

El desenvolupament de la producció de llet a Europa: l'evidència a partir dels residus d'aliments a les ceràmiques

Oliver E. Craig

Introducció

La identificació del contingut original de les produccions ceràmiques ha fascinat científics i arqueòlegs durant tot el segle XX. De fet, i per primera vegada, va ser Johannes Grüss, el 1933, qui va identificar un estrany residu negre en un vas ceràmic hallstàtic com a llet recuïta, a partir del resultat d'uns tests químics molt bàsics (GRÜSS, 1933). Encara que en aquestes anàlisis hi mancà el rigor necessari que ara s'exigeix en la recerca arqueològica, aquest primer treball va ajudar a iniciar una nova aproximació per les anàlisis d'artefactes. Durant la darrera dècada, l'avenç en el coneixement de tècniques bioquímiques, com ara la cromatografia líquida i de gas, l'espectrometria de masses, la immunologia i l'anàlisi d'isòtops estables, ha permès una oportunitat més àmplia per a la identificació segura dels residus. Els aspectes relatius a la contaminació per les condicions de sedimentació han estat controlats a partir d'acurats mètodes de mostreig (HERON [*et al.*], 1991). Degradacions simulades en rèpliques de vasos han permès, també, entendre els processos postdeposicionals (DUDD [*et al.*], 1998; CRAIG [*et al.*], 2000), i nombrosos procediments de control s'han tingut en compte per tal de minimitzar la possible contaminació postexcavació. Finalment, la consideració d'un ampli i variat espectre d'usos de les ceràmiques arqueològiques, inclosos diversos factors, reutilitzacions i la consideració d'usos no culinaris, ha permès afinar les interpretacions basades en anàlisi de residus aïllats.

De la mateixa manera que ho va ser al treball de Grüss als anys trenta, la identificació dels residus de la llet ha esdevingut també el centre d'estudi de la majoria dels treballs recents, i per una bona raó: la llet no només conté una única gamma de lípids i proteïnes, que estan dissolts i lliures per ser adsorbits per la superfície de la ceràmica, sinó que l'anàlisi dels seus residus també pot esdevenir l'únic camí per a identificar de forma inequívoca la producció, la preparació i el consum d'aquest important i versàtil producte a la prehistòria.

Definir els orígens dels productes làctics a Europa i al Pròxim Orient ha provocat un enorme debat durant els darrers vint anys. Determinar si la producció de llet va ser el principal component d'un paquet d'innovacions que es van expandir àmpliament per tot Europa durant el 3r mil·lenni aC (SHERRATT, 1981; 1983; HARRISON, 1985) —l'anomenada *revolució dels productes secundaris*— o si ja eren presents en les primeres fàcies del neolític, potser en menor escala (e. g. BOGUCKI, 1984a; 1984b; CHAPMAN, 1982), és una qüestió que encara no està resolta. Fins a l'aparició d'algunes tauletes amb representacions pictòriques d'escenes relacionades amb la llet (GREEN, 1980), l'evidència de la producció de llet s'ha restringit a les interpretacions arqueozoològiques (e. g. BOGUCKI, 1984A, MILISAUSKAS I KRUK, 1989; GREENFIELD, 1988, 1991; HARRISON, 1985; LEGGE, 1981A; LEGGE, 1981b) o a l'estudi de les formes dels vasos ceràmics (SHERRATT, 1981; BOGUCKI, 1984b). Les anàlisis dels residus ceràmics pot contribuir clarament a aquest debat. Però els

seus mètodes s'han emprat tradicionalment per tal de proporcionar evidències relatives a l'ús de les ceràmiques, així com al tipus de preparació dels aliments i el consum (EVERSHED *et al.*, 1992; 1997). Com poden ser emprats de forma efectiva per tal d'incidir en els canvis en la producció dels aliments? I també, què significa la producció de llet, i quines implicacions econòmiques, socials i culturals hi ha en la seva pràctica? En aquest treball es revisaran, en primer lloc, algunes de les propostes teòriques relatives al desenvolupament de les produccions de llet, de forma especial per a Europa, i s'examinaran les possibilitats dels nous mètodes per a les anàlisis dels residus de llet, abans de passar a considerar el rol que aquesta disciplina podria desenvolupar en els futurs estudis entorn de la producció de llet i els productes làctics del passat.

El desenvolupament de la producció de llet a Europa: perspectives generals

La identificació de la producció de llet com a activitat econòmica planteja tota una sèrie de reptes als investigadors de l'arqueologia. L'evidència de l'explotació de rumugants domèstics està documentada als conjunts de restes de fauna en jaciments de tot Europa, a vegades datats de les fases més antigues del neolític, i és raonable assumir el fet que la llet d'aquests animals fou disponible per al consum humà en aquest període. La producció de llet no és una tecnologia específica i no està necessàriament limitada a una estructura, a un tipus de ramat (SHERRAT, 1997: 206). Si els habitants del neolític antic europeu disposaven o no de l'adaptació genètica necessària per a la digestió de la lactosa de la llet fresca (SHERRAT, 1981), és una qüestió ambigua a partir de la informació filogenètica moderna (AOKI, 1986; HOLDEN I MACE, 1997; BODMER I CAVALLI-SFORZA, 1976: 279), i és irrellevant si considerem l'àmplia gamma de productes baixos en lactosa que poden obtenir-se de la llet i que són fàcils d'emmagatzemar. Per tant, la clau de la qüestió en definir l'economia de les produccions làctiques no només es resumeix a aportar l'evidència per a la utilització dels productes làctics, sinó també a accedir a l'escala de la producció i el significat d'aquesta activitat.

La intensificació de la producció de llet en moltes parts d'Europa durant el 3r mil·lenni aC va ser proposada, per primera vegada, fa més de vint anys (SHERRATT, 1981), com a component de la complexitat de les produccions secundàries, un paquet econòmic que, lluny d'arribar a implicacions socials i culturals, representava una progressió unilineal de la pràctica de la forma de vida camperola. Encara que inicialment aquesta hipòtesi fos insinuada, de manera bastant provisional (veure CHAPMAN, 1981), per l'aparició de nous vasos ceràmics associats a la manipulació de líquids, va anar guanyant pes a partir de l'anàlisi dels conjunts de fauna postneolítics de, per exemple, Gran Bretanya (LEGGE, 1981a), Espanya (HARRISON, 1985) i els Balcans (GREENFIELD, 1988). En aquests casos, es va evidenciar una economia de productes làctics basada en el bestiar i enfocada a una màxima producció amb possibilitats per a l'intercanvi a través dels patrons de sacrifici, dominats per juvenils i/o restes de femelles adultes, i fruit de la comparació amb ramats moderns optimitzats per a la producció de llet (desenvolupada per PAYNE, 1973).

No obstant això, una evidència similar per una economia de productes làctics pot ser reconeguda a jaciments relatius al neolític antic; per exemple, Bogucki (1984a) va argumentar que els perfils de mortalitat de les restes de fauna associades als conjunts de ceràmica de bandes (LBK) a les zones temperades d'Europa no eren inconsistents als models de Payne, i l'evidència als nivells de neolític antic d'*Arène Candide*, a la Mediterrània occidental, mostren que el patró de sacrifici de les ovelles també s'ajusta a les estratègies d'optimització per a la producció de llet (ROWLY-CONWY, 2000). Legge (1981b) també ha apuntat el biaix cap a animals femenins adults en jaciments «cerimonials» a la Gran Bretanya i en altres jaciments neolítics de Suïssa.

La utilització dels perfils de sacrifici per a definir l'escala i les especificitats de les estratègies ramaderes en la prehistòria ha estat criticada. A més dels problemes inherents relatius a la preservació i recuperació de les restes òssies animals, els antics ramats poden tenir diferent productivitat en comparació dels seus homòlegs moderns (HALSTEAD, 1998). A més, i tal com Halstead va demostrar basant-se en els sistemes

de pastura moderns al nord de Grècia, la decisió d'emprar els ramats per a l'explotació de carn o de llet i la decisió de fixar quan es realitza el sacrifici selectiu és una qüestió dependent d'un rang de factors econòmics i mediambientals, els quals poden fluctuar d'estació en estació (HALSTEAD, *op. cit.*). A més, el sacrifici d'un gran nombre d'individus juvenils no ha d'indicar necessàriament una producció de productes làctics, sinó que pot suposar un mecanisme per a preservar recursos alimentaris per a la resta dels animals del ramat (MCCORMICK, 1998); en realitat, la presència de naixements pot ser un requisit per a les produccions de llet més antigues, en el sentit que ajuda la llet «a baixar» (MCCORMICK, 1992). De la mateixa manera, un alt grau de representació de femelles en els conjunts de restes de fauna, en lloc d'indicar una estratègia optimitzadora per a la producció làctica, podria representar un biaix sexual cap a exemplars madurs per a la producció de carn (MCCORMICK, *op. cit.*).

Un cert nombre d'arguments ecològics i econòmics se citen sovint en relació amb aquest debat. Sovint s'assenyala que les produccions de llet van ser explotades tan aviat com els animals remugants domesticats van ser disponibles, ja que aquests oferien, de lluny, l'ús d'energia suficient per a conrear les terres ermes (HOLMES, 1970; INGOLD, 1980: 176; LEGGE, 1981a), i que van originar productes adequats per a l'emmagatzematge, de manera que en van obtenir un valor econòmic addicional (BOGUCKI, 1987). Altres autors assenyalen que els ramats grans, implicats en una estratègia optimitzada cap a la producció de productes làctics (DAHL I HJORT, 1976: 220), suposen un treball intensiu i econòmicament insostenible en paisatges sense un fàcil accés a la pastura (HALSTEAD, 1996), com els ambients de riberes relativament estrets habitats pels primers pagesos neolítics de l'Europa central. Halstead sosté que una estratègia agrícola mixta, on un nombre de diverses espècies d'animals són mantinguts per a l'obtenció d'una gamma variable de productes (per exemple, carn, llet i llana), principalment per a ús domèstic, no només sembla econòmicament més plausible en determinats medis, sinó que també es fa evident en la considerable heterogeneïtat que acostuma a existir en els conjunts de restes de fauna neolítics

(HALSTEAD, 1996). Fins i tot en llocs on es documenten uns altres suposats indicadors de la producció de llet, com un nombre elevat de sacrificis juvenils, altres espècies domèstiques hi són sempre presents (per exemple, ROWLEY-CONWY, 2000).

Aquests arguments donen suport a la idea que una economia especialitzada en productes làctics només hauria pogut ser desenvolupada cap a finals del neolític, després que un important nombre de boscos primaris haguessin desaparegut, cosa que, al seu torn, coincideix amb el marc d'una «revolució dels productes secundaris» (SHERRAT, 1981; 1983). De totes maneres, això no suposa negar el desenvolupament local independent d'un pastoralisme basat en la producció de llet a gran escala en els moments més antics del neolític. Per a les comunitats sedentàries la provisió d'aliments cultivats o recol·lectats destinats als animals i l'establució dels animals podria haver compensat una pastura limitada.

El moviment estacional a gran escala d'animals amb la finalitat d'explotar pastures fresques ofereix una estratègia alternativa. Per exemple, les comunitats LBK de les terres baixes del nord-est d'Europa sembla que hagin centrat les seves activitats econòmiques en la ramaderia de bous, més que en el cultiu de cereals (BOGUCKI, 1987). En aquest cas, els patrons d'assentament suggereixen un elevat grau de mobilitat residencial coherent amb una economia de pastoralisme semimòbil basada en la producció de llet; la presència de ceràmiques perforades, putativament interpretades com a formatgeres, recuperades en molts d'aquests «camps», ha estat considerada l'evidència més antiga (BOGUKI, 1984a; 1984b). La relació socioeconòmica entre aquests pagesos semimòbils amb una producció de llet intensa i els sedentaris agricultors del *loess* és encara desconeguda, però és interessant especular sobre el potencial per a l'intercanvi, complicant, encara més, les inferències econòmiques realitzades únicament a partir de l'anàlisi de les restes de fauna.

Per exemple, si els factors econòmics afavoreixen la producció de llet o la producció de carn, aquesta producció pot ser menys significativa que el valor cultural que es pot obtenir del pastoralisme. A més de recursos al·lòctons

com la llet i la carn, els animals poden aportar un recurs «autoritari» en termes del seu significat sociopolític (HALL, 1986). Les necessitats dels animals per a usos rituals no poden passar per alt (KESWANI, 1994), i s'ha de prendre precaució quan s'interpreten els règims econòmics dels conjunts de restes d'animals recuperades en centres de cerimònies (ENWHISTLE i GRANT, 1989).

L'associació entre els ramats de bous i el poder a través d'una pantalla conspícua, de transaccions i redistribució, és exemplificada en les societats complexes del sud-est d'Àfrica (REID, 1996). En particular, és probable que el pastoralisme mòbil reafirmi les relacions socials entre cases i pobles veïns a través del contacte i l'intercanvi. Així, les demandes socials, ideològiques i polítiques als grans ramats o als petits podria explicar l'ímpetu per una economia especialitzada, com la de la producció de llet, i podria explicar els riscos econòmics que en resulten. De manera similar, l'existència de tabús pot evitar el consum de productes làctics sense tenir en compte els beneficis econòmics.

En aquest sentit, i atesos aquests factors culturals, econòmics i ecològics, és difícil definir l'escala de la producció de llet. L'evidència disponible tampoc no demostra o refuta una progressió unilineal des d'una producció de llet domèstica a escala reduïda, i com a part d'una estratègia econòmica mixta, fins al desenvolupament d'un sector pastoral basat en la llet al 3r mil·lenni aC, tal com originàriament havia proposat Sherratt (1981; 1983). Si bé la producció de llet es practicava a gran escala, amb un gran nombre d'animals en extensions obertes de pastura, o si fou una activitat diària en masos individuals, poden ser informacions de poca utilitat a l'hora d'estudiar el consum i els consumidors de la producció de la llet. De totes maneres, això implica una diferència en la forma en què els animals han estat tinguts en compte i cuidats. La identificació de residus de llet en ceràmiques pot contribuir àmpliament al nostre coneixement de molts aspectes de la producció de llet, de la seva preparació i del seu consum en el passat. La clau de la qüestió és com aquests nous mètodes poden ser integrats de forma més apropiada en la discussió extensa relativa a la dieta en arqueologia i on s'hauria de posar l'èmfasi arqueològic.

Metodologies per a la identificació dels residus de llet a les ceràmiques

La llet és exclusiva dels mamífers i la produeixen les seves glàndules mamàries. Conté els nutrients necessaris per a ajudar els infants durant el seu desenvolupament i per això té una gamma característica de proteïnes, lípids i sucres, els quals es troben dissolts o suspesos en solució. Durant el procés de refinament de la llet en els diferents productes lactis, canvien les quantitats relatives d'aquestes biomolècules i algunes poden esdevenir químicament alterades. L'anàlisi de residus de la llet s'ha centrat en la detecció dels components lipídics i proteics, atès que la lactosa, el principal sucre, és el que més ràpidament es perd per biodegradació i per lixiviació en condicions de sedimentació.

La identificació dels lípids de la llet

Els lípids poden ser obtinguts de les ceràmiques arqueològiques a partir de dissolvents orgànics i poden ser analitzats mitjançant una cromatografia de gas d'elevada temperatura o una cromatografia de gas acoblada a un espectròmetre de masses (vegeu HERON i EVERSHED, 1993; per a una revisió). La llet fresca conté una distribució característica de lípids, un rang d'àcids grassos amb cadenes d'una llargada d'entre 4 i 20 carbonis, incloses les cadenes en rama (bifurcades) i les espècies monoinsaturades, i un complex rang d'espècies de triacilglicerol (TAG) (MOTTRAM i EVERSHED, 2001). No obstant això, amb el temps moltes de les cadenes curtes dels àcids grassos, les quals són característiques de la llet, es perden i la distribució de TAG és alterada, de manera que és molt més semblant a un greix animal adipós que a un greix de la llet (DUDD i EVERSHED, 1998). Així, malgrat que el rendiment de lípids obtinguts de les ceràmiques arqueològiques és generalment elevat, no hi ha cap compost lipídic que sigui específic de la llet.

Dudd i Evershed (1998) enfocaren aquest problema mesurant el quocient dels isòtops estables del carboni (C^{13}/C^{12}) dels principals àcids grassos insaturats (amb cadenes llargues de 16 [C16:0] i 18 [C18:0] carbonis) a partir de la cromatografia de gasos per combustió acoblada a l'espectrometria de masses de rela-

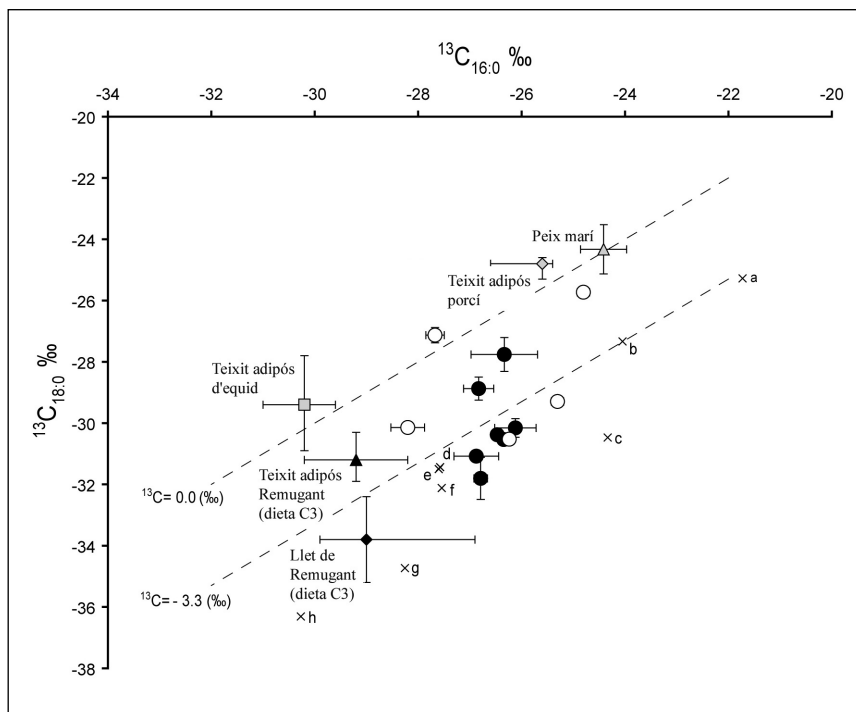


Figura 1. Gràfic amb els valors δC^{13} dels àcids grassos C18:0 i C16:0 obtinguts de fragments de ceràmiques del neolític antic de dos jaciments al sud-est d'Europa. Cercles blancs—ceràmica *Schela Cladovei*, neolític antic (una fase recent de la cultura Starčevo-Criș), amb una datació entorn del 5950-5500 cal aC. Cercles negres—ceràmica de *Ecsegfalva*, un jaciment petit de la cultura Körös, al centre de la gran plana d'Hongria, ocupada, molt probablement, entre el 5800 i el 5700 cal aC. També es representen les mostres de control i els greixos de la llet de referència obtinguts a partir d'extraccions amb dissolvents, en: a) vasos de llet moderns del nord-oest de l'Índia; b) llet d'ovella del nord d'Anglaterra amb una dieta aportada de tipus C_4 ; c) llet de vaques del nord d'Anglaterra amb una dieta aportada composta per un 60% de blat de moro *silage*; d) llet de cabres del nord d'Anglaterra amb una dieta aportada de tipus C_4 ; e) llet bullida de vaques del nord d'Anglaterra amb una dieta aportada de tipus C_4 ; f) llet de vaques del sud de l'Índia amb una dieta aportada basada en un 65% d'arròs de granja i un 35% de sorgo; g) llet de vaques del nord d'Anglaterra alimentades amb pastures pures C_3 (del mateix ramat que l'exemple c); h) llet de vaques de les illes Shetlands alimentades amb pastures pures C_3 . Tot i la variabilitat entre aquests animals i la seva distribució geogràfica, els valors ΔC^{13} són sempre menors de $-3,3\text{‰}$ (indicat al gràfic per la línia de punts inferior). La mitjana i la desviació estàndard (1σ) es mostren per cada una de les obtencions als fragments ceràmics, i han estat calculades a partir de la valoració de la precisió i el seu càlcul d'error i l'exactitud general de les obtencions d'anàlisi múltiples. Aquests resultats estan lluny en comparació dels quocients de referència de greixos de mamífers a Dudd [*et al.*] (1999: figura 3), i els olis a partir de peixos marins ($n = 4$); la gamma i la mitjana dels valors també es mostren. Tots els valors en les mostres modernes han estat corregides de l'alteració produïda per la crema dels combustibles fòssils actuals (Fredli [*et al.*], 1986).

cions isotòpiques (GC-c-IRMS). La relativa abundància dels àtoms lleugers (C^{12}) i pesats (C^{13}) en aquestes molècules representa la font on aquesta molècula va ser sintetitzada. El quocient entre aquestes dues molècules de carboni —el quocient isotòpic del carboni (δC^{13}), expressat en parts per milió relatiu a un estàndard internacional— en els àcids grassos C16:0 i C18:0 és diferent en diversos productes animals. Els greixos d'animals no remugants tenen similars valors isotòpics per als dos àcids, però

en els remugants l'àcid gras C18:0 conté menys C^{13} que el C16:0, i es diu que és isotòpicament més lleuger o reduït (*depleted*); significativament, aquesta diferència és molt més pronunciada als greixos de la llet dels remugants. El total absolut dels quocients d'aquests àcids grassos a la llet és una funció de la dieta de l'animal, però en tots els casos l'àcid gras C18:0 a la llet dels remugants és entre 3-5‰ reduïda en l'isòtop estable pesat (C^{13}), en comparació del C16:0 (vegeu figura 1).

Aquesta aproximació té diferents avantatges metodològics. Els àcids grassos C16:0 i C18:0 són els greixos recuperats més freqüentment a la ceràmica arqueològica. Poden ser obtinguts i analitzats fàcilment, i s'ha demostrat que deriven de les ceràmiques utilitzades i no del sediment on van ser dipositades aquestes ceràmiques (HERON [et al.], 1991). A més, com que la mesura dels valors isotòpics absoluts realitzats en aquests greixos és un indicador directe de la dieta de l'animal, es pot obtenir informació relativa al tipus de pastura i relativa al subministrament d'aliment i relacionar-la directament amb les estratègies de ramaderia (per exemple explotació de llet/carn). No obstant això, hi ha problemes d'interpretació dels valors isotòpics derivats només de dos àcids grassos. Ambdós són presents en concentracions variables en molts productes animals i vegetals, i, consegüentment, múltiples factors (*inputs*) a la ceràmica poden resultar en un senyal isotòpic mixt, el qual pot ser difícil d'interpretar. Aquest problema pot ser superat prenent en consideració el diagnòstic d'altres lípids presents a la mostra (DUDD I EVERSLED, 1998).

Identificació de proteïnes de la llet

Algunes proteïnes són exclusives de la llet, com les proteïnes del sèrum i les caseïnes (α - β - γ -caseïnes). D'aquestes, la α -caseïna és la més atractiva per a l'estudi: no només és la proteïna més abundant a la llet (13,7 g l⁻¹ a la llet de bòvids; JENNESS, 1970), sinó que també és termolàbil (WELLS, 1908). Aquesta estabilitat és demostrada pel fet que la α -caseïna en els bòvids pot ser detectada en el vòmit infantil (SATO, 1992) i en la llet que ha estat escalfada a 75°C durant dos dies; i una vegada composta a la ceràmica pot sobreviure en ordre d'una magnitud llarga (figura 1). Els mètodes immunològics utilitzats per a detectar proteïnes de la llet en ceràmiques comporta la utilització d'anticossos precisos, els quals s'adheriran fortament a àrees específiques de l'estructura de la α -caseïna. Les regions que són proposades pels anticossos són úniques d'aquesta proteïna, i poden, llavors, ser emprades per a distingir la α -caseïna de les que deriven de les diferents espècies d'animals. Això és en part per l'estructura aleatòria de la molè-

cula caseïna, la qual facilita la producció d'anticossos contra les seqüències primàries d'aminoàcids (ENAMOTO [et al.], 1990), i per un nombre de substitucions d'aminoàcids que existeixen entre α -caseïnes de diferents espècies.

No obstant això, l'aplicació de mètodes immunològics als materials arqueològics suposa un bon nombre de problemes. Potser el repte metodològic més gran hagi estat el trasllat de proteïnes, com les caseïnes, les quals poden sobreviure amb fortes associacions en la superfície (ceràmica) mineral. L'extracció amb els dissolvents convencionals suposa quantitats insuficients de la proteïna per a l'anàlisi. S'ha desenvolupat un mètode millorat (*digestion and capture immunoassay*: DACIA) per a incrementar les sumes, a partir de la digestió de la superfície mineral amb àcid hidrofluòric i la captura simultània de les molècules alliberades per a la detecció immunològica posterior (veure figura 2). La sensibilitat i l'especificitat d'aquesta tècnica han estat demostrades a partir de proves en una mostra de ceràmiques simulades i etnogràfiques amb respostes conegudes (CRAIG I COLLINS, 2000).

Un altre problema amb les aproximacions basades en la immunologia és l'ús de mètodes inapropiats, dels quals resulten reaccions no específiques amb els contaminants o els components derivats de les condicions de sedimentació, de manera que generen una resposta positiva en l'experimentació fins i tot quan la proteïna proposada és absent. Aquests casos han estat ràpidament discutits i relacionats amb els antics estudis immunològics de residus, principalment amb aquells que han intentat identificar un tipus de sang en eines de pedra (GURFINKEL I FRANKLIN, 1988; SMITH I WILSON, 1992; CATTANEO [et al.], 1993; MANNING, 1994; DOWNS I LOWENSTEIN, 1995; CHILD I POLLARD, 1992; LEACH I MAULDIN, 1996; TUROSS [et al.], 1996; LEACH, 1998). Per corregir aquestes crítiques, els dissenys experimentals hauran d'incloure un rang de controls negatius apropiat per a confirmar l'especificitat del test, els quals poden incloure ceràmiques sense residu, ceràmiques sense residu que hagin estat exposades a condicions de sedimentació, ceràmiques amb residus no de llet també exposades a condicions de sedimentació, i mostres de sòls.

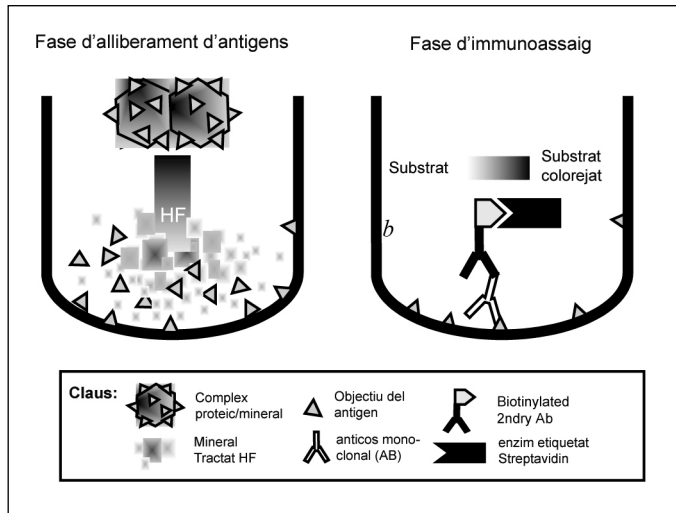


Figura 2. Diagrama esquemàtic de la *Digestion and Capture Immunoassay* (DACIA), que mostra dues fases: (i) la fase de digestió inicial; (ii) la detecció immunològica dels antígens alliberats després de la neutralització. La detecció s'aconsegueix per l'afegit d'anticòs monoclonals específics pel presumpte antigen (per exemple, α -caseïnes de bòvid), l'anticòs desconegut és tret i llavors un anticòs secundari qualificat d'enzim (específic per al primer) és afegit; llavors cap més anticòs desconegut és tret, i es deixa que l'enzim limiti el presumpte antigen (si és present). En el darrer pas, un substrat és afegit, si l'enzim és present (i llavors l'original antigen); el substrat canvia de color.

Preservació dels residus orgànics a les ceràmiques

El potencial de preservació de les diferents classes de residus orgànics recuperats a les ceràmiques arqueològiques és altament variable i dependent d'un nombre de factors. Aquests factors inclouen el mode d'ús, les propietats físiques de la ceràmica, l'entorn deposicional i el tractament postexcavació. Els residus orgànics presents als porus de la matriu semblen estar molt ben protegits de la degradació microbiana i són menys susceptibles a la lixiviació. A més a més, les interaccions orgàniques-minerals en la superfície de la ceràmica estableixen les estructures orgàniques i retarden els mecanismes de degradació química i biològica (EVERSHED, 1993; HERON I EVERSHED, 1993; CRAIG *[et al.]*, 2002). La carbonització dels residus pot proporcionar també un mecanisme de protecció (OUDEMANS I BOON, 1991), però és probable que resulti una modificació substancial de l'estructura que impedeixi la normal obtenció i identificació, especialment si s'empren mètodes immunològics.

La duració del temps en condicions deposicionals no és tan important com la natura d'aquestes pròpies condicions (per exemple, pH, potencial redox, hidrologia, activitat microbiana). Els experiments de sedimentació han demostrat que, si bé la majoria del component proteínic dels residus absorbits de la llet es perd durant els primers pocs mesos probablement per lixiviació, la degradació posterior de la fracció restant

és reduïda àmpliament (CRAIG, 2000). Els lípids, els quals són hidrofòbics i menys susceptibles a la lixiviació, poden presentar altes concentracions durant centenars d'anys (exemple CHARTERS *[et al.]*, 1993) i són menys susceptibles a les modificacions estructurals que les proteïnes. Els mètodes immunològics depenen de la preservació de grans subunitats de proteïnes hidrofíliques (polipèptids), les quals pateixen modificació del costat de la cadena i hidròlisi (*chain splitting*). Els lípids són, per tant, probablement els que poden sobreviure durant períodes més llargs que les proteïnes i en un ample rang de condicions mediambientals (exemple REGERT *[et al.]*, 1998).

La contaminació dels fragments de ceràmica per efectes postdeposicionals i postexcavatoris és més un problema per a l'anàlisi dels residus lípids que per a l'anàlisi dels residus de proteïnes. Encara que les proteïnes són mòbils en les condicions de sedimentació i fàcilment transferides durant el seu tractament, les proteïnes contaminades normalment no són detectades, atès l'especificitat dels tests immunològics (per descomptat, s'haurien de prendre precaucions afegides si la recerca és orientada a la detecció de proteïnes humanes). La contaminació postexcavació amb lípids és significativament particular, especialment quan no s'ha pres una precaució per a l'anàlisi de residus abans de l'excavació i per a l'anàlisi postexcavació. La contaminació per substàncies plastificants, pegues i lípids de la pell és comunament detectada i pot interferir l'anà-

lisi, especialment si és en altes concentracions. La neteja i la raspallada dels fragments ceràmics també produeix probablement una pèrdua d'informació, encara que no s'han realitzat estudis sistemàtics en aquest sentit. És recomanable que els nous fragments de ceràmica recuperats en les excavacions siguin tractats tan poc com sigui possible, i que siguin assecats a l'aire sense restes de sòls adherits i que siguin embolicats en paper d'alumini o embolcalls no àcids i transportats.

El cost de les anàlisis probablement és un factor decisiu quan es valora l'impacte de l'anàlisi dels residus en arqueologia. Generalment, l'anàlisi de lípids és car, especialment quan es combina amb els recomptes isotòpics necessaris per a identificar els productes làctics, però proporcionen molta més informació en l'ús de la ceràmica per anàlisi (per exemple, anàlisi d'altres lípids de plantes i animals i contaminants). L'anàlisi de proteïnes és més barat, però només un sol component pot ser detectat per anàlisi (per exemple, proteïna de llet bovina). Aquests factors afectaran, òbviament, l'estratègia de mostreig i ultimaran el tipus de qüestions que poden ser aconseguides. A més, el cost associat a l'anàlisi de residus posa de relleu la necessitat d'emprar les tècniques eficientment, per exemple augmentant les formes menys cares d'anàlisi, com la determinació de la relació forma/funció i l'anàlisi de traces d'ús. Una darrera consideració però no menys important és la discriminació entre residus d'aliments i no-aliments. Precisament per la mateixa raó que productes com la llet o la sang són els productes més atractius per a l'anàlisi de residus, són també excel·lents productes per a segellar vasos que necessiten la porositat requerida; per exemple, terrissers d'Etiòpia emprant la llet per a segellar els vasos ceràmics immediatament després de la seva cocció (RICE, 1987: 163). La discriminació entre residus de segelladors i d'aliments és metodològicament un repte, però característiques com la permeabilitat dels vasos poden ser emprades per a configurar les interpretacions.

En conclusió, ateses les relatives possibilitats i limitacions d'ambdues aproximacions, constitueix un clar avantatge la combinació dels dos mètodes diferents d'anàlisi de residus per a estudiar la producció de llet. Els dos mètodes són enterament independents, en els quals es prenen com a objecte d'estudi diferents biomolècu-

les i s'empren diferents mètodes analítics, i proporcionen informació complementària.

Desenvolupament de la producció de llet a Europa: el potencial de l'anàlisi de residus

No hi ha dubte que aconseguir identificar els residus de llet a les ceràmiques pot contribuir a l'estudi dels orígens i del significat de la producció de llet i dels productes làctics. Significativament els residus de lípids de la llet han estat identificats a ceràmiques del neolític antic d'Anglaterra (COPLEY *et al.*, 2004) i de l'Europa de l'Est (CRAIG *et al.*, 2005: figura 1), així com a ceràmiques del neolític recent de Suïssa (SPANGENBERG *et al.*, 2006). Aquestes s'afegeixen a les identificacions més antigues de proteïnes de la llet a l'edat del bronze tardana/ferro antic a jaciments a les Western Islands d'Escòcia (CRAIG *et al.*, 2000), els lípids de la llet a l'edat del ferro i antigues ceràmiques medievals de Northamptonshire (DUDD I EVERSHED, 1998) i a fragments del neolític antic dels límits de Welsh (DUDD *et al.*, 1999). Aquests estudis han demostrat de forma inequívoca que la producció de llet fou un element de l'economia prehistòrica des de temps molt antics i comencen a qüestionar la validesa de la hipòtesi de Sherrat de les produccions secundàries. No obstant això, i tal com s'ha presentat abans, atesa la diferència (incrementada) de preservació de la llet en contra d'altres residus i múltiples usos de les ceràmiques (com el segellament), l'escala de la producció de llet no pot ser definida de forma concreta a partir d'aquests treballs. A més, aquests estudis només consideren una petita part de la cultura material associada a la producció d'aliments i al consum, com és l'ús de les ceràmiques.

Una possible via per a superar els esbiaixaments que comporta el mostreig d'una selecció de ceràmiques domèstiques és escollir artefactes de ceràmica específics. Bona part del debat relatiu a un origen antic o recent de la producció de llet ha englobat especulacions sobre les funcions tecnològiques de les formes ceràmiques o d'artefactes específics de ceràmica, com les noves formes dels vasos de l'edat del bronze o del coure a tot Europa i que havien estat associades a la

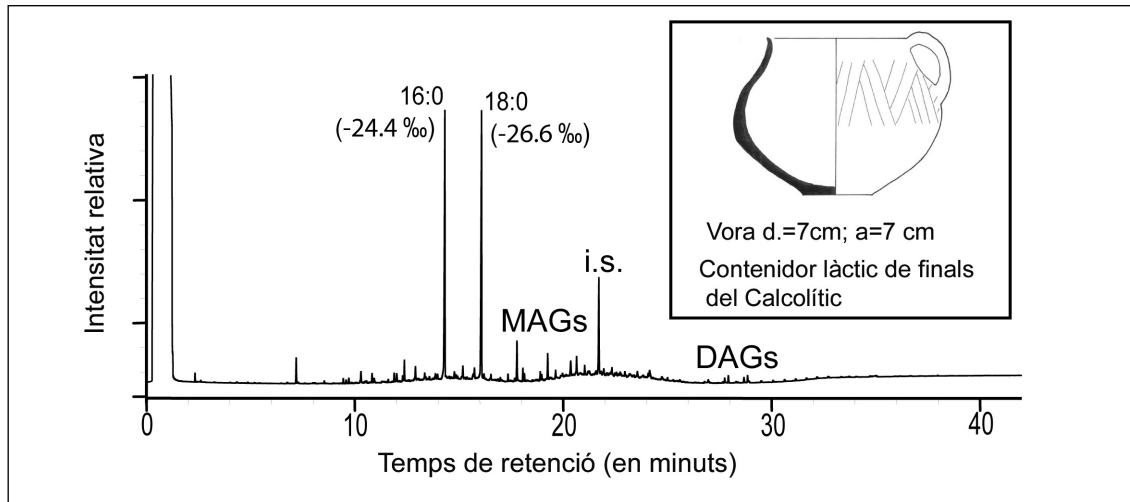


Figura 3. Cromatografia de gas total de greix animal parcialment degradat extret d'una *gerra de llet* de l'edat del coure recent de Gy r-Szabadrét-domb, a l'oest d'Hongria—(Representació d'un vas sencer amb insercions). Els lípids foren obtinguts amb cloroform/metanol (2:1) i recuperats amb N, O-bis (*trimethylsilyl*) trifluoracetamida, que conté 1% v/v *chlorotrimethylsilane*. Els pics van ser identificats per comparació amb estàndards coneguts i per espectrometria de masses. 16:0 = àcid palmàtic; 18:0 = àcid esteàric; i.s. = estàndard intern (20ug *n-tetatriacontane*); MAG = monoglicèrols; DAG = diacilglicèrols. Els valors isotòpics dels àcids grassos (16:0 i 18:0) es mostren també entre parèntesis. Quan aquests són comparats amb els valors de referència (a la figura 1) és clar que aquest greix no prové d'un recurs de llet, com es pensava en un primer moment. A aquesta mateixa conclusió s'arribà quan van ser analitzades altres *gerres de llet*.

producció de llet (SHERRAT, 1981; 1983). A l'Europa central, tant els ramats de bous com els jocs de vasos específics per a beure i servir eren inclosos a les tombes de la cultura Baden de l'edat del coure (WHITTLE, 1996: 123). L'increment del significat dels ramats de bous, juntament amb l'aparició d'aquests nous vasos, s'ha argumentat que implicaria nous patrons del consum de la producció de llet, que potser representarien la nova importància econòmica dels productes làctics i dels animals productors com a resultat de la intensificació i innovació. No obstant això, un estudi d'aquest petit nombre d'artefactes (CRAIG *et al.*, 2004; figura 3) ha demostrat que la llet no fou processada en els pots tradicionals associats a la producció. De forma similar, un estudi sistemàtic de la funció de les ceràmiques LBK coladors, interpretades com a utensilis per al processament de la llet (BOGUCKI, 1984a; 1984b), podria proporcionar un clar test d'hipòtesis si s'emprés l'anàlisi de residus. La identificació de la llet en aquests artefactes també podria indicar l'existència de productes làctics fermentats, ideals per a l'emmagatzematge i l'intercanvi i amb valor no econòmic derivat per als consumidors de proteïnes riques, producte especial.

En molts jaciments l'anàlisi de residus es limita a l'anàlisi de la ceràmica amb funció tecnològica desconeguda, normalment provinent de contextos domèstics. La identificació dels residus de llet en aquests casos suposa un valor limitat per a la nostra àmplia comprensió del significat de la producció de llet, llevat que aquest sigui integrat en altres línies d'investigació. El coneixement de la distribució de l'assentament i les seves dimensions, la disponibilitat dels recursos pròxims combinada amb l'anàlisi de les restes vegetals i animals, i els isòtops estables obtinguts dels ossos humans poden proporcionar algunes oportunitats per a determinar, en general, l'escala màxima de la producció de llet i el consum. L'evidència de l'escala i el significat de la producció de llet també pot ser obtinguda a través d'un major enteniment de la cultura material relacionada amb la preparació i consum dels productes làctics. L'associació dels continguts dels vasos amb una àmplia classificació de les tipologies ceràmiques (per exemple vasos d'emmagatzematge, pots de cuina, vasos de servir), les característiques del desgast i els contextos deposicionals proporcionen una via per a aconseguir això. La identificació dels vasos que han estat dedicats a l'ús de la llet, evidentment a

partir de l'anàlisi isotòpic dels àcids grassos, podria ser útil en aquest sentit. A més, la informació relativa a les pràctiques de consum específic, com els banquets, pot ser aconseguida a partir de la descripció dels residus alimentaris en estils de ceràmica diferents, mètodes de deposició i contextos.

Cercar l'evidència del subministrament d'aliment és també crucial per a definir les pràctiques ramaderes específiques. Si la producció de llet és proposada en un medi ambient marginal o en llocs on la pastura limítrofa és limitada, com a la majoria d'assentaments europeus del neolític antic, llavors la provisió d'aliments subministrats pot ser esperada. Davant les implicacions econòmiques, la provisió deliberada d'aliments subministrats, recol·lectats o cultivats implica una relació diferent entre els humans i els seus ramats. L'evidència d'estables de bous (NIELSEN [*et al.*], 2000) i branquetes per alimentar ovelles i cabres (RASMUSSEN, 1993) ha estat documentada en assentaments del neolític antic a Suïssa. L'anàlisi d'isòtops estables de carboni i nitrogen al col·lagen dels ossos animals i de les dents seccionades pot ser emprada per a representar les variacions en la dieta dels bòvids, inclosos els canvis estacionals i el deslletament (BALASSE [*et al.*], 1997; 1999). Quan és combinat amb mesures isotòpiques indirectes dels greixos adiposos i de la llet dels vasos, aquesta aproximació esdevé particularment aplicable a la identificació dels règims de subministrament d'aliments, com els suplementes d'aliments marins o recursos C₄, com el blat de moro i el mill, en pràctiques agrícoles específiques.

Les produccions de llet també han tingut un paper important com a productes d'intercanvi (BOGUCKI, 1987). La identificació de la presència de llet en vasos de producció no local, en llocs on no hi ha altra evidència de producció local, pot ser l'única via per a reforçar aquesta explicació. De forma similar, estudiar l'emmagatzematge dels vasos, convenientment per al transport, pot facilitar la identificació del lloc de producció i de consum, especialment si els productes transportats poden ser relacionats amb les pràctiques econòmiques en jaciments específics. Finalment, val la pena anotar que identificar les espècies originals dels productes làctics, emprant una aproximació immunològica, és vital per a la interpretació de la producció de llet

en el passat. Encara que els bòvids, les ovelles i les cabres poden totes elles ser explotades per tal d'obtenir productes amb similars propietats nutricionals, les implicacions d'aquestes activitats són molt diferents.

Conclusions

La producció de llet només pot ser posada en el seu just context econòmic, social i cultural si se sap la seva escala i importància. Encara que la identificació de residus de llet proporciona l'evidència inequívoca que la producció de llet era practicada per les comunitats agrícoles europees més antigues, proporciona poca informació sobre la seva escala. A la vegada que l'anàlisi de residus d'artefactes ceràmics específics pot ser emprada per a donar pes a teories, com l'anomenada *revolució dels productes secundaris*, és dur de veure com es poden emprar aquests mètodes per a reforçar la suposada intensificació de la producció de llet al neolític, quan són emprats de forma isolada. Com Bogucki ha assenyalat, les noves formes de producció alimentària no s'introdueixen uniformement per tot Europa (1987), i per això és vital que tant en l'àmbit regional com local els estudis específics siguin empresos. En aquest sentit, és crucial que l'anàlisi de residus s'integri amb unes altres formes d'estudi de la producció, preparació i consum dels aliments, principalment relatives a l'àmbit cultural, dietètic, econòmic i mediambiental. Emprada d'aquesta manera, la informació addicional relativa a l'ús dels vasos pot ser un avantatge, igual que conèixer la natura de les xarxes d'intercanvi, el grau de mobilitat estacional, el consum durant els rituals o les estratègies per a la disposició d'aliments subministrats.

Abstract

The Development of Dairying in Europe: evidence from food residues on ceramics

Providing evidence of dairying is crucial to the understanding of the development and intensification of Neolithic farming practices in Europe, beyond the early stages of domestication. Until re-

cently, research in this field had been limited to traditional archaeological methods, such as the study of pottery styles, faunal remains and specialised material artefacts. Although suggestive, these methods are unable to provide direct evidence of dairying. Advances in biomolecular methods now allow the identification of remnants of dairy products on ceramic vessels and the application of these methods to Neolithic ceramic assemblages across Europe has produced some interesting results. There is no doubt that these new methods offer much scope for investigating hypotheses such as the 'secondary products revolution', but there are limitations. The cost of analyses prohibits indiscriminate sampling and differential survival is likely to prevent direct comparison of samples from different sites. Only by incorporating these techniques within the wider frameworks of archaeological research may theories be properly tested. Approaches to achieve this goal are discussed.

Resumen

El desarrollo de la producción de leche en Europa: evidencias a partir de los residuos de alimentos en las cerámicas

Proporcionar la evidencia de la producción de leche es crucial para la comprensión del desarrollo e intensificación de las prácticas agrícolas neolíticas en Europa, más allá de las primeras fases de domesticación. Hasta hace poco, la investigación en este campo se había limitado a la aplicación de métodos arqueológicos tradicionales, como el estudio de los estilos cerámicos, los restos de fauna y artefactos materiales especializados. Aunque ha sido propuesta, estos métodos son incapaces de proporcionar una prueba directa de la producción de leche. Los avances en métodos biomoleculares permiten actualmente la identificación de residuos de productos lácticos en vasos cerámicos. La aplicación de estos métodos a grupos cerámicos neolíticos de toda Europa ha generado algunos resultados interesantes. No hay duda de que estos nuevos métodos ofrecen herramientas para investigar hipótesis como la denominada «Revolución de los productos secundarios», pero hay limitaciones. El coste de los análisis impide realizarlos de forma indiscriminada y es probable que la preservación diferencial evite la comparación directa de muestras de yacimientos diferentes. Sólo incorporando estas

técnicas dentro de marcos más amplios de investigación arqueológica se podrán propiamente probar teorías. En este sentido se presentarán las aproximaciones para alcanzar este objetivo.

Referències bibliogràfiques

- AOKI, K. (1986). «A Stochastic-Model of Gene Culture Co-evolution Suggested by the Culture Historical Hypothesis for the Evolution of Adult Lactose Absorption in Humans». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 83 (9), p. 2929-2933.
- BALASSE, M.; BOCHERENS, H.; TRESSET, A.; MARIOTTI, A.; VIGNE, J. D. (1997). «Emergence of dairy production in the Neolithic? Contribution of isotopic analysis of cattle archaeological bones». *Comptes rendus de l'academie des sciences: Serie II Fascicule A-Sciences de la terre et des planets*, 325, p. 1005-1010.
- BALASSE, M.; BOCHERENS, H.; MARIOTTI, A. (1999) «Intra-bone variability of collagen and apatite isotopic composition used as evidence of a change of diet». *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 593-598.
- BODMER, W. F.; CAVALLI-SFORZA, L. L. (1976). *Genetics, Evolution and Man*. San Francisco: W.H. Freeman.
- BOGUCKI, P. (1984a). «The antiquity of dairying in temperate Europe». *Expedition*, 28, p. 51-58.
- BOGUCKI, P. (1984b). «Ceramic Sieves of the Linear pottery culture and their economic implications». *Oxford Journal of Archaeology*, 3, p. 15-30.
- BOGUCKI, P. (1987). «The establishment of agrarian communities on the North European plain». *Current Anthropology*, 28, p. 1-24
- CATTANEO, C.; GELSTHORPE, K.; PHILLIPS, P.; CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; LEYDEN, A.; BLINKHORN, P. W.; DENHAM, V. (1993). «Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling potsherds for organic residue analysis and the classification of vessel use». *Archaeometry*, 35, p. 211-223.
- CHAPMAN, J. C. (1982). 'The Secondary Products Revolution' and the Limitations of the Neolithic. *University of London Institute of Archaeology Bulletin*, 19, p. 107-22.
- CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; LEYDEN, A.; BLINKHORN, P. W.; DENHAM, V. (1993). «Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling potsherds for organic residue analysis and the classification of vessel use». *Archaeometry*, 35, p. 211-223.
- CHILD, A. M.; POLLARD, M. A. (1992). «A review of the application of immunochemistry to archaeological bone». *Journal of Archaeological Science*, 19, p. 39-47.
- COPLEY, M. S.; JIM, S.; JONES, V.; ROSE, P.; CLAPHAM, A.; EDWARDS, D. N.; HORTON, M.; ROWLEY-CONWY, P.; EVERSLED, R. P. (2004). «Short-and long term foraging and foddering strategies of domesticated animals from Qasr Ibrim Egypt». *Journal of Archaeological Science*, 31, p. 1273-1286.

- CRAIG, O.; MULVILLE, J.; PEARSON, M. P.; SOKOL, R. J.; GELSTHORPE, K.; STACEY, R.; COLLINS, M. (2000). «Detecting milk proteins in ancient pots». *Nature*, 408, p. 312-312.
- CRAIG, O. E. (2000). *The identification and detection of proteins in archaeological potsherds*. PhD thesis. University of Newcastle upon Tyne.
- CRAIG, O. E.; COLLINS, M. J. (2000). «An improved method for the immunological detection of mineral bound protein using hydrofluoric acid and direct capture». *Journal of Immunological Methods*, 236, p. 89-97.
- CRAIG, O. E.; CHAPMAN, J.; FIGLER, A.; PATAY, P.; COLLINS, M. J. (2004). «“Milk Jugs” And Other Myths of the Copper Age of Central Europe». *European Journal of Archaeology*, 6, p. 249-263.
- CRAIG, O. E.; CHAPMAN, J.; HERON, C. P.; WILLIS, L. H.; TAYLOR, G.; WHITTLE, A.; COLLINS, M. J. (2005). «Did the first farmers of central and eastern Europe produce dairy foods?» *Antiquity*, 79, p. 882-894.
- DAHL, HJORT. (1976). *Having Herds: Pastoral Herd Growth and Household Economy*. Stockholm: University of Stockholm.
- DOWNES, E. F.; LOWENSTEIN, J. M. (1995). «Identification of archaeological blood proteins - a cautionary note». *Journal of Archaeological Science*, 22, p. 11-16.
- DUDD, S. N.; EVERSHERD, R. P. (1998). «Direct demonstration of milk as an element of archaeological economies». *Science*, 282, p. 1478-1481.
- DUDD, S. N.; REGERT, M.; EVERSHERD, R. P. (1998). «Assessing microbial lipid contributions during laboratory degradations of fats and oils and pure triacylglycerols absorbed in ceramic potsherds». *Organic Geochemistry*, 295, p. 1345-1354.
- DUDD, S. N.; EVERSHERD, R. P.; GIBSON, A. M. (1999). «Evidence for varying patterns of exploitation of animal products in different prehistoric pottery traditions based on lipids preserved in surface and absorbed residues». *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 1473-1480.
- ENOMOTO, A.; SHON, D.; AOKI, Y.; YAMAUCHI, K.; KAMINGAWA, S. (1990). «Antibodies raised against peptide fragments of bovine α s1-casein cross-react with the intact protein only when the peptides contain both B and T cell determinants». *Molecular Immunology*, 27, p. 581-586.
- ENTWHISTLE, R.; GRANT, A. (1989). «The evidence for cereal cultivation and animal husbandry in the southern British Neolithic and Bronze Age». Dins: MILLES, A.; WILLIAMS, D.; GARDNER, N. (eds). *The Beginnings of Agriculture*. Oxford: British Archaeological Reports International Series 496, p. 203-215.
- EVSHERD, R. P.; HERON, C.; CHARTERS, C.; GOAD, L. J. (1992). «The survival of food residues: new methods of analysis, interpretation, and application». Dins: POLLARD, A. M. (ed.), p. 187-208
- EVSHERD, R. P. (1993). «Biomolecular archaeology and lipids». *World archaeology*, 25, p. 74-93.
- EVSHERD, R. P.; MOTTRAM, H. R.; DUDD, S. N.; CHARTERS, S.; STOTT, A. W.; LAWRENCE, G. J.; GIBSON, A. M.; CONNER, A.; BLINKHORN, P. W.; REEVES, V. (1997). «New criteria for the identification of animal fats preserved in archaeological pottery». *Naturwissenschaften*, 84, p. 402-406.
- GREEN, M. W. (1980). «Animal husbandry at Uruk in the archaic period». *Journal of Near Eastern Studies*, 39, p. 1-35.
- GREENFIELD, H. J. (1988). «The origins of Milk Production in the Old World-A Zooarchaeological Perspective from the Central Balkans». *Current Anthropology*, 29, p. 573-593.
- GREENFIELD, H. J. (1991). «Fauna from the late Neolithic of the central Balkans - issues subsistence and land-use». *Journal of Field Archaeology*, 18, p. 161-186.
- GRÜSS, J. (1933). «Über Milchreste aus der Hallsatzzeit und andere Funde». *Forschungen und Fortschritte*, 9, p. 105-106.
- GURFINKEL, D. M.; FRANKLIN, U. M. (1988). «A study of the feasibility of detecting blood residue on artefacts». *Journal of Archaeological Science*, 15, p. 83-97.
- HALL, M. (1986). «The role of cattle in southern African agropastoral societies». *South African Archaeological Society, Goodwin Series*, 5, p. 83-87.
- HALSTEAD, P. (1996). «Pastoralism or household herding? Problems of scale and specialization in early Greek animal husbandry». *World Archaeology*, 28, p. 20-42.
- HALSTEAD, P. (1998). «Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered». *Anthropozoologica*, 27, p. 3-20.
- HARRISON, R. J. (1985). «The “Policultivo Gandero” or secondary products revolution in Spanish agriculture, 5000-1000bc». *Proceedings of the Prehistoric Society*, 51, p. 75-102.
- HERON, C.; EVERSHERD, R. P.; GOAD, L. J. (1991). «Effects of Migration of Soil Lipids on Organic Residues Associated with Buried Potsherds». *Journal of Archaeological Science*, 186, p. 641-659.
- HERON, C.; EVERSHERD, R. P. (1993). «The analysis of organic residues and the study of pottery use». Dins: SCHIFFER, M. B. (ed.). *Archaeological Method and Theory V*, p. 247-286.
- HOLDEN, C.; MACE, R. (1997). «Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults». *Human Biology*, 69, p. 605-628-628.
- HOLMES, W. (1970). «Animals for food». *Proceedings of the Nutritional Society*, 29, p. 273-281.
- INGOLD, T. (1980). *Hunters, Pastoralists and Ranchers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JENNESS, R. (1970). «Protein composition of milk». Dins: MCKENZIE, H. A. (ed.). *Milk Proteins: Chemistry and Molecular Biology Volume I*, p. 17-43. NY: Academic Press. 17.
- KESWANI, P. S. (1994). «The social-context of animal husbandry in early agricultural societies - ethnographic insights and an archaeological example from Cyprus». *Journal of Anthropological Archaeology*, 13, p. 255-277.
- LEACH, J. D. (1998). «A brief comment on the immunological identification of plant residues on prehistoric stone tools and ceramics: Results of a blind test». *Journal of Archaeological Science*, 25, p. 171-175.

- LEACH, J. D.; MAULDIN, R. P. (1996). «Immunological residue analysis: Results of recent archaeological and experimental studies». *Texas Journal of Science*, 48, p. 25-34.
- LEGGE, A. J. (1981a). «The Agricultural Economy». Dins: MERCER, R. (ed). *Grimes Graves, Norfolk Excavations 1971-72*, p. 79-118.
- LEGGE, A. J. (1981b). «Aspects of Animal Husbandry». Dins: MERCER, R. (ed). *Farming Practice in British Prehistory*, p. 169-181.
- MANNING, A. P. (1994). «A cautionary note on the use of hemastix and dot-blot assays for the detection and confirmation of archaeological blood residues». *Journal of Archaeological Science*, 21, p. 159-162.
- MCCORMICK, F. (1992). «Early Faunal Evidence for Dairying». *Oxford Journal of Archaeology*, 11, p. 201-209.
- MCCORMICK, F. (1998). Dins: Mills, C. M.; Coles, G. *Life on the Edge: Human settlement and marginality*, p. 49-53.
- MILISAUSKAS, S.; KRUK, J. (1989). «Neolithic economy in central-Europe». *Journal of World Prehistory*, 3, p. 403-446.
- MOTTRAM, H. R.; EVERSLED, R. P. (2001). «Elucidation of the composition of bovine milk fat triacylglycerols using high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry». *Journal of Chromatography A*, 926, p. 239-253.
- NIELSEN, B. O.; MAHLER, V.; RASMUSSEN, P. (2000). «An arthropod assemblage and the ecological conditions in a byre at the Neolithic settlement of Weier, Switzerland». *Journal of Archaeological Science*, 27, p. 209-218.
- OUDEMANS, T. M.; BOON, J. J. (1991). «Molecular archaeology - analysis of charred food remains from prehistoric pottery by pyrolysis-gas chromatography mass spectrometry». *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 20, p. 197-227.
- PAYNE, S. (1973). «Kill-off patterns in sheep and goats». *Anatolian Studies*, 23, p. 281-303.
- RASMUSSEN, P. (1993). «Analysis of Goat Sheep Feces from Egolzwil-3, Switzerland - Evidence for Branch and Twig Foddering of Livestock in the Neolithic». *Journal of Archaeological Science*, 20, p. 479-502.
- REID, A. (1996). «Cattle herds and the redistribution of cattle resources». *World Archaeology*, 28, p. 43-57.
- REGERT, M.; BLAND, H. A.; DUDD, S. N.; VAN BERGEN, P. E.; EVERSLED, R. P. (1998). «Free and bound fatty acid oxidation products in archaeological ceramic vessels». *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 265, p. 2027-2032.
- RICE, P. M. (1987). *Pottery analysis: a Sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- ROWLEY-CONWY, P. (2000). «Milking caprines, hunting pigs: the Neolithic economy of Arene Candide in its West Mediterranean context». Dins: ROWLEY-CONWY (ed.). *Animal Bones, Human Societies*, p. 124-132. Oxford: Oxbow Books.
- SATO, I. (1992). «Detection of Alpha S1-Casein in Vomit from Bottle-Fed Babies by Enzyme-Linked-Immunosorbent-Assay». *International Journal of Legal Medicine*, 105, p. 127-131.
- SHERRATT, A. G. (1981). «Plough and Pastoralism: aspects of the secondary products revolution». Dins: HODDER, I.; ISSAC, G.; HAMMOND, N. (ed.). *Patterns of the Past: Studies in honour of David Clarke*, p. 261-305.
- SHERRATT, A. G. (1983). «The secondary exploitation of animals in the Old World». *World Archaeology*, 15, p. 90-104.
- SHERRATT, A. G. (1997). «The secondary exploitation of animal in the Old World (revised). The secondary exploitation of animals in the old-world». In *Economy and society in prehistoric Europe: changing perspectives*, p. 199-228.
- SMITH, P. R.; WILSON, M. T. (1992). «Blood residues on ancient tool surfaces - a cautionary note». *Journal of Archaeological Science*, 19, p. 237-241.
- SPANGENBERG, J. E.; JACOMET, S.; SCHIBLER, J. (2006). «Chemical analyses of organic residues in archaeological pottery from Arbon Bleiche 3, Switzerland - evidence for dairying in the late Neolithic». *Journal of Archaeological Science*, 33(1), p. 1-13.
- TUROSS, N.; BARNES, I.; POTTS, R. (1996). «Protein identification of blood residues on experimental stone tools». *Journal of Archaeological Science*, 23, p. 289-296.
- WELLS, H. G. (1908). «Thermo-stability of milk proteins». *Journal of Infectious Disease*, 5, p. 449.
- WHITTLE, A. (1996). *Europe in the Neolithic: the creation of new worlds*. Cambridge: University Press.

Oliver CRAIG es llicencià amb grau a la Universitat de Nottingham l'any 1994, en les especialitats de bioquímica i genètica. Després de cursar un màster en arqueologia funerària, osteologia i paleopatologia a la Universitat de Sheffield, es traslladà finalment a la Universitat de Newcastle-upon-Tyne, on va completar la seva tesi doctoral, que dedicà a l'anàlisi dels residus d'aliments en ceràmiques arqueològiques. Posteriorment, Oliver desenvolupà la seva recerca en el marc de diferents projectes postdoctorals des de la Universitat de Newcastle amb l'objectiu d'aplicar diferents metodologies d'anàlisi que permetessin la caracterització de l'origen de l'economia agrícola a Europa. El 2004 es traslladà a Roma amb una beca Marie Curie, on ha tingut l'oportunitat de continuar la seva línia de recerca amb conjunts arqueològics italians. Oliver Craig ha publicat els seus treballs en un gran nombre de revistes internacionals d'àmbit científic i arqueològic, com *Nature*, *Journal of Archaeological Science* i *Antiquity*.

Titul original: *The Development of Dairying in Europe: evidence from food residues on ceramics*. Traducció de Carles Tornero.