servint d'origens pistillats fou probablement insignificant en qualsevol etapa.

En tercer lloc, no vam intentar mesurar l'efecte de la sega en diferents etapes de maduresa. En vista dels avantatges de segar les collites silvestres significativament immadures, és possible que els coeficients baixos de selecció siguin els més realistes i que la domesticació requerís entre 30 i 200 anys (Fig. 8).

En quart lloc, vàrem negligir la (remota) possibilitat que, semblant una terra verge, els agricultors podien haver incorporat en les llavors algunes espiguetes de tipus silvestre recollides de terra dels antics camps en els quals les espigues amb raquis fràgil s'havien desarticulat durant la sega (això podria haver retardat la domesticació). El model assumeix que els antics agricultors haurien reconegut el valor de deixar les espiguetes despreses per a l'autoreproducció en camps antics, i no haurien perdut el temps recollint-les per sembrar en un altre lloc. En efecte, els experiments de Willcox (1990) indiquen que les espiguetes de tipus silvestre germinen més bé quan es deixen per a l'autoimplantació que quan són enterades artificialment.

En cinquè lloc, no hem tingut en compte els efectes de modificar gens en l'expressió de gens que deter-

minen la rigidesa de raquis. Un treball recent de reproducció de cereal de Wilkes (com. personal, 1986) suggereix que modificar gens podria haver retardat la total fixació del fenotip de raquis semirígid, i que els 30 o més anys per aconseguir la domesticació amb respecte als gens principals representa només un final de l'extensió del període de temps necessari per a la fixació total de gens modificants i per a l'assoliment de l'estabilitat de la fragilitat del raquis. La inestabilitat en les etapes finals de fixació del raquis semirígid (o, si més no, el primer episodi d'aquest procés) podia, segons ell, produir fluctuacions a l'extrem final de la corba sigmoide (Fig. 10). Les fluctuacions d'aquesta mena podien comptar possiblement amb les barrejades de formes «primitiu» i «avançat» localitzades en conreus essencialment domesticats durant un mil·lenni o més —en el Neolític Prececeràmic recent— com a Can Hassan III (Turquia; HILLMAN, 1990), encara que també són possibles altres interpretacions. Tanmateix, això no hauria alterat la rapidesa amb la qual la domesticació va aconseguir l'estat quasi complet just a poca distància de la fixació total.

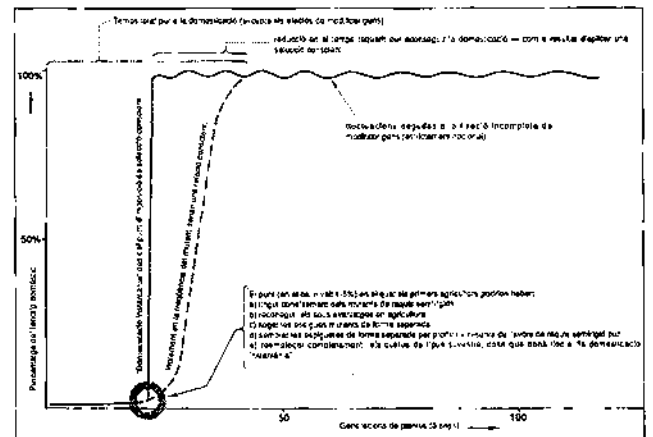


Fig. 10. Representació nomenclativa de l'efecte d'introduir selecció conscient de plantes de raquis semirígid quan la seva freqüència ha aconseguit l'1-5% aproximadament (compareu les figures 8 i 9).

Efectes de selecció conscient imposats a mig camí del procés de domesticació

Quan els fenotips de raquis semirígid van ser perceptibles en els cultius de tipus silvestre (1-5%), els agricultors podien haver accelerat conscientment el procés segant-los de manera separada, sembrant les espiguetes més o menys pures en un terreny separat i multiplicant la reserva de llavors fins que en tenien prou per sembrar tots els altres camps. Després, el cultiu hauria arribat a ser totalment domesticat, llevat de fluctuacions menors degudes a canvis en gens modificants. Si una espigueta era lleugerament sembrada, produiria plantes amb unes 40 espiguetes, aleshores el període de multiplicació podria haver estat només de 3 o 4 anys (Fig. 10). Tanmateix, les

figures 8 i 9 mostren que, fins i tot amb el procés més ràpid de domesticació, el temps necessari per aconseguir el nivell d'un 1% és almenys de 10 generacions.

Proves del model en experimentacions de camp a llarg termini

En teoria, el model computable pot ser experimentat durant 20-30 anys cultivant espelta petita silvestre (o pisana o ordi) a partir de la combinació proposada de sistemes agrícoles, (com es fa a Jalés, Ardecha, programa de *Cultures Préhistoriques Expérimentales*, ANDERSON-GERFAUD, 1988, 1990; ANDERSON GERFAUD et alii, 1990; WILLCOX, 1990). Si l'increment en freqüència de fenotip domesticat segueix el model esperat, això es podria observar en uns 15 anys. De totes maneres, aquest test demostra que era *factible* que la domesticació inconscient d'espelta petita (i probablement pisana i ordi) hagués succeït de manera ràpida, no que el que passa actualment passi des de fa 11 mil·lennis.

Per què alguns dels agricultors primitius haurien utilitzat aquestes formes d'agricultura?

Hi havia bones raons per als primers cultivadors de blat i ordi per aplicar tots els mètodes que més probablement portarien a la domesticació, fins i tot quan aquests requerien canvis anuals cap a terres verges fent servir reserves de llavor recollides exclusivament en terres noves de l'any anterior.

Per què segar amb falç les collites de cereal parcialment madures o arrencant d'arrel?

(a) Picar les espigues és el mètode més convenient per segar cereals silvestres i era el mètode preferit per la majoria de caçadors-recol·lectors per a les llavors d'herbes silvestres. De totes maneres, aquest mètode només és eficaç en termes de quantitat segada *per unitat de temps*. En termes de quantitat segada *per unitat d'àrea*, picar l'espelta petita semimadura (en una sola passada) no és millor que arrencar d'arrel i segar amb falç (Taula I) perquè: (I) Obtenir resultats òptims (per unitat d'àrea) picant les espigues requereix múltiples passades, i el cultiu ja estaria trepitjat abans de les darreres (caçadors-recol·lectors en camps silvestres de gran extensió es podien permetre recollir-les de manera incompleta d'una sola passada). (II) L'única manera de reduir el nombre de passades és retardar la sega fins que el cultiu comença a caure per terra, encara que Willcox (1990) troba que la sega a destemps (2 dies) pot portar a pèrdues massives d'espiguetes despreses abans de la recollida. En terrenys cultivats, aquestes pèrdues extres suposen cultivar terres extres per obtenir els mateixos beneficis

nets, la qual cosa és molt cara. (III) Els agricultors no poden limitar les espiguetes despreses picant la collita quan encara és mig verda, ja que aquesta tècnica només funciona si les espigues s'estan desarticulant. Encara que segar picant les espigues dona el rendiment més alt per *unitat de temps de sega*, per als cultivadors, la pressió per maximitzar el rendiment per *unitat d'àrea* és probable que hagués afavorit la sega de cultius relativament immadurs arrencant d'arrel o amb falç.

Els mètodes utilitzats per les primeres generacions (pre-agrícoles) per a la difusió de recursos farratgers, varen haver de ser alterats per maximitzar els resultats d'energia per unitat d'àrea de terra cultivada, en comptes de maximitzar els resultats per unitat de temps després en sega i desplaçament. Una manera òbvia de satisfer aquest requeriment fou reemplaçar picar les espigues per la sega amb falç o arrencar d'arrel.

(b) Segar amb falç o arrencar d'arrel són també les úniques tècniques d'obtenir palla, essencial per encendre focs domèstics, coure rajols de fang o de to vot, cremar la collita, i potser, el farratge. Si la sedentarització al Sud-oest d'Àsia va precedir l'agricultura a gran escala (HARRIS, 1977; HILLMAN, 1987; HILLMAN et alii, 1989), les facilitats d'emmagatzematge haurien estat necessàries abans que comencés el cultiu de cereal. La presència d'edificis d'emmagatzematge construïts en terra cuita amb palla es coneguda a Ganj Dareh Tepe, al sud de Zagros (SMITH, 1970; VAN ZEIST et alii, 1984; STORDEUR i ANDERSON-GERFAUD, 1985; ANDERSON-GERFAUD, 1986, 1988).

La palla també podria haver estat recollida per cremar les garbes de la collita, que és una manera efectiva de treure molt boll i assecar les espiguetes per espel·lofar i moldre (HILLMAN, 1984), encara que això sacrifica el gra i no s'utilitzaria per a la llavor recollida per sembrar l'any següent.

Els primers agricultors també podien haver utilitzat palla com a farratge per als animals domèstics (LEGGE i ROWLEY-CONWY, dins MOORE et alii, 1990). Les hipòtesis de Bohrer (1972) sobre grups pre-agrícoles que cultivaven farratge per acorrallar animals salvatges sembla improbable.

(c) Alternativament, unes quantes dècades d'estius humits podien haver forçat els primers agricultors a segar arrencant d'arrel o amb falç, encara que fins llavors haguessin utilitzat la tècnica de picar les espiguetes. Les experimentacions a Cardiff revelaren que, en estius humits, el raquis fràgil d'espelta petita acaba desarticulant-se i la tècnica de picar no és efectiva. La domesticació no podia ocórrer fins que en el cultiu manqués la desarticulació, de manera que uns quants estius humits podien haver fixat la tradició necessària d'arrencar d'arrel o segar amb falç. Però sembla improbable que hi hagués hagut una o més dècades d'estius humits al Sud-oest d'Àsia durant el Pleistocè final (BYRNE, 1987).

Per què estendre anualment el cultiu de cereal cap a terra verge?

Atès que tots els camps antics haurien estat convenientment autosembrats per cultius de tipus silvestre, els camps antics només haurien estat abandonats davant d'un declivi del rendiment. El rendiment es podia reduir a causa de l'exhauriment de fosfats en els sòls calcaris (BUNTING, com. personal 1987), o d'un desenvolupament de males herbes.

Les extensions anuals en l'àrea cultivada podien produir-se fins i tot sense abandonar la terra antiga. Això podia ser un resultat del pes de l'expansió de poblacions. Les seves característiques estan descrites en diversos models per als inicis de l'agricultura en el Sud-oest d'Àsia (BAR-YOSEF i KISLEV, 1989; BINFORD, 1968; COHEN, 1977; FLANNERY, 1969; HARRIS, 1977; HASSAN, 1981; HILLMAN, 1987; MOORE, 1985, 1989; SMITH i YOUNG, 1983). L'agricultura més antiga, per tant, podria haver estat regularment estesa cap a un terreny verge.

Per què recollir reserves de llavor exclusivament dels nous camps de la temporada anterior?

Aquesta estratègia podia haver estat adoptada per reduir la contaminació de males herbes. En l'estepa del sud-oest asiàtic, la concentració de la majoria de males herbes (incloent-hi les espècies de llavors tòxiques) es va incrementar ràpidament durant els primers anys de conreu en terra verge (HILLMAN et alii, 1989). Per això, la presència d'aquest tipus de llavors hauria estat menys comuna en collites de terrenys nous si s'agafaven totes les reserves de llavor d'aquests camps.

La domesticació en el registre arqueològic

L'evidència actual suggereix que el procés de domesticació va requerir només 20-200 anys, potser amb un retard curt degut a l'absència de mutants en alguns dels primers cultius, i un retard addicional si els cultius foren repetidament resembrats en els mateixos terrenys (assumint que això no hauria evitat la domesticació total). Podem esperar identificar situacions d'aquesta transcendència com «conreu de pre-domesticació» i «conreu de no-domesticació» en el registre arqueològic?

Conreu de Pre-Domesticació

Definició. El conreu de pre-domesticació és el cultiu de plantes de tipus silvestre des del temps d'adopció de mètodes que podrien induir la domesticació a l'eventual fixació de mutants de tipus domèstic. Per conveniència, això inclou el breu període d'introduc-

ció quan, en poblacions de cultius molt petits, els mutants domèstics estaven absents provisionalment (Fig. 11).

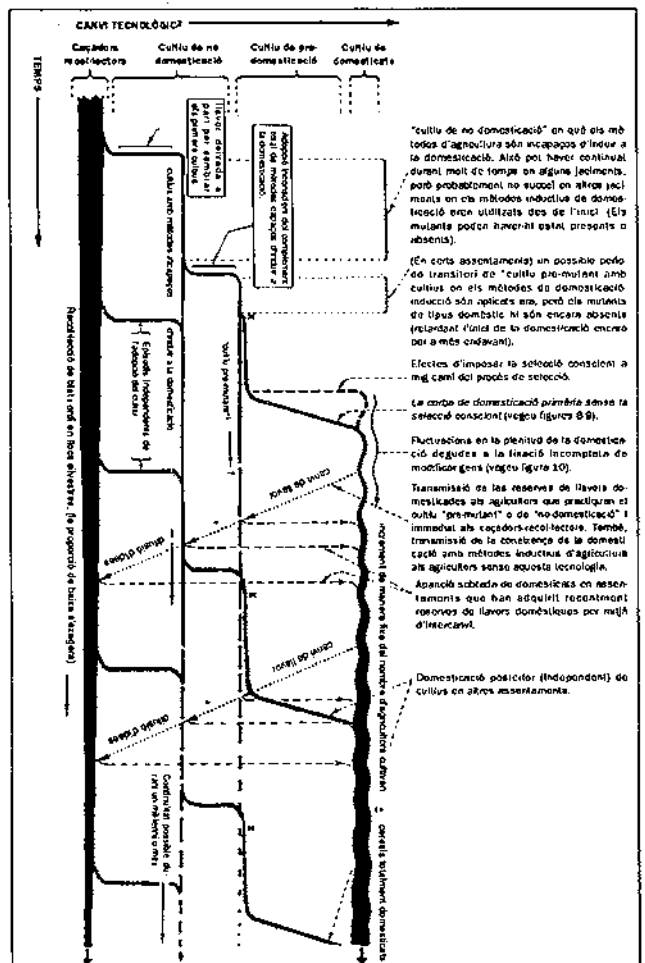


Fig. 11. Resum diagramàtic dels principals esdeveniments relacionats amb la domesticació de blat i ordi. Les corbes puntejades representen episodis posteriors (independents) de l'adopció de cultiu i la inducció eventual (inconscient) de domesticació «x» marca els punts inicials aproximats de cada episodi independent de domesticació. La figura assumeix, implícitament, que la domesticació de cada un dels blats i ordis succeí (independentment) en un nombre de diferents assentaments agrícoles primitius. De totes maneres, s'està encara debatent si realment fou aquesta la situació.

1. «Cultiu pre-mutant» podia haver persistit durant algun temps en assentaments isolats amb cultiu a petita escala.
2. «Canvi tecnològic» no s'assumia com a sinònim d'avançament tecnològic, i encara menys amb l'avançament cultural o «progrés»: la tecnologia i la societat dels caçadors-recol·lectors fou extremadament complicada i la seva comprensió ecològica fou generalment més sofisticada que la de les societats agràries o industrials.

Els estudis dels jaciments del Mesolític final i del Neolític antic al Sud-oest d'Àsia han confiat durant molt de temps en un registre arqueològic de la domesticació *in situ*. La nostra simulació suggereix que és improbable que fos realitzada així (fora que l'efecte de resembrar repetidament el mateix camp desac-

celerés la domesticació molt més del que suposem). Al Pròxim Orient, actualment hi ha escasses restes de cereals silvestres i dels primers domesticats en jaciments del Mesolític final i del Neolític antic. Fins i tot a Abu Hureyra, representen un breu moment (restes de menjar carbonitzades d'un fogar) de 20 anys en 25m² (MOORE et alii, 1990; MIKSICEK, 1987). El cultiu de pre-domesticació s'ha de veure, per ara, com a arqueològicament invisible, *com un procés clinal*.

D'altra banda, una mostra ocasional de restes d'un cultiu en un autèntic procés de domesticació (caracteritzat per una barreja de fragments de raquis de tipus silvestre i domèstic, i representant just un punt de la corba de domesticació), podria haver estat descoberta per casualitat. Així ho semblaria el conjunt documentat en el PPNA de Netiv Hagdud a la Vall del Jordà, (KISLEV et alii, 1986). De totes maneres, en aquests casos, sempre és complicat descartar la possibilitat que la barreja fos merament el producte d'una 1) introgressió a llarg termini, 2) de l'invasió del cultiu per tipus silvestres adaptats segetalment o 3) de cultius de poblacions totalment silvestres en les quals les restes relativament resistents de segments de raquis no-fràgil (superficialment de tipus domèstic), típics de les parts basals de les espigues silvestres, són sobrerrepresentades. En efecte, seguint les experimentacions amb espigues verdes d'ordi silvestre que, quan es trenquen, produeixen un 10% de fractures de raquis de tipus domèstic, Kislev (1989, 1990) suggereix encara que els ordis de Netiv Hagdud eren tots de tipus silvestre. La precaució en la interpretació d'aquests conjunts també és recomanada per troballes de les suposades «formes transitòries» de cereal reivindicades pels primers investigadors dels jaciments Neolítics de Jarmo i Beidha que actualment sabem que són relativament més tardanes (HELBAEK, 1966a, b).

En jaciments que la població pre-agrícola va continuar ocupant després de començar a cultivar cereals, podem trobar un conjunt d'ocupacions amb plantes alimentàries totalment silvestres («silvestre» en termes de morfologia de plantes i en maneres de procurar-les) i ocupacions sobreposades amb restes de cultius totalment domesticats (raquis semirígid). D'aquestes restes no podem dir si el canvi representa la domesticació en-el-mateix-lloc o la importació de reserves de llavor domèstica d'algun altre lloc.

Conreu de no-domesticació

Definició. El conreu de no-domesticació és el cultiu de plantes que contenen mutants per mètodes que no poden induir a la domesticació. Generalment va precedir el cultiu de pre-domesticació i el subsegüent cultiu de domesticació, però devia persistir en alguns llocs molt temps després que la domesticació s'hagués produït en un altre lloc.

Alguns dels primers assentaments agrícoles foren probablement del segon tipus, perquè la sega picant les espiguetes no pot induir a la domesticació. Aquests assentaments podrien haver continuat cultivant cereals de tipus silvestre fins a adoptar un altre mètode alternatiu d'agricultura que hauria portat a la domesticació o a obtenir reserves de llavor domèstica d'algun altre lloc. Com més aïllat era l'assentament, més llarg era el període de conreu de no-domesticació, encara que la tradició cultural també pot haver jugat un paper crucial.

En aquests jaciments, totes les restes de raquis seran de tipus silvestre, cultivats o no, i no podem dir, de les restes de raquis si el jaciment fou ocupat per agricultors o per caçadors-recol·lectors que cultivaven cereals silvestres. Si els nivells més alts del jaciment contenen llavors domesticades, no podem saber si els ocupants varen adoptar eventualment mètodes d'agricultura que induïren a la domesticació *in situ*, si varen obtenir reserves de llavor domèstica d'algun altre lloc, o bé si els habitants originals foren reemplaçats per cultivadors de llavors domesticades procedents d'una altra zona (Taula IV).

Un exemple arqueològic: Abu Hureyra, Síria

Les ocupacions del Mesolític final contenien restes carbonitzades d'espelta petita de tipus silvestre (*T. monococcum*, subsp. *boeoticum* o *T. urartu*), mentre els estrats superiors de les ocupacions Neolítiques donaren restes carbonitzades del seu descendent domèstic (*T. monococcum* subsp. *monococcum*). L'estudi d'aquestes restes ha estat reinterpretat substancialment quan la simulació present va demostrar que la nostra escala de temps utilitzada per a la domesticació era massa llarga. Van quedar dues possibilitats: que l'espelta petita de tipus silvestre fos recollectada d'estatges silvestres o que estigués sota cultiu d'una classe que no induiria mai a la domesticació (cultiu de no-domesticació). L'assumpte va ser resolt finalment (HILLMAN et alii, 1989a) utilitzant les restes associades d'altres plantes, que suggerien que els cereals de tipus silvestre eren recollectats dels estatges silvestres.

criteris alternatius per reconèixer el cultiu abans de la domesticació

Les restes de raquis no contenen trets per distingir entre cereals espontanis recollectats en estatges silvestres i cereals de tipus silvestre sota conreus de pre-o de no-domesticació.

Caràcters micromorfològics en restes de possibles cultigens

Mentre les característiques macromorfològiques (raquis semirígid i increment de la dimensió del gra)

Taula IV

Restes arqueològiques d'ús potencial distingint a. predadors d'agricultors, b. conreu de no-domesticació de conreu de domesticats

jaciment (a fase) tipus d'economia	origen de les llavors de cereal	mètodes de sement de cereal: les principals alternatives	tipus de raquis de cereal que poden ser trobats col.4	evidència arqueològica		classificació aplicada en el text
				tipus de traces atribuïbles a cereals col.5	altres tipus de traces de plantes en els mateixos grups d'etnes	
A PRE- O NO- ECONOMIES AGRÍCOLES (CAÇADORS-RE- COLLECTORS (durant les es- lacions de re- col·lecció i con- sumició d'us- petita)	d'àrees silvestres	1. segar picant les espigues o arrencant d'arrel	tipus silvestre (totalment fràgil) 1	cereal sense traces /lluïssor	i. traces de tallar tiges aèries de canyís o jonques; 3 ii. traces de tallar rizomes aquàtics comes-tibles+marques (?) de sorra en la crosta de fang	recollida de cereal (p.e. utilització de cereals silvestres pre- o no-agrícoles)
		2. segar tallant (segar)	a. cereals totalment immadurs tipus silvestre (totalment fràgil) 1 b. cereals semi-madurs tipus silvestre (totalment fràgil) 1	tipus de traces /lluïssor generades per tallar cereals verds amb potser, marques ocasionals de pols. Aquestes traces poden ser confoses amb les de tallar herbàcies en verd (ex. per jac) 3 tipus de traces /lluïssor barrejades de verd i = madur (a causa de la desigual maduresa del conreu) amb potser, marques ocasionals de pols (vegeu més amunt) 3,4	
B ECONOMIES AGRÍCOLES (incloent-hi conreu de cereals)	d'àrees de camps cereals en què mutans de tipus domèstic estan absents, i/o la domesticació està impedida per l'absència de canvis de cultiu (en els casos rar on era necessari)	1. segar picant les espigues (automàticament «conreu de no-domesticació»)	tipus silvestre (totalment fràgil) 1	cereal sense traces /lluïssor present	i. traces de tallar tiges de canyís o de jonca; 3. ii. absència de traces + marques de pols (?) de tallar rizomes aquàtics comes-tibles	conreu de pre-mutació 3 i/o «conreu de no-domesticació»
		2. segar arrencant d'arrel	a. cereals verds (completament immadurs) tipus silvestre (totalment fràgil) 1 b. cereals parcialment o semi-madurs tipus silvestre (totalment fràgil) 1	cereal sense traces /lluïssor present cereal sense traces /lluïssor present	
		3. segar tallant	a. cereals verds (completament immadurs) tipus silvestre (totalment fràgil) 1 b. cereals parcialment o semi-madurs tipus silvestre (totalment fràgil) 1	tipus de traces /lluïssor generades per picar cereals verds (o altres herbàcies), sovint amb abundants marques de pols 3 tipus de traces /lluïssor barrejades de verd i = madur (desigual maduresa del conreu) amb abundants marques de pols 3, 4	
	de conreus en què mutans de tipus domèstic eren presents i, si el canvi de cultiu era necessari per a la domesticació, aleshores això era practicat degudament	1. segar picant les espigues	tipus silvestre (totalment fràgil) 1	cereal sense traces /lluïssor present	conreu de no-domesticació
		2. segar arrencant d'arrel	a. cereals verds (completament immadurs) tipus silvestre (totalment fràgil) 1 b. cereals parcialment o semi-madurs tipus domèstic 2	cereal sense traces /lluïssor present cereal sense traces /lluïssor present	conreu de domesticats
		3. segar tallant (segar)	a. cereals verds (completament immadurs) tipus silvestre (totalment fràgil) 1 b. cereals parcialment o semi-madurs tipus domèstic 2	tipus de traces /lluïssor generades per tallar cereals verds (o altres herbàcies), sovint amb abundants marques de pols 3, 4 tipus de traces /lluïssor barrejades de verd i = madur sovint amb abundants marques de pols 3,4	conreu de no-domesticació conreu de domesticats

La taula indica a l'esquerra alguns sistemes d'agricultura a les fases més primitives del conreu de cereal. De totes maneres, no es separen categories de les restes de conreu que teòricament podien sobreviure en el període de transició de «conreu de pre-domesticació». Comparant les columnes 4 i 5 es poden veure que algunes formes d'agricultura no poden ser discernides de les restes de cereal, però poden aparentment ser identificades des de les anàlisis de traces d'ús.

Notes de la Taula IV:

1. el «raquis totalment fràgil» es refereix a l'estat típic de les espigues de blat i ordi silvestres en les quals a) totes les espiguetes superiors es desarticulen ràpidament, deixant una cicatriu en els nusos del raquis (fig. 3), i b) les poques espiguetes basals de cada espiga es desarticulen posteriorment, deixant senyals desiguals. (Nota: els nusos dels raquis basals robustos tendeixen a ser molt representats en restes de cereal carbonitzat, i això dona la falsa impressió que l'origen de la població havia estat parcialment de raquis semirígid, fins i tot quan en realitat era totalment silvestre). 2. Amb els «tipus domèstics», les restes de raquis de blat vestit silvestre són del tipus de raquis semirígid, mentre que els d'ordi seran generalment del tipus totalment rígid. 3. Informació de Romana Unger-Hamilton i Patricia Anderson (com. pers.). 4. L'abundància de marques de pols pot variar segons el tipus de sòl i altres factors relacionats amb l'ecosistema (UNGER-HAMILTON, com. pers.). 5. En un moment del text, «conreu de pre-mutació» (per conveniència) es subsumeix sota «conreu de pre-domesticació».

només prevalen per formes específiques d'agricultura, els trets fisiològics com la pèrdua de llavor en estat de repòs prevalen de manera selectiva per almenys alguna forma de cultiu que inclou sembrats anuals. De totes maneres, la sembra anual també es podria seleccionar per a característiques histològiques, fisiològicament o cromosòmicament, lligades amb l'absència d'estat de repòs.

La presència o absència de l'estat de repòs en algunes lleguminoses està lligada amb el color de la testa; en d'altres, el color de la testa apunta a les diferències en l'estructura visible en el SEM (BUTLER, 1989). Hi ha, per tant, un possible vincle entre l'estructura de la testa i l'estat de repòs, i una possibilitat que els trets observables-SEM de la histologia de la testa en restes antigues podrien ser utilitzats per determinar quan es va iniciar el cultiu, fins i tot quan la forma d'agricultura era tal que mai no s'hauria pogut seleccionar per a trets més identificables, com ara les tavelles indehiscentes o els raquis rígids (cf. FRITZ (1986) i SMITH (1987) per a testes de *Chenopodium berlandieri* i ISMAIL (1988) sobre polimorfisme i estat de repòs en *Simmondsia*).

Malgrat això, les restes arqueològiques de lleguminoses primitives són fins i tot més rares que les de cereals. Per això esperàvem que el criteri equivalent SEM podria trobar-se en cereals i que aquests cereals sobreviurien en restes carbonitzades com a evidència dels primers intents de cultiu de no-domesticació. Algunes investigacions histològiques foren empreses en pericarp (a nivell de la «cèl·lula transversal») d'espelta petita de tipus silvestre que vivien simultàniament en hàbitats primaris i segetals, i d'espelta petita carbonitzada silvestre del Mesolític d'Abu Hureyra. Malauradament, no es va trobar cap criteri que discernís clarament entre espelta petita silvestre en cultiu (tant com un cultiu o com una mala herba) i espelta petita silvestre recollectada d'hàbitats primaris. Igualment, no vam poder detectar canvis diacrònics sistemàtics en la histologia del pericarp de les restes antigues d'espelta petita de tipus silvestre atribuïbles a algun grau de domesticació (COLLEDGE, 1989; HILLMAN et alii, 1989).

Críteris Químics

Després vam buscar criteris químics que poguessin representar una funció de diagnòstic equivalent.

El 1982, intentàrem l'espectrometria de masses en piròlisi (PYMS) (HILLMAN et alii, 1990), però la manca de temps ens va impedir de completar les anàlisis. Un treball similar amb la tècnica d'espectroscòpia d'infrarrojos (IRS) es demostra inapreciable en la distinció de llavors de cereals carbonitzades (modernes i antigues) de no solament ploides diferents, sinó també d'«espècies» clàssiques diferents (MCLAREN et alii, 1990).

Restes associades d'altres plantes

Les anàlisis de restes associades de plantes d'altres espècies poden indicar la classe de comunitats de plantes de la qual provenen els cultigens potencials (p.e., si les comunitats eren segetals o veritablement silvestres). Això és discutit en detall (HILLMAN et alii, 1989), en el context d'Abu Hureyra.

Artefactes associats

Quan les falçs de fulla de sílex s'utilitzen per tallar canyís, joncs, cereals, o palla, es generen diferents models d'ús o poliment en la superfície de la làmina (ANDERSON i WHITLOW, 1983; ANDERSON, 1980; ANDERSON-GERFAUD 1983, 1986, 1988, 1990; ATAMAN, 1989, 1990; KEELEY i NEWCOMER, 1977; KOROBKOVA, 1978, 1981; MOSS, 1983; NEWCOMER i al., 1986; STORDEUR i ANDERSON-GERFAUD, 1985; UNGER-HAMILTON, 1983, 1985, 1988, 1989).

Unger-Hamilton (1985, 1988, 1989) constata en els seus estudis de làmines de sílex de jaciments del Natufià i del PPNA i PPNB de Palestina, que els cereals eren probablement cultivats a una escala molt petita en el Natufià final (± 12.000 BP; 2.000 anys abans de les primeres troballes de restes de cereals domesticats). Els cereals eren segats en estat verd i tallats probablement força avall de la tija. Aquest tipus d'agricultura es va mantenir a petita escala durant el PPNA. A principis del PPNB (10.000 BP), els cereals començaren a ser cultivats a gran escala i eren segats en estat madur (o parcialment madur). Al mateix temps, l'amplada de la tija es va incrementar des del tipus silvestre estret al tipus domèstic gruixut.

Un treball similar d'Anderson-Gerfaud (1980, 1983, 1986, 1988, 1990, com. personal 1989; ANDERSON-GERFAUD et alii, 1990) també demostra la sega en verd de cereals amb algunes laminetes de l'Epi-Natufià

i del PPNA de Tell Mureybet, a Síria, i amb algunes dents de falç emmanegades de l'Epipaleolític d'Abu Hureyra, així com l'evidència per tallar cereals a la part baixa de la tija en el Neolític antic de Ganj Darch Tepe, a l'Iran (STORDEUR i ANDERSON-GERFAUD, 1985). No obstant això, qüestiona la validesa general de les traces com a indicadors del cultiu.

Comparació de l'evidència entre els artefactes i les restes de cereals carbonitzats en el context del model de domesticació

L'aparent demostració d'Unger-Hamilton (1989) sobre el cultiu de cereal en el 12.000 BP en el sud del Llevant està en conflicte amb la datació del 10.000 BP dels primers cereals domesticats. Unger-Hamilton indica que pels volts del 12.000 BP els cereals en cultiu eren segats amb falç (que és una pre-condició per a la domesticació). Tanmateix, durant els primers 2.000 anys els cereals eren probablement recollits en estat totalment immadur, com ho eren en els nivells Epipaleolítics d'Abu Hureyra i Tell Mureybet (ANDERSON-GERFAUD, 1983, 1988, 1990), que haurien impedit la selecció de mutants de raquis semirígid. Només vers el 10.000 BP, els cereals semblen haver estat segats en un estat més madur, que, d'acord amb el nostre model, haurien permès el desenvolupament de la domesticació. Podria ser significativa la localització de les primeres restes de cereals domèstics (\pm 9.750 BP) que apareixen en jaciments del Llevant sud (BAR-YOSEF I KISLEV, 1989; KISLEV et alii, 1986; VAN ZEIST et alii, 1972, 1979), com també les característiques observades en els cereals arran del model d'Unger-Hamilton. No obstant, això hi ha explicacions alternatives a aquest model. Seran suficients cinc exemples:

(a) Qualsevol làmina de sílex podria haver estat utilitzada per segar tant els cereals silvestres com els cultivats. Per això, encara que les traces provenien de la sega de terrenys cultivats, el poliment atribuïble a la sega de cereals en verd podria haver resultat de l'ús de la mateixa làmina per tallar cereals silvestres en verd. L'evidència present de les làmines no pot provar que els cereals cultivats no eren segats des del principi, en un estat suficientment madur per permetre la domesticació (assumint que altres pre-condicions eren satisfetes).

(b) L'escassetat de restes carbonitzades de plantes dels jaciments més antics del Llevant vol dir que l'actual datació dels primers cereals domesticats pot ser fortuïta. La manca de restes domesticades en el Mesolític pot reflectir la pobra conservació de cereals en els primers jaciments de la zona i les encara inadequades tècniques de recollida. L'escassetat de dades no dona cap prova que el procés de domesticació no va començar amb l'aparició de la falç de sílex el 12.000 BP.

(c) Les traces podien derivar-se de la pols, no del cultiu, d'alteracions naturals del sòl o de prop de les àrees de cereal silvestre (UNGER-HAMILTON, com. personal 1988; ANDERSON-GERFAUD, 1990; com. personal, 1989, ANDERSON-GERFAUD et alii, 1989).

(d) Les làmines del Mesolític podrien haver estat utilitzades per tallar tant cereals silvestres immadurs (produint la llússor de cereal immadur) com rizomes comestibles de plantes d'aiguamoll com *Typha* (boga), *Phragmites* (canyís) i *Schoenoplectus* (jonca). Les traces en les làmines podrien aleshores provenir de fang enganxat en els rizomes. Els rizomes eren segurament les principals fonts de carbohidrats entre els caçadors-recol·lectors del Mesolític (HILLMAN, 1989; HILLMAN et alii, 1989a, b), però la seva explotació probablement devia disminuir amb l'increment de la dependència en cereals cultivats. Si les marques de rizomes amb fang i la pols a les tiges de cereals cultivats prova que no es poden distingir l'una de l'altra, serà difícil identificar el moment que va disminuir la recollecció de rizomes i es va iniciar la sega de cereals cultivats.

(e) Els cultius primitius de cereals poden incloure la sembra, no el conreu, d'espiguetes, plantant-les en petits forats realitzats amb «pal de plantador», o directament en el sòl cobert amb el rostoll. Aquestes formes, però, no podien produir traces en les dents de falç. Plantar i sembrar de manera directa en el sòl net amb blats de tipus silvestre s'està experimentant amb èxit a Jalès (ANDERSON-GERFAUD, 1990; com. personal, 1989; ANDERSON-GERFAUD et alii, 1990; WILLCOX, 1990) (Taula IV).

La domesticació de cada cultiu fou un esdeveniment aïllat o múltiple?

Resta incert si cada cultiu domesticat tenia un origen polifilètic o monofilètic. Espelta petita, pisana i ordi varen ser domesticats de manera separada, però diferents poblacions de cada espècie podrien haver estat domesticades independentment en diverses àrees de cultius antics. Aquestes domesticacions independents dependrien de tres factors: Primer, amb quina celeritat les reserves de nous camps domesticats eren canviats/intercanviats a través de la regió? Un canvi ràpid podria haver assegurat domesticacions potencials independents per grups a punt d'iniciar el conreu. La velocitat de canvi, per contra, depenia de models pre-existents del contacte social i la percepció receptiva dels avantatges agrícoles de les formes domesticades. Segon, quina àrea d'extensió fou testimoni de l'adopció del cultiu de cereal? Com més gran fos l'extensió, era més probable que alguns agricultors antics estiguessin aïllats de les xarxes de canvi. L'àrea d'adopció primària de cultiu va abraçar una àmplia zona del nord del Creixent Fèrtil i més

tard de la Vall del Jordà (HILLMAN, 1987), que hauria permès un espai d'aïllament temporal. Tercer, quina densitat tenia l'ocupació humana i, per tant, quants jaciments podien haver adoptat el cultiu i estar en una posició independent per domesticar els cultius afectats?

De totes maneres hi ha alguna evidència de domesticació que relaciona aquests factors per ells mateixos. Utilitzant una proporció de criteris morfològics i genètics, Zohary (1989a) argueix que cultius com cereals, pèsols i llenties representen una part limitada de l'escala de variació en els seus ancestres silvestres i cada probabilitat deriva d'una única domesticació. D'altra banda, Ladizinsky (1989) de manera similar argumenta que els pèsols i les llenties domèstics havien d'haver tingut un origen polifilètic. De moment, la qüestió resta oberta, però la lleugera base genètica dels primers domèstics (relativa a la diversitat dels tipus silvestres) ens permet de veure el seu establiment antic com un clàssic exemple d'«efecte fundador» (LADIZINSKY, 1985).

Un estadi posterior de la domesticació: L'aparició de cultius secundaris amb raquis totalment rígids

Ja hem considerat la domesticació en termes de fixació dels fenotips de raquis semirígid en cultius de poblacions de raquis fràgil, utilitzant l'espelta petita com un primer exemple. S'anomena «domesticació» perquè les plantes resultants depenien (i depenen) de la intervenció humana per reproduir-se.

Els cereals tetraploides i hexaploides que porten formes mutants («Q») del allel de l'espeltoide «q», produeixen un raquis totalment rígid, amb glumes efímeres i de poca consistència, que es desarticula a la batuda i allibera el gra. (MILLER, 1986; MURAMATSU, 1986). Aquests tipus de «gra sense pel·lofa» o «gra nu» que inclouen tant el blat comú (*Triticum aestivum*) com el blat dur (*T. turgidum var. durum*), i que varen emergir dels cultius ja domesticats (pisana o espelta), s'anomenen «cultius secundaris». El sègol i la civada s'inclouen tradicionalment com a cultius secundaris per selecció inconscient, desenvolupant-se com a males herbes que envaïen els cultius domèstics (VAVILOV, 1917; HILLMAN, 1978; SENCER i HAWKES, 1980). De totes maneres, per als blats nus no hi ha explicacions clares sobre la seva possible manera d'emergir i la selecció conscient pot haver jugat un paper central. D'altra banda, l'evidència actual suggereix que els blats nus i les civades emergien inicialment com a «males herbes domesticades» de cultius primaris (fundadors), amb raquis totalment rígid (o en la civada, amb raquilles rígides), abans d'esdevenir cultius de ple dret. El sègol, però, podia no haver estat un cultiu secundari perquè el registre arqueològic indica que fou dels primers cultius fun-

dadors (HILLMAN i McLAREN, 1990; MOORE et alii, 1990). (L'ordi i el sègol difereixen dels blats en el fet que no hi ha un estat intermedi de raquis semirígid, tan sols hi ha raquis de tipus silvestre totalment fràgil i raquis domesticat totalment rígid).

Conclusions

(a) La domesticació de blats i d'ordis sembla haver passat en cultiu i no en resposta a pressions selectives en les àrees naturals arran de l'explotació de cereals silvestres per caçadors-recol·lectors. No obstant això, podia haver existit alguna forma de preadaptació edàfica als hàbitats naturals alterats (o, menys probablement, hàbitats ruderals alterats per diverses activitats humanes més que per la pràctica del conreu).

(b) En conseqüència, els primers cultius de blats i ordis eren de tipus silvestre amb raquis fràgil.

(c) Encara que les quantitats de gra utilitzat per sembrar els primers cultius haurien d'haver estat generalment massa petites per incloure mutants de tipus domèstic, els conreus havien d'haver estat suficientment grans per haver generat mutants dintre dels primers 2-5 anys.

(d) La selecció que afavoria el tipus de raquis semirígid era necessàriament inconscient durant els primers estadis de la domesticació.

(e) La domesticació inconscient de cultius d'espelta petita de tipus silvestre va requerir combinacions de mètodes d'agricultura específics: els cultius havien de ser recollits arrencant d'arrel o segant amb falç, i els cultius havien de ser quasi madurs o parcialment madurs, però tan immadurs que no permetessin que cap de les espigues començés a desprendre's. En algunes circumstàncies, la selecció inconscient dels mutants domèstics podia també haver requerit les extensions anuals de cultiu a camps verges i la llavor havia de ser recollida de camps nous dels anys anteriors.

(f) Hi ha raons agronòmiques sòlides perquè alguns dels primers agricultors haguessin usat aquestes combinacions particulars de mètodes.

(g) Les pressions selectives generades per aquestes tècniques i que afavorien els mutants domèstics de raquis semirígid (per sobre dels tipus silvestres de raquis fràgil) havien d'haver estat intenses. Les experimentacions en els camps donaren valors mesurats de ca. 60% per al tipus silvestre en relació al tipus domèstic (quasi el 60% d'espiguets de tipus silvestre es

perdien per generació de cultiu, però cap, en canvi, de les espiguetes de tipus domèstic).

(h) Amb pressions selectives d'aquest ordre i els alts nivells d'endogàmia típics en l'actual espelta petita silvestre, la simulació computada indica que els fenotips rars de raquis semirígid (domèstics) podrien haver aconseguit la fixació (domesticació en el sentit clàssic) entre 20-30 generacions (entre 20-30 anys).

(i) Les pressions selectives eren probablement menys intenses perquè les collites eren segades quan eren més verdes. No obstant això, la simulació indica que, en aquestes baixes pressions selectives, la domesticació podria haver estat aconseguida entre un i dos segles.

(j) En aquelles collites en què la domesticació procedia sense haver de canviar de cultiu, les pressions de selecció haurien estat més reduïdes per l'efecte de dilució de plantes de tipus silvestre originades per les espiguetes autosembrades dels camps reutilitzats. De totes maneres, això és improbable que sumés més d'un segle o dos al procés de domesticació.

(k) Hi ha altres factors que podrien teòricament haver retardat la proporció de domesticació: exogàmia abundant, fortes introgressions des dels camps silvestres veïns, i recollecció d'espiguetes de llavor caigudes per sembra; però és improbable que tinguessin un efecte significatiu i fins i tot menys probable que actuessin de manera concertada.

(l) Els agricultors probablement varen aplicar alguna forma de selecció conscient tan bon punt com els domesticats aconseguiren freqüències suficients per atreure la seva atenció (1-5%). A partir d'aquest punt, el procés de domesticació hauria estat completat en tres o quatre anys.

(m) És improbable que aquesta seqüència transitoria d'esdeveniments es conservi com una progressió identificable en el registre arqueològic (com un procés clinal), i potser mai no trobarem una seqüència convincent de restes de blat o d'ordi carbonitzat que ens mostrin «el punt exacte de domesticació».

(n) Si mai es troben restes de cultius genuïnament transitoris, podria ser que fossin no-distingibles de les barrejes de restes de raquis de tipus silvestre i domèstic generades per la introgressió des de nivells silvestres cap a cultius domesticats o per processos tafonòmics que afecten les restes.

(o) En dipòsits d'ocupació amb restes de cereals de tipus silvestre és possible distingir entre «conreu de no-domesticació» i recollecció d'àrees silvestres

per l'evidència de restes associades a d'altres espècies que tenen diagnòstic ecològic, o potser, per l'anàlisi de traces d'ús de les dents de falç associades. Les traces químiques del mateix cereal poden demostrar, eventualment, el diagnòstic en aquest nivell.

(p) Resta incert si cada tipus de cultiu domesticat ho fou una o diverses vegades.

ABSTRACT

Measured domestication rates in wild wheats and barley under primitive cultivation, and their archaeological implications

Man's (or, more probably, Woman's) first cereal crops were sown from seed gathered from wild stand, and it was in the course of cultivation that domestication occurred. Experiments in the measurement of domestication rates indicate that in wild-type crops of einkorn, emmer, and barley under primitive systems of husbandry: (a) domestication will occur only if they are harvested when partially or nearly ripe, using specific harvesting methods; (b) exposure to shifting cultivation may sometimes have been required; and (c) under these conditions, the crops could become completely domesticated within 200 years, and perhaps only 20-30 years, without any conscious selection. This paper (a) considers possible delays in the start of domestication due to early crops of wild-type cereals lacking domestic-types mutants; (b) examines the husbandry practices necessary for these mutants to enjoy any selective advantage; (c) considers the state of ripeness at harvest necessary for the crops to respond to these selective pressures; (d) outlines field measurements of the selective intensities arising from analogous husbandry practices applied experimentally to living wild-type crops; (e) summarizes a mathematical model which incorporates the measured selective intensities and other key variables and which describes the rate of increase in domestic-type mutants in early populations of wild-type cereals under specific combinations of primitive husbandry practices; (f) considers why very early cultivators should have used those husbandry methods which, we suggest, led unconsciously to the domestication of wild wheats and barley; and (g) considers whether these events are likely to leave archaeologically recognizable traces.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

ALLEN, H. (1974); *The Bagundji of the Darling Basin: Cereal gatherers in an uncertain environment*, «World Archaeology» 5, pp. 309-322.

- ANDERSON, H. H., i WHITLOW, H.J. (1983); *Wear traces and patination on Danish flint artefacts*, «Nuclear Instruments and Methods in Physics» 218, pp. 468-474.
- ANDERSON, P. C. (1980); *A testimony of prehistoric tasks: Diagnostic residues on stone tool working edges*, «World Archaeology» 12, pp. 181-194.
- ANDERSON-GERFAUD, P. C. (1983); *A consideration of the uses of certain backed and «husted» stone tools from Late Mesolithic and Natufian levels of Abu Hureyra and Mureybet (Syria)*, dins CAUVIN, M. C. (ed.); *Traces d'Utilization sur les outiles néolithiques des Proche-Orient*, «Travaux de la Maison de l'Orient» 5, Lió, pp. 77-105.
- ANDERSON-GERFAUD, P. C. (1986); *A few comments concerning residue analysis of stone plant processing tools*, dins OWEN, L. i UNRATH, G. (eds.); *Technical Aspects of Microwear Studies on Stone Tools*, «Early Man News» 9/10/11, pp. 69-87.
- ANDERSON-GERFAUD, P. C. (1988); *Using prehistoric stone tools to harvest cultivated wild cereals: preliminary observations of traces and impact*, dins BEYRIES, S. (ed.); *Industries Lithiques: Tracéologie et Technologie*, «British Archaeological Reports», Oxford, pp. 175-195.
- ANDERSON-GERFAUD, P. C. (1990); *Experimental cultivation and harvest of wild cereals: Criteria for interpreting Epi-palaeolithic artifacts associated with plant exploitation*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, «Monographies du Centre de Recherches Archéologiques», Valbonne (en premsa).
- ANDERSON-GERFAUD, P. C. DE APRAHAMIAN, A. P. i WILLCOX, G. H. (1990); *Cultures de céréales sauvages et primitives au Proche-Orient Néolithique: Résultats de préliminaires d'expériences à Jalès (Ardèche), France*, «Cahiers de l'Euphrate» 5.
- ATAMAN, K. (1989); *The Chipped Stone Assemblage from Can Hasan III: A Study in Typology, Technology and Function*, Ph. D. dissertation, Institute of Archaeology, University College Londres, U. K.
- ATAMAN, K. (1990); *Threshing sledge flints and archaeology*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, «Monographies du Centre de Recherches Archéologiques», Valbonne (en premsa).
- BARTH, H. (1857); *Travels and Discoveries in North and Central Africa, Being the Journal of an Expedition Under the Auspices of Her Britannic Majesty's Government in the Years 1849-1855*, «Longmans and Roberts», Londres.
- BAR-YOSEF, O. i KISLEV, M. E. (1989); *Early Farming communities in the Jordan Valley*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, «Unwin and Hyman», Londres, pp. 632-642.
- BINFORD, L. R. (1968); *Post-pleistocene adaptations*, dins BINFORD, S. R. i BINFORD, L. R. (eds.); *New Perspectives in Archaeology*, Aldine, Chicago, pp. 313-341.
- BOHER, V. I. (1972); *On the relation of harvest methods to early agriculture in the Near East*, «Economic Botany» 26, pp. 145-155.
- BUTLER, A. (1989); *Cryptic anatomical characters as evidence of early cultivation in the grain legumes (pulses)*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 390-407.
- BUTLER, A. (1990); *Pulse agronomy: Traditional systems and implications for early cultivations*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).
- BYRNE, R. (1987); *Climatic change and the origins of agriculture*, dins MANZANILLA, L. (ed.); *Studies in the Neolithic and Urban Revolutions*, British Archaeological Reports (International Series) 349, Oxford, pp. 21-34.
- CHIKWENDU, V. E. i OKEZIE, C. E. A. (1989); *Factors responsible for the ennoblement of African yams: Inferences from experiments in yam domestication*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (ed.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 344-357.
- CLARK, C. i HASWELL, M. (1967); *The Economics of Subsistence Agriculture*, Macmillan, Londres.
- COHEN, M. N. (1977); *The Food Crisis in Prehistory*, Yale University Press, Nova Haven.
- COLLEDGE, S. M. (1988); *Scanning-electron microscope studies of the pericarp layers of some wild wheats and ryes. Methods and problems*, dins OLSEN, S. L. (ed.); *Scanning-Electron Microscopy in Archaeology*, British Archaeological Reports, Oxford, pp. 225-236.
- DARLIGTON, C. D. (1963/1973); *Chromosome Botany and the Origin of Cultivated Plants*, Allen and Unwin, Londres.
- DARLIGTON, C. D. (1969); *The Evolution of Man and Society*, Allen and Unwin, Londres.
- DARWIN, C. (1859); *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, Jonh Murray, Londres.
- DARWIN, C. (1868-1975); *The Variation of Animals and Plants Under Domestication*, vol. 1, 1a. i 2a ed., Jonh Murray, Londres.
- DE CANDOLLE, A. (1886); *Origin of Cultivated Plants* (English translation of 2nd ed., Hafner, Nova York i Londres, 1967).
- DE WET, J.M.J. (1977); *Increasing cereals yields: evolution under domestication*, dins SIEGLER, D. S. (ed.); *Crop Resources*, Academic press, Nova York pp. 111-118.
- DE WET, J.M.J. i HARLAN, J. R. (1975); *Weeds and domesticables: Evolution in the manmade habitat*, «Economic Botany» 29, pp. 99-107.
- ENGELBRECHT, T. H. (1917); *Über die Entstehung einiger feldmassig angebaute Kulturpflanzen*, «Geographischer Zeitschrift» 22, pp. 328-343.
- EVANS, L. T. (1976); *Physiological adaptation to performance as crop plants*, «Philosophical Transactions of the Royal Society» Londres B 275, pp. 71-83.
- FLANNERY, K. V. (1969); *Origins and ecological effects of early domestication in Iran and the Near East*, dins UCKO, P. J. i DIMBLEBY, G. W. (eds.); *The domestication of Plants and Animals*, Duckworth, Londres, pp. 73-100.
- FRANK, R. (1964); *Dispersal units and rachis breaking in the genera Aegilops, Triticum, and Hordeum*, «Teva wa'arez» 7, pp. 2-5. (En Hebrew, citat per KISLEV, 1989).
- FRITZ, G. J. (1986); *Starchy grain crops in the Eastern U.S.: Evidence from the desiccated Ozark plant remains*, «Informe presentat a la 51 convenció de la «Society for American Archaeology», Nova Orleans.
- HAMMER, K. (1984); *Das Domestikationssyndrom*, «Die Kulturpflanze» 32, pp. 11-34.
- HAMMER, K., SKOLIMOWSKA, E., i KNÜPFER, H. (1987); *Vorarbeiten zur monographischen Darstellung von Wildpflanzensortimenten*, «Secale L. Die Kulturpflanze» 35, pp. 135-177.
- HARLAN, J. R. (1965); *The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants*, «Euphytica» 14, pp. 173-176.
- HARLAN, J. R. (1967); *A wild wheat harvest in Turkey*, «Archaeology» 20, pp. 197-201.
- HARLAN, J. R. (1975); *Crops and Man*, «American Society of Agronomy», Madison, Wis.
- HARLAN, J. R. (1982); *Human interference with grass systematics*, dins ESTES, J. R., TYRL, R. J., i BRUNKEN, J. N. (eds.); *Grasses and Grasslands: Systematics and Ecology*, «University Press», Okla, pp. 37-50.
- HARLAN, J. R. (1989); *Wild grass-seed harvesting in the Sahara and Sub-Sahara of Africa*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 79-78.
- HARLAN, J. R. (1990); *Wild Grass-seed harvesting and implications for Domestication* dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, «Monographies du Centre de Recherches Archéologiques», Valbonne (en premsa).

HARLAN, J. R., DE WET, J. M. J. i PRICE, A. G. (1973); *Comparative evolution in cereals*, «Evolution» 27, pp. 311-325.

HARRIS, D. R. (1976); *Discussion following paper by Pickersgill and Heizer (q. v.)*, «Philosophical Transactions of the Royal Society», Londres B 275, pp. 68-69.

HARRIS, D. R. (1977); *Alternative pathways towards agriculture*, dins REED, C. A. (ed.); *Origins of Agriculture*, Mouton, The Hague, pp. 197-243.

HARRIS, D. R. (1984); *Ethnohistorical evidence for the exploitation of grasses and forbs: its scope and archaeological implications*, dins VAN ZEIST, W. i CASPAIRE, W. C. (eds.); *Plants and Ancient Man: Studies in Palaeoethnobotany*, Balkema, Rotterdam, pp. 63-69.

HARRIS, D. R. (1989); *An evolutionary continuum of people-plant interaction*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 11-26.

HASSAN, F. A. (1981); *Demographic Archaeology*, Academic Press, Nova York.

HAWKES, J. G. (1969); *The ecological Background to plant domestication*, dins UCKO, P. J. i DIMLEBY, G. W. (ed.); *Domestication and Exploitation of Plants and Animals*, Duckworth, Londres, pp. 17-29.

HAWKES, J. G. (1983); *The Diversity of Crop Plants*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

HAWKES, J. G. (1989); *The Domestication of roots tubers in the American tropics*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 481-503.

HEISER, C. B. (1965); *Sunflowers, weeds, and cultivated plants*, dins BAKER, H. G. i STEBBINS, G. L. (eds.); *The Genetics of Colonizing Species*, Academic Press, Nova York, pp. 391-401.

HEISER, C. B. (1985); *Some botanical considerations of the early domesticated plants north of Mexico*, dins FORD, R. I. (ed.); *Prehistoric Food Production in North America*, Museum of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor, pp. 57-72.

HEISER, C. B. (1988); *Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants*, «Euphytica» 37, pp. 77-81.

HEISER, C. B. (1989); *Domestication of Cucurbitaceae: Cucurbita and Lagenaria*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 471-480.

HELBÆCK, H. (1966a); *Pre-Pottery Neolithic farming at Beidha*, dins KIRKBRIDE, D.; *Five seasons at the Pre-Pottery Neolithic village at Beidha in Jordan*, «Palestine Exploration Quarterly» 98, pp. 8-72.

HELBÆCK, H. (1966b); *Commentary on the phylogenesis of Triticum and Hordeum*, «Economic Botany» 20, pp. 350-360.

HELBÆCK, H. (1969); *Plant collecting, dry-farming and irrigation agriculture in prehistoric Deh Luran*, dins HOLE, F., FLANNERY, K. V. i NEELY, J. A. (eds.); *Prehistory and Human Ecology of the Deh Luran Plain: An Early Village Sequence From Khuzistan*, Memoirs of the Museum of Anthropology of the University of Michigan, Ann Arbor, pp. 383-426.

HILLMAN, G. C. (1973); *Agricultural productivity and past population potential at Asvan*, «Anatolian Studies» 23, pp. 225-240.

HILLMAN, G. C. (1975); *The plant remains from Tell Abu Hureyra*, dins MOORE, A. M. T. (ed.); *The excavation of Tell Abu Hureyra in Syria: A preliminary report*, «Proceedings of the Prehistoric Society» 41, pp. 70-73.

HILLMAN, G. C. (1978); *On the origins of domestic rye-Secale cereale L.: The finds from Aceramic Can Hasan III in Turkey*, «Anatolian Studies» 28, pp. 157-174.

HILLMAN, G. C. (1981); *Reconstructing crop husbandry practices from charred remains of crops*, dins MERCER, R. (ed.); *Farming Practice in British Prehistory*, Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 123-162.

HILLMAN, G. C. (1984); *Traditional husbandry and processing of archaic cereals in recent times: the operations, products and*

equipment that might feature in Sumerian texts. I. The glume wheats, «Bulletin on Sumerian Agriculture» 1, pp. 114-152.

HILLMAN, G. C. (1985); *Traditional husbandry and processing of archaic cereals in recent times: the operations, products and equipment that might feature in Sumerian texts. II. The free-threshing cereals*, «Bulletin on Sumerian Agriculture» 2, pp. 1-31.

HILLMAN, G. C. (1987); *The initial adoption of cereal cultivation in the northern Fertile Crescent: A region-specific model*, Informe presentat a la Conferència de novembre de 1987 de l'«Association of Environmental Archaeology», Cardiff.

HILLMAN, G. C. (1990); *Crop husbandry on an alluvial fan in the Konya Basin during the Aceramic Neolithic. The charred plant remains from Can Hasan III in central Anatolia* (en preparació).

HILLMAN, G. C., COLLEDGE, S. M. i HARRIS, D. R. (1989a); *Plant food economy during the Epipalaeolithic period at Abu Hureyra, Syria: Dietary Diversity, Seasonality and modes of exploitation*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 240-268.

HILLMAN, G. C. i DAVIES, M. S. (1990); *Domestication rate in wild wheats and barleys under primitive cultivation: Preliminary results using field measurements of selection coefficient, and the archaeological implications*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre De Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).

HILLMAN, G. C., i McLAREN, F. (1990); *Was rye one the first Old World food crops? Archaeological evidence from Abu Hureyra on the Euphrates*, «Economic Botany» (en premsa).

HILLMAN, G. C., MADEYSKA, E. i HATHER, J. G. (1989b); *Wild plant foods and diet at Late Paleolithic Wadi Kubhaniya: Evidence from the charred remains*, dins WENDORF, F. i SCHILD, R. (assemblers) i CLOSE A.E. (ed.); *The Prehistory of Wadi Kubhaniya*, vol. 2, *Stratigraphy, Paleoecology and Environment*, Southern Methodist University Press, Dallas, pp. 162-242 (+bibliografia combinada, vol. 3, pp. 830-854).

HILLMAN, G. C., ROBINS, G. V., JONES C. E.R. i GUTTERIDGE, C. S. (1990); *Testing the limits of the taxonomic resolution of pyrolysis mass spectrometry in ancient wheat grain*, *Preliminary results* (en preparació).

HOPF, M. (1983); *Jericho plant remains*, dins KENYON, K. M. i HOLLAND, T. A. (eds.); *Excavations at Jericho*, vol. 55, British School of Archaeology at Jerusalem, Londres, pp. 576-621.

ICARDA (International centre for agriculture research in dry areas) (1980); *Post-Harvest processing of winter crops in NW Syria*, «Discussion document» 4, ICARDA, Aleppo, Síria.

ISMAIL, A. M. A. (1988); *The ecological and agronomic role of seed polymorphism in Simmondsia chinensis* «Journal of Arid Environments» 14, pp. 35-42.

JARMAN, H. N. (1988); *The origins of wheat and barley cultivation*, dins HIGGS, E.S. (ed.); *Papers in Economic Prehistory*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 15-26.

JOHNS, T. (1989); *A chemical ecologic model of root and tuber domestication in the Andes*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 504-519.

KEELEY, L. H. i NEWCOMER, M. H. (1977); *Microwear analysis of experimental flint tools*, «Journal of Archaeological Science» 4, pp. 29-62.

KISLEY, M. E. (1989); *Pre-domesticated cereals in the Pre-Pottery Neolithic A period*, dins HERSHKOVITZ, I. (ed.); *Man and culture in Change*, British Archeological Reports (International Series), Oxford, 508 (i), pp. 147-151.

KISLEY, M. E. (1990); *Agriculture in the Near East in the 8th millennium Bc*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.), *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).

- KISLEV, M. E. BAR-YOSEF, O. i GOPHER, A. (1986); *Early Neolithic Domestication of wild barley from the Netiv Hagdud region of the Jordan Valley*, «Israel Journal of Botany» 35, pp. 197-201.
- KOROBKOVA, G. F. (1978); *The most ancient harvesting implements and their productivity: An experimental-traceological study*, «Sovetskaya Archeologia» 4, pp. 37-53 (en rus).
- KOROBKOVA, G. F. (1981); *Ancient reaping tools and their productivity in the light of experimental microwear analysis*, dins KOHL, P. L. (ed.); *The Bronze Age Civilization of Central Asia*, M. E. Sharpe, Nova York, pp. 325-329.
- KUCKUCK, H. (1964); *Experimentelle Untersuchung zur Entstehung der Kulturweizen. I. Die Variation der iranischen Spelzweizens und seine genetischen Beziehungen...*, «Zeitschrift für Pflanzenzüchtung» 51, pp. 97-140.
- LADIZINSKY, G. (1979); *Seed dispersal in relation to the domestication of Middle East legumes*, «Economic Botany» 73, pp. 284-289.
- LADIZINSKY, G. (1985); *Founder effects in crop-plant evolution*, «Economic Botany» 39, pp. 191-199.
- LADIZINSKY, G. (1987); *Pulse domestication before cultivation*, «Economic Botany» 41, pp. 60-65.
- LADIZINSKY, G. (1989a); *Origin and domestication of SW Asian grain legumes*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 374-389.
- LADIZINSKY, G. (1989b); *Pulse domestication: Fact or Fiction?*, «Economic Botany» 43, pp. 131-132.
- LEGGE, A. J. (1989); *Milking the evidence: A reply to Entwistle and Grant* dins MILLES, A., WILLIAMS, D. i GARDER, N. (eds.); *The Beginnings of Agriculture*, British Archaeological Reports, Oxford, pp. 217-242.
- MCLAREN, F., EVANS, J. i HILLMAN, G. C. (1990); *The potential of infra-red spectroscopy for identifying charred and desiccated remains of wheats from archaeological sites*, «Journal of Archaeological Science» (en premsa).
- MAURIZIO, A. (1927); *Die Geschichte unserer Pflanzennahrung*, Parcy, Berlín.
- MIKSICEK, C. H. (1987); *Formation processes in the archaeobotanical record*, «Advances in Archaeological Method and Theory» 10, pp. 211-247.
- MILLER, T. E. (1986); *Evolution and systematics*, dins LUPTON, F. G. H. (ed.); *Wheat Breeding: Its Scientific Basis*, Chapman and Hall, Londres, pp. 1-30.
- MILLER, T. E. (1990); *A cautionary note on the use of morphological characters for recognizing forms of wheat (genus Triticum)* dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).
- MOORE, A. M. T. (1985); *The development of Neolithic societies in the Near East*, dins WENDORF, F. i CLOSE, A. E. (eds.); *Advances in World Archaeology*, vol. 4, Academic Press, Orlando, pp. 1-69.
- MOORE, A. M. T. (1989); *The transition from foraging to farming in Southwest Asia: Present problems and future directions* dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 620-631.
- MOORE, A. M. T., HILLMAN, G. C. i LEGGE, A. J. (1990); *Abu Hureyra and the Advent of Agriculture*, Yale University Press, Nova Haven, Conn. (en premsa).
- MOSS, E. H. (1983); *The Functional Analysis of Flint Implements: Pincevent and Pont d'Ambou: Two Case Studies from the French Final Palaeolithic*, British Archaeological Reports, Oxford.
- MURAMATSU, M. (1986); *The vulgare supergene, Q: Its universality in durum wheat and its phenotypic effects in tetraploid and hexaploid wheats*, «Canadian Journal of Genetics and Cytology» 28, pp. 30-41.
- NEWCOMER, M. H., GRACE, R. i UNGER-HAMILTON, R. (1986); *Investigating microwear analysis with blind tests*, «Journal of Archaeological Science» 13, pp. 203-217.
- O'CONNELL, J. F., LATZ, P. K. i BARNETT, P. (1983); *Traditional and modern plant use among the Alyawara of Central Australia*, «Economic Botany» 37, pp. 80-109.
- PERCIVAL, J. (1921); *The Wheat Plant*, Duckworth, Londres (1974 reprint).
- PICKERSGILL, B. (1971); *Relationships between some weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus Capsicum)*, «Evolution», 25, pp. 683-691.
- PICKERSGILL, B. (1989); *Cytological and genetical evidence for the domestication and diffusion of crops within the Americas*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (ed.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 426-439.
- PICKERSGILL, B., i HEISER, C. B. (1976); *Chytogenetics and evolutionary change under domestications*, «Philosophical Transactions of the Royal Society», Londres B 275, pp. 55-69.
- PICKERSGILL, B., HEISER, C. B. i MCNEILL, J. (1979); *Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of Capsicum*, dins HAWKES, J. G., LESTER, R. N. i SKELDING, A. D. (eds.); *The Biology and Taxonomy of the Solonaceae*, Academic Press, Londres, pp. 670-700.
- REYNOLDS, P. (1981); *Deadstock and livestock*, dins MERCER, R. (ed.); *Farming Practice in British Prehistory*, Edinburgh University Press, Edimburg, pp. 97-122.
- REYNOLDS, P. (1990); *Crop yields of the prehistoric cereal types emmer and spelt: The worst option*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).
- RILEY, R. (1965); *Cytogenetics and the evolution of wheat*, dins HUTCHINSON, J. (ed.); *Crop Plant Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 103-122.
- RINDOS, D. (1984); *The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective*, Academic Press, Nova York.
- RINDOS, D. (1989); *Darwinism an its role in the explanation of domestication* dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 27-41.
- RUSSELL, K. W. (1988); *After Eden: The Behavioural Ecology of Early Food Production in the Near East and North Africa*, British Archaeological Reports (International Series), Oxford.
- SCHIEMAN, E. (1932); *Entstehung der Kulturpflanzen*, Borntraeger, Berlín.
- SCHIEMAN, E. (1948); *Weizen, Roggen, Gerste: Systematik, Geschichte und Verwendung*, Gustav Fischer, Jena.
- SCHWANITZ, F. (1937); *The Origin of Cultivated Plants*, Harvard University Press, Cambridge, Mass (1966 traducció de l'original alemany).
- SCHUDDER, T. (1971); *Gathering among African Savannah Cultivators*, «Zambian Papers» 5, Institute for African Studies of the University of Zambia, Lusaka, i Manchester, U. K.
- SENCER, H. A. i HAWKES, J. G. (1980); *On the origin of cultivated rye*, «Biological Journal of the Linnaean Society» 13, pp. 299-313.
- SHARMA, H. C. i WAINES, J. G. (1980); *Inheritance of tough rachis in crosses of Triticum monococcum and T. boeoticum*, «The Journal of Heredity» 71, pp. 214-216.
- SHERRATT, A. (1980); *Water, soil and seasonality in early cereal cultivation*, «World Archaeology» 11, pp. 313-330.
- SMITH, B. D. (1987); *The independent domestication of indigenous seed-bearing plants in eastern North America*, dins KEEGAN, W. F. (ed.); *Emergent Horticultural Economies of the Eastern Woodlands*, Center for Archaeological Investigations, «Occasional Paper» 7, Southern Illinois University, Carbondale, pp. 3-47.
- SMITH, L. (1936); *Cytogenetic studies in Triticum monococcum L. and T. aegiopoides Bal.*, «Montana Agricultural Experimental Station Research Bulletin» 248, pp. 1-38.

- SMITH, L. (1939); *Mutants and linkage studies in Triticum monococcum L. and T. aegilopoides*, «Montana Agricultural Experimental Station Research Bulletin» 298, pp. 1-26.
- SMITH, P. E. L. (1970); *Ganj Dareh Tepe, Iran* 8, pp. 78-80.
- SMITH, P. E. L. i YOUNG, T. C. JR. (1983); *The force of numbers: Population pressure in the central western Zagros 12,000-4,500 B.C.*, dins YOUNG, T. C., JR., SMITH, P. E. L. i MORTENSEN, P. (eds.); *The Hilly Flanks and Beyond: Essays on the Prehistory of SW Asia*, «Studies in Ancient Oriental Civilization» 36, University of Chicago Press, Chicago, pp. 141-161.
- STEWART, J. H. (1983); *The Owens Valley Paiute*, «University of California Publications in American Archaeology and Ethnology», 33, pp. 233-350.
- STEWART, J. H. (1941); *Culture element distributions. XIII. Nevada Shoshoni*, «Anthropological Records of University of California» 4, pp. 209-359.
- STORDEUR, D. i ANDERSON-GERFAUD, P. C. (1985); *Les omoplastes encochées néolithiques de Ganj Dareh (Iran). Etude morphologique et fonctionnelle*, «Cahiers de L'Euphrate» 4, pp. 289-313.
- UNGER-HAMILTON, R. (1983); *An investigation into the variables affecting the development and the appearance of plant polish on flint blades*, dins CAUVIN, M. C. (ed.); *Traces d'utilisation sur les outils néolithiques de Proche-Orient*, «Travaux de la Maison de l'Orient» 5, Lió, pp. 243-250.
- UNGER-HAMILTON, R. (1985); *Microscopic striations in flint sickle blades as an indication of plant cultivation: Preliminary results*, «World Archaeology» 17, pp. 121-126.
- UNGER-HAMILTON, R. (1988); *Method in Microwear Analysis: Sickle Blades and Other Tools from Arjoun in Syria*, British Archaeological Reports, Oxford.
- UNGER-HAMILTON, R. (1989); *Epipalaeolithic Palestine and the beginnings of plant cultivation: The evidence from harvesting experiments and microwear studies*, «Current Anthropology» 30, pp. 88-103.
- VAN ZEIST, W. (1972); *Palaeobotanical results from the 1970 season at Çayönü, Turkey*, «Helinium» 12, pp. 3-19.
- VAN ZEIST, W. i BAKKER-HEERES, J. A. H. (1979); *Some economic and ecological aspects of the plant husbandry at Tell Aswad*, «Paléorient» 5, pp. 161-169.
- VAN ZEIST, W., SMITH, P. E. L., PALFENIER-VEGTER, R. M. SUWIJN, M. i CASPARIE, W. A. (1983/1986); *An archaeobotanical study of Ganj Dareh Tepe, Iran*, «Palaeohistoria» (Acta Communicationes Institut Bio-Archaeologicci Universitatis Groninganae), 26, pp. 201-224.
- VAVILOV, N. I. (1917); *On the origin of cultivated rye*, «Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding» 10, pp. 561-590 (Rus amb ur. resum anglès).
- VAVILOV, N. I. (1926); *Studies on the Origin of Cultivated Plants*, Institute of Applied Botany and Plant Breeding, Leningrad.
- VAVILOV, N. I. (1951); *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants*, «Chronica Botanica», Nova York (traduït i compilat K. Starr Chester).
- WILKE, P. J., BETTINGER, R., KING, T. F. i O'CONNELL, J. F. (1972); *Harvest selection and domestication in seed plants*, «Antiquity» 46, pp. 203-209.
- WILKES, G. (1989); *Maize: domestication, racial evolution and spread*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 440-455.
- WILCOX, G. H. (1990); *Archaeobotanical significance of growing Near Eastern progenitors of domestic plants at Jalès*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).
- WILSON, H. D. i HEISER, C. B. (1979); *The origin and evolutionary relationship of huauzontle (Chenopodium nuttalliac Safford), domestic chenopod of Mexico*, «American Journal of Botany» 66, pp. 198-206.
- ZIGMAN, M. L. (1941); *Ethnobotanical Studies Amongst California and Great Basin Shoshoneans*, Ph. D. dissertation, Department of Anthropology, Yale University, Nova Haven, Conn.
- ZOHARY, D. (1969); *The progenitors of wheat and barley in relation to domestication and agricultural dispersal in the Old World*, dins UCKO, P. J. i DIMBLEBY, G. W. (eds.); *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*, Duckworth, Londres, pp. 47-66.
- ZOHARY, D. (1984); *Modes of evolution of plants under domestication*, dins GRANT, W. F. (ed.); *Plant Biosystematics*, Academic Press, Montreal, pp. 579-586.
- ZOHARY, D. (1989a); *Domestication of the Southwest Asian crop assemblage of cereals, pulses and flax: The evidence from the living plants*, dins HARRIS, D. R. i HILLMAN, G. C. (eds.); *Foraging and Farming: The Evolution of Plant Exploitation*, Unwin and Hyman, Londres, pp. 359-373.
- ZOHARY, D. (1989b); *Pulse domestication and cereal domestication: How different are they?*, «Economic Botany» 43, pp. 31-34.
- ZOHARY, D. (1990); *Domestication of the Neolithic Near East crop assemblage*, dins ANDERSON-GERFAUD, P. C. (ed.); *Préhistoire de l'agriculture: Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographies du Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne (en premsa).
- ZOHARY, D. i HOPF, M. (1988); *Domestication of Plants in the Old World*, Oxford University Press, Oxford.

Aquest manuscrit és una versió d'un article publicat pels autors a *Journal of World Prehistory*, Vol. 4, nº 2, 1990 pp. 157-222.

El Dr. Gordon HILLMAN es graduà l'any 1969 en Botànica Agrícola a la Universitat de Reading. Per a realitzar els seus estudis de tesi doctoral es vinculà a l'arqueobotànica i estigué sis anys a l'Institut Britànic d'Arqueologia a Ankara, treballant amb restes de plantes de jaciments antics de Turquia i Síria així com en estudis etnogràfics sobre agricultura tradicional turca. A partir de 1975 exerceix a Anglaterra com a professor al Departament de Botànica de la Universitat de Cardiff sobre orígens del cultius i sistemàtica de plantes. En l'actualitat és professor d'arqueobotànica a l'Institut d'Arqueologia del Col·legi Universitari de Londres. Els seus principals interessos estan relacionats amb els aliments de plantes silvestres dins la dieta dels caçadors-recol·lectors i en els orígens de l'agricultura al SO d'Àsia.

El Dr. M. Stuart DAVIES es graduà, l'any 1967, en Botànica Agrícola a Aberystwyth del Col·legi Universitari de Gales. Va obtenir el doctorat en el Departament de Botànica de l'Agricultura a la Universitat de Reading l'any 1970 i des del mateix any exerceix com a professor de genètica al Col·legi Universitari de Cardiff (en l'actualitat Universitat de Gales, Col·legi de Cardiff). La seva recerca es dirigeix cap als processos evolutius en poblacions de plantes, divergències evolutives pel que fa a curtes distàncies i escales de temps en curts períodes així com sobre els mecanismes fisiològics i genètics de l'adaptació de poblacions de plantes al seu entorn, en especial en relació a sòls

pobres en nutrients, salins, en medis aquàtics, toxicitat i tipus de vegetació de sòls humits.

(Títol original: «*Measured domestication rates in wild wheats and barley under primitive cultivation, and their archaeological implications*». La traducció és de Dolors Martínez Batlle i de Ramon Buxó i Capdevila).

Nota del traductor

El terme «Forager» que prové de «Foraging» fou introduït, especialment per Binford, en la terminologia de la prehistòria anglo-saxona ja fa uns quants anys. Fa referència a la caça i a la recollecció no en el sentit predador dels grups de caçadors-recol·lectors, sinó més aviat com un modus de gestió de l'entorn. Aquí s'ha adoptat el terme «farratjador» ja utilitzat en bibliografia francesa i castellana.



MUSEU COMARCAL de la GARROTXA

VITRINA

PUBLICACIÓ DEL MUSEU COMARCAL DE LA GARROTXA