



# L'experimentació sobre sitges tradicionals. Aportacions de l'arqueologia i de l'agronomia

En este artículo se dan a conocer los resultados de unas treinta series de experimentos sobre silos tradicionales realizados por arqueólogos y por agrónomos en diversos lugares del planeta.

Se analizan los distintos factores que influyen en la conservación del grano en los silos: falta de oxígeno asociada a una tasa alta de dióxido de carbono; bajas temperaturas; baja humedad; asociación a productos repelentes o tóxicos para las plagas. Resulta difícil extraer conclusiones de los experimentos debido a la diferencia de climas y de tipos de silos pero con carácter general se pueden señalar las siguientes: durante su estancia dentro de un silo tradicional, aumenta la humedad del grano, sube la temperatura, aumentan los hongos, se incrementan las pérdidas causadas por los gorgojos (en silos poco estancos), baja la tasa de germinación y, finalmente, se deterioran las cualidades nutritivas de los granos atacados por los hongos.

Palabras clave: arqueología experimental, experimentación, agronomía, etnoarqueología, silos, conservación de cereales, técnicas tradicionales.

L'any 2004 vaig decidir d'aprofundir en l'estudi sobre les sitges per emmagatzemar cereals. L'objectiu era completar els meus coneixements d'arqueologia amb els que tenia d'agronomia, pel fet d'haver nascut en el si d'una família rural del Penedès. D'aquesta manera aprofitava els coneixements que tenia tant de l'arqueologia com de l'agronomia. Quan m'hi vaig posar una de les coses que em va sorprendre va ser descobrir que els agrònoms també havien experimentat aquest sistema d'emmagatzematge i per tant els experiments que jo coneixia a través de l'arqueologia experimental no eren els únics dedicats a l'experimentació sobre sitges tradicionals.<sup>1</sup>

1. Per sitja "tradicional" entenc aquelles sitges que han estat construïdes amb materials que ja eren coneguts d'antic. S'exclouen per tant aquelles en les quals s'utilitzen tècniques

Results of some thirty series of experiments on traditional silos made by archaeologists and agronomists in several places in the world are presented in this article.

The various factors influencing preservation of cereal grains in silos are analysed: lack of oxygen associated to a high rate of carbon dioxide; low temperatures; low humidity; association to repellent or toxic products for pests. It is difficult to draw conclusions from these experiments due to a difference in climates and kind of silos but, generally speaking, some conclusions can be pointed out: while in traditional silos, moisture content of the cereal grains increases, as well as temperature, fungi growth and losses caused by weevil (in unsealed silos); germination rate decreases and, finally, nutritional qualities in grains attacked by fungi deteriorate.

Key words: experimental archaeology, experimentation, agronomy, ethnoarchaeology, silos, preservation of cereals, traditional techniques.

Els arqueòlegs hem de ser conscients que l'emmagatzematge en sitges és una fórmula que s'utilitzava no tan sols a la prehistòria, antiguitat i món medieval, sinó que ha perdurat fins als temps actuals, i per tant compartim el seu estudi amb els historiadors, els etnògrafs i els agrònoms.

Cal tenir en compte que al segle XVIII gairebé tota la Mediterrània i alguns països de l'Europa central i oriental estaven coberts per una xarxa de graners i de sitjars on es conservaven moltíssimes tones de blat a l'espera que es produís una mala collita en alguna regió que estimulés el preu dels cereals i justificqués un viatge per mar amb una embarcació

i materials introduïts a partir de la revolució industrial, com ara la planxa de ferro, el ciment armat, els materials plàstics, la fibra de vidre, etc.

carregada de gra. Pagesos, mercaders i organitzacions municipals disposaven de sitges on s'estotjava una bona quantitat de gra a fi de garantir la seva provisió en cas d'escassetat. De mica en mica el sistema d'emmagatzematge en sitges va anar decandint i va desaparèixer lentament al llarg del segle XIX, malgrat que es va mantenir en alguns indrets.

Al principi del segle XX les sitges encara eren utilitzades a Extremadura (GONZÁLEZ 1984) o al País Valencià, on les sitges de Burjassot van estar en ús fins l'any 1931 (EXPÓSITO 2005).<sup>2</sup> A Hongria i a la República Txeca es van utilitzar fins aproximadament l'any 1950 (FÜZES 1984; KUNZ 2004). Als anys seixanta encara eren conegudes al sud d'Itàlia i a les illes de Malta i de Xipre (DE TROIA 1992; TOTA 2004; HYDE, DAUBNEY 1960; HOGARTH 1889, 102). Als anys setanta s'utilitzaven en alguns punts d'Algèria (SERVIER 1985, 335-336) i eren ben corrents a Turquia i a l'Iran (ESIN 1968; MAKAL 1963, 19-20; WATSON 1979, 125-126). Als anys vuitanta les sitges eren ben vives a Jordània (AYOUB 1985) i al desert del Negev a Palestina, on hi ha constància que els beduïns van emmagatzemar cereals en sitges fins fa vint-i-cinc anys (CURRID, NAVON 1989, 68). Al Marroc es calcula que als anys mil nou-cents vuitanta s'emmagatzemaven prop d'un milió de tones de cereal en sitges subterrànies (BARTALI 1987, 1995) i potser avui trobaríem algun pagès que encara guarda el gra en sitges o almenys que les ha utilitzades recentment.<sup>3</sup>

Si marxem més enllà de la Mediterrània, fins a les regions de climes tropicals, en algunes zones d'Àfrica encara avui són utilitzades les sitges subterrànies: al Sudan, a Etiòpia, a Somàlia, a Nigèria, etc. Pel que fa al continent asiàtic, a més del Pròxim Orient, que ja ha estat comentat més amunt, a algunes regions de l'Índia s'utilitzaven les sitges per conservar blat, sorgo, etc. (RAMASIVAN *et al.* 1966). A l'extrem Orient, també era corrent l'emmagatzematge de l'arròs en diversos indrets. I ja per acabar em deixo el continent americà, on diverses cultures utilitzaven les sitges per emmagatzemar el moresc abans de l'arribada dels europeus.

Arqueòlegs i agrònoms han investigat com es produeix la conservació dels cereals en sitges i en quines condicions, si bé ho han fet amb criteris molt diferents. Els arqueòlegs han experimentat amb sitges a fi de veure quins processos tècnics i econòmics es van produir en el passat. En canvi, els agrònoms no han investigat les sitges des del punt de vista de la seva història sinó de la utilitat que podrien tenir en el context de l'agricultura actual, i han intentat trobar fórmules que permetessin millorar l'emmagatzematge tradicional. En aquest article intentaré aprofitar els coneixements dels uns i dels altres ja que el subjecte és el mateix i només canvia l'enfocament.

2. Per un estalvi de cites bibliogràfiques en aquesta introducció només donaré les referències essencials que no han estat donades en treballs anteriors. Podeu completar les cites bibliogràfiques a MIRET 2005 i 2006.

3. Peña-Chocarro *et al.* (2000) assenyalen que a les muntanyes del Rif les sitges ja no s'utilitzen, però donen a conèixer un projecte etnoarqueològic basat en el testimoni de gent que les ha utilitzades.

## Quatre nocions prèvies sobre la conservació del gra

Atès que aquest treball es publica en una revista d'arqueologia amb una majoria de lectors sense coneixements específics d'agronomia, crec convenient d'explicar algunes nocions bàsiques sobre la conservació dels grans.

En primer lloc prendrem en consideració la humitat del gra, ja que és un dels paràmetres més importants per a la seva conservació. Tota matèria viva conté una part important d'aigua dins dels seus teixits. Els grans, cereals o lleguminoses, un cop feta la batuda, contenen un percentatge relativament baix d'humitat, especialment quan s'han produït en regions seques i quan en la batuda es fan servir tècniques que contribueixen a l'assecat. A la Mediterrània, per exemple, s'utilitza tradicionalment la sega de les tiges de cereal, la lligada en garbes i la batuda a les eres. El gra roman dies estès a la calor dels migdies de juliol i d'agost amb temperatures pel damunt dels 30 o 40° C i s'asseca fins assolir un grau d'humitat per sota del 10%. Amb percentatges tan baixos d'humitat els fongs no hi tenen res a fer, ja que necessiten valors per sobre del 14% per poder actuar.

La taxa de germinació, o sigui el percentatge de grans que germinen d'una mostra de cereals, és també un paràmetre molt important quan aquest s'utilitza com a llavor per sembrar, ja que cal que la taxa sigui alta. Actualment per sembrar cereals els pagesos utilitzen llavors certificades amb una taxa superior al 85%. Això vol dir que el nostre proveïdor garanteix que de cada 100 llavors en naixeran almenys 85. Quan els pagesos es feien la seva llavor tenien molta cura de seleccionar la millor llavor, que fos de l'any, que fos ben sana i que no n'hi hagués de migrada. Val a dir que un gra amb una taxa de germinació alta normalment és un gra comestible, mentre que un gra perfectament comestible pot haver perdut la capacitat de germinar.

Normalment se sol parlar de tres terminis de conservació del gra: curt, mitjà i llarg. Es parla de conservació a curt termini quan el gra es vol fer servir per al consum immediat, en pocs dies o en poques setmanes. Tradicionalment en la conservació a curt termini se solen utilitzar cabassos, sacs, arques (caixes de fusta), ceràmiques, recipients de fang cru o de femta de vaca, etc.

A mig termini vol dir que el gra s'ha d'utilitzar en els pròxims mesos però sempre amb anterioritat a la següent collita. A més dels sistemes que ja he esmentat es poden utilitzar també els graners i les sitges.

I finalment l'emmagatzematge a llarg termini implica conservar el gra d'una collita per l'altra, conservant el gra un o diversos anys. Normalment només es poden utilitzar les sitges o els graners.

Un altre punt que haurem de tenir molt en compte és que les pràctiques agrícoles no són universals sinó que van adaptades a uns climes, a uns sòls i a un entorn socioeconòmic determinat. Una pràctica agrícola que pot ser molt bona en una determinada regió pot ser nefasta o d'inútil aplicació en una altra. Per això en aquest treball parlaré de zones mediterrànies, temperades i tropicals. Tots tres climes tenen unes

condicions de conservació del gra distintes i molt sovint no és possible generalitzar.

Un cop feta aquesta introducció, en la part que segueix exposaré algunes experimentacions que s'han fet sobre les sitges en diverses parts del món, des dels treballs pioners del segle XIX fins a les investigacions més recents. Presentaré cadascun dels experiments agrupats en tres blocs segons les condicions climàtiques en que es desenvolupen: en clima mediterrani (Europa, Àsia i Àfrica), temperat (Europa i Amèrica) o tropical (Àsia i Àfrica). L'ordenació dins de cada bloc és purament cronològica, sense fer distinció entre l'experimentació realitzada pels arqueòlegs o pels agrònoms, o, com es dona en algun cas, per ambdós col·lectius.

Al final de l'article faig un intent de treure unes primeres conclusions de tot el que pot donar aquesta experimentació, si bé resulta molt difícil d'extreure conclusions generals a causa de la diferència de climes entre les diverses regions del planeta i de la diversitat de sitges utilitzades en les experimentacions.

## Els experiments de la zona mediterrània

La regió mediterrània comprèn la major part de països de l'entorn d'aquest mar. És una regió de clima subtropical, d'hiverns suaus, amb màxims de pluges a la primavera i a la tardor. La pluviometria és en general baixa, però hi ha humitat suficient perquè actuïn els fongs. El principal enemic dels estocs de grans és el corc del blat (*Sitophilus granarius*).

Sabem per les fonts històriques i pels agrònoms antics que a la regió mediterrània la conservació dels cereals es podia fer a mitjà o a llarg termini.

## Les observacions de Louis Doyère a Extremadura

Un dels agrònoms francesos del segle XIX que més va contribuir al coneixement de l'ensitjat dels cereals va ser Louis Doyère, el qual, interessat pel tema, va fer un viatge a Extremadura i a Andalusia el setembre de 1852 a fi de veure de prop les sitges que s'hi trobaven. A Almendralejo (Extremadura) va poder observar un grup nombrós de sitges en el moment que eren obertes per comprovar si el gra es trobava en bones condicions. Doyère va prendre la temperatura i la humitat del gra de diverses sitges i va comprovar que com més temps feia que el gra era en una sitja major era el seu grau d'humitat. En concret, el gra batut l'any 1852, quan Doyère visita Almendralejo, tenia una humitat entre el 7,9 i 9,4%, segons mostres; en una sitja d'un any era del 10,7%, de dos anys 12,2 i de tres anys 11,9%. Això, és clar, el gra del centre, perquè a les parets i al fons algunes mostres donaven 15, 17 i fins i tot un 19% d'humitat (DOYÈRE 1862, 86 nota 1).

La temperatura del gra també canviava amb la profunditat. El 14 de setembre Doyère va prendre la temperatura del sòl d'una sitja, de 4,30 m de fondària, a diverses profunditats amb l'ajut d'un filaberquí i també la temperatura del gra a les mateixes profunditats conforme s'anava buidant. A la taula següent resumeixo les seves observacions.

Profunditat	terra	gra
0,25 m	25,6° C	32,2° C
1,30 m	--	29° C
2,50 m	aprox. 17° C	21,6° C
4,10-4,40 m	19,2° C	19,6° C

Relació fondàries de la sitja / temperatures del terra i del gra

Com es pot veure, la temperatura del gra és sempre superior a la de la terra que l'envolta, i Doyère observa que a la part superior de la sitja és on es produïa l'escalfament del gra (DOYÈRE 1862, 85).

Doyère es va adonar que les sitges que podríem anomenar tradicionals, amb recobriments de fang, de palla o en el millor dels casos, de maons, no mantenien un hermetisme suficient. Per això ell va experimentar amb sitges de planxa de ferro que donaven un grau d'hermeticitat força superior als dels seus predecessors. Així va aconseguir de conservar blats durant sis anys en llocs humits com Asnières, prop de París (DOYÈRE 1862, 97-123).

## Els experiments de Malta

Als anys 1950 a l'illa de Malta encara s'utilitzaven algunes sitges tradicionals com les de Saint Publius a Floriana o el Fort de Saint Elmo a la Valletta, construïdes en la seva major part al segle XVII. Normalment l'emmagatzematge durava de 6 a 9 mesos i tenien una capacitat de 50 a 500 tones (HYDE, DAUBNEY 1960).

El novembre de 1958 es van reomplir dues fosses de 60 tones de capacitat al sitjar de Saint Publius de Floriana, amb blat procedent dels Estats Units. Es tractava de dues fosses d'uns 9 metres de profunditat i un diàmetre d'uns 4,5 metres, amb un coll de 2,5 metres de llargada, excavades als llims i amb les parets recobertes d'un morter de calç conegut amb el nom de *puzzolana*. Al fons hi tenien unes fosses de drenatge que acumulaven l'aigua que pogués travessar les parets. Una de les dues sitges (fossa 42) es va preparar a la manera tradicional i per això es va posar palla per aïllar el gra de les parets, mentre que a l'altra (fossa 43) s'hi va posar una emulsió sintètica per millorar-ne la capacitat hidròfuga. L'objectiu de la prova era veure si aquesta emulsió millorava la conservació del gra. Les fosses es van mantenir tancades durant 6 mesos, fins al maig de 1959. Es van mesurar la temperatura i la composició de l'atmosfera intersticial i es van analitzar mostres del gra abans i després de l'ensitjat per veure com havien variat.

En aquest treball em centraré només en els resultats de la sitja tractada a la manera tradicional. Així, d'una humitat inicial del 12,9% es va passar al final dels 6 mesos al 14,2%, mentre que al fons de la sitja unes onze tones de gra va ser descartades per a l'alimentació humana ja que contenien fins a un 20% d'humitat. En tres setmanes l'oxigen va baixar considerablement, i va ser substituït per aproximadament el mateix volum de diòxid de carboni (fig.

4). La temperatura es va mantenir força estable a l'interior de la fossa. Quan es va obrir la sitja, l'aire feia una olor "de formatge passat". En l'anàlisi química de les mostres de gra es van trobar variacions en el contingut de proteïnes, en els àcids grassos i en els sucres, que afectaven la qualitat de la farina que se'n podia treure.

En general es reconeix que la palla va absorbir una bona part de la humitat de les parets, malgrat que el recobriment modern va donar millors resultats.

### ***Experiments a Lahav, Palestina***

Al nord del desert del Negev, a Palestina, un grup d'agrònoms del Kibbutz Lahav van fer una sèrie d'experiments a principis dels anys seixanta. Es va reomplir una sitja tradicional amb ordi i es va mantenir tancada durant dotze mesos. La infestació d'insectes es va mantenir a un nivell baix i es va comprovar que només afectava les zones superficials. Les pèrdues, degudes principalment als fongs, eren de l'ordre de l'1,3% (CALDERON, DONAHAYE 1963, citat per GILMAN, BOXALL 1974, 20).

Aquest va ser l'inici d'una sèrie llarga d'experiments de conservació de l'ordi en zones àrides que continua encara avui dia, ja que Lahav s'ha convertit en un centre d'experimentació agronòmica important, però les tècniques emprades són modernes i per tant no les descriuré en aquest treball (NAVARRO *et al.* 2000).

### ***Els experiments de Rabat, el Marroc***

Als anys mil nou-cents vuitanta al Marroc es va veure que no es disposava de prou infraestructures centralitzades d'emmagatzematge de cereals i això va fer que alguns agrònoms es plantejessin que calia millorar l'emmagatzematge tradicional a les petites explotacions agràries. L'Institut Agronòmic i Veterinari Hassan II va construir dues sitges al campus de la Universitat de Rabat, en un sòl argilós sota una capa superficial de sorres d'1,1 m de gruix. La pluviometria normal és superior als 800 mm de pluja anual.

Es van assajar dues hipòtesis: una la sitja tradicional amb un recobriment de les parets amb 10 cm de palla tal com es fa en diverses regions del Marroc, i l'altra amb un recobriment de làmina de plàstic que oferia una millor impermeabilització de les parets. En aquest treball em centraré en les dades procedents de la sitja amb recobriment de palla.

Les fosses es van omplir amb 4 tones d'ordi cadascuna els dies 27 i 28 d'abril de 1987 i els grans s'hi van mantenir 200 dies, fins al 20 de novembre. Es va posar un sistema de sensors de temperatures en diversos punts de les sitges i es varen analitzar mostres del gra abans i després de l'ensitjat a fi de veure les diferències. Durant tota l'experiència les temperatures dins la massa dels grans estotjats van ser més elevades que les enregistrades prop de les parets (fig. 7), se'n dedueix que la principal font de calor és biològica i que les parets participen en el refredament del gra de les seves proximitats. La conducció tèrmica entre el gra i el sòl és dificultada per l'aïllament tèrmic del revestiment intern de les parets. La contaminació de l'estoc per la humitat del sòl augmenta la humitat relativa i el contingut d'hu-

mitat dels grans, que passen d'un 9,6% a un 14,7%. Aquesta humitat afavoreix el creixement dels fongs dins la palla i el gra així com el desenvolupament i la reproducció dels insectes. El diòxid de carboni puja fins a un 16% en volum al final de l'experiment, i malgrat que no es va mesurar el contingut d'oxigen, es dedueix que devia ser baix però no suficient per matar tots els insectes, ja que tot i que la taxa de mortalitat era molt important encara se'n va trobar algun de viu a la part alta de la sitja. A causa de la humitat, la taxa de germinació va baixar considerablement, del 72% inicial a un 53% al cap de sis mesos (mitjana aritmètica de les quatre mostres que faciliten els autors). Es calcula que la pèrdua de pes sec va ser del 6,27% al final de l'emmagatzematge (BARTALI, AFIF 1988; BARTALI, AFIF, PERSOONS 1989; BARTALI *et al.* 1990).

### ***Els experiments de Settat, el Marroc***

El mateix any 1987 es va iniciar un altre conjunt d'experiències de l'Institut Agronòmic i Veterinari Hassan II, amb una bateria de 16 sitges de tipus tradicional en la qual s'assajava la diferència entre les sitges amb recobriment de palla i les recobertes amb làmina de plàstic a les parets. L'experiment es va dur a terme a prop de Settat, regió de Chaouia, a uns 70 km al sud de Casablanca (BARTALI, DEBBARH 1991).

Les sitges tenien una capacitat cadascuna d'unes 1,3 tones i es van omplir amb blat de la varietat Ouet Zenati. Eren d'un tipus corrent al Marroc, de forma troncocònica amb una cambra superior (fig. 1, 1). Es va comprovar la temperatura i la humitat relativa en diversos punts de les sitges. La meitat d'elles tenien un recobriment de plàstic i l'altra meitat de palla. Es van dividir en quatre grups de quatre: el primer grup era format per dues sitges idèntiques amb plàstic i altres dues amb palla, que es van obrir als tres mesos i es van prendre mostres de gra en quatre posicions diferents (dalt, centre, baix i costat). Als sis i als nou mesos es va fer el mateix amb altres grups i finalment als 16,5 mesos (és a dir, aproximadament als 500 dies) es van obrir les quatre darreres.

Totes les mostres es van enviar al laboratori i es van sotmetre a unes anàlisis detallades per saber com havia afectat l'estada en sitges a la conservació del producte. En les sitges amb recobriment de palla es va observar que el blat que havia estat estotjat amb una humitat inicial de l'11,2% va passar als tres mesos a valors superiors al 16% (fig. 10). La humitat de l'aire intergranular era alta i va determinar el desenvolupament dels fongs, sobretot a les parets de la sitja, on es va produir una degradació de les qualitats del gra, que va afectar alguns paràmetres nutricionals i la capacitat del gra per fer farina panificable (BAKHELLA, KANANA, BABA 1993). Les pèrdues del gra varen ser d'un 20% calculades en pes sec (BARTALI, DEBBARH 1991, 18).

### ***Més experiments a Lahav, Palestina***

El Projecte per a la Conservació del Gra de Lahav pretenia determinar si les sitges subterrànies construïdes a l'edat del ferro de Palestina podien conservar

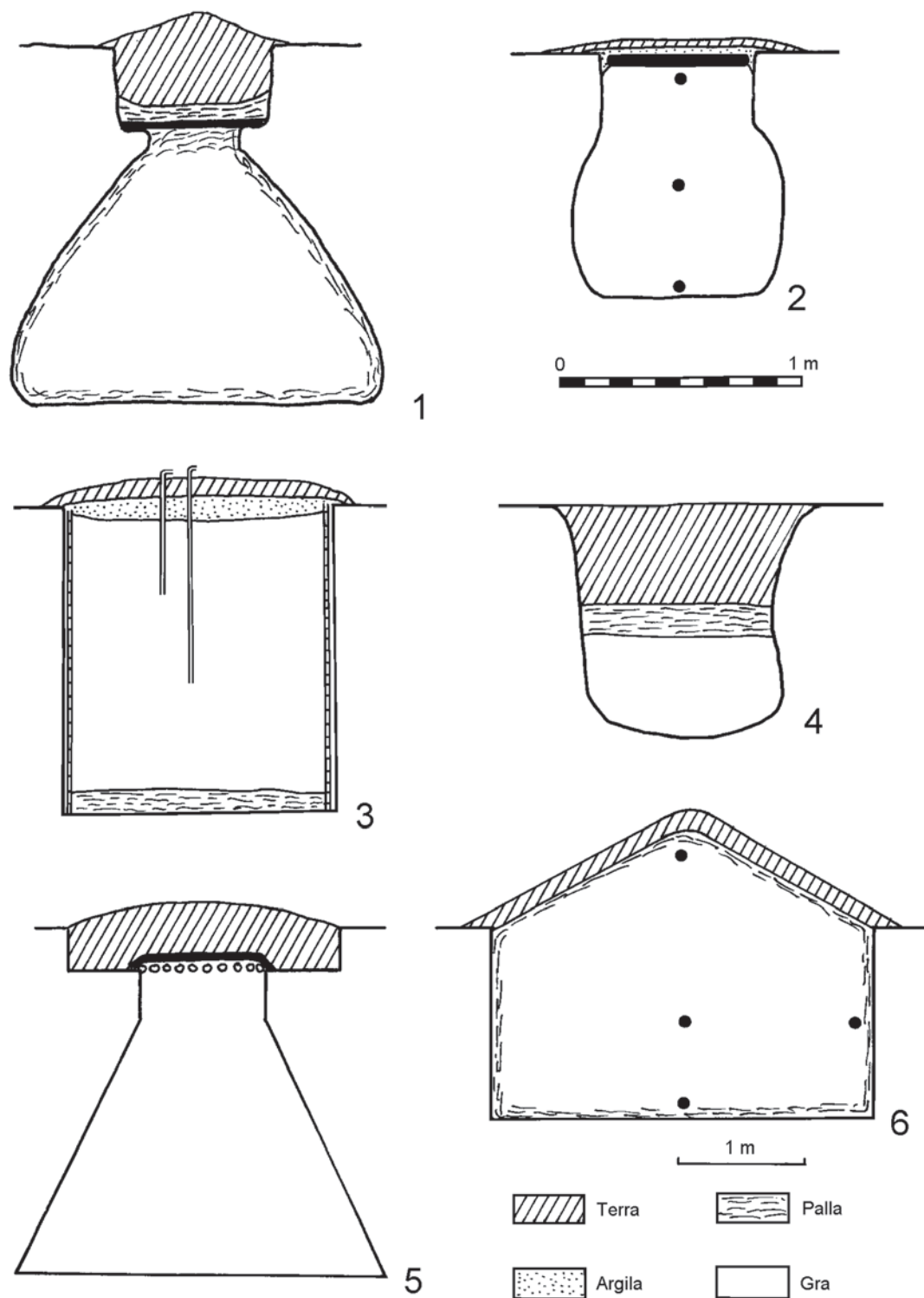


Fig. 1. Secció de diverses sitjes utilitzades en l'experimentació i descrites en aquest treball: 1) Sitja troncocònica de Settat, al Marroc. 2) Sitja 1 utilitzada als experiments de l'Esquerda, Roda de Ter, Catalunya. El tancament es fa amb una llosa de pedra, una capa d'argila i una capa de terra. Els punts indiquen els llocs d'on es van treure les mostres de cereal per analitzar. 3) Sitja B de Bredon Hill, Regne Unit, cilíndrica, amb un recobriments de cistelleria a les parets. Els tubs assenyalen els llocs on es prenen les mostres de gas per analitzar. 4) Sitja de Cuiry-les-Chaudardes, a França, en forma de campana, amb un tancament de palla i una bona capa de terra. 5) Sitja tradicional d'Etiòpia, tancada amb troncs, una capa de fang per segellar i una capa de terra. 6) Sitja del Sudan, cilíndrica, amb una capa de palla per aïllar de les parets i una capa de terra al damunt.

L'escala aproximada de les quatre primeres figures s'indica sota la núm. 2, la 6 té escala pròpia i la 5 no en té.

La majoria de figures han estat redibuixades i modificades.

Fonts: 1) BARTALI, DEBBARH 1991, 6, fig. 3. 2) REYNOLDS 1998, 139, fig. 51. 3) REYNOLDS 1967, 65, fig. 2. 4) FIRMIN 1984, 100, fig. 3. 5) BOXAL 1974, 39, fig. 1. 6) SHAZALI, EL HADI, KHALIFA 1996, 184, fig. 1.

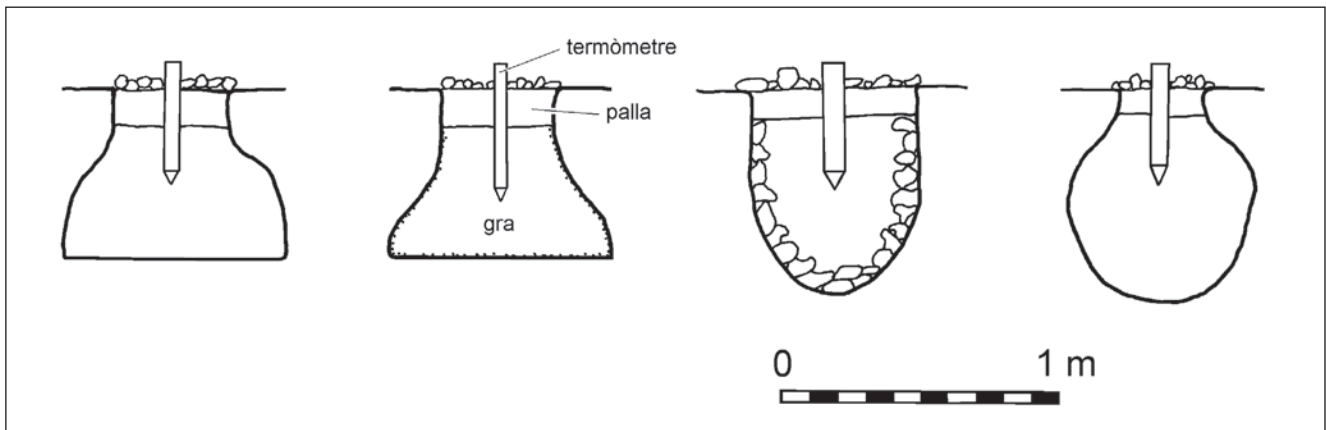


Fig. 2. Sitges experimentals de Lahav (Tell Halif), Palestina.  
Font: CURRID, NAVON 1989, 72, fig. 3 i 73, fig. 4.

adequadament el gra. Els participants en el projecte van provar quatre rèpliques de sitges de l'edat del ferro per a l'emmagatzematge del gra. Aquests experiments van utilitzar informacions dels beduïns del desert del Negev, dels quals consta que van utilitzar sitges per emmagatzemar cereals almenys fins l'any 1983.

Com hem dit, es van construir quatre sitges a Lahav, dues de troncocòniques i dues de cilíndriques, la número 2 amb un recobriment de cendra al fons i la 3 amb pedres a les parets, les 1 i 4 sense recobriment (fig. 2). Els experiments es van fer l'estiu de 1985. Les sitges 1, 2 i 3 van estar tancades durant 3 mesos, mentre que la 4 es va preveure que s'obriria al cap de quatre anys, el juliol de 1989 (CURRID, NAVON 1989).

S'observa que a totes les sitges hi ha un increment de la humitat del gra malgrat que l'experiment es va dur a terme en una zona desèrtica, segons es comprova a la taula següent:

	Sitja 1	Sitja 2	Sitja 3	Sitja 4
<b>Inici</b>	14,4	13,9	13,2	13,6
<b>Final</b>	15,6	14,9	15,2	-

Contingut d'humitat en percentatge.

Les pèrdues del gra s'estimen només en un 2,5%, exclosa la sitja 3, que va ser malmesa per l'acció d'un animal salvatge (potser una guineu).

### Experiments al Campo Ceresole, Vhò di Piadena, Itàlia

Prop del jaciment neolític de Campo Ceresole, a la vall del Po, es va fer la reconstrucció d'una cabana neolítica i d'una sitja cilíndrica d'1 m de diàmetre i 0,60 m de profunditat. A les parets es va posar un revestiment d'argila per aïllar de la humitat del terra i després es va encendre un foc a l'interior de la sitja a fi d'endurir l'argila.

L'estiu de 1988 es va reomplir la sitja amb 100 kg d'ordi modern. Al damunt s'hi va posar una làmina de plàstic per evitar l'entrada d'aigua de pluja i al damunt un nivell d'argila. La sitja es va mantenir tancada durant uns nou mesos fins que es va obrir el 29 d'abril de 1989 amb motiu de la celebració del

seminari sobre arqueologia experimental de Milà. Les infiltracions d'aigua van fer que l'ordi s'inflés però es creu que la manca d'oxigen el va protegir. Això sí, l'ordi va perdre la seva capacitat per germinar (CALEGARI, SIMONE, TINÈ 1990).

En aquest experiment no es va prendre cap mostra per analitzar al laboratori ni abans ni després de la prova. Per tant no hi ha cap dada sobre la humitat del gra, sobre les pèrdues, etc. A més els autors diuen que van utilitzar una llavor d'ordi comercial a la qual se li havia fet un tractament químic contra els fongs, tal com és habitual en l'agricultura moderna. Resulta difícil de dir si aquest tractament fungicida podria haver modificat els resultats.

### Experiments a la cova 120 (Sadernes, la Garrotxa)

La cova 120 és una cova de la vall del Llierca (la Garrotxa) que contenia nivells d'ocupació i d'enterrament del neolític i de l'edat del bronze. Al nivell del neolític final es van descobrir dotze fosses cilíndriques de poca profunditat algunes de les quals podien haver emmagatzemat cereals (AGUSTÍ *et al.* 1987, 44). L'equip d'excavació va voler contrastar el seu ús com a sitges per conservar cereals. Per això, l'agost de 1988 es va excavar als sediments de la cova una fossa de 130 litres de capacitat en la qual es va dipositar només 12 kg d'espigues d'espelta bessona (*Triticum dicoccum*) envoltades de palla i recobertes amb una capa d'argila al damunt, que es va mantenir tancada durant tres mesos i mig. Les primeres setmanes alguns rosegadors van foradar algunes galeries prop de la fossa sense arribar a perforar la paret però el gra es va mantenir en bones condicions.

No es va mesurar la temperatura a l'interior de la fossa, però sí a dins de la cova. La temperatura va ser molt estable i sembla que aquest és un dels avantatges que té l'emmagatzematge del gra en coves.

Al final de l'estiu de 1989 s'inicia una nova campanya d'emmagatzematge amb la construcció de tres sitges noves amb una capacitat compresa entre els 65 i els 113 litres. La primera contenia espelta bessona (*Tr. dicoccum*), la segona espelta comuna (*Tr. spelta*) i la tercera blat comú (*Tr. aestivum*). Tots tres tipus de blats estaven batuts i ventats a mà. L'emmagatzematge va durar uns quinze mesos, fins al desembre

de 1990, i els grans no van sofrir cap deteriorament (ALCALDE, BUXÓ 1989; 1991).

### ***Els experiments de l'Esquerda (Roda de Ter, l'Osona)***

Al jaciment ibèric i medieval de l'Esquerda es va desenvolupar una àrea de recerca experimental en la qual es va assajar el conreu d'antics cereals, la seva conservació en graners o en sitges i també algunes tècniques artesanals antigues. La bona relació dels excavadors de l'Esquerda amb Peter Reynolds, de la Butser Ancient Farm, va permetre aprofitar tota l'experiència acumulada per aquest investigador.

Així es van obrir dues sitges de forma lleugerament ovoide amb una capacitat de 275 i 400 kg d'ordi en què el bocatge es tapava amb una llosa de pedra segellada amb argila humida i amb una capa de terra al damunt (fig. 1, 2).

La sitja petita es va utilitzar durant 6 mesos, de desembre de 1993 a l'11 de juny de 1994. Es van prendre les temperatures i la concentració de CO<sub>2</sub> mensualment. El centre del gra sempre mantenia una temperatura uns 4 o 5 graus per sobre de la temperatura del subsòl a la mateixa profunditat, que era coneguda per una sonda posada al terra. Als tres mesos el diòxid de carboni va pujar al 13% en volum i es va mantenir així fins al final de l'emmagatzematge. La taxa de germinació del gra, que era inicialment del 96,2%, va passar després de sis mesos al 89,8%.

Una altra sitja amb una capacitat de 400 kg d'ordi es va utilitzar durant dotze mesos. Com en l'altra sitja el gra es mantenia sempre uns graus per sobre de la temperatura de la terra, a causa de l'activitat metabòlica del gra (fig. 8). La concentració de diòxid de carboni va fer una pujada important als quatre mesos amb l'arribada de la primavera i es va mantenir alt els mesos d'estiu per decreixer lleugerament a la tardor i a l'hivern. No s'ha publicat encara com es modifica la taxa de germinació al cap d'un any (REYNOLDS 1998).

### ***Experiments a la Universitat Autònoma de Madrid***

Aquesta experiència puntual va consistir a assajar la conservació del gra (blat i ordi torrats) en tres petites fosses de 30-40 cm de diàmetre que contenien només un quilo de cereal cadascuna.

La fossa A1 no contenia cap mena de recobriment, l'A2 era una ceràmica tapada amb una llosa de pissarra colgada dins d'un forat al terra i finalment l'anomenada A3 presentava les parets recobertes d'argila cuita mitjançant un foc fet a l'interior.

La conservació va durar només tres mesos, des del maig a l'agost de 2002. Quan es van obrir les fosses l'estat del gra en general era dolent. L'A1 era la que tenia el gra pitjor, podrit i ennegrit en la seva major part, a l'A3 el gra es trobava alterat només en les zones externes, mentre que el gra guardat dins de la ceràmica A2 era el que es trobava millor, tot i que va perdre un 28% del seu pes inicial (GUAYO 2002-2003).

### ***Els experiments de les zones temperades (Europa i Amèrica)***

Els països temperats es caracteritzen per uns hiverns freds, i en alguns llocs, rigorosos, i uns estius frescos o temperats. La pluviometria sol ser més alta que als països mediterranis, malgrat que les sitges, almenys les d'època històrica, es troben a les zones de menor humitat.

En els experiments que s'han fet a la zona temperada normalment només es considera el fet de conservar el gra a mitjà termini, durant l'hivern. Ara bé, cal tenir en compte que en algunes zones on es disposa de documentació històrica, com a Moràvia, sabem que també eren utilitzades en la conservació a llarg termini.

Gairebé tots els experiments que s'han fet a la zona temperada han estat realitzats per equips d'arqueòlegs. El motiu és que en aquestes zones les sitges van desaparèixer en temps antics o medievals, i només van perdurar fins a mitjan segle xx en alguns països de l'Europa central. A Amèrica també van desaparèixer en gran part amb l'arribada dels europeus.

### ***Els experiments de principis del segle XIX a França***

Des de la Mediterrània els agrònoms de principis del segle XIX es miraven el tema de la conservació del gra en sitges com una cosa pròpia dels homes "pràctics", sense estudis, més que d'un agrònom erudit. Però al nord de França i en indrets més septentrionals del continent les coses es veien d'una altra manera. Allà les sitges eren desconegudes, el gra es conservava en graners on era traspalat diversos cops l'any, es consumia molta mà d'obra i es perdia una part del gra. Alguns agrònoms francesos van creure que les sitges, conegudes a través de viatgers com el comte de Lasteyrie, que havia visitat alguns països mediterranis (LASTEYRIE 1819), o Monsieur Jourdain, que coneixia les sitges que havia vist a Barcelona i les descriu en un article publicat als *Annales de l'Agriculture Française* (JOURDAIN 1819, "DE LA CONSERVACIÓN" 1820), podien ser una solució econòmica per a la conservació dels cereals en altres punts del continent. A partir dels anys 1820 es coneixen els primers assaigs fets a París per diversos investigadors, entre ells Guillaume-Louis Ternaux, Marc-Jean Demarçay, etc. (SIGAUT 1981).

Gairebé tots els experiments que es van fer aquests anys en poblacions septentrionals d'Europa van donar resultats no gaire encoratjadors. Aquests autors no havien entès que l'ensitjat dels grans a llarg termini amb tècniques tradicionals només era possible amb grans molt secs, com els de la Mediterrània, i en llocs on la humitat del terra no provoqués la putrefacció del gra.

### ***Experiments a Broad Chalke, Regne Unit***

Els anys 1964-1966 el Comitè per a la Recerca de l'Agricultura Antiga i el Consell per a l'Arqueologia Britànica van fer unes proves de conservació del gra

en sitges similars a les trobades als poblats de l'edat del ferro. L'objectiu era veure si era possible de conservar el gra en sitges subterrànies en el clima humit d'Anglaterra. Les proves es van fer a Broad Chalke, Wiltshire, Regne Unit (BOWEN, WOOD 1967).

Es van excavar quatre sitges de forma cilíndrica i troncocònica, dues de les mateixes mides que les prehistòriques (sitges 1 i 2) i dues de més petites (sitges *a* i *b*). Les sitges es van utilitzar dues campanyes, els hiverns de 1964-1965 i de 1965-1966. El primer any les sitges es van tapar amb una tapadora de fusta contraplacada moderna i el segon any es va utilitzar una tapadora feta amb calç i argila amb una ànima de vímet. Al terra es va dipositar una capa de palla i a les parets un teixit de vímet, excepte a la sitja *a*.

La sitja 1, amb una capacitat d'uns 1.600 litres, tenia la forma troncocònica, i un recobriment de cistelleria a les parets que va demanar 18 hores de feina d'un artesà especialista. Es va reomplir d'ordi amb un contingut d'humitat del 18,7% (mitjana ponderada de les mostres que faciliten els autors). Es van posar uns tubs d'aspiració per conèixer la concentració de CO<sub>2</sub> dins la sitja. Quan es va obrir el 19 de març de 1965 es va trobar un gra en relativament bon estat de conservació, amb una humitat del 21,5%, una temperatura entre 8 i 13 graus i una taxa de germinació del 92% al centre i de només el 50% als costats.

La sitja 2, cilíndrica, amb una capacitat d'uns 1.500 litres, es va reomplir d'ordi amb un 14,5% d'humitat. Quan es va buidar sis mesos més tard el contingut d'humitat havia pujat al 16%, la temperatura era de 7 graus i la germinació del 97%.

L'hivern de 1965-1966 es van reomplir només les sitges 2 i *b*. Les sitges es van omplir el 30 de setembre amb ordi molt humit, concretament un 26%, i es van treure l'abril següent en mal estat i amb un fort atac de fongs. Val a dir que a l'hivern de 1965-1966 van caure uns 500 mm de pluja, mentre que a l'anterior n'havien caigut només uns 300 (LACEY 1972, 153). Per aquest motiu hom hi va trobar nombrosos fongs de diverses espècies entre ells els gèneres *Penicillium* i *Aspergillus* (LACEY 1972).

### **Experiments a Bredon Hill, Regne Unit**

Aquests experiments es van fer els anys 1965-1967 en quatre sitges al lloc anomenat Bredon Hill a Worcestershire. Les sitges A i B es van excavar el 18 i 19 de setembre de 1965. Tenien un recobriment de cistelleria a les parets, i a l'espai que quedava entre el cistell i les parets es posava argila. Al fons hi tenien palla i es tapaven amb una capa d'argila i al damunt una capa de terra. Tenien dos tubs de coure per poder extreure mostres de l'atmosfera intergranular al centre de la sitja i a la part alta (fig. 1, 3). La sitja A va rebre 840 kg d'ordi amb una humitat del 22%, mentre que la B en va rebre 990 amb una humitat del 14%.

Les sitges es van obrir el 2 d'abril de 1966. La sitja A tenia una humitat final del 21,5%, similar a l'inicial, però la meitat del gra d'aquesta sitja s'havia fet malbé i no es podia aprofitar. En canvi, a la sitja B,

malgrat que la humitat del gra havia pujat al 18,5% i es detectaven fongs, només es va perdre un 2,5% de gra. La concentració de diòxid de carboni es va mantenir a nivells baixos.

També es va experimentar amb les sitges X i Y, més petites, en les quals l'ordi es va conservar correctament (REYNOLDS 1967).

A l'hivern de 1966-1967 van continuar els experiments a les sitges B i X. La sitja B es va reomplir amb ordi però ara sense recobriment de les parets. La concentració de diòxid de carboni va anar pujant amb oscil·lacions fins al 10%. Les baixes temperatures van mantenir el gra en bones condicions (REYNOLDS 1969).

### **Els experiments de la Butser Ancient Farm, Regne Unit**

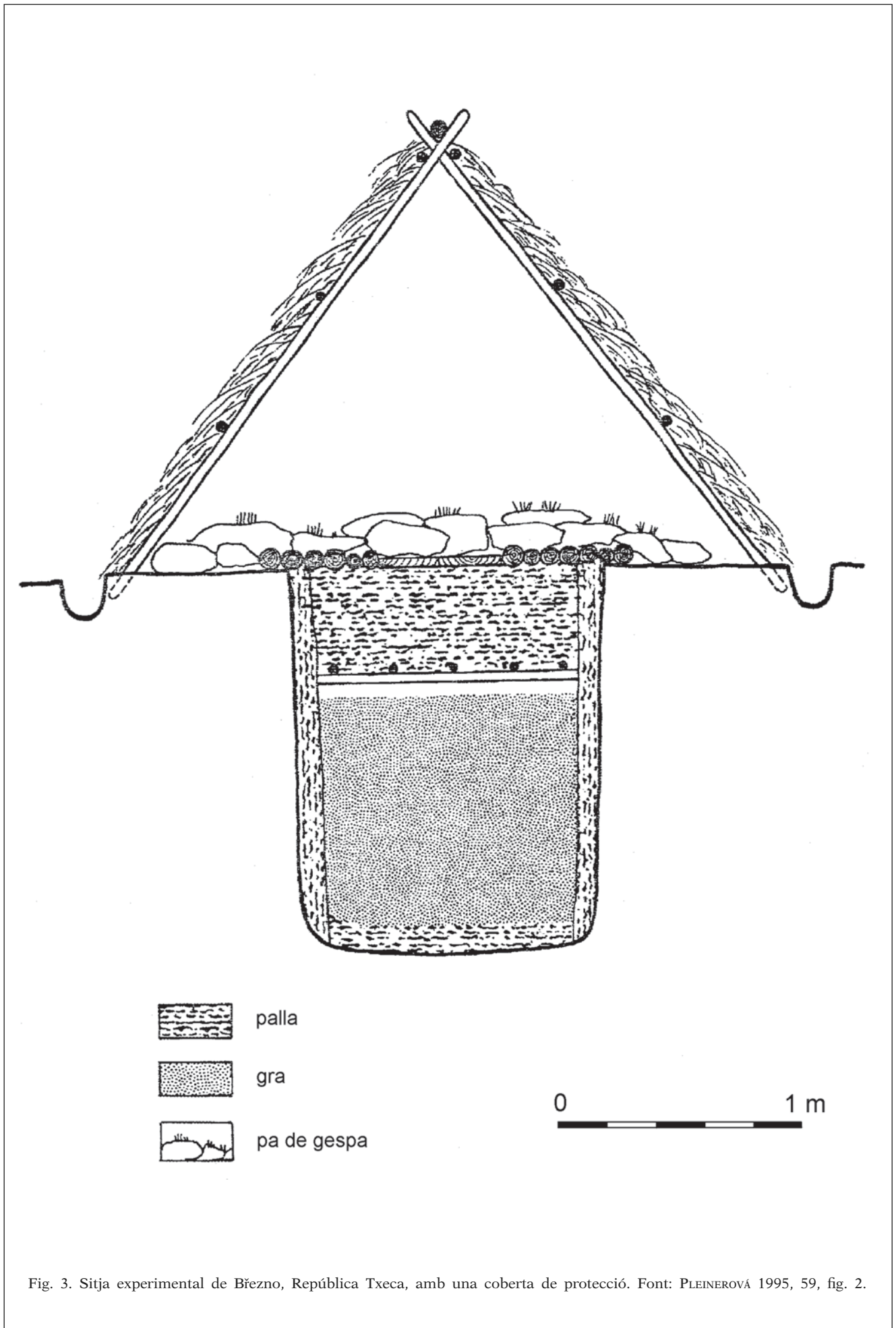
La Butser Ancient Farm és un dels centres d'experimentació arqueològica més coneguts d'Europa. Els seus inicis es remunten a l'any 1972 quan comença el projecte en una petita elevació al comtat de Hampshire al sud d'Anglaterra. A la Little Butser s'hi han portat a terme diverses reconstruccions de cases prehistòriques, de conreu de cereals antics, de llaurada amb rèpliques d'arades prehistòriques, etc. (REYNOLDS, 1988). L'any 1989 el centre es va traslladar a una altra zona propera on han continuat els assaigs de diverses tècniques artesanes, la construcció d'una vil·la romana, etc. (REYNOLDS 2000).

A la Butser Ancient Farm es van fer experiments de conservació de cereals en sitges des de l'any 1972 fins al 1989, i fou l'experimentació sobre sitges més llarga de la història. Els divuit anys que van durar els experiments sobre sitges a la Butser Ancient Farm van ser recollits parcialment a la tesi de Peter Reynolds i després en una altra publicació anunciada que malauradament no ha arribat a sortir mai. Només he pogut consultar les dades completes de les campanyes de 1984-1986 (REYNOLDS 1988, 85-135) i dels anys 1972-1976, que es van fer sota la direcció de P. Reynolds i dels biòlegs R. A. Hill i J. Lacey, de l'Estació Experimental de Rothamsted, un dels centres d'experimentació agronòmica més antics d'Europa.

A la Butser Ancient Farm es van assajar diverses hipòtesis sobre formes, substrats, recobriments, etc. que són recollides als treballs de P. Reynolds (1974, 1979). Els experiments es van realitzar sobre una dotzena de sitges en cadascuna de les quals s'assajava una hipòtesi diferent. Es denominaven amb l'ajut d'un acrònim que identificava les principals característiques de la fossa. En aquest recull citaré les següents:

- MAXU (que després es va convertir en MAXUNLUNC) era una fossa de forma cilíndrica d'1,25 tones de capacitat sense cap tipus de recobriment a les parets.
- MAXB (després MAXBUNLUNC) era una sitja troncocònica d'1,3 tones sense recobriment.
- CLUN (després CLUNC) era una fossa més petita, de 0,25 tones, amb la paret recoberta d'argila humida que incrementa l'hermetisme de les parets. Aquesta capa d'argila s'asseca i cau en bona mesura durant l'estiu, sobretot en la seva cara nord, on hi toca més el sol quan es deixa descoberta.





— COVU (després COVUNL) era també una de les sitges que va ésser assajada més anys. Es tractava d'una sitja cilíndrica amb una capacitat de 0,3 tones situada dins d'una rèplica d'una casa prehistòrica, i és la que va donar millors resultats de conservació, ja que fins i tot en anys humits les pèrdues no superaven l'1% del gra.

Altres sitges assajaven més hipòtesis com la de treure la capa superficial del terra al voltant, la de fer un foc a l'interior, la de posar un recobriment de cistelleria a les parets, la de netejar d'algues les parets abans de cada reompliment, etc., experiments aplicats en diferents tipus de subsòls.

### ***Els experiments de Cuiry-les-Chaudardes i de Chassemy (Vallée de l'Aisne, França)***

Aquests experiments es van fer els anys 1981-1985 a Cuiry-les-Chaudardes per un equip d'arqueòlegs, en una terrassa de l'Aisne prop d'un jaciment neolític. El mateix equip també va fer altres experiments d'agricultura prehistòrica (FIRMIN 1981, 1984, 1986).

Els assaigs es van fer en vuit sitges de les mateixes característiques que les trobades als jaciments neolítics i calcolítics propers. Les vuit sitges tenien un diàmetre de 0,80 m, una profunditat pròxima a un metre (fig. 1, 4) i una capacitat entre 80 i 150 kg de cereal.

Les vuit sitges van sofrir una crema de les parets abans de ser reomplertes, excepte la número 3. Es feien anar per parelles en les quals s'assajava una sitja amb gra fresc amb un contingut d'humitat del 16-18% i una altra amb gra assecat passat per una estufa amb una humitat pròxima al 9%. Es mesurava la temperatura a 1 m de profunditat amb sensors remots.

A les sitges 3 i 4 es va posar gra fresc i es van utilitzar dues campanyes: de novembre de 1981 a juliol de 1982 i de setembre del mateix any al setembre de 1983. Les sitges 7 i 8 van ser reomplertes amb gra assecat i es va utilitzar una campanya de novembre de 1981 a juliol de 1982. Després es van deixar obertes a fi que es degradessin de forma natural. Les sitges 1 i 6 contenien ordi fresc i assecat respectivament. Es van omplir tot un any, de juliol de 1981 a juliol de 1982 i un cop buides van ser colgades amb terra entre la qual hi havia alguns bocins de ceràmica. Es va preveure que s'excavarien uns 10 anys més tard amb metodologia arqueològica. Finalment les sitges 2 i 5 contenien ordi fresc i assecat respectivament i es van tancar durant dos anys, de juliol de 1981 a juliol de 1983.

En obrir les sitges omplertes amb gra fresc es va veure que hi havia una capa de 5-10 cm de floridures a la superfície en contacte amb les parets, mentre que la resta del gra es conservava en bones condicions. Per contra, les sitges amb el gra dessecat i les que es va allargar el període d'ensitjat a dos anys van presentar problemes de conservació (DEVOS, FIRMIN 1984). En aquests experiments la taxa de germinació es va veure molt afectada per la conservació sota terra. Al cap d'un any la germinació va caure en la majoria de les sitges a valors per sota del 3% (DEVOS, FIRMIN 1984, 282).

A pocs quilòmetres de Cuiry-les-Chaudardes els arqueòlegs van assajar una altra sitja a Chassemy, en un terreny arenós. El desembre de 1982 la sitja va rebre 125 kg de blat amb un 16% d'humitat. Es van instal·lar quatre sondes de temperatura. El gra es va segellar amb una capa d'argila de 15 cm recoberta de 30 cm de terra.

La fossa es va obrir el juliol de 1983 i al setembre es va tornar a reomplir, però dificultats en el finançament van fer que l'experiment no es pogués tancar adequadament (DEVOS, FIRMIN 1984).

### ***Experiments a Colònia, Alemanya***

A Colònia (sud d'Alemanya) es van fer diverses proves en quatre hiverns successius, des de l'any 1982 fins al 1986. Es tractava d'una sitja cilíndrica d'1,50 m de profunditat excavada als llims, que s'omplia amb 1.300 kg d'una espelta moderna. El bocatge se segellava amb una capa de 60 cm d'argila i de terra. Es controlava la temperatura i es mesurava el diòxid de carboni produït dins la sitja.

Prop de les parets es formava una capa de 3-5 cm de grans germinats i de floridures, malgrat que el contingut interior de la sitja no variava. La sitja s'omplia a la tardor i s'obria i es buidava a la primavera. A l'estiu la sitja es deixava buida. Les temperatures eren en mitjana uns 3-4 graus més altes a l'interior de la sitja que al subsòl, a causa dels processos biològics que afectaven el gra. Les mostres de gas preses a l'interior mostraven que en unes dotze setmanes desapareixia l'oxigen i a la fossa regnava una atmosfera rica en diòxid de carboni (MEURERS-BALKE, LÜNING 1990).

### ***Experiments a Kansas, Estats Units***

Al campus de la Universitat de l'Estat de Kansas es van excavar sis sitges cilíndriques, cadascuna de les quals tenia una capacitat per a 127,5 kg de mill perlat (*Pennisetum americanum* (L.) Leake). De les sis, tres portaven un recobriment de plàstic per aïllar el gra de les parets i tres, una mica més grans, amb una capa de 10 cm de palla compactada. Les sitges estaven protegides per un cobert que garantia unes condicions de sequedat adequades per a la conservació. L'objectiu era conèixer el comportament de les sitges amb recobriments diferents.

En les tres sitges amb recobriment de palla, que són les que m'interessen en aquest treball, l'oxigen va baixar després de 112 dies d'emmagatzematge a l'11,7%, mentre el CO<sub>2</sub> pujava al 7,1%. La temperatura es va mantenir alta per damunt de la temperatura ambient. La humitat inicial del gra del 13,3% va pujar al 15,1% al final. Els insectes i els fongs van pujar considerablement, mentre que va caure la germinació del 82% inicial al 16,9%. Els autors observen una correlació molt clara entre l'atac dels fongs i la baixada de la germinació (ASANGA, MILLS 1985).

### ***Experiments a Březno, República Txeca***

Al jaciment prehistòric de Březno, al nord-oest de Bohèmia, es va assajar la reconstrucció d'una cabana i d'una sitja. En concret es va fer una rèplica de la sitja 71 del jaciment, de forma cilíndrica, d'1,22 m

de diàmetre superior i 1,50 m de profunditat (fig. 3). Un cop excavada, les parets es van assecar amb un foc que va durar dos dies.

El 28 de setembre de 1988 es va reomplir amb 650 litres de blat modern amb una humitat del 14,2%. El terç superior de la sitja es trobava cobert per 0,50 m de palla i per un pis de troncs. A l'exterior es va posar una teulada de palla tal com és conegut per alguns exemples etnogràfics de les veïnes regions d'Eslovàquia i Moràvia, on les sitges tradicionals es van mantenir fins al segle xx.

Es van posar tubs per analitzar els gasos de l'interior de la sitja i es preniën mostres del gra cada quatre mesos aproximadament. Sabem per les mostres que la temperatura dins la sitja es va mantenir més estable que a l'exterior, que la humitat del gra va anar pujant el primer any fins superar valors considerats segurs per a la conservació (fig. 11). Per aquest motiu el gra només es va mantenir en perfectes condicions els primers nou mesos, amb una taxa de germinació molt alta (fig. 14). Però al cap d'un any, amb altes temperatures i unes humitats al gra pel damunt del 16%, es va produir una caiguda brutal de la germinació i una deterioració general del gra. La sitja es va obrir als dos anys justos el 28 de setembre de 1990 i es va veure que el blat havia perdut bona part de la seva capacitat per germinar i es trobava atacat per fongs dels gèneres *Penicillia* i *Alternaria*. Els nivells de O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> no havien variat gaire i es van mantenir prop dels valors normals de l'atmosfera terrestre (PLEINEROVÁ 1995).

### **Experiments a Wisconsin, Estats Units**

Els oneota eren un poble de la vall del Mississippí anteriors a la colonització europea. Els vestigis arqueològics que han deixat permeten veure que tenien un sistema d'emmagatzematge de les collites semblant al d'altres pobles històrics, com els hidatsa de la vall del Missouri, coneguts per informes etnogràfics.

Els experiments es van fer al costat del jaciment de Swennes, a la Crosse, Wisconsin, els hiverns de 1996-1997 i 1997-1998, en quatre sitges, dues de cilíndriques (núm. 2 i 4) i dues de troncocòniques (1 i 3), de mides compreses entre els 90-100 cm de diàmetre i una profunditat entre 110 i 120 cm. Les sitges 1, 2 i 3 portaven un recobriment de les parets fet amb una herba de la zona (*Phalaris arundinacea*). La sitja 4, en canvi, no tenia cap recobriment. Les sitges es van reomplir amb moresc conreat sense l'ús de pesticides.

Es van prendre mesures de temperatura, de la concentració de gasos i de la humitat relativa. A l'alta vall del Mississippí els hiverns són freds i humits. Les temperatures van ser molt baixes, amb una mínima de -18° C (fig. 9). Potser a causa d'aquestes baixes temperatures, la conservació va ser bona malgrat que gairebé no hi va haver despreniment de diòxid de carboni fins al final de l'experiment (fig. 6) (MARTINEK 1998).

### **Experiments a Iowa, Estats Units**

L'hivern de 1997-1998 un grup d'arqueòlegs del Grinnell College, a l'estat d'Iowa, va voler assajar la conservació del moresc en sitges, tal com era conegut

per antics informes etnogràfics. Per això van excavar quatre sitges a les argiles, dues d'un metre i dues d'un metre i mig de profunditat. Les parets es van folrar amb herbes silvestres i van ser omplertes amb moresc, desgranat o amb panotxes, i recobertes amb una capa d'herbes i de terra. Un tub a l'interior de les sitges permetia supervisar les temperatures i el contingut de CO<sub>2</sub>. Les sitges es van omplir el mes d'octubre i no es van obrir fins a l'abril següent, després d'un hivern humit i fred, típic d'Iowa. El gra es va conservar bé, amb una bona taxa de germinació i sense indicis de fongs i bacteris, excepte a la part externa (WHITTAKER, KAMP, BRENTON 2005).

### **Experiments a Borek, República Txeca**

Al jaciment de Borek, a la República Txeca, es va fer una reconstrucció d'una cabana prehistòrica associada a diversos fossats, forats de pal, forns, etc.

Un dels elements que es va voler reproduir va ser una sitja troncocònica d'1,3 m de diàmetre màxim i 1,2 m de profunditat, en l'excavació de la qual, feta amb un pal cavadador i una aixada de fusta, es va treballar nou hores. Després es van recobrir les parets amb fang i palla menuda, es va posar palla a les parets i el 8 d'agost de 1997 es va reomplir la sitja amb 200 litres de blat. Passat l'hivern, l'abril de l'any següent es va buidar i es va veure que el blat es trobava en bon estat (TICHÝ 2000, 99). No em consta que es fes cap control de temperatures o de la composició de l'atmosfera intergranular.

### **Els experiments de les zones tropicals (Àsia i Àfrica)**

El clima tropical es caracteritza per les altes temperatures i per una estació seca i una altra d'humida. Les sitges només s'utilitzen a les zones de clima tropical sec, normalment la conservació és a mitjà termini durant l'estació seca, però en etapes d'abundància es pot superar l'any d'emmagatzematge.

Com a conseqüència de les altes temperatures els insectes es troben molt actius, especialment el corc de l'arròs (*Sitophilus oryzae*) i el corc del moresc (*Sitophilus zeamais*).

### **Experiments amb sitges elevades a Samaru, Nigèria**

La Universitat d'Ahmadu Bello va fer alguns experiments amb graners fets de fang (o sitges elevades) a la zona de Samaru, al nord de Nigèria, els anys 1959-1961.

Els graners eren cilíndrics amb una alçada interna d'1,37 m i un diàmetre intern d'1 m. La base es trobava sobre una plataforma de pedres de 0,30 m d'alçada i al damunt tenien una teulada cònica de palla. Es van prendre les temperatures i la humitat del gra en diversos punts de les sitges.

La durada dels experiments va ser de 6 a 9 mesos i es va utilitzar sorgo en gra (batut) i en panotxes (sense batre) (GILLES 1964).

Aquests experiments tenen l'interès de ser dels pocs que conec fets sobre graners tradicionals de terra.

## El treball de camp de l'Institut Indi per a la Conservació del Gra (Índia)

A Uttar Pradesh, al sud de l'Índia, eren àmpliament utilitzades unes sitges excavades al terra anomenades "khatties". Se'n distingeixen dos grups, els anomenats "pucca khatties" amb les parets recobertes amb maons o amb ciment, i els anomenats "kaccha khatties" que són simples fosses excavades al terra de 4,5-5 metres de profunditat, amb un coll de forma circular i habitualment amb una capacitat entre 24 i 32 tones. Les parets i el fons es recobreixen amb una capa de palla per aïllar el gra de la humitat de la terra.

A principis dels anys setanta un grup d'agrònoms associats a l'Institut Indi per a la Conservació del Gra i a la FAO van estudiar catorze sitges dels pagesos de la zona que es trobaven plenes de blat, gram, morenc i pèsols. Havien estat omplertes els mesos d'abril i de maig. Al novembre i desembre, quan van arribar els mercaders, els pagesos van obrir les seves sitges i els agrònoms van aprofitar per prendre algunes mesures i mostres de gra a fi de determinar paràmetres com la temperatura, la humitat del gra, la concentració d'oxigen, la taxa de germinació, etc., a diferents alçades de la sitja. Les observacions que van fer els agrònoms van ser les següents:

Que les temperatures del gra eren més altes que la terra del voltant.

Que en les sitges protegides amb maons la humitat era més alta al fons de la sitja, mentre que en les altres era a l'inrevés.

L'oxigen variava entre el 3,5 i el 10% en les sitges protegides amb maons i resultava molt variable (entre un 0 i un 18,5%) en les no recobertes.

La germinació era molt variable, d'un 11 al 85% en les sitges recobertes amb maons i del 16 al 96% en les que no ho estaven (GIRISH *et al.* 1972).

## Experiments a Harar, Etiòpia

A la regió de Harargue, a Etiòpia, bona part dels pagesos guardaven la collita de sorgo en sitges subterrànies. Segons R. A. Boxall (1974b, 39) a la província de Harar el 62% dels pagesos utilitzaven exclusivament les sitges i un altre 8% les utilitzaven en combinació amb altres mètodes. A Harar es va fer un experiment en el qual es volia veure quines eren les espècies de fongs presents en l'emmagatzematge subterrani. Es va agafar sorgo de la collita de 1971 i es va posar en vuit sitges de forma troncocònica amb una capacitat de 600 kg cadascuna, construïdes a la manera tradicional (fig. 1, 5).

Un cop excavades es van deixar obertes quatre setmanes perquè s'assequessin les parets, es va fer un foc a l'interior que va durar 12 hores i al fons s'hi va posar un llit de palla. Les sitges es van organitzar en quatre parelles i cada parella era formada per una sitja plena i una altra reomplerta fins a la meitat. Amb aquestes sitges reomplertes a mitges s'intentava imitar el costum dels pagesos de la zona de retirar periòdicament una part del gra de la sitja. Les sitges es van mantenir durant dotze mesos. Una parella es va obrir un cop al mes, l'altra cada tres mesos, l'altra cada sis i finalment l'última només es va obrir un cop al final.

Es va veure clarament que en les sitges que s'obrien més sovint hi havia major creixement de fongs i d'insectes que en les que només es van obrir un cop. El creixement dels fongs afectava sobretot el gra dels costats de la sitja, i en el cas de les sitges que s'obrien més sovint els fongs afectaven quasi tota la massa del gra. Malgrat que s'esperava que les sitges mig plenes tindrien un major atac d'insectes que les sitges totalment plenes a causa del major volum d'oxigen present dins la fossa, el fet és que l'experiment no va donar proves concloents en aquest sentit (NILES 1976, 121).

Altres experiments i treballs de camp de la mateixa regió són exposats en dos treballs de R. A. Boxall (1974 a i b). Aquest autor (BOXALL 1974b, 44) dona a conèixer un experiment en el qual es van avaluar les pèrdues en pes en una sèrie de sitges, unes plenes fins dalt i les altres només fins a la meitat, i on es distingia entre les sitges que s'obrien només un cop de les que s'obrien un cop al mes. L'experiment va demostrar que les pèrdues en pes de les sitges que s'obren sovint són molt superiors a les que es mantenen tancades, tal com podem veure a la taula següent:<sup>4</sup>

		oberta un cop	oberta cada mes
<b>sitges plenes</b>	insectes (1)	3%	38%
	fongs (2)	2%	25%
<b>sitges a mitges</b>	insectes (1)	6%	55%
	fongs (2)	7%	32%

(1) Insectes: Percentatge de pèrdues causades pels insectes.

(2) Fongs: Percentatge de pèrdues causades pels fongs.

En un altre experiment es van fer unes sèries de quatre sitges en les quals s'assajaven quatre tipus de revestiment de les parets: ciment, làmines de plàstic, palla i sense revestiment (de control). El gra tenia una humitat inicial del 12,5%, però al cap de quatre mesos havia pujat al 13,98% en les sitges recobertes de palla i al 18,14% en les de control. Restà clara la necessitat d'aïllar el gra de les parets de terra de la sitja (BOXALL 1974b).

## Anàlisi d'una mostra de gra al Iemen

L'any 1976 l'etnògraf Marcel Gast es trobava a la República Àrab Iemen, concretament al poble de Beyt el'Askri, a 2.300 m snm, i va coincidir amb l'obertura d'una sitja de sorgo que havia estat cinc anys tancada.

Marcel Gast no tan sols va descriure els detalls de com va anar la feina sinó que es va emportar una mostra que va fer analitzar en un laboratori francès (ADRIAN, DRAPON, GAST 1979; GAST 1979).

Els resultats es van comparar amb tres mostres de sorgo procedents del Iemen per veure com havien

4. Pot molt ben ser que l'experiment que cita Boxall i el que he esmentat més amunt publicat per Niles siguin el mateix.

afectat els cinc anys de conservació a les qualitats nutritives del sorgo. En resum, en l'anàlisi bioquímica es detecten pèrdues de vitamines malgrat que aquestes es consideren febles i poc significatives. Les proteïnes van sofrir una certa degradació, tot i que es considera força acceptable tenint en compte els cinc anys d'emmagatzematge. Finalment, varia la composició dels àcids grassos, que en opinió dels entesos podria ser causada per l'atac de fongs.

### **Experiments de Baidoa, Somàlia**

A Somàlia bona part del pagesos conservaven el gra de sorgo en unes sitges semisubterrànies de forma cilíndrica conegudes localment amb el nom de "bakar". L'any 1985 el Complex de Recerca Agrícola de la BRADP va fer alguns experiments de conservació a llarg termini en quatre sitges a la localitat de Baidoa. Les parets es van cremar i es van recobrir amb tiges de sorgo. Un pilar en forma d'Y aguanyava una estructura de troncs i tiges de sorgo recobert amb una capa d'argila i terra. Aquesta superestructura tenia un forat tapat amb una tapadora.

Les quatre sitges es van omplir parcialment el setembre de 1985 amb diverses varietats de sorgo i es van mantenir tancades disset mesos fins al febrer de 1987. Quan es van obrir es va veure que gairebé tot el gra estava atacat pels insectes (entre un 82 i un 100% dels grans de les mostres). Es van identificar els gèneres i espècies d'insectes que atacaven el gra, entre els quals destacaven *Tribolium castaneum* (Herbst), *Rhizopertha dominica* (Fabricius) i *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens).

Aquesta investigació es va completar amb un estudi sobre l'ús que feien els pagesos somalis de les sitges (LAVIGNE 1991).

### **Experiments a la regió de Gedaref, el Sudan**

A la plana central del Sudan prop del 50% del sorgo que es collia s'emmagatzemava en sitges, segons un treball de camp fet l'any 1987 a la regió de Gedaref (SHAZALI, EL HADI, KHALIFA 1996).

Relacionades amb aquesta regió em consten dues experimentacions distintes. La primera va ser amb motiu de la tesi doctoral d'Anne Itto a la Universitat de l'Estat de Kansas, als Estats Units. L'any 1987 es van excavar sis sitges cilíndriques de 0,80 m de profunditat, que van conservar el sorgo durant 3 mesos. Es mesurava: la humitat de la terra, del recobriment, del gra, la temperatura i la taxa de germinació. Dues sitges no tenien recobriment de les parets i es van reomplir amb sorgo net del corc de l'arròs (*Sitophilus oryzae*). Altres dues sitges tenien les parets recobertes amb tiges de sorgo i també estaven lliures de corc. Finalment el darrer parell de sitges tenien recobriment a les parets i es van infectar expressament amb set adults de corc de l'arròs per quilo de gra (ITTO 1988).

Les principals conclusions a què es va arribar en aquesta tesi van ser:

Creixien els fongs del gènere *Penicillium* i declinaven els del gènere *Alternaria*.

La presència de corcs provocava una pujada de temperatures que suposava la migració de la humitat cap a les parets i a l'atmosfera exterior. Baixava la taxa de germinació.

La concentració de CO<sub>2</sub> en les sitges sense recobriment era 5 cops més alta que en les recobertes. L'oxigen tenia un comportament invers.

### **Experiments a Shambat, Gedaref, el Sudan**

Un altre grup d'experiments es va fer a l'Estació de Recerca de Shambat, on es van excavar 12 sitges semisubterrànies a la manera tradicional, de 3 m de diàmetre i 1,5 m de profunditat, amb un curull d'un metre d'alçada recobert amb una capa de terra i amb una capacitat de prop de 10 tones (fig. 1, 6). Es van agrupar en grups de tres i s'assajaven quatre recobriments de les parets: amb ciment, amb làmina de plàstic, amb fang i palla i un quart de control sense cap recobriment. Aquí ens centrarem en els dos darrers ja que són els únics que podem classificar com a tradicionals.

Es va prendre la temperatura, la concentració d'oxigen i el contingut d'humitat del gra un cop al mes en quatre posicions dins de cada sitja. A més, es van analitzar mostres dels grans abans i després de l'emmagatzematge a fi d'estudiar altres paràmetres.

El gra de sorgo es va ensitjar durant 11 mesos, des del maig de 1987 fins al març de l'any següent. La temperatura mitjana durant aquest període va ser de 38,1° C a l'exterior, mentre que en les sitges amb recobriment de fang i palla va ser de 42,1° C i en les sense recobriment 40,0° C. La pluja durant el període de juliol a octubre va ser de 371,9 mm.

La concentració d'oxigen es va mantenir gairebé sempre per sobre del 15%, la qual cosa indica que es van produir intercanvis de gasos amb l'atmosfera. Recordem que aquests nivells d'O<sub>2</sub> no són letals per als insectes i això va fer que les pèrdues de grans atacats pels insectes pugessin al 5,18% (fang i palla) i al 5,45% (sense recobriment).

El contingut d'humitat inicial era de 6,8%, que va pujar pel damunt del 10% a la part alta i al centre, però als costats de la sitja amb recobriment de fang i palla va pujar fins al 14,5% i a les sitges sense recobriment fins al 13,7%.

La taxa de germinació va caure d'un 87,3% inicial a un 43,7% al centre de les sitges amb recobriment de fang i palla, i a un 14,3% a les que no estaven recobertes. Cal dir que als costats la germinació era de només un 2% (SHAZALI, EL HADI, KHALIFA 1996).

### **Altres experiments a la plana central del Sudan**

Aquest treball de camp es va dur a terme els anys 1993, 1994 i 1995 en tres poblats de la zona central del Sudan, seleccionats per tenir tres sòls diferents: molt argilosos, argilosos i sorrencs. En total es va experimentar amb 44 sitges diversos, en les quals s'estudiaven els diferents tipus de sòls, el recobriment de les parets i diferents mides de les sitges. En algunes fosses el període de conservació va arribar a

durar fins a mil dies. A la majoria de les sitges es van posar uns sensors per supervisar la temperatura i el contingut d'humitat del gra en diversos punts de la sitja (normalment a dalt, al centre, a baix i al costat nord). També es prenen mostres del gra cada vegada que s'obria una sitja.

El gra es mantenia en bones condicions especialment en les sitges menys profundes i amb el curull més pronunciat, en les recobertes amb palla i en els sòls no gaire argilosos. Amb la supervisió del contingut d'humitat es veu com aquesta anava pujant del 8 o 9% inicial a valors més alts que podien superar el 13,5%, que és el percentatge que es considera "segur" per al sorgo en zones tropicals. Sobretot als costats i a la part baixa de la sitja els percentatges d'humitat podien superar aquests valors (fig. 12) (ABDALLA *et al.* 2001, 2002a, 2002b).

### **Observacions a la regió de Hararghe, Etiòpia**

Vers l'any 1994 la Universitat d'Alemaya va fer uns experiments en sis sitges de la regió de Hararghe (est d'Etiòpia) en col·laboració amb els pagesos, tres en un poble a 1.500 m snm anomenat Kille i les altres tres en un altre poble situat més amunt, a 2.000 m snm, anomenat Tinike. Totes les sitges eren troncocòniques, de 2 m de profunditat, 0,50 m de diàmetre al coll, 1,50 m de diàmetre a la base i uns 500 kg de capacitat.

Per assecar les parets els pagesos cremaven herbes seques durant unes 12 hores. Al fons de les sitges hi posaven 5 cm de panícules de sorgo seques. El bocatge se segellava amb una barreja de fang i buina i al damunt hi posaven una pila de 20 cm de terra.

En els experiments es mesurava la humitat i la temperatura del gra, la germinació, les pèrdues causades pels corcs (*Sitophilus zeamais*), es feien anàlisis químiques i s'identificaven els fongs presents. L'experiment es va fer coincidir amb l'estació seca. Es prenen mostres del gra de dalt, del centre, de baix i del costat de cada sitja amb una barra de 2 m de llargada. Es van prendre mostres al començament i cada 60 dies, fins al final dels 180 dies d'emmagatzematge. Els experiments van mostrar que es produïa un increment de la humitat del gra, dels fongs i de la temperatura, una baixada de la taxa de germinació i a més s'observaven diferències en les anàlisis bioquímiques, que suposaven un detriment en les qualitats nutritives del sorgo. Es va observar que les sitges normalment no estaven ben segellades i no se solien fer gaires inspeccions. Per aquest motiu el gra solia patir una deterioració important (LEMESSA, BULTOSA, WAKGARI 2000).

### **Experiments amb sitges elevades a Kazgail (el Sudan)**

A la regió de Kordofan, al W del Sudan, s'utilitzen tradicionalment uns graners (o sitges elevades) fets amb fang i femta de vaca anomenades "sweiba". Es tracta de graners cilíndrics posats al damunt d'una plataforma de troncs i coberts amb una teulada cònica

de material vegetal, amb una capacitat de 300-500 kg, on es disposa el gra de sorgo. Els experiments es van fer a Kazgail, estat de Kordofan, gràcies a la col·laboració de quatre pagesos (dos homes i dues dones) als quals es va facilitar un lot compost d'un *sweiba* tradicional de 400 kg, un altre *sweiba* amb algunes millores proposades pels agrònoms i quatre sacs de 90 kg cadascun que es guardaven dins d'un magatzem, per així poder comparar els tres sistemes.

Els millors resultats es van obtenir amb els graners millorats, on la pèrdua després de vuit mesos va ser de només d'un 2,23%, en els tradicionals es va incrementar al 4,42% i en sacs les pèrdues van arribar al 8,34% (SHAZALI, AHMED 1998).

### **Treball de camp de la Universitat de Maiduguri (Nigèria)**

La Universitat de Maiduguri, al NW de Nigèria, va fer un estudi de camp l'any 1997-1998 en el qual va treure informació i mostres de gra dels pagesos de la zona. El conreu més important de la zona és el mill perlat (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). Es va veure que la forma d'emmagatzematge més important eren els sacs de plàstic (65,6% de les mostres), seguit dels graners o sitges elevades (18,8%), de les ceràmiques (9,4%) i de les sitges subterrànies (6,3%). Les sitges subterrànies es troben en franca regressió en aquesta zona sobretot si es considera que en un estudi similar fet els anys 1993-1994 el percentatge de gra guardat a les sitges era del 21,4%. La causa sembla ser la incompatibilitat de les sitges per als usos comercials.

En aquest estudi es comparava el percentatge de gra malmès segons la procedència de les mostres. Precisament el més malmès procedia de les sitges subterrànies, amb un 80,1% del gra atacat pels insectes, si bé cal tenir en compte que es tractava de mostres extretes de sitges amb més de tres anys d'antiguitat, ja que el sistema en el qual es conserva el gra més temps és el de les sitges subterrànies (LALE, YUSUF 2000).

### **Experiments a la Universitat d'Alemaya, Etiòpia**

Com ja he comentat, la majoria de pagesos de Hararghe, a Etiòpia, conserven el seu gra de sorgo en sitges subterrànies. Per això recentment s'han fet alguns experiments al campus de la Universitat d'Alemaya, a la regió de Hararghe, en els quals es van provar quatre tipus diferents de sistemes de conservació del gra: 1) Sitja elevada recoberta amb una làmina de plàstic, 2) Sitja subterrània recoberta de ciment i plàstic, 3) Sitja subterrània recoberta amb femta de vaca i plàstic, 4) Sitja subterrània sense cap mena de material d'aïllament.

Els tractaments suposaven tres repeticions. Hi havia un termòmetre per comprovar les temperatures tres cops al dia. Es prenen mostres de gra cada dos mesos i en total l'experiment va durar 17 mesos, de l'any 2000 al principi de 2002.

En les fosses sense recobriment, que són les que aquí m'interessen, la temperatura i la humitat del

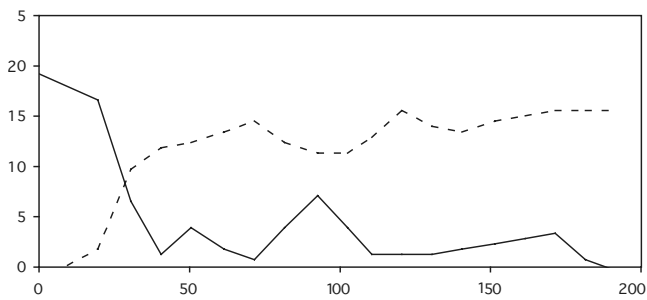


Fig. 4. Evolució de l'oxigen (línia contínua) i del diòxid de carboni (discontínua) a la sitja 42 de Malta. S'observa un comportament invers de l'O<sub>2</sub> i del CO<sub>2</sub> durant els 180 dies (sis mesos) que va durar l'experiment.  
Font: HYDE, DAUBNEY 1960, 124.

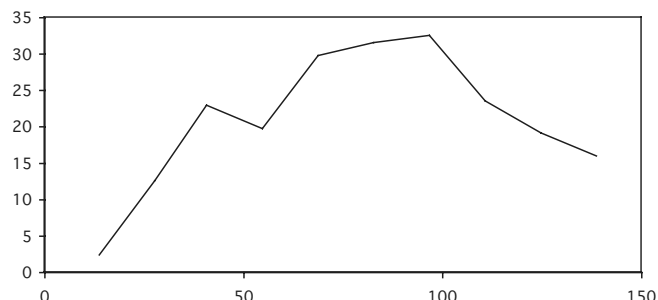


Fig. 5. Evolució del diòxid de carboni a la sitja MAXBUNLUNC de la Butser Ancient Farm, Regne Unit. S'observa com el CO<sub>2</sub> supera el 21% que es podria haver produït en la respiració i per tant aquests elevats valors de diòxid de carboni han de ser produïts per la fermentació del gra humit. Font: REYNOLDS 1988, 109, taula 9.

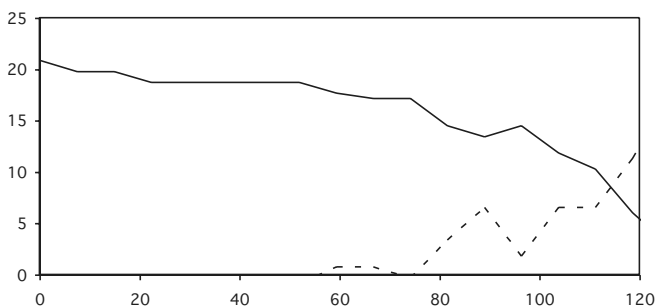


Fig. 6. Evolució de l'oxigen (línia contínua) i del diòxid de carboni (discontínua) a la sitja 4 de Wisconsin, als Estats Units, durant l'hivern de 1997-1998. A causa de les baixes temperatures no es va produir l'esperada caiguda de l'O<sub>2</sub>, substituït per CO<sub>2</sub>, fins al final de l'experiment, amb l'arribada de la primavera. Font: MARTINEK 1998, 99.

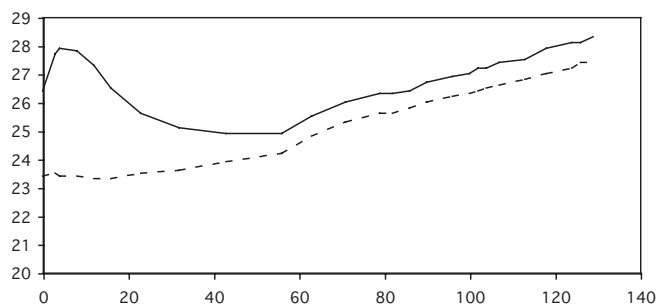


Fig. 7. Evolució de les temperatures en una sitja experimental a Rabat, el Marroc, durant els primers 140 dies d'emmagatzematge. Línia contínua, temperatura al centre del gra; línia discontínua, temperatura de la terra a la mateixa profunditat. Font: BARTALI *et al.* 1990, 305, fig. 5.

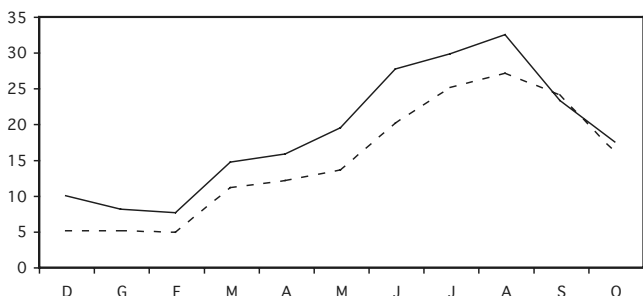


Fig. 8. Evolució de les temperatures de la sitja 2 de l'Esquerda, Catalunya, durant 11 mesos d'emmagatzematge. Línia contínua, temperatura al centre del gra, línia discontínua, temperatura de la terra a la mateixa profunditat. Font: REYNOLDS 1998, 137.

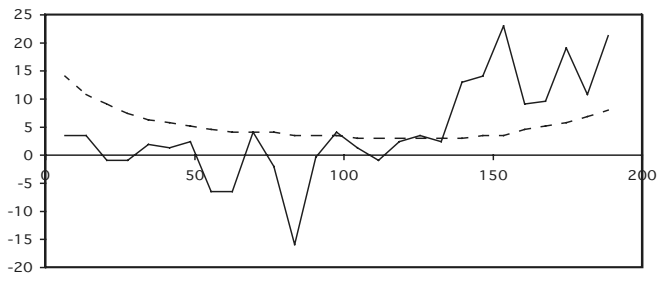


Fig. 9. Evolució de les temperatures a la sitja 1 de Wisconsin, als Estats Units, l'hivern i primavera de 1996-1997. Observem com la temperatura del gra (línia discontínua) es manté estable, mentre que la temperatura exterior (línia contínua) fluctua considerablement. Font: MARTINEK 1998, 98.

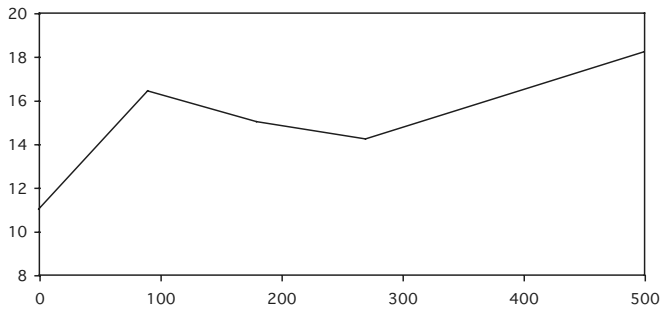


Fig. 10. Evolució de la humitat del gra en una sitja experimental de Settat, el Marroc, després de 16,5 mesos (500 dies) d'emmagatzematge. Als primers tres mesos el blat incrementa notablement la seva humitat, s'estabilitza prop dels set mesos (210 dies) i a partir d'aquí inicia un lent creixement fins al final de l'experiment.  
Font: BAKHELLA, KAAANANA, BABA 1993, 12, fig. 2.

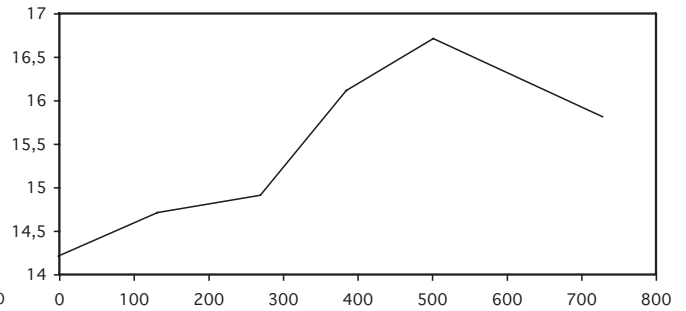


Fig. 11. Evolució de la humitat a la sitja de Březno, República Txeca. Els primers nou mesos el gra es manté amb una humitat acceptable, però després puja a valors excessivament alts que repercuteixen en la bona conservació del gra i finalment torna a baixar a valors més modestos.  
Font: PLEINEROVÁ 1995, 61, fig. 3,3.

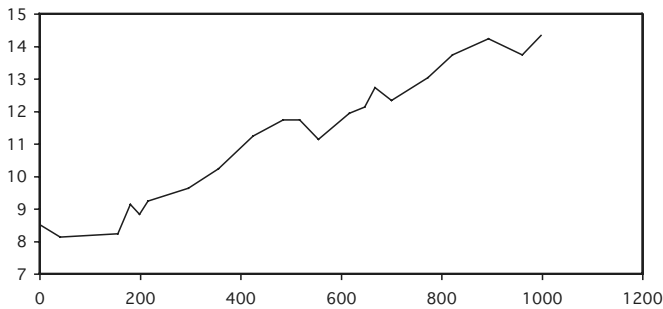


Fig. 12. Evolució de la humitat en una sitja al Sudan, en la qual el sorgo es va mantenir durant tres anys (més de mil dies). Lentament el sorgo es va humitejant fins a superar valors considerats segurs per a la conservació. Font: ABDALLA *et al.* 2001, 79, fig. 7, sitja U.

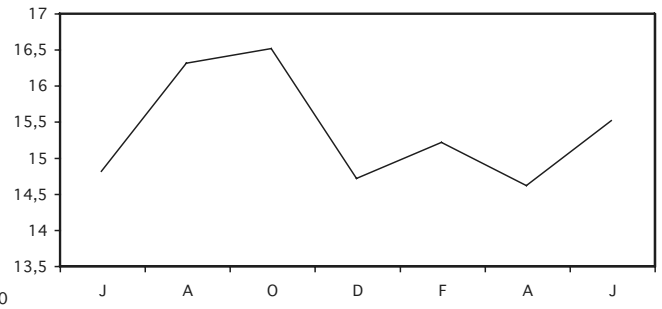


Fig. 13. Evolució de la humitat en una sitja experimental del campus de la Universitat d'Alemaya, Etiòpia. Les mesures es prenen cada dos mesos. S'observa una evolució sinusoidal amb un màxim a l'estació humida i un mínim a l'estació seca. Font: DEJENE, YUEN, SIGVALD 2004, 519, fig. 4.

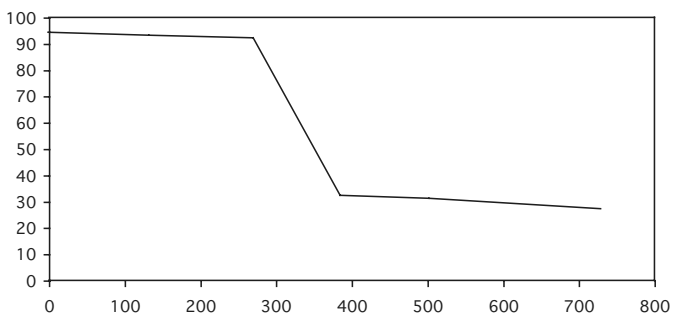


Fig. 14. Taxa de germinació del blat a la sitja de Březno, República Txeca, durant els dos anys que va durar l'experiment. Amb l'arribada del primer estiu creixen les temperatures i la humitat i es produeix una davallada important de la germinació. Font: PLEINEROVÁ 1995, 61, fig. 3,2.

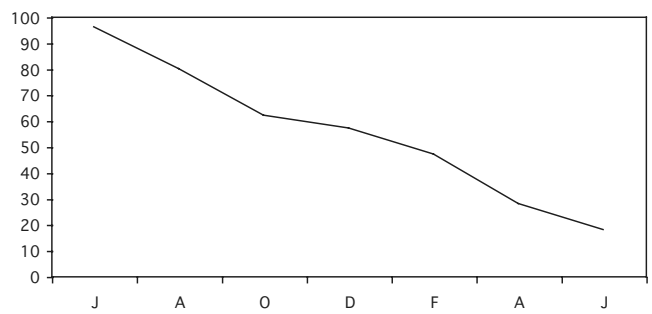


Fig. 15. Taxa de germinació en una sitja experimental del campus de la Universitat d'Alemaya, Etiòpia. Les mesures es prenen cada dos mesos. S'observa una caiguda progressiva de la taxa de germinació del sorgo. Font: DEJENE, YUEN, SIGVALD 2004, 518, fig. 3.



gra eren més altes que en els altres sistemes de conservació (fig. 13). La germinació del gra queia un 6% cada mes (fig. 15), mentre que es mantenien estables en els altres sistemes. Apareix una notable concentració de fongs en les fosses sense recobriment (DEJENE 2004, DEJENE, YUEN, SIGVALD 2004). Els autors conclouen que cal millorar els sistemes tradicionals d'emmagatzematge si es vol mantenir una bona qualitat del gra de sorgo al llarg del temps.

## Conclusions

Què fa que el gra es conservi bé a les sitges? Doncs podríem parlar de quatre factors fonamentals, que actuen en funció de les condicions climàtiques en les quals es troba la sitja i que per tant en uns casos poden actuar i en uns altres casos no. En concret els factors són:

- La manca d'oxigen ( $O_2$ ), associada sovint a una taxa alta de diòxid de carboni ( $CO_2$ ).
- Les baixes temperatures.
- La baixa humitat.
- L'associació a productes repel·lents o tòxics per a les plagues.

Pel que fa a la manca d'oxigen, el principi d'acció de les sitges és molt senzill i té una llunyana relació amb el que avui en dia en diem conservació en atmosfera protectora. Molts dels aliments que comprem al primer món estan envasats en bosses de plàstic dins les quals hi ha un gas inert (per exemple una barreja de nitrogen i de diòxid de carboni) que estableix el producte durant un temps. Un principi semblant s'aplica a les sitges, només que d'una forma natural.

Quan es tanca una sitja els grans de cereal deixen entre ells un espai de prop del 40% del seu volum, que anomenem *atmosfera intersticial o intergranular* (MULTON, TRENTESAUX, GUILBOT 1973, 338). Aquest aire té inicialment la mateixa composició de l'atmosfera terrestre i si consulteu qualsevol enciclopèdia veureu que es compon d'un 78% de nitrogen, d'un 21% d'oxigen i d'un 1% d'altres gasos, entre ells un 0,03% de diòxid de carboni.

Amb els grans entren a la sitja multitud de microorganismes. Segons sabem per l'experimentació, la respiració del gra, dels insectes, dels fongs i dels bacteris provoquen un canvi en l'atmosfera intergranular, es consumeix oxigen i es desprèn diòxid de carboni i vapor d'aigua. L'oxigen minva en la mateixa proporció que s'incrementa el diòxid de carboni. Quan s'ha "cremat" tot l'oxigen, el diòxid de carboni assoleix el mateix volum que tenia inicialment l'oxigen, és a dir, el 21%. Si mireu les figures 4 i 6 veureu l'evolució d'aquests gasos a l'interior de les sitges de Malta i de Wisconsin.

La respiració dels insectes i àcars sol frenar-se en el moment en què el contingut d'oxigen de la sitja se situa per sota del 2%. En aquest punt els insectes (en especial els adults del corc del blat) es desplacen prop del bocatge de la sitja buscant la mica d'oxigen que es pot filtrar pel dispositiu de tancament de la sitja i s'aletarguen o moren, ja que no disposen de prou oxigen per continuar la seva activitat vital. En canvi, alguns bacteris i llevats poden seguir actius

amb nivells d'oxigen inferiors i si hi ha prou humitat es desenvolupen i poden produir una alteració dels grans que pot modificar la seva capacitat de germinar o les seves qualitats nutritives. En condicions favorables proliferen fongs i bacteris que provoquen l'alteració d'una part més o menys important del gra, especialment a la part alta de la sitja, on es condensa el vapor d'aigua produït en la respiració, i en les parets laterals i fons, a causa de l'absorció d'aigua procedent de la filtració de les pluges (SHEJBAL, BOISLAMBERT 1982; HYDE 1973, 1974).

Diversos estudis han comprovat que la disminució d'oxigen i l'increment de diòxid de carboni dins les sitges es deuen sobretot a la respiració dels insectes i dels fongs (SHEJBAL, BOISLAMBERT 1982, 774; HYDE 1974, 384-385). Malgrat que el gra també respira els experiments de laboratori mostren que la seva aportació a la modificació de les atmosferes intergranulars és modesta, malgrat que augmenta amb el contingut d'humitat.

En els països mediterranis el gra es cull sec i s'acaba d'assecar a les eres amb motiu de la batuda. Molt sovint els grans procedents de la Mediterrània no superen el 10% d'humitat. En aquestes condicions el gra té reduït el seu metabolisme al mínim i gairebé no respira. En canvi les altes temperatures fan que els insectes es trobin molt actius. En canvi, en països més humits com l'Europa atlàntica i continental el gra té un contingut d'humitat elevat (14-20%), es troba molt actiu i es calcula que la respiració del gra contribueix en major mesura a la disminució d' $O_2$  i a l'increment de  $CO_2$ .

En condicions de quasi absència d'oxigen però amb una humitat elevada alguns llevats són capaços de sobreviure generant una reacció bioquímica distinta de la respiració anomenada fermentació, la qual produeix més diòxid de carboni. Aquest gas augmenta de manera significativa el caràcter letal de les atmosferes pobres en oxigen, de tal forma que el gra guardat en aquestes condicions es conserva adequadament en no tenir cap plaga que el pugui perjudicar. El fenomen de la fermentació es detecta en els experiments quan en una sitja apareix una concentració de  $CO_2$  superior al 21%. Normalment la trobem a les sitges que s'inunden d'aigua com a conseqüència de les pluges continuades. N'hi ha exemples a la Butser Ancient Farm (sitja MAXBUNLUNC, fig. 5) i en zones tropicals a Samaru, Nigèria (O'Dowd 1971, 23-26).

El segon principi de conservació són les baixes temperatures. En general la major part d'insectes, de fongs i de bacteris tenen una activitat molt migrada amb temperatures per sota dels 15° C. I hem vist que en alguns experiments de zones temperades, com els de Broad Chalke, Wisconsin i Iowa, les temperatures eren més baixes de 15° C durant tot l'hivern i de manera puntual se situaven per sota de zero (fig. 9). Com és natural aquest factor de conservació només afecta les temperatures d'hivern dels climes temperats i els mediterranis més frescos i exclou els tropicals.

Un tercer factor de conservació és la manca d'humitat, que pot actuar a les zones desèrtiques del Pròxim Orient i del nord d'Àfrica. Recordem que bona part de les regions àrides del sud i de l'est de la Mediterrània són zones en les quals sabem per informacions històriques i etnogràfiques que el

cereal era emmagatzemat en sitges. Pel que fa als experiments, tan sols en els de Lahav, al desert del Negev, s'ha de considerar que el factor principal de conservació és l'aridesa del clima.

I en el darrer lloc dels factors de conservació esmentaré els productes d'acció repel·lent o tòxica en relació amb les plagues que afecten el gra, utilitzades per moltes societats tradicionals. Aquests productes han estat recollits i inventariats en alguns treballs entre els quals destaquen els de Luca (1979, 1981a, 1981b), Beutler (1981), Golob i altres (1999) i Bolens (1979, 110). Entre els productes més utilitzats a la Mediterrània s'esmenten els següents: sorra, cendres vegetals o procedents de la crema de fems, banyes de cérvol o de gasela, tabac, alls, coriandre, espígol, fulles d'olivera, de figuera, de llentiscle, etc.

### ***Efectes de la conservació del gra en sitges***

On es troba el límit per a la conservació del gra? Quins resultats s'obtenen quan es guarda el gra en sitges subterrànies durant un període més o menys llarg? En relació amb aquestes preguntes ens trobem amb els resultats següents:

- Augmenta la humitat del gra a causa del traspàs de la humitat de la terra al gra i de les reaccions bioquímiques que produeixen aigua en forma de vapor (com la respiració).
- Puja la temperatura de resultes de l'activitat metabòlica del gra i dels altres microorganismes acompanyants.
- Augmenten els fongs com a conseqüència de l'augment de la humitat.
- S'incrementen les pèrdues causades pels corcs en algunes sitges que no es tanquen de manera prou hermètica.
- Baixa la taxa de germinació a causa de la pujada de la humitat i de l'atac dels fongs.
- Es deterioren algunes qualitats nutritives en els grans atacats pels fongs.

Amb el pas del temps el gra absorbeix humitat de les parets i del terra de la sitja.<sup>5</sup> Aquest és un dels factors limitants de les sitges que motiva que només s'utilitzin en zones àrides, almenys en la conservació a llarg termini. Quan plou de forma continuada, l'aigua omple els porus que deixen les diferents partícules del sòl i en pot provocar la saturació. La humitat pot traspasar les capes de palla que tradicionalment es posen al voltant del gra, que frenen però no eviten el traspàs. Lentament el gra es va humitejant i quan arriba a l'entorn del 14%, si la temperatura és prou alta, comença l'atac de fongs i bacteris que en provoquen la degradació. Si el gra es troba molt sec, li costarà més d'absorbir prou humitat com perquè el puguin atacar els fongs. Tot i amb això, l'experimentació demostra que la pujada d'humitat es pot produir en poques setmanes i, per

5. De fet es produeix un equilibri entre la humitat del gra, la humitat de l'atmosfera intersticial i la capacitat de retenció d'aigua del subsòl. Si el terra de la sitja es trobés en un estat molt sec en el moment d'omplir-se la sitja, el gra traspassaria la humitat al terra, però aquest no és el cas més freqüent, ni tan sols en zones desèrtiques.

tant, es necessiten climes secs on la humitat de la terra sigui baixa.

La temperatura dins la sitja subterrània sempre és una mica més alta que la terra que l'envolta. Això es deu al metabolisme del gra, que respira i desprèn calor. Si a més es produeix un atac d'insectes, la temperatura s'enfilirà uns graus pel damunt. Al segle XIX Louis Doyère ja va veure que la temperatura del gra d'una sitja d'Extremadura era més alta que la de la terra del voltant. A la part alta de la sitja la temperatura pujava probablement a causa de l'atac del corc, mentre que a la meitat inferior era pròxima a la temperatura del terra a la mateixa profunditat. El fet d'estar excavades al sòl suposa que les temperatures són molt més constants al llarg de l'any, més fresques a l'estiu i més calentes a l'hivern, la qual cosa contribueix a una bona conservació. Altres experiències més recents confirmen les deduccions del genial agrònom francès. Per exemple, Bartali i Debbarih expliquen que la pujada de temperatures va lligada al fet que la capa de palla no protegeix prou bé el gra de les infiltracions de les aigües subterrànies. L'augment de la humitat afavoreix l'activitat metabòlica del gra i dels microorganismes que l'acompanyen i comporta una certa producció de calor dins la massa del gra. La dissipació d'aquesta calor fora de la massa del gra és reduïda pel llit de palla que actua com a aïllant tèrmic (BARTALI, DEBBARH 1991, 7).

En els experiments que han comportat un estudi dels fongs i bacteris presents a dins la sitja es detecta un creixement espectacular d'aquests microorganismes dins les sitges tradicionals. El motiu és l'increment del contingut d'humitat del gra en les sitges subterrànies, com ja he comentat. Si la sitja no és gaire estanca i el dispositiu de tancament permet una certa entrada d'aire exterior, la flora inicial de fongs i llevats es desenvoluparà en funció del contingut d'humitat i les diverses espècies entraran en competència entre elles. Però si la sitja és acceptablement estanca la respiració del gra i dels microorganismes presents a dins la sitja portarà en poques setmanes a la quasi desaparició de l'oxigen i per tant a la desaparició de tota aquella flora que necessita oxigen per sobreviure. Només els llevats i els bacteris làctics són capaços de sobreviure en una atmosfera pobra en oxigen.

La dinàmica de la població d'insectes en qualsevol sitja probablement ve influenciada per l'espectre de les espècies presents a l'inici de l'ensitjat (SHAZALI, EL HADI, KHALIFA 1996, 191). En principi els insectes poden tenir dos orígens diferents: o es troben presents dins dels camps de conreu abans de la collita o ja es troben dins la sitja procedents d'un ensitjat anterior. A les regions de clima temperat generalment aquests insectes no es mouen dels llocs d'emmagatzematge de cereals. A les regions de clima mediterrani o tropical els insectes poden viure indiferentment dins dels magatzems o dins dels conreus. I en el cas extrem del clima equatorial, les estacions són indistintes i per tant els insectes poden passar en qualsevol moment del conreu al lloc d'emmagatzematge (FLEURAT-LESSART 1982, 395).

Un dels efectes més importants de la conservació de cereals en sitges és la caiguda de la germinació. En general amb el pas del temps decau la viabilitat

de les llavors, encara que es conservin en bones condicions, i per aquest motiu els pagesos utilitzen llavor de la collita anterior i només de manera ocasional fan servir el gra de les sitges (MIRET 2005, 323). La caiguda de la germinació depèn de la temperatura i sobretot del contingut d'humitat del gra. Per exemple, amb una humitat del 22% la germinació cau a zero en poques setmanes, mentre que al 14% o per sota, la viabilitat es pot mantenir a un raonable alt nivell per un període considerable (HYDE 1974, 403). Els experiments duts a terme en sitges tradicionals mostren un decrement més o menys acusat de la germinació en funció de les condicions d'emmagatzematge. En general els experiments mostren davallades notables de la germinació causades sobretot per l'atac dels fongs: Rabat (baixada del 72 al 53% en sis mesos), Kansas (del 82 al 16,9%), Březno (del 94 al 28% en dos anys, fig. 14), Harar (del 98 al 27% en 12 mesos per al sorgo i del 96 al 39% en 8 mesos per al morenc), Shambat (del 87,3 al 43,7%), Alemaya (del 95 al 18% en 13 mesos, fig. 15). Ara bé, val a dir que en els experiments fets a Europa o a Amèrica en clima temperat és correcta l'afirmació de P. Reynolds que les sitges representen un sistema d'emmagatzematge que manté la germinació del gra, sempre que la hipòtesi es plantegi dins dels paràmetres que Reynolds va determinar: màxim 16% d'humitat del gra i conservació només els sis mesos d'hivern amb temperatures per sota dels 15° C (REYNOLDS 1979, 74). El problema és que alguns arqueòlegs han generalitzat les conclusions de Reynolds com si tinguessin validesa universal i en alguns treballs arqueològics corre el tòpic que les sitges són un sistema que manté la viabilitat del gra durant llargs períodes de temps. Cal que retornem a les fonts. Si us plau, llegiu atentament els treballs de Peter Reynolds.

Si es donen a dins la sitja les condicions necessàries d'humitat perquè proliferin els fongs es produeix una degradació de les qualitats nutritives del gra. Cal destacar que alguns fongs causen *micotoxines*, que són substàncies que resulten tòxiques per a l'organisme humà o per als animals domèstics. Algunes d'aquestes substàncies són cancerígenes i es consideren responsables, per exemple, de l'alta incidència de la cirrosi i del càncer de fetge que es produeix a Etiòpia, presumiblement a causa del consum de sorgo atacat per fongs i conservat a les sitges (GILLMAN 1968, citat per DEJENE, YUEN, SIGVALD 2004, 526).

## Les sitges mancades d'hermetisme

Em deixo per al final un punt que em sembla del màxim interès. Segurament algun lector s'haurà adonat que en les conclusions que precedeixen he passat per alt alguns experiments en els quals es dedueix que hi ha importants intercanvis de gasos amb l'atmosfera, de tal manera que la composició de l'aire intersticial no varia de forma significativa. I és que per tal que pugui produir-se l'empobriment d'oxigen dins l'atmosfera intergranular cal que la sitja sigui un contenidor hermètic i no són prou estanques totes les fosses que hem analitzat.

Les úniques sitges tradicionals que podem considerar com a raonablement hermètiques són les subterrànies.

La composició argilosa de la terra suposa una barrera al pas de l'aigua i dels gasos. Però algunes de les sitges semisubterrànies que hem vist de la zona del Sudan, d'Etiòpia i de Somàlia no tenen el comportament d'una sitja estanca. Es dedueix que hi ha intercanvis de gasos amb l'atmosfera exterior i això repercuteix en els resultats de la conservació.

Les sitges amb tancament de materials porosos no es comporten d'una manera prou estanca. Les anàlisis de la composició de l'atmosfera intergranular de la sitja de Březno (República Txeca), amb un recobriment de palla i de fusta (fig. 3), mostren que no es va produir l'esperada caiguda de l'oxigen (PLEINEROVÁ 1995).

Les sitges subterrànies de petites dimensions que hem vist als experiments de la Cova 120, de Cuiry-les-Chaudardes, de Kansas, etc., també tenen un comportament no estanc, a causa tant del baix volum del gra en relació amb la superfície de parets de terra com de l'escassa distància de les parets de la sitja a la superfície del terra. Com més gran i més profunda és una sitja menys intercanvi de gasos hi pot haver amb l'atmosfera.

Les sitges elevades fetes amb materials tradicionals no es poden considerar gens hermètiques, ja que hi ha un intercanvi continu de gasos entre l'interior i l'exterior. Tots els estudis que he consultat classifiquen les sitges tradicionals elevades com a contenidors no estanques. Potser per això els experiments fets sobre sitges elevades no es plantegen l'anàlisi dels gasos de l'interior de la sitja.<sup>6</sup>

Les tenalles de ceràmica i els contenidors d'argila crua o de femta de vaca també es comporten com a contenidors no hermètics. Peter Reynolds explica que va provar d'analitzar l'aire d'una tenalla plena de gra amb la boca segellada i gairebé no va trobar diferències amb l'exterior (REYNOLDS 1974, 125).

Això no vol dir que no es pugui conservar el gra adequadament en condicions no estanques, sinó que en aquests casos no actua cap atmosfera protectora. El gra s'haurà de conservar per altres factors, que poden ser, per exemple, les baixes temperatures o la sequedat.

Josep Miret i Mestre

Arqueòleg i viticultor  
c/ Jaume Balmes 70-72, 1, 1  
08810 Sant Pere de Ribes  
josepmiretmestre@eresmas.com

6. Excepte les que utilitzen una làmina de plàstic de recobriment, que cauen fora dels objectius d'aquest treball. Són els experiments de Samaru (O'DOWD 1971, 23-26) i de la Universitat d'Alemaya (DEJENE 2004).

## Bibliografia

---

ABDALLA *et al.* 2001

A. T. Abdalla, C. J. Stigter, H. A. Mohamed, A. E. Mohammed i M. C. Gough, "Effects of wall linings on moisture ingress into traditional grain storage pits", *International Journal of Biometeorology*, 45 (2), 2001, 75-80.

ABDALLA *et al.* 2002a

A. T. Abdalla i altres, "Impact of soil types on sorghum grain stored in underground pits in Central Sudan", *International Agricultural Engineering Journal*, 11, 2002, 219-229.

ABDALLA *et al.* 2002b

A. T. Abdalla i altres, "Traditional underground grain storage in clay soils in Sudan improved by recent innovations", *Tropicultura* (Brussel·les), 20 (4), 2002, 170-175.

ADRIAN, DRAPON, GAST 1979

J. Adrian, R. Drapon, M. Gast, "Caracteristiques biochimiques d'un grain de sogho conservé pendant cinq ans dans un silo souterrain, au Yemen", a M. Gast i F. Sigaut (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*. París, 1979, I, 41-47.

AGUSTÍ *et al.* 1987

B. Agustí i altres, *Dinàmica de la utilització de la cova 120 per l'home en els darrers 6000 anys*, Girona, 1987.

ALCALDE, BUXÓ 1989

G. Alcalde i R. Buxó, "Almacenamiento y explotación del trigo espelta", *Boletín Agropecuario* (Barcelona), 13, julio-setiembre 1989, 12-14.

ALCALDE, BUXÓ 1991

G. Alcalde i R. Buxó, "Experimentació d'emmagatzematge i explotació de *Triticum dicoccum Sch.* a la vall del Llierca (La Garrotxa)", *Cypsela*, 9, 1991, 87-94.

ASANGA, MILLS 1985

C. T. Asanga i R. B. Mills, "Changes in environment, grain quality and insect populations in pearl millet stored in underground pits", *Underground Space* (Nova York, Oxford), 9, 1985, 316-321.

AYOUB 1985

A. Ayoub, "Les moyens de conservation des produits agricoles dans le nord-ouest de la Jordanie actuelle", a M. Gast, F. Sigaut i C. Beutler (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*, París, 1985, III, 1, 155-169.

BAKHELLA, KAAANANA, BABA 1993

M. Bakhella, A. Kaanana i M. Baba, "Effect of underground storage on some chemical and rheological properties of wheat", *Al-Awamia, Revue Marocaine de la Recherche Agronomique*, 83, desembre 1993, 5-28.

BARTALI 1987

E. H. Bartali, "Underground storage pits in Morocco", *Tunnelling and Underground Space technology* (Nova York, Oxford), 2 (4), 1987, 381-383.

BARTALI 1995

E. H. Bartali, "Systèmes de stockage traditionnels 'matmoras' et 'sellas'", *Hommes, Terre et Eaux, Revue Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural*, vol. 25, núm. 98, març de 1995, 16-22.

- BARTALI, AFIF 1988  
E. H. Bartali i S. Afif, "Temperature variations in underground grain storage structures", *Proceedings of the Third International Conference on Underground Space and Earth-Sheltered Buildings* (Shangai, Xina, setembre de 1988), 488-491.
- BARTALI, AFIF, PERSOONS 1989  
E. H. Bartali, S. Afif i E. Persoons, "Stockage des céréales dans des entrepôts souterrains", *Céréales en régions chaudes: Conservation et transformation, Colloque International* (N'Gaoundéré, Camerun, 1988), París, 1989, 27-38.
- BARTALI *et al.* 1990  
E. H. Bartali, F. V. Dunkel, A. Said, L. R. Sterling, "Performance of plastic lining for storage of barley in traditional underground structures (matmora) in Morocco", *Journal of Agricultural Engineering Research*, 47, 1990, 297-314.
- BARTALI, DEBBARH 1991  
H. Bartali i A. Debbarh, "Evaluation et amélioration de la technique traditionnelle du stockage souterrain des céréales au Maroc", *Hommes, Terre et Eaux, Revue Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural*, 82-83, març-juny 1991, 3-20.
- BEUTLER 1981  
C. Beutler, "Traditions et innovations dans les techniques de conservation des grains à la campagne et à la ville (Europe occidentale, xvème-xviiième siècle). Examen critique des sources", a M. Gast i F. Sigaut (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*. París, 1981, II, 19-43.
- BOLENS 1979  
L. Bolens, "La conservation des grains en Andalousie médiévale d'après les traités d'agronomie hispano-arabes", a M. Gast i F. Sigaut, eds., *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*, París, 1979, I, 105-112.
- BOWEN, WOOD 1968  
H. C. Bowen i P. D. Wood, "Experimental storage of corn underground and its implications for Iron Age settlements", *Bulletin of the Institute of Archaeology* (Londres), 7, 1968, 1-14.
- BOXALL 1974a  
R. A. Boxall, "Improvement of traditional grain storage pits in Harar Province, Ethiopia. A preliminary investigation", *International Pest Control*, 16, 1974, 4-7.
- BOXALL 1974b  
R. A. Boxall, "Underground storage of grain in Harar Province, Ethiopia", *Tropical Stored Products Information* (Slough, Regne Unit), 28, 1974, 39-48.
- CALDERON, DONAHAYE 1963  
M. Calderon i E. Donahaye, "Conservació de l'ordi en una sitja subterrània", *Hassadeh*, Part A, 44, 1963, 110-114 (en hebreu, amb un resum en anglès).
- CALEGARI, SIMONE, TINÈ 1990  
G. Calegari, L. Simone i S. Tinè, "Sperimentazione di un silo", a E. Giannitrapani, L. Simone, S. Tinè (eds.), *Interpretazione funzionale dei 'fondi di capanna' di età preistorica. Atti del Seminario di archeologia sperimentale* (Milà, 29-30 abril de 1989), Gènova, 1990, p. 15 i taula 4.
- CURRID, NAVON 1989  
J. D. Currid i A. Navon, "Iron Age pits and the Lahav (Tell Halif) Grain Storage Project", *Bulletin of the American School of Oriental Research* (Jerusalem), 273, febrer de 1989, 67-78.
- DEJENE 2004  
M. Dejene, *Grain storage methods and their effects on sorghum grain quality in Hararghe, Ethiopia*, tesi doctoral, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2004.
- DEJENE, YUEN, SIGVALD 2004  
M. Dejene, J. Yuen i R. Sigvald, "The impact of storage methods on storage environment and sorghum grain quality", *Seed Science and Technology*, 32 (2), juliol 2004, 511-529.
- "DE LA CONSERVACIÓN" 1820  
"De la conservación de los granos, especialmente del trigo, en los silos de Barcelona, publicada como modelo en forma de diálogo en los anales de agricultura francesa", *Memorias de Agricultura y Artes que se publican de orden de la Real Junta de Gobierno de Cataluña*, vol. X, p. 49-64 (febrer de 1820), p. 97-99 (març de 1820) i lám. 113 (traducció al castellà de Jourdain 1819).
- DE TROIA 1992  
G. de Troia, *Il piano delle fosse di Foggia e quelli della Capitanata*, Fasano (Itàlia), 1992.
- DEVOS, FIRMIN 1984  
M. F. Devos i G. Firmin, "Une expérience d'agriculture sur brûlis dans la vallée de l'Aisne", *Les fouilles protohistoriques dans la vallée de l'Aisne, Rapport d'activité*, 12, París, 1984, 253-293.
- DOYÈRE 1862  
L. M. F. Doyère, *Conservation des grains par l'ensilage*, París, 1862.
- ESIN 1968  
T. Esin, "Control of stored grain insects with special reference to *Trogoderma granarium* Everts, in Turkey", *Report of the International Conference on Protection of Stored Products, European and Mediterranean Plant Protection Organization* (Lisboa, Oeiras, novembre de 1967), Series A, N° 46 E, 125-132.
- EXPÓSITO 2005  
L. M. Expósito, *Los silos de Burjassot: el granero de Valencia*, Burjassot (València), 2005.
- FIRMIN 1981  
G. Firmin, "Une expérience d'agriculture de type néolithique dans la vallée de l'Aisne", *Les fouilles*

protohistoriques dans la vallée de l'Aisne, Rapport d'activité, 9, Paris, 1981, 361-384.

FIRMIN 1984

G. Firmin, "Agriculture expérimentale dans la vallée de l'Aisne", *Le néolithique dans le nord de la France et le bassin parisien. Actes du 9e. Colloque interrégional sur le néolithique* (Compiègne, 1982), *Revue Archeologique de Picardie*, 1984, 1-2, 95-102.

FIRMIN 1986

G. Firmin, "Archéobotanique et archéologie expérimentale au néolithique", *Le Néolithique de la France, Hommage à Gérard Baillout*, Paris, 1986, 53-70.

FLEURAT-LESSARD 1982

F. Fleurat-Lessard, "Les insectes et les acariens", J. L. Multon (ed.), *Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux*, Paris, 1982, vol. 1, 394-436.

FÜZES 1984

E. Füzes, *A gabona tárolása a magyarparaszti-gazdaságokban*, Budapest, 1984.

GAST 1979

M. Gast, "Reserves à grain et autres constructions en République arabe du Yemen", M. Gast i F. Sigaut, (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*. Paris, 1979, I, 198-204.

GILES 1964

P. H. Giles, "The storage of cereals by farmers in Northern Nigeria", *Tropical Agriculture* (Trinidad), 41 (3), 1964, 197-212.

GILMAN 1968

G. A. Gilman, *Storage problems in Ethiopia with special reference to deterioration by fungi*, Report of the Tropical Products Institute R.48.21, Londres, 1968.

GILMAN, BOXAL 1974

G. A. Gilman i R. A. Boxall, "The storage of food grains in traditional underground pits", *Tropical Stored Products Information* (Slough, Regne Unit), 28, 1974, 19-38.

GIRISH *et al.* 1972

G. K. Girish, R. K. Goyal, R. P. S. Tomer, P. K. Srivastava i K. Krishnamurthy, "Studies on preservation of food grains in rural storage structures. Part I: Studies on the preservation and losses of foodgrains in underground pits 'khatties' in U. P. (India)", *Bulletin of Grain Technology* (Hapur, Índia), 10, 1, 1972, 11-21.

GOLOB *et al.* 1999

P. Golob i altres, *The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains*, FAO Agricultural Services Bulletin No. 137, Roma, 1999.

GONZÁLEZ 1984

A. González Rodríguez, "Construcciones y elementos urbanísticos peculiares en las poblaciones bajoex-

tremeñas hasta el siglo XIX: silos, pozos de nieve, horcas, fuentes y otros", *Norba-Arte*, 5, 1984, 207-230.

GUAYO 2002-2003

P. Guayo Litro, "Experimentación con silos", *Boletín de Arqueología Experimental*, 5, 2002-2003, 14-20.

HOGARTH 1889

D. G. Hogarth, *Devia Cypria. Notes of an archaeological journey in Cyprus in 1888*, Londres, 1889.

HYDE 1973

M. B. Hyde, "Storage of grain in airtight silos or under vacuum", *Annales de Technologie Agricole*, 22, 4, 1973, 707-718.

HYDE 1974

M. B. Hyde, "Airtight storage", C. M. Christensen, *Storage of cereal grains and their products*, St. Paul, Minnesota, 1974, 383-419.

HYDE, DAUBNEY 1960

M. B. Hyde i C. G. Daubney, "A study of grain storage in fossae in Malta", *Tropical Science* (Londres), 2, 3, 1960, 115-129.

ITTO 1988

A. Itto, *Semi-underground grain storage: the effects of moisture, temperature and interseed atmospheres, on the quality of grain sorghum in lined and unlined pits*, tesi doctoral, Kansas State University, 1988.

JOURDAIN 1819

Jourdain, "Ensilage des grains", *Annales de l'Agriculture Française*, 2ème série, 7, 325-365 (reproduït parcialment a Sigaut 1978, 77-91).

KUNZ 2004

L. Kunz, *Obilní jámy, Konzervace obilí na dlouhý čas v historické zóně eurosibiřského a mediteranního rolnictví*, Rožnov pod Radhoštěm (República Txeca), 2004.

LACEY 1972

J. Lacey, "The microbiology of grain stored underground in Iron Age type pits", *Journal of Stored Products Research*, 8, 1972, 151-154.

LALE, YUSUF 2000

N. E. S. Lale i B. A. Yusuf, "Insect pests infesting stored pearl millet *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. in Northeastern Nigeria and their damage potential", *Cereal Research Communications* (Szeged, Hongria), 28, 1-2, 2000, 181-186.

LASTEYRIE 1819

Ch.-Ph. Lasteyrie du Saillant, *Des fosses propes à la conservation des grains et de la manière de les construire, avec différents moyens qui peuvent être employés pour le même objet*, Paris, 1819.

LAVIGNE 1991

R. J. Lavigne, "Stored grain insects in underground storage pits in Somalia and their control", *Insect Science and its Application* (Oxford), 12 (5-6), 1991, 571-578.

- LEMESSA, BULTOSA, WAKGARI 2000  
F. Lemessa, G. Bultosa i W. Wakgari, "Quality of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) stored in traditional underground pits: Case studies in two agroclimatic zones in Hararghe, Ethiopia", *Journal of Food Science and Technology* (Mysore, Índia), 37 (3), 2000, 238-244.
- LUCA 1979  
Y. de Luca, "Ingredients naturels de préservation des grains stockés dans les pays en voie de développement", *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* (Paris), 26 (1), 1979, 29-52.
- LUCA 1981a  
Y. de Luca, "Ingredients naturels employés dans les silos locaux des pays en développement", M. Gast i F. Sigaut (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*, Paris, 1981, vol. II, 147-150 (resum de Luca 1979).
- LUCA 1981b  
Y. de Luca, "Poudres minérales et insectes des grains stockés (critères, dissuadants, létaux, silice, sels de calcium et magnésium)", *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* (Paris), 28 (1), 1981, 55-64.
- MAKAL 1963  
M. Makal, *Un village anatolien*, Paris, 1963.
- MARTINEK 1998  
D. Martinek, "Oneota food storage technology. Experiment in pit storage of maize", *Journal of Undergraduate Research* (Universitat de Wisconsin), I, 1998, 89-102.
- MEURERS-BALKE, LÜNING 1990  
J. Meurers-Balke i J. Lüning, "Experimente zur frühen Landwirtschaft. Ein Überblick über die Kölner Versuche in den Jahren 1978-1986", M. Fansa (dir.), *Experimentelle Archäologie in Deutschland. Begleitschrift zur Ausstellung in Oldenburg*. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, Oldenburg, 1990, 82-92.
- MIRET 2005  
J. Miret, "Les sitges per emmagatzemar cereals. Algunes reflexions", *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 15, 2005, 319-332.
- MIRET 2006  
J. Miret, "Sobre les sitges i altres estructures excavades al subsòl", *Cypsela*, 16, 2006, 213-225.
- MULTON, TRENTESAUX, GUILBOT 1973  
J. L. Multon, E. Trentesaux i A. Guilbot, "Détermination de l'aptitude des grains à l'utilisation immédiate et au stockage", *Annales de Technologie Agricole* (Paris), 22 (3), 1973, 335-350.
- NAVARRO *et al.* 2000  
S. Navarro, E. Donahaye, M. Rindner, A. Azrieli, R. Dias, "Protecting grain without pesticides at the farm level in the tropics", G. I. Johnson, L. Van To, N. Duy Duc i M. C. Webb, *Quality assurance in agricultural produce*, Proceedings of the 19th. ASEAN/ 1st. APEC seminar on postharvest technology (Ho Chi Minh City, novembre de 1999), ACIAR Proceedings 100, 353-363.
- NILES 1976  
E. V. Niles, "The mycoflora of sorghum stored in underground pits in Ethiopia", *Tropical Science* (Londres), 18, 1976, 115-124.
- O'DOWD 1971  
E. T. O'Dowd, *Hermetic storage of cowpea (Vigna unguiculata Walp.) in small granaries, silos and pits in Northern Nigeria*, Samaru Miscellaneous Paper, 31, Zaria, Nigèria, 1971.
- PLEINEROVÁ 1995  
I. Pleinerová, "Ein frühslawischer Getreidesilo in Březno, Nordwest-Böhmen", M. Fansa (ed.), *Experimentelle Archäologie. Bilanz 1994* (Druisburg, agost de 1993), Oldenburg, Alemanya, 1995, 57-63.
- RAMASIVAN, KRISHNAMURTHY, PINGALE 1966  
T. Ramasivan, K. Krishnamurthy i S. V. Pingale, "Studies on preservation of food grains in rural storage, part I: Rural storage of food grains", *Bulletin of Grain Technology* (Hapur, Índia), 4 (4), 1966, 177-194.
- REYNOLDS 1967  
P. J. Reynolds, "Experiments in Iron Age agriculture", *Transactions-Bristol and Gloucestershire Archaeological Society*, 86, 1967, 60-73.
- REYNOLDS 1969  
P. J. Reynolds, "Experiments in Iron Age agriculture. Part two", *Transactions-Bristol and Gloucestershire Archaeological Society*, 88, 1969, 29-33.
- REYNOLDS 1974  
P. J. Reynolds, "Experimental Iron Age storage pits: an interim report", *Proceedings of the Prehistoric Society* (Londres), 40, 1974, 118-131.
- REYNOLDS 1979  
P. J. Reynolds, "A general report of underground grain storage experiments at the Butser Ancient Farm Research Project", M. Gast i F. Sigaut (eds.), *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*, Paris, 1979, I, 70-88.
- REYNOLDS 1988  
P. J. Reynolds, *Arqueologia experimental. Una perspectiva de futur*, Vic, 1988.
- REYNOLDS 1998  
P. J. Reynolds, "The experimental storage of grain in simulated mediaeval underground silos", I. OLLICH, M. DE ROCAFIGUERA i M. OCAÑA (eds.), *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda, 1991-1994* Barcelona, 1998, 131-139.

- REYNOLDS 2000  
P. J. Reynolds, "Butser Ancient Farm", *Current Archaeology*, 171, desembre 2000, 4-9.
- SERVIER 1985  
J. Servier, *Tradition et civilisation berbères. Les portes de l'année*, Mònaco, 1985.
- SHAZALI, AHMED 1998  
M. E. H. Shazali i M. A. Ahmed, "Assessment and reduction of losses in sorghum stored in traditional mud bins in Sudan", *Tropical Science* (Londres), 38 (3), 1998, 155-160.
- SHAZALI, EL HADI, KHALIFA 1996  
M. E. H. Shazali, A. R. El Hadi i A. M. H. Khalifa, "Storability of sorghum grain in traditional and improved matmoras (storage pits) in Sudan", *Tropical Science* (Londres), 1996, 36 (3), 182-192.
- SHEJBAL, BOISLAMBERT 1982  
J. Shejbal i J. N. de Boislambert, "Le stockage en atmosphères modifiées", J. L. Multon (ed.), *Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux*, París, 1982, vol. 2, 772-800.
- SIGAUT 1978  
F. Sigaut, *Les réserves de grains à long terme. Techniques de conservation et fonctions sociales dans l'histoire*, París-Lille, 1978.
- SIGAUT 1981  
F. Sigaut, "La redécouverte des silos à grains en Europe occidentale, 1707-1880", M. Gast i F. Sigaut eds., *Les techniques de conservation des grains à long terme. Leur rôle dans la dynamique des systèmes de cultures et des sociétés*, París, 1981, II, 15-38.
- TICHÝ 2000  
R. Tichý, "Project 'Borek'. Příspěvek ke stavbě a funkci neolitického obytného areálu", *Rekonstrukce a experiment v archeologii* (Hradec Králové, República Txeca), 1, 2000, 71-116.
- TOTA 2004  
D. Tota, "C'erano una volta le fosse granarie", *La Gazzeta di San Severo* (San Severo, Itàlia), 6 de novembre de 2004, 12.
- WATSON 1979  
P. J. Watson, *Archaeological ethnography in Western Iran*, Tucson, Estats Units, 1979.
- WHITTAKER, KAMP, BRENTON 2005  
J. C. Whittaker, K. A. Kamp, B. Brenton, "Corn storage in simple pits", *The dynamics of non-industrial agriculture: a human-centred approach, Early Agricultural Remnants and Technical Heritage, First Plenary Workshop* (East Kilbride, Escòcia, 11-13 de març de 2005). Resum accessible a <<http://acl.arts.usyd.edu.au/projects/earth/>>.