

**Els materials de construcció en l'època romana**  
*Procés d'obtenció, transformació i ús de pedra, argila, morters i fusta*



**Gabriel López Badell**  
**Tutor: Josep Burch i Rius**  
**Facultat de Lletres**  
**Grau en Història**  
**Universitat de Girona**  
**Curs 2017/18**  
**Juliol 2017**

# Índex

<b>Introducció</b>	4
<b>1. La Pedra</b>	6
<b>1.1. Tipus de roques</b>	7
<b>1.2. Els criteris d'explotació d'una pedrera</b>	8
1.2.1. Criteris segons la disponibilitat	8
1.2.2. Criteris segons les propietats físiques en la construcció	9
1.2.3. Criteris segons la qualitat estètica i ornamental	9
<b>1.3. Les pedreres</b>	10
1.3.1. Les pedreres: Organització dels espais productius	10
1.3.2. La pedrera: Classificació	11
1.3.2.1. En funció del volum de producció	11
1.3.2.2. En funció de l'estratègia d'explotació	11
1.3.2.3. En funció de la tècnica d'extracció	12
1.3.3. L'extracció de la pedra	13
1.3.3.1. La tècnica i les fases d'extracció de la pedra	13
1.3.3.2. Les eines d'extracció i tall de la pedra	14
<b>1.4. La talla de la pedra</b>	15
1.4.1. Les tècniques de la talla de la pedra	15
1.4.2. Eines de la talla de la pedra	16
1.4.3. Mesures i controls	18
<b>1.5. Principals causes de la degradació de la pedra</b>	19
<b>2. L'argila</b>	20
<b>2.1. Tècniques constructives amb l'argila crua</b>	21
2.1.1. La tàpia	22
2.1.2. El maó de tova	23
<b>2.2. Material constructiu amb argila cuita</b>	24
2.2.1. La producció del material constructiu en una <i>figlina</i>	24
2.2.2. Àrea de difusió del material constructiu d'argila cuita	25
2.2.3. Tipologia del material constructiu d'argila cuita	26
2.2.3.1. Material constructiu d'argila cuita per a cobertes	26
2.2.3.2. Material constructiu later, el maó cuit	26
2.2.3.3. Material constructiu en les termes romanes	27
2.2.3.4. Material constructiu en les canalitzacions d'aigua i desguassos	27
<b>2.3. Principals causes de degradació en les estructures d'argila crua i d'argila cuita</b>	28

<b>3. Els morters</b>	29
<b>3.1. Tipus de morters romans i les seves aplicacions en la construcció</b>	30
3.1.1. Morter per a la fàbrica de paraments	30
3.1.2. El formigó romà <i>opus caementicium</i>	30
3.1.3. Morters de revestiment i enlluït	31
3.1.4. Morter de pavimentació	31
3.1.5. Morters hidràulics	32
<b>3.2. El procés de la producció dels morters</b>	32
3.2.1. El guix: Calcinació, l'amassat i la carbonatació	32
3.2.2. La calç: Calcinació, hidratació, l'amassat i la carbonatació	33
<b>3.3. Principals causes de degradació en els morters i en els estucs</b>	34
<b>4. La fusta</b>	36
<b>4.1. Les propietats de la fusta en la construcció</b>	36
<b>4.2. La tala dels arbres</b>	36
<b>4.3. L'assecat de la fusta</b>	37
<b>4.4. El tall de la fusta</b>	38
<b>4.5. La utilització de la fusta en l'arquitectura</b>	39
4.5.1. Estructures de cobriment	39
4.5.2. Estructures de paraments	39
4.5.2.1. Parets d'esbarzers o " <i>Torchis</i> "	39
4.5.2.2. " <i>Blockbaus</i> "	40
4.5.2.3. <i>Opus craticium</i>	40
4.5.3. Estructures de fonamentació	40
4.5.4. Elements de fusta en la fase de construcció	41
<b>4.6. Principals causes de degradació de la fusta</b>	41
<b>5. Conclusions</b>	42
<b>6. Bibliografia</b>	44
<b>Annexos</b>	47

## Introducció: objectius, motivacions i metodologia

L'objecte d'aquest treball és conèixer els materials constructius en l'època romana, des del procés d'obtenció de les matèries primeres fins a la seva transformació en un producte acabat que es pugui instal·lar en l'obra en construcció. Aquest treball es limita a conèixer aquells materials bàsics i més representatius, com ara la pedra, l'argila, els morters i la fusta. Per tant s'han discriminat els materials complementaris —com ara metalls, pigments cromàtics o vidre— que també s'utilitzaven en l'arquitectura romana.

La tria d'aquest tema ve donada pel meu interès en conèixer els materials i les tècniques de construcció en el passat. Aquest interès personal correspon al fet que vaig exercir l'ofici de paleta i vaig poder observar la utilització dels materials constructius i la tècnica de posada en l'obra a l'actualitat. La possibilitat que m'ha ofert la Universitat de Girona d'adquirir coneixements i poder participar en excavacions arqueològiques m'ha proporcionat el *corpus* teòric i pràctic que va despertar el meu interès per desenvolupar la temàtica d'aquest treball.

Manifestats els meus àmbits d'interès, vaig acollir gratament la proposta del Dr. Josep Burch, director d'aquest treball, de realitzar un estat de la qüestió sobre els materials de construcció en l'època romana.

Com a objectius generals, aquest treball intentar donar a conèixer tot allò que s'ha escrit sobre l'obtenció, organització i producció de materials bàsics en la construcció. Principalment, des de fonts arqueològiques, documentals i etnogràfiques. Com a objectius específics s'ha intentat donar a conèixer aquells processos químics, les tècniques d'estudi i les causes de degradació que intervenen tant en el procés de producció, com en la posada en obra dels materials bàsics en la construcció romana.

La metodologia utilitzada per realitzar aquest treball s'ha basat en una primera lectura de l'obra cabdal de Pierre Adam, *La Construcción Romana. Materiales y Técnicas*, publicada originalment el 1984. L'autor analitza els processos d'obtenció, transformació i les tècniques de la posada en obra dels materials constructius en l'època romana. Les seves fonts són, bàsicament, fonts documentals antigues, arqueològiques, iconogràfiques i etnogràfiques. Tot i la vigència del seu treball, molts dels seus continguts ara es poden explicar millor. Gràcies a les noves tècniques d'anàlisi en l'arqueologia s'han obtingut dades que permeten complementar avui els importants treballs publicats per Adam el 1984.

Una obra interessant és la d'Aurora Cagnana, *Archeologia dei materiali da costruzione*, publicada l'any 2000, on fa un recorregut pels materials de construcció en l'època romana i els actualitza. Cagnana introdueix les noves tècniques d'anàlisi i explica els diferents procediments químics que intervenen, tant en la seva producció, com en els processos de degradació dels diferents materials. La seva obra aporta noves dades i una estructura d'estudi que ha condicionat el plantejament d'aquest TFG.

A més, l'estat de la qüestió ha estat complementat amb la recerca i lectura d'aquells autors de referència en cadascun dels materials bàsics en què s'estructura el present treball acadèmic.

Finalment, també ha estat important per a la conclusió d'aquest estudi la lectura i reproducció de les paraules de Vitruvi, autor amb el qual es pretén donar un marc documental a tot allò que s'explica. Alhora, Vitruvi també fa de referent a tots els processos que s'ha tractat, relacionats amb l'obtenció, transformació o usos dels diferents materials de construcció en l'època romana.

## ***Agraïments***

M'agradaria agrair al director d'aquest treball, Dr. Josep Burch, per haver-me guiat en l'elaboració d'aquest Treball Final de Grau. Agrair els seus suggeriments sobre com estructurar aquest estudi i la corresponent recerca bibliogràfica. La seva disposició, comentaris, correccions i el material que m'ha proporcionat, m'han estat de gran ajuda per poder finalitzar el TFG.

També vull aprofitar aquest espai per fer extensiu el meu agraïment a tot el cos de professors i professores, i al cos de tècnics de la Universitat de Girona. Em sento molt orgullós d'haver conegut persones que m'han transmès la passió i l'interès per l'estudi de la història.

Finalment vull agrair a la meva família, que sempre ha estat al meu costat en totes les circumstàncies viscudes. Un especial agraïment a la meva mare, Pepa, a la seva parella, en Pep i el meu apreciat germà petit, en Daniel.

# 1. La Pedra

La utilització de la pedra per part dels homes ha estat generalitzada en totes les cultures, des de l'edat de pedra fins a l'actualitat. Li donaven nombroses utilitats, des de la fabricació d'eines, utensilis quotidians, expressions artístiques o fins i tot com a material de construcció per edificar tot tipus d'estructures urbanes i monumentals (Àlvarez, 2009, p. 241-266).

L'ús de la pedra, com a material de construcció, s'inicià amb la recollida en superfície de fragments de roca de mides molt variables que anaven destinats a la construcció de paraments lligats amb terra seca. S'escollien aquells fragments més voluminosos i regulars per tal d'assegurar una major estabilitat. Els còdols —fragments de roca dura, allisada i arrodonida per les accions de les aigües i del rodament— eren molt apreciats com a material de construcció, tot i que degut al seu arrodoniment era necessari que fossin lligats amb morter. La unió d'aquests dos materials, pel seu comportament diferencial, no sempre assegura la durabilitat de la construcció (Adam, 1996, p. 23).

No obstant, l'arquitectura de qualitat es va trobar amb la necessitat d'extreure un material rocós que permetés donar-li aquella forma segons les necessitats o les tendències arquitectòniques exigides. En el procés de construcció s'esperava de la pedra unes certes qualitats mecàniques i estètiques, que portaven els constructors romans a un procés de selecció dels materials més idonis per al projecte que es volia portar a terme (Adam, 1996, p. 23).

La pedra com a material de construcció es va començar a utilitzar en gran volum en l'antic Egipte, on es van desenvolupar les tècniques d'extracció en les pedreres i on es van realitzar els primers mapes geològics. No va ser fins a la Grècia del segle VII aC, que les tècniques d'extracció i de talla de la pedra destinada a ser material de construcció es van adoptar dels egipcis. Aquests van usar una producció seriada de blocs amb unes dimensions que facilitaven el seu transport. Principalment el seu ús anava destinat a realitzar elements arquitectònics, com el fust i el capitell de les columnes, o per elaborar elements decoratius (Carretero, 1998, p. 57-67).

Fins el segle III aC, el contacte entre els romans i les colònies gregues havia estat purament comercial, però ja havia inculcat un cert interès pel seu art i la seva arquitectura. Però amb l'annexió de les ciutats gregues al llarg d'aquell segle, els romans van buscar la seva pròpia arquitectura a partir dels coneixements i les tendències artístiques del món grec (Elvira, 2017, p. 116).

Els romans van aconseguir un elevat grau d'especialització tècnica en la utilització de la pedra que fins i tot va superar els grecs en molts aspectes, ja que els romans també van heretar dels etruscs moltes de les seves habilitats en l'enginyeria civil (Carretero, 1998, p. 62). La capacitat organitzativa, la sistematització dels processos de producció, els projectes de monumentalització dels centres urbans, els avenços siderúrgics i l'ús del morter en la construcció van portar els romans a una extracció intensiva de la pedra (Bessac, 2014, p. 15-33).

## 1.1. Tipus de roques

*“Són pedres que posseeixen diverses i diferents propietats. Unes, en efecte, són toves (...), altres són temperades (...) i altres són dures com el pedrenyal. En veritat n’hi ha moltes altres classes, com la tova roja i negra de la Campània, la tova blanca d’Úmbria, Piceno i Venècia, que es pot tallar com si fos fusta, amb una serra dentada. Les pedres toves posseeixen la qualitat que, després d’extreure-les de les pedreres, és poden manejar fàcilment. Si es col·loquen en llocs coberts, mantenen perfectament el pes de l’obra, però si estan en llocs a cel obert, s’esmicolen i es desfan degut al gel i a les gebrades; igualment, a prop de la costa del mar es dissolen corcades per la sal i no resisteixen ni l’onatge ni les marees.(...) La pedra Tiburtina (Temperades) i les que tenen característiques similars, suporten bé el desgast ocasionat per les condicions meteorològiques i pel pes, però no resisteixen la força del foc. (...). Trobem abundants pedreres als voltants de Tarquinia, les denominades < Pedreres ancianes > (...). Posseeixen innumerables propietats: resisteixen magníficament les gelades i la força del foc, gran quantitat de terra i una mica d’aigua. Així endureixes, sòlides i compactes que no sofreixen cap alteració ni per la intempèrie ni per la violència del foc (Vitruvi, II, VII)*

En l’obra de Vitruvi es descriu una classificació de les roques i les seves propietats en la construcció. En la descripció fa referència als llocs de procedència del materials i els agrupa segons les seves característiques en la construcció.

Les característiques de les roques en la construcció s’han d’avaluar segons la seva resistència mecànica i les possibilitats que aporten a l’hora de treballar-la. Aquestes es poden classificar segons la seva formació o segons les seves característiques químiques (Cagnana, 2000, p. 17).

Segons la seva formació, en l’escorça terrestre podem diferenciar les roques de formació magmàtica, les roques sedimentàries i les roques metamòrfiques. Entre les roques magmàtiques podem distingir, segons els tipus de refredaments, les d’origen plutònic, les volcàniques o les filonianes. Depenent dels tipus de consolidació, distingibles amb l’observació de la mida dels agregats minerals, diferenciem les macrocristal·lines, les granulars, les microcristal·lines o les criptocristal·lines. Les roques sedimentàries estan formades a partir d’un procés d’erosió de roques primeres que, degut als agents de la naturalesa, es degraden i són transportades a un altre punt, on es produeix la diagènesi. Podem distingir diferents tipus de roques sedimentàries segons la seva formació: poden ser formades per restes rocoses d’origen volcànic, anomenades piroclàstiques; poden tenir l’origen en processos químics, com les calcàries; i també poden tenir l’origen en restes vegetals o animals, anomenades orgàniques. Finalment, les roques metamòrfiques, que deriven de roques preexistents modificades per les condicions d’altes temperatura i pressions dins de l’escorça terrestre (Cagnana, 2000, p.17-22).

Segons la seva composició química, les roques es poden classificar en roques sulfàtiques, compostes bàsicament per sulfat de calci deshidratat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que s’utilitzaven en la construcció d’elements esculturals i decoratius, com el guix o la selenita; roques carbonatades, compostes principalment per carbonat de calci ( $\text{CaCO}_3$ ), que s’utilitzaven en la construcció de blocs de maçoneria o per produir aglutinats, com ara les calcàries, dolomites, marbres, travertins, etc.; finalment, roques de silicat, compostes principalment per silici ( $\text{SiO}_2$ ) que segons la seva formació i el percentatge de silici que contenen podien anar destinades a diferents fases de la col·locació en obra (Cagnana, 2000, p. 23-24).

## 1.2. Els criteris d'exploració d'una pedrera

Els coneixements sobre les qualitats dels diferents materials petrins que tenien a disposició a l'hora de construir es feien mitjançant l'experimentació, ja que no disposaven d'instruments de mesura que poguessin avaluar aquestes propietats en la construcció (Bessac, 2014, p. 30).

La capacitat organitzativa en les obres romanes portava a una prèvia planificació dels materials constructius. En el cas de la pedra, s'escollien els punts d'extracció segons una sèrie de criteris (Volpe, 2014, p. 61-75):

- **Els criteris segons la disponibilitat:** es tenia en compte en la planificació d'una obra la proximitat i l'accessibilitat entre el punt geogràfic de la pedrera i la situació de l'obra. Normalment s'escollia un punt d'extracció, el més pròxim possible del punt de la construcció. També es tenien en compte els mitjans de transport que portarien el material mitjançant les vies de comunicació terrestres, fluvials o marítimes.
- **Els criteris segons les propietats físiques de la pedra:** s'escollia l'explotació d'un tipus de pedra depenent de les seves qualitats físiques a l'hora de treballar-la, la facilitat en el procés d'extracció o la resistència que presentava com a material de construcció.
- **Els criteris segons la qualitat estètica o ornamental:** en segons quins tipus de construccions era molt important vestir els edificis amb materials que un cop treballats i polits tenien una funció estètica. Per a aquest material es prioritzava el criteri estètic per sobre del de la disponibilitat, ja que si calia podia ser importat des de molts kilòmetres entre el punt d'extracció i el punt de construcció, evidentment amb un cost de transport molt elevat.

### 1.2.1. Criteris segons la disponibilitat

Els criteris de disponibilitat responen a la realitat geogràfica al voltant d'un establiment d'una comunitat. El context geològic de cada regió pot condicionar l'explotació d'una varietat de jaciments segons les propietats que aporten com a material de construcció. En alguns casos, la varietat geològica permetia una explotació molt diversificada i escollir l'ús d'una roca en funció d'altres criteris. La majoria de vegades s'havien d'adaptar a la roca que tenien més pròxima i que presentava unes qualitats bàsiques per ser usada en la construcció (Álvarez, 2009, 241-266).

L'arquitectura romana de maçoneria generalment recorria a la roca local però importava aquells materials més nobles destinats als acabats o elements decoratius. Pot resultar relativament senzill localitzar l'origen del material constructiu local, però pot resultar més complex identificar l'origen geogràfic dels materials de construcció importats, degut al gran volum de comerç que es va produir en època imperial. En alguns emplaçaments, com ara Roma i Pompeia, s'ha pogut localitzar, en les seves proximitats, una gran varietat de jaciments de roca apta per a la construcció. Això els va permetre sostenir una producció de materials molt variada, en la qual els constructors podien escollir un material o un altre, no solament en funció de les seves qualitats físiques sinó també per el seu aspecte visual (Adam, 1996, p. 24).



### 1.2.2. Criteris segons les propietats físiques en la construcció

Quan existia una àmplia gama de disponibilitat de pedra es premiaven aquelles qualitats estètiques, però era important conèixer les propietats físiques de la roca, que es basaven en la duresa, la tenacitat, la divisibilitat, el poliment, la porositat, la conductivitat tèrmica i la refractarietat (Cagnana, 2000, p. 17-24).

Aquestes propietats en la roca condicionaven la manera d'explotar-la, treballar-la i els usos que se li donaven. La classificació recollida de fonts etnogràfiques segons la dificultat en la talla és la següent: 1 molt tendra; 2-3 tendra; 4-5 semiferma; 6-7 ferma; 8-10 dura; 11-14 freda (Chevalier-Lacombe, 2012, p. 20).

Coneixent les seves propietats, s'explotaven aquelles que presentaven les condicions més òptimes per a cada fase o element en la obra en construcció (Carretero, 1998, p. 58):

- **Pedra estructural:** és aquella que s'utilitzava en la maçoneria, per a la formació dels paraments. Una bona pedra estructural havia de tenir una alta resistència mecànica i disponibilitat, ja que calien grans quantitats de volum per a la construcció de qualsevol projecte.
- **Pedra ornamental:** és aquella que s'utilitzava, un cop processada, amb una finalitat estètica. No era necessari que tingués tanta disponibilitat, perquè s'utilitzava en petites quantitats, però sí que era molt important que es pogués treballar i fos bonica. S'havia de poder tallar i polir per a ressaltar la seva bellesa.
- **Pedra de revestiments:** és aquella que s'utilitzava per a paviments, entaular o fer els aplacats dels paraments.
- **Pedra matxucada:** és aquella que anava destinada a fer formigó, ompliments, agregats o anivellaments del terreny.

Quan coneixien els atributs físics dels recursos geològics locals, podien construir la majoria dels seus monuments escollint la tipologia de roca més adequada a les seves necessitats sense que els incrementés massa els costos de construcció. Per exemple, en el teatre romà de *Cyrrhus*, al nord de Síria, es va usar una calcària de marbre fred i resistent per a la construcció dels paraments, ja que oferia unes bones qualitats físiques per a la maçoneria i oferia unes qualitats estètiques molt apreciades per a aquest tipus d'obres d'espectacles. Mentre que per a l'ompliment van usar una pedra calcària, massa dura i trencadissa per usar en la maçoneria (Bessac, 2014, p. 20).

### 1.2.3. Criteris segons la qualitat estètica i ornamental

Els romans denominaven genèricament *Marmora* tota aquella pedra, sense distinció petrològica, que era susceptible de ser usada com a element d'ornamentació. Després d'un procés de talla i de poliment, aquestes pedres adquirien una superfície fina i brillant que ressaltava els colors i els dibuixos naturals, de manera que eren agradables a la vista i concordaven amb els gustos estètics del moment (Àlvarez et al, 2009, p. 11).

*El marbre no té les mateixes propietats ni la mateixa qualitat en tots els llocs; hi ha llocs on els blocs de marbre contenen brillants corpuscles, com els grans de sal.(...) On no hi ha pedreres d'aquesta classe de marbre, es trituraran els trossos que s'han després quan fan la talla els marmolistes i, una vegada ja s'han sedassat, ja es poden utilitzar en les obres. En altres llocs, com en els límits de Magnesia i d'Efest, s'extreuen ja aptes per el seu ús i no es necessita ni moldre ni sedassar, doncs és tan fi que sembla ja triturat i sedassat a mà. Hi ha colors de diverses tonalitats: uns tenen un to natural, en certs llocs, segons les pedreres d'on s'extreu; altres a base de mesclar diverses substàncies i mitjançant un tractament específic, aconsegueixen resultats molt pràctics en les obres, semblant a colors naturals (Vitruvi, VII, VII)*

Vitruvi ens descriu els tipus de pedres ornamentals i les seves qualitats en la construcció. Tot seguit ens dona a conèixer les diferents fases de preparació per poder ser usades en la obra.

La pedra és un material que s'utilitza sense passar per unes fases de transformació, com és en el cas de productes d'origen metàl·lic o ceràmic. Això fa que, malgrat els avenços tecnològics, el sistema d'extracció i de talla del material lapidari actualment és pràcticament igual que en l'època romana. Aquest procés s'inicia amb la fase d'extracció de blocs. Després, els blocs són tallats en dimensions de carreus o plaques per facilitar el seu transport. Finalment, són portats en tallers on se'ls apliquen uns procediments d'acabat i poliment perquè finalment siguin comercialitzats o col·locats en la obra (Bessac, 1999, p. 34-38).

Aquelles regions que disposaven de jaciments d'una pedra ornamental de qualitat eren de gran valor per als romans. Només així es pot entendre que a la Roma imperial moltes d'aquestes pedreres fossin expropiades per ser exclusivament gestionades per l'emperador. Els romans utilitzaven aquests materials per a vestir edificis públics, funeraris, religiosos o d'espectacles. Gràcies a la consolidada xarxa de comunicacions i als mitjans de transport, aquest material ornamental va ser comercialitzat en gran part de l'Imperi, malgrat que podia haver-hi milers de kilòmetres entre el punt d'extracció i l'obra. La popularitat de la denominació d'origen d'alguns d'aquests materials exigia una despesa excessiva en transport per part del promotor de l'obra, però era una manera de reafirmar la seva posició en la societat i fer opulència de les seves riqueses. En molts casos, els costos d'ornamentació de l'obra pública d'una ciutat eren sufragats per aquells personatges més rics, que limitaven les seves donacions a un o més components arquitectònics, incloent de vegades una inscripció perquè la gent els pogués identificar i apreciar la seva fortuna (Bessac, 2014, p. 20).

### 1.3. Les pedreres

#### 1.3.1. Les pedreres: organització dels espais productius

Per determinar l'organització, gestió productiva i la tècnica d'explotació d'una pedrera és necessari observar els diferents elements amb una prospecció. L'estudi es basa en l'observació dels fronts de la pedrera per detectar-hi plataformes de treball, inscripcions o marques gliptogràfiques. Per conèixer l'organització dels espais productius és necessari documentar els espais adjacents vinculats al seu funcionament, com ara estructures d'hàbitat, forges, cisternes, elements inacabats, residus de talla o la rampa d'accés a la pedrera (Bessac, 1999, p. 33).

Amb l'estudi d'una pedrera és possible determinar els sectors o espais on es portaven a terme els diferents processos necessaris per l'activitat del picapedrer. La disposició d'aquests espais anava en funció de la topografia del terreny (Bessacs, 1999, p. 30):

- **Les zones d'extracció** són aquells sectors on es realitzava l'activitat d'extracció, que era condicionat per la tipologia de la pedrera. Les traces de l'extracció i les marques de les eines en els fronts, laterals, sostres o en el subsòl són els indicis per determinar les estratègies, l'organització i la tècnica d'extracció.
- **Les zones d'activitats annexes** són aquells espais on es realitzaven tasques complementàries per al funcionament correcte d'una pedrera:
  - **L'àrea d'hàbitat** és aquell espai on hi havia les instal·lacions de la vida quotidiana dels picapedrers. Les dades arqueològiques mostren que eren molt modestes i construïdes i concebudes com a estances temporals. Pròxima a aquestes estructures hi trobem normalment la forja per al manteniment de les eines.
  - **L'àrea de talla** és on es realitzava una primera intervenció preliminar que determinava les dimensions de la peça i estava pròxima a les zones d'extracció. Aquests sectors de treball es reconeixen per la quantitat de restes de talla escampades per el subsòl.
  - **L'àrea d'emmagatzematge** és on es preparaven les peces per al seu transport. Normalment estava pròxima al punt de sortida de la pedrera i s'usaven enginyers mecànics que estaven en el punt més alt i que agilitzaven el transport dels blocs d'un sector a un altre.

### 1.3.2. La pedrera: Classificació

#### 1.3.2.1. En funció del volum de producció

Les pedreres, en funció del volum de producció, poden presentar indicis d'una explotació puntual o d'una explotació continuada. Depèn moltes vegades de si van estar vinculades a una extracció per a una obra concreta o van estar vinculades a una explotació perllongada en el temps, bé fos per raons de disponibilitat o per raons econòmiques. Aquestes pedreres presenten uns rastres arqueològics que ens permeten distingir l'activitat picapedrera en el temps. Per conèixer aquesta dada ens hem de fixar en la morfologia i l'extensió dels diferents fronts de la pedrera. També és possible detectar-ho en les estructures o infraestructures vinculades a l'activitat de la pedrera (Bessac, 1999, p. 31).

En el cas de la pedra no ornamental, depenia de factors com el tipus de pedra i el seu ús en la construcció, la seva situació respecte de les vies de transport, o bé la proximitat a l'obra, que en la majoria de casos es trobava en la ciutat més pròxima. En el cas de pedres ornamentals, en ser un recurs estratègic i d'alta rendibilitat econòmica, mostren senyals d'haver estat sobreexplotades. Com que podien estar lluny de l'obra, acostumaven a estar ben comunicades (Gutiérrez, 2014, p. 311-329).

La morfologia d'una pedrera abandonada ens permet establir una classificació en funció de les estratègies d'extracció. Les marques deixades per l'ús de les eines dels picapedres o les marques d'extracció de blocs ens permet interpretar els mètodes i estratègies d'extracció d'una pedrera. Les condicions litològiques del jaciment de material lapidari i el volum de producció condicionen les estratègies i el mètode d'extracció de la pedra (Gutiérrez, 2014, p. 311-329).

#### 1.3.2.2. En funció de l'estratègia d'explotació

Depenent de les condicions geològiques de la pedrera s'optava per realitzar una explotació a cel obert o en galeria. Quan l'aflorament de la pedra estava en superfície s'optava per una explotació a cel obert, ja que era més fàcil aconseguir les condicions òptimes per explotar el jaciment amb un índex de producció superior. Quan la veta rocosa s'introduïa en el substrat geològic s'optava per una extracció subterrània. Aquesta opció d'explotació era menys productiva, però s'usava mentre l'explotació era rendible, bé fos per l'alt valor en el mercat, o bé per la necessitat d'explotar un front de pedrera esgotat (Gutiérrez, 2014, p. 311-329).

Les estratègies d'explotació fan referència a la metodologia amb la qual un equip de picapedrers enfrontaven l'operació d'extracció dels blocs del substrat rocós. La utilització d'aquests mètodes són observables en les pedreres que van ser explotades a l'antiguitat. Una prospecció visual dels punts d'extracció i la morfologia dels fronts de la pedrera ens permeten establir una classificació de pedreres. En una mateixa explotació lapidària és possible contemplar diverses estratègies (Adam, 1996, p. 25-28; Bessac, 1999, p. 7-50; Bessac, 2002, p. 29-51; Anderson, 2014, p. 157-174; Bessac, 2014, p. 15-33):

- **Estratègia d'explotació de blocs erràtics:** es basava en l'explotació de grans blocs en forma de talussos que eren extrets introduint falques o elements metàl·lics, on es detectava una veta estratificada de la roca mare, que permetia extraure-la amb una certa facilitat. Després, aquestes masses rocoses eren dividides en blocs dimensionats.
- **Estratègia d'explotació extensiva dispersa:** es basava en l'explotació de petits afloraments rocosos distants entre ells. En cada sector de treball es realitzava una extracció reduïda.
- **Estratègia d'explotació extensiva lineal:** es basava en l'explotació d'un front de pedrera amb una progressió lateral amb extraccions contínues en la vora de precipicis, penya segats, barrancs o vessants molt inclinats.
- **Estratègia d'explotació en trinxera:** es basava en l'explotació de blocs de pedra a partir d'una progressió lineal i estreta que anava penetrant seguint un estrat rocós. Aquest tipus d'explotació era

aplicat en terrenys plans o semiplans i és identificable perquè presenta forma de trinxera o de diverses trinxeres paral·leles.

- **Estratègia d'explotació en graderies:** es basava en l'explotació en forma de grades o plataformes de treball. Era força comuna en explotacions situades en el pendent d'un turó o inclinacions molt pronunciades del terreny. Són pedreres que generalment presenten una forma d'"U" invertida, amb el front de pedrera esglaonat o, si s'ha esgotat el front de la paret, completament vertical.
- **Estratègia d'explotació per extensió continua:** es basava en l'explotació d'un gran nombre d'extraccions contínues que evitava una progressió vertical que es realitzava en afloraments rocosos extensos. Aquests tipus d'explotacions normalment són visibles en afloraments rocosos de les costes marines.
- **Estratègia d'explotació intensiva "en conca":** es basava en diverses explotacions de poc volum en diversos fronts de la pedrera. En lloc d'explotar un sol sector, s'extreia pedra de diversos punts de l'aflorament rocós. Aquest tipus d'explotacions es poden interpretar com a diferents concessions explotades per diversos equips de manera simultània. Aquests tipus d'explotacions es poden reconèixer perquè fan una progressió frontal semisubterrània.
- **Estratègia d'explotació en fossa:** es basava en explotacions en forma de fossat que eren excavades en un terreny pla o lleugerament inclinat amb l'objectiu d'explotar una capa de l'aflorament rocós. La seva progressió era vertical, però requeria una evacuació constant de la runa que s'hi generava.
- **Estratègia d'explotació incerta:** no es basava en una explotació, ja que no existia extracció. Fa referència a la col·lecta de masses rocoses que de forma natural s'han després d'un aflorament de pedra —per exemple, per despeniments o arrossegats per la força de l'aigua— a la qual després es pot donar la forma desitjada.
- **Estratègia d'explotació subterrànies en pous:** es basava en l'explotació subterrània, en la qual s'extreia la roca a partir de l'excavació de pous que permetien arribar a la veta natural. S'anaven formant unes cambres amb un orifici en la part superior que permetia tant la sortida del material i la runa com l'entrada del treballador i la il·luminació.
- **Estratègia d'explotació subterrània amb pilars de braços:** es basava en l'explotació subterrània formant cambres, en la qual es construïen pilars d'obra per tal d'assegurar el sostre de la pedrera.
- **Estratègia d'explotació subterrània amb pilars desbastats:** es basava en l'explotació subterrània formant cambres sostingudes regularment per masses rocoses per tal d'assegurar el sostre de la pedrera.
- **Estratègia d'explotació subterrània en galeries:** es basava en l'explotació subterrània en la qual s'extreia la pedra formant una sèrie de galeries que s'adaptaven a la formació rocosa des de el seu interior.

### **1.3.2.3. En funció de la tècnica d'extracció**

La tècnica d'extracció fa referència a la metodologia que usava un picapedrer a l'hora d'explotar un front de pedrera. Això implica conèixer els diferents passos que anava realitzant sobre la superfície de treball, des de la preparació inicial del front fins que s'extreia el bloc rocós desitjat. La planificació de l'explotació d'una pedrera condicionava la tècnica d'extracció, ja que a mesura que s'anava treballant era necessari preveure les millors condicions d'explotació dels fronts de pedrera. La naturalesa litogràfica i topogràfica del jaciment condicionava l'elecció dels processos i les eines que usava el picapedrer per aconseguir el seu objectiu (Adam, 1996, p. 25-28; Bessac, 1999, p. 7-50).

### 1.3.3. L'extracció de la pedra

En aquelles pedreres que presentaven una marcada estratificació horitzontal i plana, com és el cas de jaciments de roca en plaques o lloses, solament era necessari excavar dos o més línies paral·leles verticals i eliminar el material que hi havia entre elles, de tal manera que amb una maça es pogués fraccionar per la part del darrera i obtenir un bloc d'unes mesures regulars. En aquests casos, l'extracció de pedra anava avançant lateralment. Aquest mètode permetia fer una extracció ràpida i per tant d'una major rendibilitat (Adam, 1996, p. 26). Les condicions del terreny i la litografia de la roca marcaven les tècniques d'extracció. En aquest cas es tractava d'una extracció que utilitzava les fissures i els estrats naturals (Bessac, 1999, p. 9).

En aquelles pedreres en les quals s'extreien blocs de pedra d'una massa rociosa uniforme, s'usaven tècniques que permetien extraure un bloc dimensionat que facilitava el procés de treball, la talla, l'embalatge, el transport i la posada en obra. Normalment, les tècniques d'extracció de blocs o semi-blocs anaven associades a l'explotació de fronts verticals o en superfície plana. Això no treu que es pugui observar l'ús de les diferents tècniques en el mateix front d'explotació, ja que els picapedrers escollien qualsevol solució que els permetés continuar l'explotació de la pedrera (Bessac, 1999, p.9).

#### 1.3.3.1. La tècnica i les fases d'extracció de la pedra

El primer pas era l'eliminació de la capa superficial, formada per elements orgànics i per l'acumulació de sediments, que un cop retirada permetia accedir als afloraments de la roca. Normalment la roca en aquests primers nivells estava molt fracturada i era necessari la utilització d'eines ordinàries per anivellar el terreny perquè el picapedrer tingués una bona postura de treball (Bessac, 2002, p. 34).

Quan s'arribava a la roca mare, el picapedrer ja podia preparar les dimensions del bloc. Si es començava per un flanc lateral s'havia de realitzar un tall llarg i profund perfilat en forma d'"L" que es tancava just en el punt de ruptura. El picapedrer anava avançant i introduint la seva eina en aquests canalons de talla fins a arribar al sòl de la pedrera. Finalment, s'introduïen unes falques en la part inferior del bloc, tant en la part frontal com la lateral, i, seguidament s'introduïen uns elements allargats, preferentment metàl·lics, que permetien fer palanca, esqueixant d'aquesta manera el bloc de la roca mare. Aquest procés permetia anar extraient de forma ordenada i un cop s'esgotava la filada, aquesta era prou llisa per usar-la de superfície d'extracció del següent nivell inferior (Bessac, 2002, p. 34-36).

L'extracció de blocs en filades esglaonades permetia l'obtenció de volums relativament manejables que anaven destinats a ser material de maçoneria, motlures o tambors. El procés d'explotació en graderies s'iniciava des del punt més alt i s'anaven extraient els blocs cap a l'interior de la roca mare. Quan en aquell nivell no era possible avançar, s'optava pels nivells inferiors formant un perfil esglaonat en el front de la pedrera. Quan l'explotació en grades ja arribava als nivells més baixos, els picapedrers podien optar per extreure aquestes grades des de la part superior deixant el perfil del front de la pedrera completament llis (Adam, 1996, p. 25-29).

Quan s'extreia sobre una superfície plana o s'esgotava el front de pedrera es podia seguir excavant verticalment en forma de fossa. El picapedrer havia de sacrificar una part important del sòl de la pedrera fins a recrear les mateixes condicions que en una extracció d'un front de pedrera. Però tenia els seus límits, ja que depenien de la maquinària per elevar els blocs extrets o simplement podrien haver topat amb una capa freàtica que inundés completament l'espai de treball (Adam, 1996, p. 27; Gutiérrez, 2014, p. 318-319).

L'altra opció davant d'un front de pedrera esgotat era penetrar formant galeries en la massa rociosa. El registre arqueològic ens mostra unes cavitats diferents depenent dels materials que se n'extreien. Quan eren pedreres amb vetes horitzontals i discontinues, es realitzaven galeries de poca altura però que s'expandien en l'interior, formant galeries subjectades per pilars desbastats en la mateixa roca. Però quan la massa rociosa era compacta i de gran altura, era possible obrir grans sales que solament requerien pilars desbastats en la roca natural o pilars de braços, construïts quan el cel de la galeria mostrava algunes fissures. Aquests sistemes en galeria

permetien reproduir en la massa rocosa les mateixes condicions de treball que hi havia a l'exterior, és a dir, avançant per grades i en descens vertical (Adam, 1996, p. 28).

Un bon exemple d'explotació en galeries en masses rocoses de gran altura el veiem en la pedrera del "tufo Di Grotta Oscura". Aquesta pedrera era pròxima a la ciutat de Roma i estava ben comunicada per un afluent del Tíber. Aquest fet, i les seves propietats per la facilitat de l'extracció i talla, va fer que fos explotada de manera intensiva des de l'època republicana. Una de les construccions més emblemàtiques en què es va usar aquesta pedra van ser en les muralles servianes en el segle IV aC (Volpe, 2014, p. 65-67).

La mida dels blocs no és una font fiable per a la datació, ja que tant en períodes preromans com en postromans s'extreien blocs de forma quadrada o casi quadrada. Les dimensions dels blocs podien anar condicionades per l'altura del picapedrer. Però sobretot ho determinava la litologia del lloc d'extracció, és a dir, en funció de l'absència o presència de fractures naturals i plans de sedimentació. L'altre factor que determinava les seves dimensions venia condicionat pel seu ús en la construcció. Un cop extrets aquest blocs es portaven a l'àrea de talla per preparar les dimensions encarregades i perquè fos possible el seu transport (Gutiérrez, 2014, p. 322-323).

### 1.3.3.2. Les eines d'extracció i tall de la pedra

Una manera de datar les pedreres, a falta de material ceràmic, és identificant les marques de la talla d'una de les principals eines usades pels picapedrers (*Veure figura 1 als annexos*). L'escoda és una eina que té un mànec llarg i porta una peça ovalada metàl·lica estreta i equilibrada, que recorda el pic actual. Depenent de la resistència de la pedra i segons l'època històrica les dues extremitats actives van estar forjades en diferents formes. Així que podem identificar la forma d'aquesta extremitat segons la marca que deixava en la pedra i relacionar-la en un context històric (Bessac, 1999, p. 16-19; Bessac, 2002, p. 35):

1. **La fulla tallant plana i estreta:** s'identifica el seu ús en la tradició hel·lènica fins a l'època baix imperial.
2. **Doble dent punxeguda:** s'identifica el seu ús fins al baix imperi.
3. **Variació de la fulla tallant plana i ample;** s'identifica el seu ús fins al baix Imperi.
4. **Doble dent recta o plana:** s'identifica el seu ús fins a l'època tardoromana.
5. **Dent en forma de punxa:** s'identifica el seu ús des de l'època tardoromana i medieval.

També és possible identificar cronològicament alguna marca en la talla dels canalons d'extracció dels blocs. Segons la profunditat, l'amplada i la forma de la part inferior d'aquest canaló de talla, podem identificar si es tracta de picapedrers de tradició preromana o de tradició romana. S'identifiquen aquells canalons de 0'40 m de profunditat i una amplada de entre 0'08 m - 0'09 m com a tradició preromana, i aquelles que presenten un canaló amb una amplada de 0'10 m, que es va reduint formant una "V" cap a la part inferior, s'identifiquen com de tradició romana (Bessac, 2002, p. 37).

Un cop extret el bloc és possible visualitzar en els plans verticals dels fronts de pedrera indicis de l'ús del pic. No solament la forma que tenien les seves extremitats, sinó que també podem contemplar la tècnica amb què picava el picapedrer. Aquestes marques fan possible obtenir informació sobre l'orientació, els canvis de direcció i l'angle de percussió del pic. L'observació de la superfície d'aquests fronts de pedrera s'han classificat segons les marques de traçament (Gutiérrez, 2014, p. 317-318):

- **Traces en espiga**, molt regular i resultat de dos traçaments de longitud semblant que s'ajunten en angle recte o quasi recte.
- **Traces en diagonal**, caracteritzades per llargs traçaments paral·lels en la mateixa direcció.
- **Traces amb un patró aleatori**, en el qual no s'observa cap regularitat ni en la longitud dels traçaments ni en la seva direcció, que fan que fins i tot apareixen lleugerament corbats.

Podem classificar les eines tant d'extracció com les de talla en funció dels modes de percussió. Això implica que generalment s'ha de tenir en compte la tècnica amb què s'usen aquestes eines i la disposició de les seves extremitats respecte de la superfície de la roca. Pel que fa a les eines de d'extracció (*Veure Figura 2 als*

*annexos*) en funció del modes de percussió podem distingir (Varene, 1977, p. 34-47; Adam, 1996, p. 32-37; Bessac, 1999, p. 19-25):

- **La percussió llançada:** les eines de percussió llançada eren instruments que recorden el pic actual. S'utilitzaven de manera individual, agafant el mànec de fusta amb les dues mans. L'extremitat de percussió constava d'una peça metàl·lica simètrica amb dues puntes piramidals. L'impacte contra la pedra era de poca precisió però permetia despendre un volum important de llesques de pedra en cada impacte traçant la trinxera o canaló que delimitava el bloc a extreure. Segons el tipus de pedra, l'estratègia d'explotació, la tècnica d'extracció, l'orientació del picapedrer o el context cronològic usaven un tipus o altre: Pic d'extracció comú (*Fig. 2A*); Escoda tradicional (*Fig. 2B*); Escoda Roma (*Fig. 2C*); Rivelaine (*Fig. 2D*); Mortaisoir (*Fig. 2H*).
- **La percussió posada amb percutor:** són eines amb les quals un picapedrer introduïa les falques en el punt de ruptura (*Fig. 2E*) i després eren colpejades amb la maça amb punta metàl·lica (*Fig. 2F*) o una maça de fusta (*Fig. 2G*).

**La percussió posada simple:** fa referència a l'ús de serres per corregir algun desviament o per practicar un tall més precís. S'utilitzaven serres dentades per a pedres toves o serres llisses amb un abrasiu granulat per a pedres dures. Degut a que s'escalfaven pel fregament s'havien d'anar refredant amb aigua. Segons la forma podem distingir, la serra de "cocodril" (*Fig. 2J*), la serra de clau mestra (*Fig. 2K*) i la serra de sorra dura per a pedra dura (*Fig. 2L*).

#### 1.4. La talla de la pedra

Un cop s'extreia el bloc de pedra es transportava a l'àrea de talla en la qual es preparava el bloc amb unes mesures i dimensions que facilitessin el seu transport, que bé podia ser per via terrestre amb carros tirats per bous, o fluvial o marítima, fins al taller artesanal o directament al peu de l'obra. Tant si fos a la mateixa pedrera, al taller o al peu de l'obra, les tècniques i les eines eren les mateixes. El punt de treball de la talla de la pedra anava més vinculat al producte final que s'esperava de la pedra (Gutiérrez, 2014, p. 322-323).

Per comprendre aquest procés i les eines que utilitzaven és interessant la classificació que en fan alguns dels autors que han estudiat aquesta qüestió. En ser un ofici que ha variat molt poc en el temps, poden ser interessants aquells estudis etnoarqueològics que s'han realitzat sobre aquest tema, però també hem de tenir en compte les fonts escrites clàssiques, la iconografia i les traces de les eines deixades en aquets testimonis materials. La proposta que en fa Varene estudia com treballen els artesans tradicionals en les obres de restauració en monuments antics. A partir d'aquest aspecte vincula cada grup d'eines en funció de la tècnica i del procés productiu en la talla de la pedra (Varene, 1977, p. 34-43). L'estudi d'Adam, contemporani a Varene, incorpora l'estudi iconogràfic i enfoca la classificació de les eines en funció dels modes de percussió i impacte durant el transcurs de l'extracció i la talla de la pedra (Adam, 1996, p. 32-37). Un estudi més recent és el realitzat per Bessac, en el qual ja contempla diverses visions d'investigació en les eines d'extracció i de la talla. Pel que fa a la classificació del estris de talla, ho fa en funció de les marques que ha deixat el treball en la pedra segons la utilització d'una eina concreta (Bessac, 1999, p. 19-25).

##### 1.4.1. Les tècniques de la talla de la pedra

Podem distingir les tècniques de la talla en funció del producte que se'n volia obtenir. La pedra en la construcció podia anar destinada a ser material de maçoneria, d'elements arquitectònics, elements ornamentals integrats o aïllats (Varene, 1977, p. 34-36).

En funció de la traça deixada per l'instrument en una superfície podem deduir l'acció que feia el picapedrer, l'artesà o l'obrer a l'hora de treballar la pedra (Varene, 1977, p. 36-41):

- **Desbastar:** separar amb una eina tallant les parts més bastes i sobrants d'un bloc de pedra.
- **Cisellar:** consisteix en modificar la superfície plana de la pedra de manera precisa amb un instrument de percussió posada amb percutor.
- **Retocat somiat o brodat:** treballar la superfície de la pedra en la qual prèviament s'ha dibuixat un esquema trammat decoratiu.
- **Retocat degradat:** treball suplementari que dona un acabat o definició segons la textura de les traces de la eina que deixa en la superfície de la pedra.
- **Poliment:** operació d'allisar les superfícies de la pedra que presenten irregularitats per tal d'obtenir una textura fina i homogènia.

En funció del producte, el procediment i la tècnica de treball en la pedra podem distingir (Varene, 1977, p. 36):

#### **La talla de blocs paral·lelepípedes**

Quan l'artesà es disposava a treballar un bloc de pedra podia contemplar encara les marques que havia deixat el picapedrer per realitzar l'extracció. Les cares d'aquest bloc podien tenir ja unes formes predefinides tot i que encara no era apte per ser material de construcció. Per tant, generalment havia de desbastar i predefinir les cares en funció del producte que li havien encarregat. Això podia implicar que la decisió de l'artesà fos de fragmentar el blocs en peces més petites i fàcils de treballar (Varene, 1977, p. 36).

#### **La talla interrompuda per la postura**

Aquesta tècnica estava relacionada amb la construcció de paraments de pedra amb blocs que solament havien rebut un primer treball de talla i mostraven irregularitats en les seves superfícies visibles. Per tant, els acabats, els elements ornamentals i arquitectònics eren treballats sobre aquesta superfície. Podien utilitzar aquesta tècnica per donar als blocs de maçoneria una forma complexa, com ara: bases de coronament, falses columnes, entaulaments amb detalls, arcs, dovelles, voltes simples o complexes (Varene, 1977, p. 41).

#### **La talla d'un bloc complexa**

Aquesta tècnica partia d'un bloc paral·lelepípede, amb la qual s'anava desbastant i donant la forma i volum desitjat per crear elements arquitectònics amb una estètica ornamental. Per a la talla de tambors o capitells de columna s'utilitzaven instruments especialitzats que permetien realitzar elements arquitectònics esculturals de forma ràpida (Varene, 1977, p. 41-43).

#### **La talla directa**

Aquesta tècnica partia d'una placa o la superfície d'un parament a la qual se li anava donant volum segons la forma desitjada sempre en base d'una temàtica ornamental. Inicialment s'utilitzava una plantilla en la qual es dibuixava la temàtica decorativa perquè a continuació l'artesà pugues treballar la pedra de manera molt precisa esculpint frisos directament en els paraments o en plaques que després serien instal·lades en l'edifici (Varene, 1977, p. 43).

### **1.4.2. Eines de la talla de la pedra**

La classificació dels útils de talla de la pedra la presentem segons la marca que deixaven en la superfície, causada per l'impacte de la eina amb el treball del artesà (*Veure Figura 3 als annexos*). Aquestes eines són anàlogues cronològicament, però existeixen molts indicis que els instruments dels artesans romans fossin molt semblants als descrits a continuació (Bessac, 1999, p. 25-32):



- **Útils d'impacte puntiforme únic:** el pic de taller era una eina de percussió llançada. Constava d'un llarg mànec i es distingit del pic d'extracció per l'accentuada curvatura de la massa metàl·lica en les seves extremitats simètriques i punxegudes (*Fig. 3A*). El punxó era una eina de percussió posada que necessitava un percutor (*Fig. 3B*).
- **Útils d'impacte lineal:** el martell obstinat era una eina de percussió llançada (*Fig. 3C*). Constava d'un llarg mànec i tenia fixada una massa metàl·lica amb extremitats còncaues. El cisell ample era un instrument de percussió posada amb una extremitat de fulla lineal i ampla (*Fig. 3D*). El martell tallant era una eina de percussió llançada (*Fig. 3E*). Constava d'un llarg mànec i té fixada una massa metàl·lica amb fulla ampla simètrica i horitzontal. El cisell recte era un instrument de percussió posada, l'extremitat del qual tenia una fulla lineal i estreta (*Fig. 3G*). La polca era una eina semblant a un martell tallant però amb la diferència que la maça metàl·lica fixada en el pal no era simètrica, sinó que una era vertical i l'altra horitzontal, i permetia treballar la pedra en angles diferents però des de la mateixa posició (*Fig. 3F*). El cisell raspador era un instrument de percussió posada amb les dues extremitats lineals (*Fig. 3H*).
- **Útils d'impacte lineal còncau:** la gúbia era un instrument de percussió posada en la qual la seva extremitat tenia una punta còncaua (*Fig. 3I*).
- **Útils d'impacte lineal dentat:** el martell tallant "brettura" era una eina de percussió llançada que tenia un llarg mànec i en la seva extremitat metàl·lica tenia una fulla tallant i l'altra dentada (*Fig. 3J*). La gradina era un instrument de percussió posada que tenia la seva extremitat dentada (*Fig. 3K*). La gradina madura era un instrument de percussió posada que tenia dues extremitats dentades i el fust té una curvatura asimètrica en cada extrem (*Fig. 3L*).
- **Útils d'impacte lineal amb dents punxegudes:** el martell de gra d'ordi era una eina de mànec llarg, les extremitats metàl·liques del qual eren dentades i simètriques (*Fig. 3M*). El cisell de gra d'ordi era un instrument de percussió posada amb la seva extremitat dentada, però es distingit de la gradina perquè les seves dents estaven més separades (*Fig. 3N*).
- **Eines d'impacte puntiforme múltiple:** el martell de bujarda era un instrument de percussió llançada que constava d'un mànec i la seva extremitat metàl·lica mostrava uns punxons distribuïts geomètricament (*Fig. 3O*). El cisell de bujarda era un instrument de percussió posada que mostrava en la seva extremitat una massa de punxons distribuïts geomètricament (*Fig. 3P*). El rallador era un instrument de percussió posada sense percutor que mostrava una superfície amb filaments metàl·lics (*Fig. 3Q*). El raspador es un instrument amb mànec de fusta, semblant a un ribot, que enlloc de fulla, tenia una sèrie de raspallets metàl·lics (*Fig. 3R*).
- **Eines d'impacte lineal múltiple:** el martell de bujarda patent era una eina de percussió llançada de mànec llarg i en el les seves extremitats metàl·liques simètriques tenia unes fulles amb una sèrie de filaments verticals dentats (*Fig. 3S*).
- **Eina d'impacte rotatiu:** el trepant és un instrument que amb la seva extremitat permetia fer perforacions i disposava d'un dispositiu rotatiu que facilitava la tasca de perforar (*Fig. 3T*).
- **Eines d'impacte circular:** el torn vertical era un instrument que es fixava al tambor d'una columna i, gracies a un punxó i al moviment circular, anava modelant la forma cilíndrica (*Fig. 3U*). Aquest torn és impulsat per un torn de pedal. El torn horitzontal era un instrument de torn que treballa de manera horitzontal i era impulsat per la tècnica de fregaments d'arquer (*Fig. 3V*).
- **Eines d'impacte lineal longitudinal continu:** la serreta amb mànec era un instrument de percussió sense percutor amb una fulla dentada que servia per rectificar les irregularitats dels marges i els encaixos (*anatirosis*) (*Fig. 3W*). Existia una serreta per rectificar les irregularitats que sobresurtien dels paraments (*Fig. 3X*).
- **Eines d'impacte difós:** els abrasius fan referència al material que s'usaven les serres de fulla plana per facilitar el serratge de pedres dures. Eren sorres de diferents granulacions que amb el moviment permetien anar tallant la superfície d'una pedra.

- **Els percutors:** el martell era el percutor per als instruments de percussió posada amb un mànec curt, i la seva extremitat simètrica presentava formes trapezoïdals, corbades o esfèriques (*Fig. 3Y*); la seva variant en fusta es diu maceta (*Fig. 3Z*).

### 1.4.3. Mesures i controls

En les obres de maçoneria no era habitual l'ús de morters, sinó que es realitzaven amb l'encastament i encaix amb abraçadores metàl·liques. D'aquí la importància que les mides dels blocs que eren produïts en sèrie tinguessin la mateixa forma, per tal d'agilitzar el procés de construcció d'un aparell de maçoneria o altres elements arquitectònics.

Els picapedrers romans utilitzaven un sistema de medició que els permetia treballar la pedra amb un control de les dimensions i de les mesures per donar la forma segons les exigències de la comanda.

- **La regula:** és un regle graduat que podia ser de fusta, metàl·lic o d'os. Podien tenir diverses dimensions i alguns sembla que podien ser articulats. Els models que s'han trobat mostren una divisió puntejada que fa referència al sistema de mesures dels peus romans (Adam, 1996, p. 42-43). Vitruvi en fa referència en el seu tercer llibre en el capítol primer, origen de les mides en els temples:

*(...), a partir d'altres membres del cos humà, es conclou el càlcul de les diferents mides necessàries en la construcció, com són el dit, el pam, el peu i el colze,(...), el peu és la sisena part de l'altura del home, o el que és el mateix,(...), i a més a més observem que un colze és igual a sis pams, o lo que es el mateix, vint-i-quatre dits.(...) (Vitruvi, III, I)*

- **La norma:** és l'escaire tal i com la coneixem avui en dia. Els models que s'han trobat són de bronze i presenten unes dimensions molt variades. Algunes tenen braços articulats que permeten calcular angles per la talla de maçoneria poligonal o de les motlures. La iconografia també ens ha permès conèixer la *libela*, un instrument amb la mateixa forma d'una escaire però que a més disposava d'una plomada en l'eix central que permetia verificar les horitzontals i la seva variant per a plans verticals (Adam, 1996, p. 43-45). Vitruvi fa una petita menció aquest instrument quan menciona el càlcul de les dimensions del quadrat respecte a la referència mètrica amb la proporcionalitat del cos humà:

*(...).La figura circular traçada sobre el cos humà ens possibilita aconseguir un quadrat: (...); exactament l'amplada mesura el mateix que l'altura, com els quadrats que tracem amb l'escaire.(...) (Vitruvi, III, I)*

- **El perpendicularu:** és la plomada, que era un element fonamental per a molts instruments de mesura tant de la talla de la pedra, de topografia o durant el procés de construcció. Els instruments de mesura que utilitzaven la plomada més rellevants són la *dioptra*, la *groma* o el *corobate* (Adam, 1996, p. 9-20; 45).
- **El Circinus:** és el compàs que servia tant per traçar circumferències com per transportar mesures o dimensions amb una precisió exacta. Se n'han trobat de diverses dimensions, alguns amb un passador per mantenir la mesura o d'altres que eren uns braços acabats en punta perquè no es desviés mentre s'utilitzava (Adam, 1996, p. 45).

Pel que fa als controls del material lapidari, sembla que sovint es registraven senyals epigràfics en els blocs en funció de les demandes de material constructiu. La singularització de les peces facilitava l'organització de la posada en obra. Aquesta pràctica va vinculada a la gestió administrativa de l'extracció i a la seva comercialització. El registre arqueològic mostra que era molt comú en les construccions greges i continuà en el període republicà, però va caure en desús i no va tornar a agafar embranzida fins a l'època tardoromana. Un bon exemple que aquesta pràctica va perdurar són els grafits d'algunes peces de maçoneria i en alguns elements arquitectònics de *Leptis Magna* a l'actual Líbia, on a més es dona la singularitat que perduren grafits de tradició púnica, grega i llatina (Adam, 1996, p. 42; De Simone i Tomasello, 2014, p. 358-364).

## 1.5 Principals causes de la degradació de la pedra

Molts dels edificis foren construccions realitzades amb pedra i estaven subjectes a patir alteracions del material provocades per agents de degradació. La composició o la naturalesa de cada roca determina en gran part el seu comportament davant de les agressions físiques o químiques. Les causes dels agents externs poden ser naturals o antròpiques. Dins dels agents naturals podem diferenciar els agents físics mediambientals i els agents biològics. Els agents externs actuen tots al mateix temps amb més o menys intensitat en els processos de degradació (Cagnana, 2000, p. 71; 74).

Els agents físics ambientals són aquells que provenen dels fenòmens naturals, com el vent, els canvis tèrmics, l'aigua o la deposició de sals. El vent pot contenir partícules minerals que impacten contra les estructures de pedra, provocant una abrasió del material; la gravetat de la seva afectació depèn de la resistència dels minerals que la componen i de l'aglomeració dels agregats. A causa de les altes temperatures, les pedres exposades poden patir dilatacions; en materials que tenen una composició heterogènia, com els granits, poden provocar tensions internes i fracturar-los; les roques poroses poden absorbir la humitat, i en cas de temperatures de congelació pateixen fissures. L'aigua actua com a transport de contaminants i és la causant de provocar gran part de les reaccions químiques que afecten la pedra; a més, l'aigua erosiona les superfícies de les roques i afavoreix el desenvolupament d'essers vius. Les construccions pròximes al mar i fetes amb roques poroses tenen moltes possibilitats de patir problemes estructurals, degut a la deposició de sals (Cagnana, 2000, p. 71-74).

Els agents naturals biològics com els bacteris, fongs i líquens provoquen alteracions químiques perquè segreguen substàncies agressives o les produeixen quan es descomponen les seves restes. Les plantes superiors poden causar problemes mecànics, ja que poden desplaçar els ancoratges de la construcció a causa de la progressiva penetració de les seves arrels, produint fractures. Finalment, la deposició d'excrements dels coloms o l'orina dels gossos, que conté importants quantitats de sofre i amoníac, en contacte amb aigua pot provocar alteracions químiques en la roca (Cagnana, 2000, p. 74-76).

Els agents antròpics són totes aquelles accions fetes pels homes que actuen en estructures de pedra. Poden ser un efecte violent com els focs, demolicions o destrucció per causa d'una guerra. Altres efectes causats per l'home poden ser la incompatibilitat amb altres materials de construcció com ara els morters, tirants metàl·lics o el contacte amb altres pedres que provoquen alteracions químiques. La contaminació atmosfèrica provocada per l'home pot causar canvis en alguns components de la pedra, com un canvi cromàtic o fins i tot la seva destrucció (Cagnana, 2000, p. 76-78).

## 2. L'argila

L'ús de la terra com a material de construcció ja va associat al moment en què els homes surten de les coves i decideixen elaborar habitatges amb els materials que tenen a disposició en la naturalesa (Flores, 1998, p. 69). L'argila va ser un dels materials que demostrava unes qualitats manejables quan estava humida i que un cop assecada conservava la forma adquirint una solidesa apta per a la construcció. En les regions amb escassetat de vegetació o de fusta òptima per a la construcció es va optar per desenvolupar tècniques de construcció amb l'argila assecada al sol (Adam, 1996, p. 61).

La seva utilització en l'arquitectura es pot classificar en funció de la seva aplicació en la construcció, ja que pot ser directa o mitjançant elements prefabricats. En la modalitat d'aplicació directa podem distingir segons la tècnica utilitzada: l'arrebossat de terra en un entramat vegetal; el modelatge directe; l'aplicació directa en paviments, cobertes o revestiments i la tàpia per a alçats de paraments (De Prado, 2006, p. 34). Els elements prefabricats poden ser d'argila crua, com la tova, o argila cuita, com el maó, *tegula*, *imbrex*, etc (Flores, 1998, p.71).

La tova és un maó fet de terra crua amb la forma de paral·lelepípede que lligat amb morter ofereix nombroses utilitats en la construcció. En la Mesopotàmia es va utilitzar per a grans construccions, i es va aplicar en altres cultures, sempre que el clima fos favorable. A la conca del Mediterrani occidental va arribar tard, sota la influència dels púnics i dels grecs, que va propiciar que les cultures autòctones desenvolupessin les seves pròpies tècniques amb aquest material (Flores, 1998, p. 71).

No va ser fins al 3.000 aC a Mesopotàmia que detectem l'ús dels maons cuits com a revestiment en grans monuments o en muralles de tova. Es va comprovar la seva resistència a la humitat, segurament de manera accidental, cosa que en va fer un material òptim per a la construcció de cisternes o canalitzacions. Fora d'aquets usos rarament es va utilitzar, ja que gaudien d'un clima molt càlid que en feia innecessària la producció a gran escala (Adam, 1996, p. 61). Tot i així, la innovació es va estendre, tant a l'Orient Llunyà com a l'Occident, i així ho demostren nombroses peces d'argila cuita datades gràcies a les inscripcions referents a la divuitena dinastia dels faraons d'Egipte, entre els anys 1539-1514 aC (Flores, 1998, p. 72).

En el món occidental, la cocción d'argila com a material constructiu no va arribar fins més tard, i només és destinava a les construccions importants, com són els edificis religiosos. En canvi, van ser els primers a usar les teules d'argila cuita com a material de coberta per protegir l'armat de fusta dels seus temples (Adam, 1996, p. 61). En el període hel·lenístic, els arqueòlegs han assenyalat la presència puntual de blocs d'argila a mig coure en diversos punts de la península Itàlica i Sicília. Però no es fins a finals de la República que es van usar maons cuits en circumstàncies molt peculiars, com ara en la basílica de Pompeia, on s'han trobat grans columnes fetes de maons retallats. També a Pompeia trobem una peculiar combinació de paraments, l'*opus vittatum mixtum*, en el qual s'alterna en filades l'ús de maons cuits i pedres de maçoneria. Finalment, el seu ús es comença a popularitzar en alguns elements de les termes, com canalitzacions, revestiments o morters amb restes ceràmiques, ja que l'argila cuita és un material resistent al contacte amb l'aigua (Elvira, 2007, p. 199).

Definitivament, en època imperial la tecnologia ceràmica es va expandir amb l'ús dels materials de construcció de mides estàndard, com el maó cuit, les tègules o els antefixes. L'existència de nombroses rutes comercials va propiciar l'intercanvi de coneixements i una assimilació de les tècniques constructives en tots els racons de l'Imperi romà. A mesura que les tècniques constructives van anar evolucionant, la producció de maons va anar guanyant qualitat i importància, ja que era fàcil de manejar i instal·lar-lo en l'obra, gràcies a la seva facilitat d'adaptació en les corrents estètiques i arquitectòniques. Però no és estrany que en algunes regions els maons cuits tinguin unes dimensions diferents, o bé que l'ús de la tàpia o de la tova encara sigui majoritari. Això es deu a diversos factors: zones on la influència romana és menor; la dificultat d'obtenir un recurs concret o per les particularitats culturals que fa que prioritzin altres tècniques de construcció (Flores, 1998, p. 74).

## 2.1. Tècniques constructives amb l'argila crua: la tàpia i el maó de tova

Per fer una aproximació a la comprensió del procés tecnològic en l'ús de l'argila en la construcció en època romana, cal consultar les fonts documentals antigues, els estudis interdisciplinaris de l'arqueologia i finalment les fonts etnogràfiques dels oficis tradicionals (De Chazelles-Gazzal, 1997, p. 1-5).

*(...) els maons, indicant la classe de terra més convenient per la seva fabricació. (...) s'han de fer de terra blanquinosa abundant en argila, o bé de terra roja, o bé de sauló fort i gruixut. Aquests tipus de terra posseeixen una gran consistència per la seva lleugeresa, no resulta pesat treballar amb elles i és col·loquen amb facilitat. S'han de fabricar durant la primavera i la tardor perquè s'assequin completament. Aquells que es fabriquen durant el solstici tenen imperfeccions, ja que el sol els asseca per fora i fa la impressió que estan secs completament, però la part interior segueix encara humida; (...) Els millors són aquells que s'han fabricat amb dos anys d'antelació; amb menys temps no es possible que s'assequin completament (...)* (Vitruvi, II, III)

L'obra de Vitruvi ens dona una extensa descripció del contingut i del procés d'elaboració dels maons de tova, però existeix una absència de la descripció d'altres tècniques de construcció aplicades amb argila natural, com es el cas de la tàpia.

Els components del sòl se solen classificar en funció del diàmetre de les partícules. Els còdols tenen unes mides superior als 20 mm; les graves estan entre 20 i 2 mm; la sorra entre els 2 i 0'06 mm; els llims entre 0'06 i 0'002; les argiles tenen unes mides inferiors als 0'002 mm (Garcia *et al*, 2018, p.3).

En la construcció, cal fixar-se en el contingut d'argila i de sorra. L'argila té la capacitat de modificar el seu comportament en presència de l'aigua, que li dona propietats conglomerants i aporta cohesió al material. Una vegada assecada, el fang manté un estat elàstic i resistent, gràcies al percentatge d'humitat de l'argila i de la sorra que impedeix la fissura a causa del canvi del volum en la seva massa (García *et al*, 2018, p. 4).

Els primers elements arquitectònics fets amb terra crua eren un entramat d'elements vegetals que anava cobert amb terres amb una certa plasticitat. Una tècnica més complexa amb terra crua són els murs de tàpia, constituïts per terra piconada barrejada amb argiles per crear una argamassa que, juntament amb elements vegetals, permetia lligar un mur. La majoria de vegades feia falta combinar altres materials, com ara la pedra, ja que calia que la tàpia no estigués en contacte directament amb la terra per evitar que la humitat s'infiltrés en el parament, o bé s'alternava amb paraments de pedra per donar una millor estabilitat. Actualment la tàpia segueix essent molt utilitzada per tot el món, especialment al nord d'Àfrica, Àsia Menor, Sudamèrica o en zones rurals del sud d'Europa (Flores, 1998, p. 70).

Els bancs d'argila es concentren principalment en planes fluvials on es van dipositant sediments que s'estratifiquen per l'acció de l'aigua. Les estructures d'extracció de terra, documentades a Lió, estan pròximes a restes arqueològiques o en el mateix *pomerium*. Aquestes fosses mostren unes formes i dimensions variades, lligades segons sembla a les necessitats d'aquest material, que bé podrien haver estat puntuals per a una obra concreta o per tasques de manteniment d'un edifici pròxim (Clément, 2016, p. 145-164). Les tipologies d'aquests pous d'argila són diverses: alguns presenten una forma lobulada, altres són excavats en galeria subterrània i d'altres són rases. En el cas d'extraccions continuades vinculades a centres productors on s'elaborava material constructiu, s'han documentat àrees amb diversos pous d'extracció que després s'utilitzaven com abocador del material que presentava imperfeccions. Quan la veta d'argila es trobava en el vessant del terreny, l'extracció s'elaborava verticalment mitjançant tècniques de picapedrer (Díaz, 2008, p. 94). Pel que fa les eines, no varien massa de les utilitzades en l'extracció de pedra o de les que s'utilitzaven habitualment en la construcció (Clément, 2016, p. 155).

Després de l'extracció del material argilós, la preparació es feia sovint prop de l'obra. Només calia airejar la terra i extreure'n aquelles partícules massa grans que poguessin disminuir la cohesió del material. També se li podien incloure additius per estabilitzar la terra, tant d'origen orgànic com inorgànic (Houben/ Guillard, 1994,

p. 109). L'amassat era el mateix procediment, tant per a tàpia com per a tova. Es realitzava a cel obert i s'anava trepitjant en espiral, mentre s'hi abocaven els materials de cohesió i aigua (Adam, 1996, p. 62).

Si la compactació es massa argilosa és pot recórrer a la barreja amb palla, però les inclusions vegetals poden deixar espais buits que més tard poden provocar danys estructurals degut a les humitats o a les gelades. Segons l'experiència recollida per les fonts etnogràfiques (Houben i Guillard, 1994, p. 109) es proposa una combinació òptima d'un 15% d'argila, 23% d'agregats, 30% de sorra i 32% de palla. S'ha constatat que sovint es reutilitzaven els materials d'edificis antics fets de tàpia o de tova, sempre que se separessin prou els seues elements que, un cop humitejats, recuperaven l'elasticitat inicial. Sabent que la tàpia és propensa a malmetre's per la humitat, calia que les parets estiguessin recolzades en fonaments de pedra o de maó cuit. Arqueològicament podem observar aquests sòcols sobresortint del nivell del sòl com a mínim uns 10-20 cm (Rusessell i Fentress, 2016, p. 131-141).

### 2.1.1. La tàpia

Ja que la tapiera és una tècnica que requereix un sòl sorrenc, no sorprèn que no estigui tant present en regions en les quals predomina l'argila. De totes maneres, els avantatges tècnics que aportava aquesta pràctica davant d'altres tipus de construcció amb terres eren que es tractava d'un mètode fàcil, relativament ràpid, econòmic i convenient amb l'entorn climatològic. Comparat amb la tova, el procés d'excavació i la preparació de l'aglutinant era més senzill i més ràpid (Rusell i Fentress, 2016, p. 133).

En segon lloc, els maons de tova han de ser modelats i deixats assecar un llarg període de temps, mentre que amb la tapiera, durant el procés de construcció, la terra humida es comprimeix dins els suports o els entaulaments, i amb l'ajuda d'una massa piconadora es pot extreure l'excés d'aigua, la qual cosa permet un assecat més ràpid. A mesura que es va abocant, el material es va comprimint fins que assoleix les dimensions de l'encofrat. A continuació es repeteix el mateix procés seguint la línia del parament desitjat (Adam, 1996, p. 63).

Existeixen diverses eines necessàries per a la construcció de tàpia, les més bàsiques són la massa premsadora i el motlle, també conegut com a encofrat (Golebiowski, 2009, p. 144). La característica d'aquesta estructura és que està formada per uns taulons verticals, que són els que contenen la terra durant el procés de premsa, denominats tàpies, i que defineixen les cares dels murs. Aquets elements es mantenen verticals gràcies a la utilització d'uns muntans verticals denominats estampidors que estan connectats a través de les dues cares per uns tirants denominats agulles. En retirar l'encofrat, aquestes agulles deixen uns espais buits que juguen un paper tradicionalment important durant el procés de construcció, ja que es poden fer servir per repenjar una bastida (García *et al*, 2008, p. 17).

Altres eines que poden facilitar aquest procés són les espàtules o les paletes per repartir la massa de manera uniforme dins el motlle o bé per si sobresurt per les ranures de l'encofrat. Un gibrell o una regadora permet tenir a mà una font d'aigua, que pot ser útil per anar humidificant la massa. Els estris de mesura, com ara una plomada, asseguruen una correcta execució del parament. Pel que fa els motlles han de ser d'una fusta que no es deformi ni es doblegui fàcilment. Es recomana l'ús de fusta clara, com ara el pi o el salze. Les dimensions suggerides per a l'encofrat poden variar, però poden ser de 2 a 3 m i el gruix dependrà del tipus de càrrega i tensions que s'espera que ha de suportar la paret (Golebiowski, 2009, p. 7).

Un cop finalitzat el parament, que pot assolir una altura d'1'5 m, es pot recobrir amb una capa d'enguixat, adquirint així una major resistència als agents climàtics i a l'erosió. Es poden construir dues o tres plantes amb el sistema de la tàpia, però sempre que tingui un gruix suficient. En murs exteriors d'una sola planta és suficient un gruix de 0'35 m, però si es construeixen dos pisos cal un gruix de 0'45-0'60 m. Si són parets internes es suficient un gruix entre 0'23-0'30 m (Rusell i Fentress, 2016, p. 134).

L'encofrat amb *opus caementicium*, amb una composició elevada d'àrids, era utilitzat pels romans per a la construcció d'elevacions o en alguns fonaments. Alguns estudis apunten que el desenvolupament d'aquesta tècnica podria anar estretament lligada a l'ús de la tapiera, portat per la influència púnica i cartaginesa a l'oest del Mediterrani (Golebiowski, 2009, p. 145-151).

Però sota influència romana, l'ús de la tàpia el trobem sovint en contextos regionals o rurals on els seu ús tradicional es manté en convivència amb altres tècniques. Com en el cas de dues *domus* i d'una *taberna* pròxima al fòrum d'*Empúries*, datades del segle I dC. Són unes parets verticals protegides per un estuc pintat, que mostren clares evidències d'ús de la tapia, cosa que manifesta que la tradició arquitectònica autòctona es manté dins les practiques en la construcció romana (De Chazelles-Gazzal, 1990, p. 101-118).

### 2.1.2. El maó de tova

Pel que fa el procediment d'elaboració de la tova, el procés d'extracció i d'amassat és el mateix que en la tàpia. Els maons de tova s'havien de modelar manualment amb l'ajuda d'un marc, generalment de fusta, que determinava les dimensions del maó de tova. Finalment eren col·locats a terra, però abans de ser desemmotllats s'escampava sorra fina o palla per la superfície, per evitar que durant el procés d'assecat els blocs s'enganxessin al terra i presentessin deformacions o fissures (Flores, 1998, p. 75).

*Es fabriquen tres classes de maons: (...) «maó de Líbia» que és el que utilitzem nosaltres, amb una longitud de peu i mig i una amplada d'un peu. Els grecs treballen principalment amb altres (...). Així, el que mesura cinc polzades es denomina «pentadoron», el que en mesura quatre, «tetradoron». (Vitruvi, II, III)*

Vitruvi, ja fa una primera aproximació de les dimensions que tenien els maons de tova. Aquestes eren el *libi*, que feia 44'5 x 29'7 cm; el *tetradoron* que feia 29'7 x 29'7 cm; el *pentadoron* que feia 37 x 37 cm. Estudis més recents ens amplien aquesta informació i ens aporten noves dimensions utilitzades en els maons de tova. La mesura líbia, contemporània a Vitruvi, tenia una altura de 7'5 cm. Una nova tipologia més moderna correspon a un semi mòdul de l'anterior i te unes mesures de 28'5 x 14 x 7 cm. La tercera tipologia, menys habitual, apareix passat el segle I dC, i li corresponen unes mesures de 21 x 12 x 6 cm (Clement, 2016, p. 155-157).

Les toves es van modelant i col·locant alineades per tal d'optimitzar l'espai, que a més facilitarà el procés d'anar canviant-les de posició. En regions caloroses és freqüent que els espais on s'assequen els materials estiguin coberts, per evitar un assecat massa ràpid que provocaria fractures en la superfície del maó de tova (García *et al*, 2008, p. 15).

L'organització de la producció d'aquest material sembla que no era possible realitzar-la a la mateixa obra ja que, a causa de les necessitats dels processos de modelat i d'assecatge, requeria una gran superfície i prou temps per poder preveure quant de material calia per dur a terme l'obra. Per tant, el més probable és que, una vegada planificada la quantitat de material necessari, s'encarregués el material i que després fos traslladat amb carros al peu de l'obra (Clement, 2016, p. 158-161). Els murs de tova havien d'arrencar d'una cimentació de pedra adequada que garantís una bona estabilitat. Durant la seva instal·lació, s'havia d'anar lligant amb un morter de terra lligada, tot i que en ocasions també s'utilitzen aglomerants com la calç o el guix (García, 2008, p. 15).

Tant els romans com les cultures autòctones de la conca mediterrània occidental ja coneixen l'ús d'aquest material en la construcció, però sota la influència dels romans es va intensificar i combinar amb altres tècniques de construcció, generalment amb la pedra. Tot i el desenvolupament de l'argila cuita i la seva producció en massa a partir del canvi d'era, l'ús de la tova va ser recurrent en moltes regions de l'Imperi romà, ja que no va desaparèixer sinó que es va adaptar a les noves tendències tècniques. En l'arquitectura romana d'aparellaments mixtes, normalment la trobem associada a l'*opus latericium* i *opus craticium* (Clement, 2016, p. 157).

## 2.2. Material constructiu amb argila cuita

Aquets materials constructius s'elaboraven en tallers terrissaires, coneguts com *figlina*. Els seus establiments anaven condicionats per la necessitat de la proximitat de matèries primeres, les vies de comunicació i la demanda de productes ceràmics. En aquests centres productors es duïen a terme totes les fases de producció i els seus productes eren molt variats, des de ceràmica de taula, de transport, d'emmagatzematge o de material constructiu (Castanyer *et al*, 2005, p. 7-21).

### 2.2.1. La producció del material constructiu en una *figlina*

L'organització interna dels tallers permetia una producció en sèrie, organitzada en àrees de treball (Castanyer *et al*, 2005, p. 7-21). Podem distingir l'àrea d'obtenció de matèries primeres, que bàsicament anava centrada en l'extracció de l'argila, però també serà important l'obtenció de materials vegetals, com llenya o matolls, i la necessitat d'un punt d'obtenció d'aigua dolça (Díaz, 2008, p. 93-94).

A continuació era necessari el tractament de les argiles. Aquesta activitat es realitzava en les mateixes instal·lacions, en un conjunt de basses de decantació, en les quals es feia la mescla d'argila amb aigua i es deixava reposar, amb l'objectiu d'aconseguir una argila òptima per al treball del terrisser. Algunes basses de decantació documentades a la península Ibèrica presenten generalment una planta rectangular i estaven impermeabilitzades amb capes d'argila, o bé amb *opus signinum*, amb *tegulae*, o amb plaques de pissarra. Pel que fa a l'emmagatzematge de desengreixants minerals, s'ha localitzat, en el jaciment d'Ermedàs ( Pla del Estany ) una sèrie de dipòsits amb continguts de restes de mica, feldspat, quars i sorres utilitzades habitualment en la producció d'argila cuita (Díaz, 2008, p. 95-97).

Dins d'aquesta àrea de treball també es portaven a terme les tasques d'empastament de l'argila, amb l'objectiu d'aconseguir un material prou elàstic per facilitar les tasques d'emmotllament. Consistia en amassar el material, trepitjant-lo, mentre se li afegien l'aigua i els desgreixants. La proporció i la utilització d'un desgreixant en qüestió pot variar en funció del producte que es vol obtenir (Díaz, 2008, p. 97).

Pel que fa a l'àrea de modelat, com que no calia la utilització de torn, sembla que es realitzava en les proximitats d'on es portava a terme el pastat de l'argila. Generalment s'usaven encofrats de fusta, i un cop s'enduria l'argila es desprenia en l'àrea d'assecat. Podríem especificar l'ús del torn en materials constructius solament en la producció d'elements destinats a les termes o en les canalitzacions d'aigua (Díaz, 2008, p. 99).

L'àrea d'assecat eren espais porticats però que permetien la circulació de l'aire. Era necessari que un cop era desemmotllada, la peça es diposés en una zona en la qual no toqués directament el sol, ja que sinó s'assecava per fora però no a l'interior. Quan aquest procés estava més avançat, aquestes peces podien ser instal·lades en un espai més ampli, sense la necessitat que fos cobert. En algunes regions de naturalesa humida, es creu que el procés de desemmotllament es feia en cambres que disposaven d'un petit forn per escalfar-les. Una altra hipòtesi en aquest aspecte seria la utilització d'habitacles contigus als forns principals, que servien exclusivament per l'assecat de les peces abans que fossin cuites en el forn (Díaz, 2008, p. 99-101).

L'àrea de producció anava associada a l'activitat de cocció de les peces. Era integrada bàsicament per un o més *fornaces*, els quals disposaven d'un espai o àrea de servei on es preparava el combustible amb la boca d'accés al túnel de càrrega (Díaz, 2008, p. 102).

Els components del forn romà eren, bàsicament, la cambra inferior i la cambra de cocció. La cambra inferior acostumava a ser excavada en la superfície del terreny argilós, i és on es duïa a terme la combustió; en ser sota terra era més fàcil assolir altes temperatures. A la cambra inferior s'accedia pel túnel de càrrega o *prae-furnium*, que comunicava amb l'àrea de servei i facilitava la introducció de combustible al llarg de les hores que durava el procés de cocció. La cambra de combustió podia presentar una planta circular o quadrangular, i la seva funció era permetre apilar el combustible que escalfava l'estructura del forn. Aquesta cambra se separava de la cambra de cocció per una graella excavada en el substrat del sòl argilós, denominada



*opus suspensus* o *opus pensile*. Aquesta graella era sostinguda per uns elements de suport que, depenent de la tipologia, poden presentar un pilar central, un pilar circular, un pilar quadrangular, o un pilar oblic. Altres elements de suspensió poden ser murs adossats al tester oposat al *praefurnium* que permetien disposar d'arcs paral·lels transversals amb el túnel de carrega de combustió. Dins d'aquesta tipologia, era freqüent que els forns que s'utilitzaven per coure material constructiu només disposessin de la cara superior plana dels arcs. En aquells que eren més elaborats es col·locaven uns *lateres*, formant una retícula i coberts per una capa d'argila, que conformaven una superfície regular per a la cambra de cocció (Coll, 2008, p. 113-125).

Pel que fa la part superior del forn, estava composta bàsicament per la cambra de cocció o laboratori. Aquesta estava coberta per uns murs fets de tàpia, tova o maons cuits. Podia tenir un accés a la part superior o en una de les parets a cota de la graella, que no coincidís amb el frontal del túnel de càrrega. Per tancar aquest accés al laboratori, normalment s'utilitzava una *tegula*, que permetia segellar-lo completament durant el procés de cocció (Coll, 2008, p. 115-116).

En els estudis arqueològics dels forns romans es dificil concloure la tipologia i la cronologia, ja que en moltes ocasions el seu estat de conservació es deficient. En aquells que presenten una conservació òptima, cal fixar-se en detalls com la planta de la cambra de combustió, els elements de suspensió de la cambra de cocció, la graella, l'orientació del *praefurnium*, el material usat en la seva construcció i, si és possible, el mur de la cambra del laboratori. També ens aporta una valuosa informació la presència de cendres o si identifiquem diferents capes d'argila en la part interna de la cambra de combustió. Un cop documentat el forn podem usar els criteris de classificació (*Veure figures 4 i 5 als annexos*) establerts per Ninina Cuomo di Caprio o la proposta de la tipologia de cambres de combustió (Coll, 2008, p. 118).

L'àrea d'abocament es una font d'informació molt valuosa per a l'estudi d'aquesta activitat en època romana. La importància de la seva situació respecte del conjunt del complex i les seves dimensions ens permet conèixer si eren deixalleries vinculades a un sol forn o per a tot el complex. L'acumulació de ceràmica defectuosa ens permet conèixer la tipologia de la producció i establir cronologies. A més, si s'hi abocaven les cendres procedents dels forns, a partir d'uns estudis analítics es podrien conèixer dades com el combustible. Si s'hi abocaven materials sobrants del procés productiu, també es pot conèixer la composició de l'argila i dels desgreixants minerals (Díaz, 2008, p. 102-106).

Altres àrees documentades associades a l'activitat en la *figlina* són les àrees d'emmagatzematge, on es preparava el producte final per ser embalat i transportat, i l'àrea de representació, que són espais amb una pavimentació més cuidada on es creu que es mostraven els productes i on es realitzaven les transaccions comercials. També s'hi associen algunes estances vinculades a la vida domèstica dels membres que treballaven en les instal·lacions (Díaz, 2008, p. 106).

### 2.2.2. Àrea de difusió del material constructiu d'argila cuita

La difusió del material de construcció fet en terra cuita s'ha mostrat geogràficament molt diversa. Materials aportats per l'arquitectura grega, com la tègula, *imbrex*, i l'antefixa van gaudir d'una ràpida difusió com a material de cobertura. Però altres materials, com el maó cuit, no són presents en tota l'àrea geogràfica que conformava l'Imperi romà. Tanmateix, sí que és possible fer una aproximació a conèixer el seu punt d'innovació i experimentació i quin va ser l'impacte de difusió del seu ús en les tècniques de construcció romana. El maó cuit ja es coneixia a l'antiga Mesopotàmia i a través dels fenicis va entrar en contacte amb els pobles de la conca mediterrània. Quant als grecs o als púnics, no descartem que el coneguessin però es tenen escasses proves del seu ús. Potser podríem especular que, a causa d'una forta tradició en les tècniques constructives orientada en altres camps, no veiessin les possibilitats de desenvolupar el maó cuit com a material constructiu en la seva arquitectura. Els romans tenien una capacitat d'adoptar idees i desenvolupar-les per als seus propis beneficis. A la Itàlia central hi havia una forta tradició de l'ús de la tova, que podria haver servit com a preparació per a l'experimentació del maó cuit com a material de construcció. Entre els segles III aC i el I aC, el seu ús és molt confós i sembla que solament el trobem en elements arquitectònics vinculats

moltes vegades amb les termes. Del que sí que se'n té constància és a partir del canvi de mil·lenni, vinculat al procés de romanització de les províncies romanes. La necessitat de crear infraestructures i una organització del territori basada en el control des de les ciutats va mobilitzar tota una sèrie d'iniciatives tècniques i arquitectòniques que van revolucionar la manera de construir dels romans. Tot i així, la seva difusió no va ser completa, ja que la competència amb altres tècniques autòctones no va permetre que es generalitzés el seu ús, mes enllà d'elements arquitectònics molt concrets (Elvira, 2017, p. 129; 277-278; 344-345; 396-399)

En el segle I, els maons cuits portaven breus inscripcions que feien al·lusió al fabricant, però no és fins a l'època de Trajà que augmentà aquesta tendència i ja a finals del segle II es va generalitzar aquesta pràctica, ja no solament del fabricant, sinó amb referències a la manufactura, el propietari de la terrisseria, el mercader que el comercialitzava i fins i tot del cònsol en funcions que havia fet l'encàrrec (Adam, 1996, p. 67).

### 2.2.3. Tipologia del material constructiu d'argila cuita

#### 2.2.3.1 Material constructiu d'argila cuita per a cobertes

*Parlant, en concret, sobre les teules, ningú pot prejutjar exactament si són òptimes o defectuoses per a la construcció; solament quan estiguin col·locades i provades per les tempestes, es comprovarà si són sòlides; les que no siguin adequades, per estar fetes de greda, o bé per haver estat poc temps en el forn, segur que es detectaran els seus defectes, al caure la gebrà i la neu (Vitruvi, II, VIII)*

Vitruvi menciona l'ús de teules d'argila cuita en la construcció. Dona recomanacions de com identificar la qualitat del material, tot i que no especifica quan parla de la construcció si fa referència al cobriment o als paraments.

Pel que fa els elements de coberta (*Veure figura 6 als annexos*), les teules romanes hereten la forma de coberta grega, composta principalment per uns elements ceràmics plans, rectangulars o trapezoïdals, anomenats tègules, o en llatí *tegulae*, que es juxtaposen en sentit longitudinal i que es superposen en el sentit del pendent, amb uns elements d'estanquitat entre les juntes, coneguts com a *imbrex*. Les formes de *tegulae* en general canvien molt poc en les seves dimensions, però sí que existiren models amb particularitats regionals. En canvi, els *imbrices* poden adoptar dos perfils diferents, l'*imbrex corint*, amb forma de díedre, o bé l'*imbrex laconi*, més extens amb forma semicircular. Cal mencionar la utilització d'elements ornamentals ceràmics com l'antefixa, que s'usava en la terminació de la línia dels *imbrices*. Aquest element ornamental podia presentar una gran varietat de temàtiques vegetals, animals o de simbologia mitològica. També s'ha detectat un model de *tegulae* molt singular que conté un *oculus* central que permetia l'evacuació dels fums o vapors; algunes d'aquestes teules poden presentar un orifici circular o quadrangular i poden tenir una claraboia destinada a evitar l'entrada de l'aigua de la pluja (Adam, 1996, p. 230-231).

#### 2.2.3.2 Material constructiu lateris, el maó cuit

*(...)les teules que no poden resistir molt de temps en les teulades no són aptes per a la maçoneria. Per això necessitem teules velles per a realitzar maçoneria de ceràmica (Vitruvi II, VIII).*

Vitruvi menciona l'ús de teules en obres de maçoneria però sense deixar molt clar si es tracta d'utilitzar-los com a maons o com a fragments de teula. En tot cas, l'època que Vitruvi va escriure la seva obra no era habitual la construcció de parets amb maó cuit.

*(...) Una vegada col·locats, donarem al paviment una adequada inclinació i es polirà fins que «si es tracta de llosetes» no quedi cap aresta en les rajoles, bé tinguessin forma de rombe, de triangle, de quadrat o d'hexàgon (...). Però si el que es vol aconseguir és un resultat més anivellat, (...) es col·locaran, amb el desnivell que abans hem dit, unes grans lloses o bé maons posats en forma d'espiga (Vitruvi, V, X)*

En canvi, Vitruvi és més explícit amb l'ús de maons cuits però solament utilitzats per a paviments *d'opus spicatum*. L'autor dona recomanacions per una preparació d'un paviment adequat per uns banys romans.

L'ús del maó cuit en grans quantitats en l'arquitectura romana és un testimoni de la planificació en la construcció, establerta a partir de l'època imperial, sobretot amb la base d'una producció massiva i sistematitzada d'aquest material de construcció per sobre d'altres materials com la pedra, que va portar a un cert abandonament de l'extracció de la pedra a causa de la construcció amb la maçoneria. El benefici de la fabricació a escala industrial de maons cuits era la rapidesa d'elaboració, la facilitat de transport i d'instal·lació. La tipologia dels paraments fets amb maó cuit tenia moltes variants, tant en estructures mixtes, com la de *l'opus testaceum*, que podien condicionar les dimensions, la forma del material, la qualitat de la seva fabricació i la manera en què estaven col·locats. La normalització dels seus principals formats es va regularitzar a partir del segle I. Aquests maons es podien col·locar amb les seves dimensions d'origen o es podien fraccionar en elements rectangulars o triangulars (*Veure figura 7 als annexos*). El benefici d'aquest fraccionament i la utilització de morters permetia la construcció d'elements arquitectònics molt variats. El maó i de les seves subdivisions es podien utilitzar en tots els nivells en la construcció, tant en els murs com en els arcs, els llindars, les voltes, els paviments o les instal·lacions de calefacció. Tot i que les seves dimensions estaven establertes, els costums dels fabricants o productors local provocava que existissin nombroses variacions i particularitats regionals (Adam, 1996, p. 157-160).

### 2.2.3.3 Material constructiu en les termes romanes

*Els pisos elevats dels banys d'aigua calenta s'han alçat de la següent manera: en primer lloc, es pavimentarà el pis inclinat fins al forn, (...) mitjançant unes rajoles o teules d'un peu i mig, (...). Sobre el terra col·locarem uns pilars de petits maons de vuit polzades, tenint en compte que es poden intercalar amb teules de dos peus; (...). Els pilars estaran compostos d'argila amassada amb pèl i sobre ells col·locarem unes teules de dos peus, que suportaran el paviment. (...) Si les estances amb volta són de mamposteria, resultaran més eficaces i profitoses, però si fossin de fusta col·locarem a sota una falsa volta de fang, (...), es repenjarà en una estructura de ferro. Les juntes d'aquestes voltes es recobriran, per la part de dalt, amb argila amassada amb pèl; per la part inferior, la que mira cap al paviment, es donarà primer una capa de guix i terra cuita i després s'enlluirà amb estuc, o bé amb escaiola (Vitruvi, V, X).*

Vitruvi fa una descripció d'alguns dels materials ceràmics usats en les termes romanes. Els materials ceràmics constructius vinculats als sistemes de calefacció van estretament lligats a la construcció de les termes romanes (*Veure figura 8 als annexos*). La necessitat d'un material que tingués propietats per aguantar altes temperatures i una constant exposició a la humitat va fer que s'usés de manera prematura el maó cuit i altres elements de ceràmica cuita en l'arquitectura termal. Podem constatar l'ús del maó cuit per al llindar del *prae-furnium*, l'enllosat de l'*hipocaust*, en els arcs o pilars que subjectaven la *suspensura*, o l'ús de *tubulis* o de la *tegula mammata* en el sistema de circulació de la calefacció en els paraments del *caldarium* (Fernández et al, 1999, p. 291-305).

### 2.2.3.4. Material constructiu en les canalitzacions d'aigua i desguassos

*La conducció d'aigua es pot fer de tres maneres: per conductes mitjançant canals de construcció, per mitjà de tuberes de plom o bé per canonades de fang (...). Si no es vol realitzar una gran despesa en la conducció de l'aigua, es seguiran els passos següents: s'usaran uns tubs de fang amb un gruix de no menys de dos dits; aquests tubs tindran unes llengüetes, de tal manera que es puguin acoblar, ajustant els seus extrems; (...). Utilitzar tubs per a la conducció d'aigua presenta els següents avantatges: en primer lloc, si sorgeix alguna avaria o algun defecte en l'obra, qualsevol el pot reparar; a més, l'aigua conduïda per tubs de fang és molt més salubre que la que arriba per tub de plom, (...) (Vitruvi, VIII, VI).*

Vitruvi descriu els tipus de canalitzacions d'aigua i parla de les virtuts d'usar les de ceràmica. Les canalitzacions de ceràmica (*Veure figura 9 als annexos*) per al transport d'aigua i els desguassos eren canalons de ceràmica instal·lats en vertical que permetien la sortida d'aigües sobrants o aigua contaminada als sistemes de clavegueram d'una ciutat (Adam, 1996, p. 283).

### **2.3. Principals causes de degradació en les estructures d'argila crua i d'argila cuita**

Les construccions d'argila crua són afectades intensament per l'aigua de la pluja, ja que l'acció motora provocada per l'aigua va extraient la capa superficial i l'aigua penetra a l'interior; però si van recobertes d'una capa de guix o de calç són capaces d'aguantar la força de l'aigua i del vent durant molt de temps. Les construccions fetes amb argila cuita, com ara els maons, estan subjectes a la degradació pels fenòmens de l'eflorescència, degut a que l'argila extreta dels dipòsits marins, llacs o rius era rica en substàncies sulfuroses procedents de residus orgànics; durant la cocció el sulfur s'oxida i, un cop ja instal·lada la peça cuita, amb la presència d'humitats el sulfat sobresurt del seu interior presentant unes floridures o incrustacions. També els maons cuits, com que són molt porosos, pateixen problemes degut a la deposició de sals marines (Cagnana, 2000, p. 119-120).

### 3. Els Morters

El morter el definim com a una argamassa constituïda pel conglomerant, l'agregat i l'aigua. Aquesta definició ens constata els tres elements bàsics de qualsevol morter, independentment dels materials usats. Els conglomerants o aglutinadors podien ser de fang, però a mesura que era necessari construir edificis més sòlids usaven altres substàncies amb una major capacitat com el betum, el guix o la calç. Pel que fa als agregats fa referència a la sorra, graves o altres materials que donen cos i plasticitat a l'argamassa del morter (Alejandre, 1998, p. 79-80).

Els morters eren destinats a ser un material molt versàtil que, depenent de la composició o la reacció amb altres materials de construcció, podia ser usat per a la unió d'estructures de carrega, revestiments, enlluït, paviments o per a la impermeabilització (Cagnana, 2000, p. 123-124).

Els testimonis d'ús de morters més antics els podem situar al Pròxim Orient, on van aparèixer una sèrie de cultures neolítiques que van demostrar un alt coneixement dels materials i les tècniques de construcció, com es pot constatar amb l'ús de la calç per realitzar paviments que després eren polits. Això demostra que els habitants d'aquests primers nuclis urbans dominaven ja tècniques com la calcinació de calcàries, l'apagat de la calç, la mescla del morter, la seva aplicació en la construcció i el refinament de les superfícies (Álvarez, 1995, p. 52-53).

En les primeres ciutats sumèries de la Mesopotàmia es dona la peculiaritat de l'ús del betum per al revestiment dels paraments exteriors que, combinat amb la calç, permetia jugar amb les dues tonalitats. També es va usar de manera excepcional com a argamassa per a la unió de peces d'argila cuita amb altres superfícies de terra crua. Els assiris van ampliar els seus coneixements d'aquets materials utilitzant per als revestiments una barreja de guix amb terra, tot i que també utilitzaven el morter de calç amb sorra i pedra calcària triturada. Pel que fa a l'ús del betum, segons Heròdot i Estrabó, encara s'usava durant el regnat de Nabucodonsor (570 a.C.) i anava destinat a argamassa d'unio de maons i per crear paviments impermeabilitzats. Amb la dinastia Aquemènides el betum va quedar en desús i solament va perdurar la utilització de morters de terra, calç i guix (Alejandre, 1998, p. 82-84).

Els egipcis van desenvolupar les seves pròpies tècniques constructives condicionades per la seva climatologia i la geologia de la vall del Nil. En l'origen, la seva tècnica constructiva es basava en l'ús de la terra crua, però de seguida van saber aprofitar les possibilitats de la utilització d'una gran varietat de pedres que posseïen diverses qualitats per a la construcció. En la construcció de les piràmides, els egipcis utilitzaven blocs de pedra calcària que eren units amb una argamassa d'escaiola i després es recobria la seva superfície amb estuc pintat per assegurar les juntes i rejuntar els blocs de pedra (Alejandre, 1998, p. 84-86).

Els egipcis eren conscients que la utilització del guix podia tenir molts àmbits d'aplicació en la construcció. Solament s'havia de fer un tractament i una barreja adequada per ser utilitzat en l'obra, tant per a la col·locació de grans blocs de pedra com per als acabats de les superfícies irregulars. Per aconseguir un bon enlluït en les seves construccions usaven el morter de guix. Però s'ha constatat la utilització del morter de calç a partir de la dinastia ptolomaica per una clara influència dels grecs i romans (Álvarez, 1995, p. 53-54).

Al començament els grecs van estar molt influenciats per les cultures orientals i així ho demostren les seves construccions fetes de terra crua o d'una maçoneria senzilla. Posteriorment, aquestes van ser recobertes amb una pasta de guix o de morter de calç per dissimular l'aspecte poc agradable dels materials com la tova o la pedra calcària. El morter de calç va ser utilitzat per als revestiments exteriors i el guix en els interiors. Aquesta pràctica va portar els grecs a una alta especialització en la tècnica dels revestiments i els enlluïts dels seus paraments (Álvarez, 1995, p. 54-55). També se'ls pot atribuir la utilització dels primers morters hidràulics compostos per la barreja de calç i pols d'origen volcànic, i que a falta de roca volcànica ja van utilitzar l'argila

cuita triturada per aconseguir un material de revestiment estable a l'aigua i d'una major resistència (Alejandre, 1998, p. 87-89).

### 3.1. Tipus de morters romans i les seves aplicacions en la construcció

Els romans van aconseguir un grau d'especialització en el tractament de morters que els va portar a àmplies possibilitats d'aplicació en les seves construccions. Les característiques dels morters romans deuen la seva excepcional qualitat a un control o normativa molt estricta en totes les fases de processament i d'aplicació dels productes derivats de la calç. La correcta calcinació de les pedres calcàries, el domini de la tècnica de l'apagat de la calç, la tria d'aquell material de millor qualitat o la regulació dels agregats fan que els morters i els seus derivats fossin utilitzats en les obres planificades en tots els territoris d'influència romana (Alejandre, 1998, p. 89-93).

#### 3.1.1. Morter per a la fàbrica de paraments

*Las formas de construcción son dues: la «reticular», que actualment s'utilitza a tot el món, i l'antiga, que es denomina «incerta».(...) En les dues formes de construir s'han de col·locar i ajustar pedres molt petites, amb l'objectiu que les parets, mitjançant una mescla de calç i de sorra, es mantinguin fermes durant molt de temps. Si són pedres toves i poroses, s'assequen totalment absorbint el líquid del morter; però, utilitzant calç i sorra amb abundància, la paret adquireix més humitat i no perdrà la seva solidesa, sinó que es mantindrà ferma (Vitruvi, II, VIII)*

Vitruvi proporciona informació sobre l'ús de morters per al lligament de pedres en la construcció de murs. Les tècniques constructives desenvolupades pels romans els va portar a la utilització de materials prefabricats amb unes mesures estandaritzades. El lligament d'aquets materials, tant en la maçoneria de pedra com de la terra cuita, es va fer amb l'ús de morters. La utilització d'aquesta tècnica els va permetre l'aixecament d'estructures de fàbrica amb una àmplia gama de materials, sols o combinats. Alguns d'aquests tipus de paraments lligats amb morter eren l'*opus incertum*, *opus reticulatum*, *opus latericium*, *opus mixtum*, etc (Alejandre, 1998, p. 89-93; Seigne, 1999, p. 51; 60-61).

#### 3.1.2. El formigó romà *opus caementicium*

*L'altra modalitat de construcció es denomina «emplecton» (...), s'han d'enlluir els fronts i la resta es deixa tal qual, col·locant les pedres sobre les juntes alternativament i unint-les amb morter. Però els nostres, busquen solucions ràpides, s'entregaran per complet als fronts, aixecats a plom, i en l'interior hi col·locaran fragments de còdol amb morter, però de manera desordenada. Així, s'originaran tres capes, dos que pertanyen als fronts i l'altra a l'ompliment (Vitruvi, II, 8).*

Vitruvi ofereix informació de les tècniques per a l'alçament de murs que utilitzen morter. L'herència de l'arquitectura grega va perdurar en la civilització romana. Els grecs, per a l'alçament de murs, utilitzaven una tècnica anomenada *emplecton*. Aquesta tècnica de construcció consistia en l'alçament d'un mur de maçoneria amb dos paraments exteriors; l'interior podia estar completament buit o en, ocasions, es reomplia a base de fragments de roca o de teula amb morter de calç (Marín, 2000, p. 96-97). Els romans es van adonar de les possibilitats que els ofería aquesta tècnica i la van desenvolupar en funció de les seves necessitats. Els romans disposaven de mà d'obra no especialitzada, però van aconseguir escurçar els temps d'execució d'una obra gràcies a una planificació dels materials i a una organització dels equips de treball (Marín, 2000, p. 177-199).

La tècnica consistia en la confecció d'uns paraments exteriors amb uns material prefabricats, amb prou espai interior per tal de que servissin d'encofrat d'un nucli de formigó. La utilització d'aquets formigons va portar els romans a utilitzar tant la pedra com el maó cuit lligat amb morter per als paraments exteriors, amb una

distribució estètica per amagar el nucli. Aquest formigó anomenat *opus caementicium* va condicionar les tècniques d'execució de murs compostos, voltes i altres elements arquitectònics (Alejandre, 1998, p. 89-93; Taylor, 2006, p. 105-107).

La utilització del formigó, o *opus caementicium*, consistia en la introducció de còdols o fragments de ceràmica en l'encofrat, que eren les cares exteriors del mur. Un cop empiconats, s'abocava el morter de calç que podia contenir graves, sorres o elements putzolànics com ceràmica o pedra volcànica triturada. La massa que quedava encofrada és el que anomenem *opus caementicium*, i podia estar executada per tongades comprimides d'uns 10 o 15 cm, o bé, el més comú, era abocada sense comprimir-la. Sembla que els romans sempre intentaven reduir el cost i accelerar l'execució de l'obra, per tant el formigó empiconat solament es destinava per a la fonamentació en rases delimitades o bé en aquelles fàbriques de paraments que disposessin d'uns murs exteriors prou sòlids per aguantar les pressions de l'empiconat (Choisy, 1999, p. 9-24).

### 3.1.3. Morters de revestiment i enlluït

*Quan s'han aplicat no menys de tres capes d'argamassa, sense comptar la mà de guix, és el moment d'estendre una altra capa de gra de marbre, sempre que la mescla de marbre estigui tan batuda que no s'enganxi a la paleta o a la llana, sinó que al sortir estigui perfectament neta de morter. Després d'estendre aquesta capa de marbre, deixarem que s'assequi i li donarem una segona capa de gra més petit. Quan s'hagi estès aquesta segona capa i quedi ben allisada, s'aplicarà una tercera mà de gra molt fi. Les parets quedaran molt sòlides amb aquestes tres capes d'argamassa i de marbre i s'evitarà que s'esquerdin o que tinguin algun altre defecte (Vitruvi, VII, III)*

Vitruvi explica el procediment per aplicar els revestiments i per la preparació de les superfícies que tindran una decoració pintada. Recomana que s'han de realitzar set capes successives i de diferents qualitats. Una primera capa de morters amb àrids granulats, seguida de tres capes de morter de sorra fina i les altres tres de morter de pols de marbre. Però les evidències arqueològiques ens mostren que aquesta recepta anava destinada a construccions molt singulars. Sembla que el més normal era utilitzar una primera capa gruixuda de morter de calç amb fragments de pedra o ceràmica triturada per aconseguir una adherència en la superfície dels paraments rugosos, tant de maçoneria, de maó cuit o de terra crua. Seguidament s'aplicava una segona capa de morter de calç amb sorra fina. Per últim l'enlluït, que és el resultat de l'aplicació d'una fina capa que es podia deixar com a acabat o podia ser la base preparatòria per als frescos pictòrics romans. Aquesta última capa està composta per una argamassa blanquinosa, degut a la utilització de calç grassa, guix o pols de marbre (Frizot, 1977, p. 104-108; Adam, 1997, p. 235-249; Taylor, 2006, p. 232-234).

L'estuc romà normalment s'elaborava amb aigua, pols de marbre i calç. Es diferencia del morter d'enlluït perquè s'utilitzava per realitzar elements arquitectònics amb relleu. Les formes decorades eren temàtiques ornamentals que imitaven el treball de la pedra. Alguns dels espais arquitectònics on s'hi afegien els relleus d'estuc eren els sòcols, motlures, cornises, mènsules o en les rosasses dels sostres. Per a la realització d'estucs amb relleus, es podia executar modulant-lo mitjançant una plantilla, un motllo per aquells motius decoratius repetitius o donar-li forma amb una espàtula (Frizot, 1977, p. 109-112; Adam, 1996, p. 246; Seigne, 1999, p. 89; Taylor, 2006, p. 234-236).

### 3.1.4. Morter de pavimentació

*En primer lloc començaré pel «paviment d'enderrocs», (...), s'ha de conèixer prèviament si el sòl es completament sòlid; posteriorment s'anivellarà i s'estendrà una capa d'enderrocs i graves. Si es tracta d'un sòl de terra de reompliment, en tot o en alguna part, es consolidarà i s'empiconarà. (...). Posteriorment s'estendrà a sobre una capa d'enderroc de la mida d'un puny. Col·locada la capa d'enderroc, s'ha d'estendre una altra capa de reblliment; (...). A continuació s'empiconarà repetidament la capa d'enderroc utilitzant masses de fusta, perquè quedi perfectament ferm; fins que quedi amb un gruix de com a mínim de nou polzades. Sobre la capa d'enderrocs se n'estendrà una altra de «restes argiloses», amb la següent mescla: tres parts de pols de maó amb una part de calç, que formaran un gruix de no menys de sis dits. Sobre aquesta superfície s'estendrà el paviment perfectament*

*anivellat, ja sigui en llosetes de marbre o de mosaic.(...)Els paviments de rajola col·locats «en espiga», com els que usaven a Tívoli, s'han d'anivellar amb cura, ajustant-los de tal manera que no hi quedin espais buits ni que sobresurtin sinó que han de quedar perfectament allisats i polits; sobre les rajoles polides s'ha de vessar pols de marbre i s'estendrà per sobre una capa de calç i de sorra (Vitruvi, VII, I)*

Vitruvi senyala les fases d'execució de diversos tipus de paviment. L'ús dels morters en els paviments era una pràctica habitual. Si el normal era fer els paviments de terra piconada, la generalització dels morters portà els romans a crear diversos tipus de pavimentació més estètics. El procés era molt semblant en tots els casos. Primer es col·locava el *statumen*, compost per una argamassa amb fragments de roca de la mida d'un puny. Després s'estenia una capa de formigó compost per calç, sorra i grava. Finalment per al *nucleus* s'utilitzava una capa de morter amb fragments de rajola triturada, *opus signinum*, o de fragments de marbre, *opus crustae*, que podien estar col·locats de manera aleatòria o geomètricament. Però si aquests eren els paviments més habituals i els més econòmics, també n'existien d'altres més elaborats. Per obtenir un paviment més estètic es podien utilitzar les lloses fines o de maó cuit, col·locades verticalment en forma d'espiga, anomenats, *opus spicatum*. Finalment mencionar els acabats de paviment més elaborats que es disposaven sobre el *nucleus* i que buscaven la creació estètica de mosaics. Aquests podien ser de fragments de còdols, però els més coneguts, són aquells que estan fets per fragments de marbre en forma de cubs, també coneguts com a *teselae* (Adam, 1996, p. 253-256; Seigne, 1999, p. 87-88).

### 3.1.5. Morters hidràulics

*Trobem també una classe de pols que posseeix virtuts meravelloses, de manera natural. Està a la regió de Bayas, a les comarques dels municipis situats prop del volca Vesuvi. Mesclat amb calç i pedra tosca, ofereix una gran solidesa en els edificis, fins i tot en aquelles construccions que es fan sota el mar, perquè es consolida sota l'aigua(...), i ni les onades ni l'ímpetu del mar poden desfer-lo ni dissoldre'l (Vitruvi, II, VI).*

Vitruvi dona a conèixer als seus lectors les propietats i la preparació de la putzolana com a material de construcció per a obres marítimes. Finalment mencionar la utilització dels morters hidràulics en una infinitat de construccions en les quals era necessari un material impermeabilitzant. La seva capacitat d'endurir amb contacte de l'aigua es deu a que s'obtenien a partir de la calcinació de calcàries que contenien silici i alumini. Els romans, com que no disposaven de mecanismes per detectar aquests elements en la naturalesa, optaven per la utilització de la putzolana, una tova d'origen volcànic amb un alt contingut de silici d'aluminita, que l'obtenien en les proximitats del volca Vesuvi, tal com ho descriu Vitruvi. La incorporació de materials amb propietats putzolanes permetien un enduriment més ràpid que els morters ordinaris. Aquesta mescla creava un morter amb unes propietats que podia ser usat per a la construcció en ambients molt humits, infraestructures hidràuliques o marítimes (Frizot, 1977, p. 60-63; Adam, 1996, p. 77-79).

## 3.2. El procés de la producció dels morters

Els morters estaven compostos per una mescla en la qual predominava la calç, tot i que l'ús del guix, en època romana, quedava restringit a alguns productes d'acabats o rarament s'observa en alguns formigons. Aquests productes d'origen calcari, un cop processats, eren el conglomerant que juntament amb l'aigua i els afegits naturals o artificials conformaven els morters. Els morters podien variar en funció dels materials i la seva proporció en els agregats, que segons les necessitats en l'obra tenien uns usos diferents (Adam, 1996, p. 69).

### 3.2.1 El guix: calcinació, l'amassat i la carbonatació

El guix en l'arquitectura romana va quedar limitat a revestiments interiors i en climes càlids, ja que és un material que per la seva naturalesa porosa és molt absorbent de la humitat. El procediment consistia en l'extracció de la pedra calcària amb un alt contingut de seleni per després ser calcinada en focs a l'aire lliure.



Segons la seva temperatura es podien obtenir diferents productes. Si la cocció es feia a 130 graus, una temperatura relativament baixa, la roca sofria una deshidratació parcial i s'obtenia el sulfat de calci, també conegut com a guix d'enduriment ràpid, que amb una mica d'aigua i agregats s'amassava i s'instal·lava recuperant fàcilment la seva duresa original. En canvi, si era calcinat a més de 400 graus, en forns més elaborats, s'obtenia un material que barrejat amb altres aglutinats oferia unes propietats adequades per la producció d'estucs, però la seva solidificació era més lenta (Cagnana, 2000, p. 123-126). El guix, a diferència de la calç, solidifica ràpidament, i es va utilitzar en revestiments superficials de guix, en l'estuc o per a tancar fissures, ja que les seves qualitats aglutinants són molt baixes (Seigne, 1999, p. 89).

### 3.2.2. La calç: calcinació, hidratació, l'amassat i la carbonatació

Per obtenir un material adequat a partir de la calç s'ha de passar per diferents processos (*Veure figura 10 als annexos*). En primer lloc s'ha d'obtenir la calç mitjançant la calcinació entre 900 i 1000 graus de pedres calcàries amb un alt contingut de carbonat de calci. A aquesta temperatura el carbonat de calci ( $\text{CaCO}_3$ ) es converteix en òxid de calci ( $\text{CaO}$ ), també conegut com a calç viva, un element que tendeix a absorbir la humitat molt ràpidament. Per aquesta raó, la calç viva en el passat va ser utilitzada àmpliament com a desinfectant, tant en fosses comunes com en abocaments de matèria orgànica (Cagnana, 2000, p. 127). Els forns en els quals es portava a terme aquest procés de calcinació no variaven massa dels forns de producció de ceràmica. El que els distingeix clarament és la cúpula, feta de la pedra calcària a calcinar, que es muntava i es desmuntava després de la calcinació. Després es comprovava la seva qualitat amb un procés de selecció on s'escollien aquelles roques que havien perdut fins a una tercera part del seu pes abans de passar per el forn, degut a la deshidratació de la pedra calcària (Adam, 1996, p. 72-73).

*(...), sobre la calç que s'obté per la calcinació de la pedra; (...), la pedra dura i compacta serà molt útil en la construcció i la que sigui pedra més porosa anirà millor per als enlluïts (Vitruvi, II, V).*

Vitruvi ja havia observat que la calç que s'obté després de la calcinació és podia diferenciar i que tenia propietats per obtenir un material de construcció o per als enlluïts. Els romans no ho sabien però de manera natural aquestes calcàries posseïen un percentatge de silicat d'aluminita, també conegut com argila. En funció de la proporció d'argila, la calç es podia classificar en dues categories. Una categoria eren les calçs aèries, que en contacte amb l'aire iniciaven un procés lent de solidificació. Dins de la calçs aèries, en funció del contingut d'argila, diferenciaven la calç grassa, que contenia entre 0'01 i un 1 % d'argila, o la calç magra, que contenia entre un 2 i un 8 % d'argila. L'altra categoria de calç és la hidràulica, que contenia més d'un 8% d'argila i que tenia la capacitat de solidificar-se sota l'aigua. Però aquest tipus de calç no va ser utilitzat pels romans, ja que desconeixien aquest avantatge i escollien la matèria primera en funció del nivell de la seva puresa, observada amb una prova de calcinació i apagat de la calç (Adam, 1996, p. 76).

Per a l'obtenció d'un material útil en la construcció a partir de la calcinació de la calç, era necessari sotmetre els blocs calcaris calcinats a un procés de refredament i d'hidratació, anomenat l'apagat. Aquesta operació es podia portar a terme en recipients de fusta, en piscines amb un revestiment d'argila crua o en un fossat, excavat al subsòl. El producte resultant d'aquesta operació era la calç apagada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) o hidròxid de calç. Després, el més recomanable era deixar-ho una temporada en maceració en un lloc aïllat de l'exterior (Cagnana, 2000, p. 128-129; Adam, 1996, p. 75-77).

La preparació dels productes elaborats a partir de les calcàries depenia absolutament dels agregats. El producte més senzill era la llet de calç, que bàsicament era un diluït amb un 70 o 80 % d'aigua que s'utilitzava de pintura i podia ser aplicat amb un pinzell (Adam, 1996, p. 77).

Pel que fa a la preparació de morters de calç utilitzats en la maçoneria, calia l'aplicació d'agregats, bàsicament de sorra fina o també freqüentment de graves. Era completament necessari amassar-lo amb agregats, ja que la calç havia guanyat volum durant l'apagat, però amb la carbonatació, en contacte amb l'aire, retreia el seu

volum. Depenent del gruix del gra del agregats aquesta proporció podia variar. Com més petits eren els grans, menys quantitat feria falta (Cagnana, 2000, p. 129-131).

*El primer que hem de fer en les obres de maçoneria és la selecció d'una sorra adequada per al morter, (...). Les classes de sorra són: la negra, la blanca, la roja i el carbonet(...)* (Vitruvi, II, V)

Tal com ens explica Vitruvi, els constructors romans havien de tenir molta cura a l'hora d'escollir els agregats, ja que segons les seves particularitats anaven bé per a la construcció o eren destinats als enlluïts.

*Quan la calç està apagada, es mescla la sorra de pedrera en proporció de tres parts de sorra per una de calç; si es tracta de sorra de riu o de mar es mesclaran dos parts de sorra per una de calç: així es farà una exacta i justa proporció de la mescla. S'aconseguirà una mescla de millor qualitat per al seu ús si s'afegeix a la sorra de riu o de mar una tercera part d'argila triturada i garbellada* (Vitruvi, II, V).

Vitruvi fa una descripció d'aquests agregats en funció del seu color i ens ofereix les receptes per a la mescla segons si és sorra de pedrera, sorra de riu o teula triturada. En les proporcions dels agregats s'utilitzava sorra de pedrera. Eren tres parts per una de calç. En el cas d'utilitzar la sorra de riu o de mar, eren dos parts per una de calç. També aconsellava, per adquirir una millor qualitat, afegir a la mescla una part de ceràmica triturada.

*(...). Els treballs de construcció que es realitzin sota l'aigua es portaran a terme segons el següent procediment: es portarà la terra, que es troba des de Cumas fins al promontori de Minerva, i es mesclarà fent un morter amb dos parts de terra i una de calç* (Vitruvi, V, XII).

En el cas d'utilitzar la putzolana, Vitruvi solament fa referència a la seva utilització en obres marítimes. Les seves proporcions eren dos parts per una de calç. Finalment, la proporció d'aigua anava des del 15 al 20% en tots els casos, solament podia variar en funció del clima, ja que com més calor, més ràpid s'evaporava l'aigua (Adam, 1996, p. 78).

L'operació d'amassat es feia en les proximitats de l'obra, en funció del material que necessitessin aquella jornada de treball. Per fabricar el morter, hi afegien una mica d'aigua amb els agregats i el conglomerant. Per realitzar la mescla s'utilitzava el batidor, una aixada amb un mànec molt llarg. L'obrer que preparava el morter havia d'anar amassant fins que la barreja fos homogènia i no contingués grumolls. Per la posada en obra, el morter es transportava fins al punt de la construcció i s'instal·lava en funció de si era per a lligament d'elements de maçoneria, reompliment d'encofrats o per als enlluïts (Adam, 1996, p. 78-79).

L'anàlisi dels morters en els jaciments arqueològics sovint ens pot presentar diferències tot i que els morters pertanyin a la mateixa fase constructiva. Això mostra la utilització de diferents morters en diversos punts de les restes arqueològiques. Aquest fet pot ser interpretat per diverses causes (Coutelas, 2012, p. 131-144):

- **L'explotació d'un jaciment de sorra situat a les proximitats de l'obra no és una formació perfectament homogènia.** S'anaven extraient les primeres capes amb unes propietats visuals concretes i a mesura que anava avançant aquest pou d'extracció presentava unes altres propietats visuals.
- **Per alguna raó l'obra s'havia hagut d'aturar i s'havia reiniciat un temps després.** Aquesta situació es coneix com a parada tècnica i podia ser per diverses raons: una parada estacional del treball, falta de material o simplement coincidir en les fases d'execució planificades en l'obra.
- **L'obra era executada per diversos equips de treball.** Tot i que el material era el mateix, mitjançant una anàlisi visual es poden diferenciar morters, això pot ser a causa que les dinàmiques de treball d'un grup eren diferents que altres d'un altre sector de la mateixa obra.

### 3.3. Principals causes de degradació en els morters i en els estucs

La principal causa de degradació dels estucs és l'aigua de la pluja, que impacta sobre la seva superfície i s'infiltra en els seus teixits. Quan aquesta aigua s'estanca pot provocar una degradació química anomenada

bicarbonatació, que deixa una erosió superficial. A més, els aplacats d'estuc normalment van subjectats amb elements de ferro, que es poden oxidar i deixar taques o fins i tot causar-ne la ruptura (Cagnana, 2000, p. 151).

En aquelles construccions de maó o de maçoneria units per morters de calç, és molt perjudicial la infiltració d'aigua dins de les parets. Els morters de calç, quan han estat posats en la obra, perden volum amb el fenomen de la carbonatació. Però si estan en contacte amb la humitat es tornen a inflar i recuperen el seu volum, provocant la separació dels aglutinats amb els agregats. Aquest fenomen succeeix sobretot quan la humitat prové del sòl, ja que intenta escapar-se i puja per les parets; per això els primers símptomes són visibles en les parts més altes (Cagnana, 2000, p. 151-152).

Aquesta filtració també pot provocar desperfectes en les superfícies enlluïdes. Les sals solubles que conté aquesta aigua van sortint de la paret i es van dipositant entre l'espai que hi ha sota el guix, fent que s'engrandeixi lentament i es desprengui de la paret. Si aquestes sals sobresurten de l'enlluït solament provocaran el fenomen de l'eflorescència. Aquesta humitat també pot provocar la presència de colònies biològiques com bacteris o líquens, que ataquen les superfícies dels carbonats (Cagnana, 2000, p. 152).

## 4. La fusta

### 4.1. Les propietats de la fusta en la construcció

La fusta és un producte que s'obté dels arbres, que són essers vegetals formats per diferents parts: les arrels, el tronc, les branques i les fulles. Les arrels són la part de l'arbre que queda sota terra. La seva funció es la de subjectar l'arbre i absorbir l'aigua i els minerals del subsòl. El tronc és l'estructura dels arbres que va de les arrels a la copa dels arbres i té la funció de transportar la saba des de la terra fins a les fulles per produir el procés de la fotosíntesi. Les branques són el brot del tronc, en el qual es desenvolupen ramificacions. D'acord amb el tipus de ramificacions podem diferenciar arbres monopòdics o simpòdics. Les fulles són les encarregades de la respiració i la transpiració vegetal. Alguns arbres mantenen les fulles tot l'any, anomenats de fulla perenne. Altres tenen un cicle en el qual duren una època de l'any deixen caure les fulles, i s'anomenen de fulla caduca (Cagnana, 2000, p. 215).

La fusta s'extreu del tronc perquè els arbres desenvolupen uns troncs sòlids, que han de garantir la resistència del propi pes de la copa i a la força del vent. Aquets factors han concedit als arbres resistència i flexibilitat, unes característiques mecàniques propícies per ser usades com a material de construcció. La facilitat de trobar-lo en la naturalesa el va portar ja ens temps prehistòrics a ser utilitzat com a material de construcció, ja fos en forma de pals pelats o escairats (Cagnana, 2000, p. 216-217).

Els arbres de creixement lent disposen d'una coberta externa que es va formant amb el pas de les estacions. Aquesta escorça es va integrant al conjunt del tronc, en funció dels estímuls ambientals, creant en el seu interior un patró de creixement en forma d'anells. La dendrocronologia estudia el creixement d'aquests anells i segons la seva estructura es poden detectar anomalies del creixement en el passat. L'examen d'aquests anells pot aportar datacions absolutes en els estudis arqueològics. Però malauradament hi ha molt pocs jaciments arqueològics que tinguin unes condicions òptimes on s'hagi conservat algun element de fusta que pugui ser estudiat amb aquest sistema. El mètode més comú per a l'estudi de restes orgàniques és la datació radiomètrica per radio carboni-14. Un ésser vegetal absorbeix el carboni, amb la mateixa proporció que hi ha en l'atmosfera, a través de la fotosíntesi. Un cop s'ha mort deixa d'absorbir-lo i comença a alliberar nitrogen. En funció dels valors del nitrogen que conte la mostra i la calibració en funció dels valors de carboni que hi havia en l'atmosfera en el passat es poden aconseguir datacions absolutes (Cagnana, 2000, p. 217-218).

### 4.2. La tala dels arbres

*La fusta s'ha de tallar en l'interval de temps que hi ha entre la tardor i una mica abans que comenci a bufar el Favonio. No es convenient tallar-la a la primavera, ja que tots els arbres estan a punt de brotar i concentren la seva energia per a florir els seus fullatges i els seus fruits de cada any (Vitruvi, II, IX)*

Tal com ens recomana Vitruvi el període més adequat per a la tala d'arbres és entre desembre i els primers dies de febrer, perquè és quan l'activitat interna de l'arbre és menor i per tant està més sec.

*Comparats entre sí els arbres ofereixen propietats diferents i variades, (...). En primer lloc l'avet conte gran quantitat d'aire i de foc i poca aigua i terra; pesa molt poc, ja que posseeix els principis més lleugers de la naturalesa (...). Com que conté en el seu interior un excés de foc, genera i alimenta els corcs; a més, s'inflama ràpidament perquè posseeix poca aigua i es excessivament porós, (...). L'alzina posseeix en abundància molta terra i escassos principis d'aigua i de foc; quan és soterrada en excavacions, adquireix una il·limitada duració (...). El bruc, la surera i el faig posseeixen una mescla equilibrada d'aigua, foc i terra i són abundants en aire, però es malmeten ràpidament si està en contacte amb l'aigua. L'om blanc i l'om negre, així com el salze, que posseeixen gran quantitat de foc i d'aire, moderadament aigua i poca terra, (...), ofereixen una excepcional fermesa en el seu ús (...) El carpí conté escassa quantitat de foc i de terra i te molt d'aire i d'aigua (...). Són admirables i criden*

*l'atenció el xiprer i el pi, ja que contenen una composició equilibrada de foc, d'aire i terra i abundant aigua; normalment es corben en les construccions però es conserven intactes durant una llarga temporada(...). El cedre i la ginebra posseeixen les mateixes propietats i avantatges que els xiprers i el pi (...). El làrix,(...) posseeix una composició mínima de foc i aire i una solidesa compacta per l'aigua i per la terra; no té porus per on pugui penetrar el foc, resisteix la seva força i triga molt de temps a danyar-se; a causa del seu pes no sura sobre l'aigua, i per això ha de ser transportat en naus o en bales de fusta d'avet (Vitruvi, II, IX).*

Vitruvi descriu als seus lectors tots els tipus d'arbres i les seves propietats naturals útils en la construcció. En l'època clàssica desconeixien la física i la química tal i com l'entenem en l'actualitat, així que Vitruvi intenta explicar les característiques de les fustes de diferents arbres utilitzant la concepció que tenien els romans sobre les propietats físiques en la natura, basats en la teoria del *arché* o principis de les coses.

Els arbres que subministren una millor fusta per a la construcció són les coníferes o resinoses com el pi, l'avet, el làrix o els xiprers. Altres arbres de fulla caduca també tenen bones qualitats físiques per a la construcció com el faig, els castanyers, els verns, els freixes, els roures o els àlbers (Cagnana, 2000, p. 218). L'edat per poder talar-los pot variar en funció de l'espècie i el temps de creixement que determinen la densitat de les fibres que donen resistència a l'arbre (Adam, 1996, p. 91).

Les eines del llenyataire són bàsicament la destal, les falques i la serra. La tècnica de tala consisteix en realitzar una incisió amb la destal en el tronc de l'arbre. Aquest tall anirà formant una "V" al voltant de l'escorça en tot el diàmetre del tronc. En aquella direcció cap a on es vol fer caure l'arbre, el tall serà més profund. En aquells arbres que tinguin molt de diàmetre es procedirà a fer uns talls de preparació amb la destal. Després s'utilitzarà una serra de dos empunyadures, amb la qual els dos llenyataires aniran serrant i introduiran falques a mesura que avancen per evitar que la compressió del tronc bloquegi la fulla. Finalment s'aniran introduint falques que seran colpejades fins a provocar la caiguda de l'arbre (Adam, 1996, p. 93; Cagnana, 2000, p. 220).

### 4.3. L'assecat de la fusta

Els arbres acabats de talar contenen un alt grau d'humitat ja que el seu metabolisme no deixa de funcionar fins que ha estat completament assecat. És per això que el procés d'extracció de la saba i l'assecat determinaran la qualitat del producte final. Els líquids del seu interior poden cristal·litzar, danyant seriosament la qualitat de la fusta. Per expulsar aquest excés d'humitat cal que el material estigui una temporada en procés d'assecat o envelliment. Després, aquest mateix material serà més lleuger perquè haurà perdut gran part de la seva massa líquida, però la seva resistència no varia ja que la seva estructura fibrosa es manté intacta. Una manera d'accelerar el procés d'extracció de la saba de manera natural era aplicar una neteja amb aigua que feia que la saba de l'interior de l'arbre fos més fluïda. Aquest procediment podia fer-se, un cop a la zona d'assecat, amb la mateixa pluja natural i també es feia durant el trasllat amb aquells troncs que eren transportats per cursos fluvials. (Cagnana, 2000, p.220; Mytting, 2016, p. 41-45).

Els factors climàtics que influencien en l'assecat de la fusta són la temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire. Pel que fa la temperatura, com més elevada millor, perquè s'accelera el procés d'evaporació. En canvi la humitat relativa de l'entorn, com menor sigui més afavorirà la velocitat d'evaporació. La velocitat de l'aire en contacte amb la superfície de la fusta afavorirà l'assecat en les primeres fases d'aquest procés (Alvarez, 1985, p. 13-14).

En la actualitat, els mètodes d'assecats tradicionals continuen essent vigents i conèixer-los ens pot ajudar a entendre els mètodes d'assecat utilitzats pels romans (Alvarez, 1985, p. 15-17; Mytting, 2016, p. 41-45):

- **Assecat sense desbrancar:** és un mètode poc habitual però que s'utilitza quan falta poc per acabar la temporada i accelera el procés d'assecat. Consisteix en talar els arbres deixant la copa i les seves ramificacions intactes, de tal manera que l'arbre no sap que ha estat talat i els seu fullatge continua creixent, extraient els seus nutrients i absorbint la humitat del seu entorn.

- **Assecat sense escorçar:** aquest procediment es pot utilitzar tant a l'hivern com a l'estiu i pot ser complementari del mètode d'assecat anterior. Consisteix en realitzar uns talls longitudinals en l'escorça permeten l'evaporació de la humitat del tronc.
- **Assecat a l'aire lliure:** aquest mètode pot ser aplicat un cop el tronc ha perdut una part de la seva humitat amb els mètodes anteriors. Amb aquest mètode la fusta pot tenir una primera transformació o simplement deixar el tronc sense les ramificacions. La zona d'assecat ha d'estar neta de restes de talla i de vegetació, per tal d'evitar la procreació de fongs. És recomanable una zona empedrada o amb graves. A continuació s'instal·len uns suports que elevin la fusta del terra i es van col·locant les fustes en forma de taulons o de tronc, permetent la circulació de l'aire i aïllats de la humitat del sòl.

La durada de l'assecat a l'aire lliure depèn de factors molt variables. En relació a la fusta s'ha de tenir en compte l'espècie, ja que existeixen diferències segons si són plantes coníferes o són abundants en ramificacions. El gruix de la peça a assecar també és un factor a tenir en compte, ja que com més gruixuda més dificultats tenen els líquids de l'interior del tronc per arribar a la superfície. Els factors climàtics de l'entorn també poden condicionar el temps d'assecat. En les regions humides i fredes l'assecat serà més lent i, al contrari, en les regions seques i càlides el procés serà més ràpid (Álvarez, 1985, p. 22-23).

Com a dades orientatives és interessant conèixer el temps d'assecat d'alguns exemplars: el pi silvestre té una durada d'1 a 5 mesos; el castanyer de 2 a 6 mesos; la noguera de 3 a 6 mesos; el faig de 3 mesos a 7 mesos i el roure de 4 a 10 mesos (Álvarez, 1985, p. 24).

#### 4.4. El tall de la fusta

Després de l'assecat, la fusta ha perdut gran part de substàncies líquides, per tant té un pes menor però manté la seva resistència. El processament de la fusta varia segons el producte que es vol obtenir. La primera operació que modifica la forma del tronc és el trossejat. Consisteix a fer les particions del tronc segons la longitud de les peces que es vol obtenir. Per realitzar aquesta operació es pot utilitzar una destrala, però el tall amb aquesta eina fa un impacte que causa una obertura d'un angle obert, provocant una pèrdua important de material. Les eines més adequades són la serra de marc o sageta que permet realitzar un tall fi i controlat (Adam, 1996, p. 95-96; Cagnana, 2000, p. 221).

El següent pas consisteix a retirar l'escorça al tronc sencer o trossejat. Aquesta fase es pot realitzar amb una destrala, però no es el més adequat, ja que inevitablement es pot endur una part del material. El més adequat és fer-ho amb un escorçador, una eina que en un extrem té una fulla de ferro recta i ampla subjectada amb un mànec llarg. Aquest instrument s'introdueix en un extrem de l'escorça i es va empenyent seguint la direcció de les fibres fins a desenganxar fragments d'escorça i deixant nua la superfície del tronc (Adam, 1996, p. 96-97).

En aquest estat la peça obtinguda pot ser utilitzada com a biga, però per raons estètiques i per una facilitat en l'encadellat es procedeix a un enquadrat de la secció de la peça de fusta. Aquesta operació s'anomena escairament i s'ha de col·locar la peça elevada entre dos travessers per facilitar la talla. El treball amb la destrala es realitzava colpejant amb la fulla seguint el sentit de les fibres per tal de facilitar-ne la extracció. Era un instrument eficaç, però l'acabat no presentava una superfície homogènia. Quan es volia obtenir un acabat més estètic s'utilitzava la serra de marc. Aquest instrument estava format per un ample marc rectangular amb una fulla dentada al mig. Aquest instrument s'utilitzava entre dues persones: una es col·locava sobre el tronc elevat diagonalment respecte del terra, l'altra subjectava la serra de marc des del terra. L'operació consistia en anar serrant entre les dues persones fins que arribaven a la meitat del tronc, i giraven el tronc per acabar de tallar-lo. Aquest mètode també es podria haver practicat horitzontalment per a l'obtenció de taulons de fusta (Adam, 1996, p. 99-101; Cagnana, 2000, p. 222).

Per acabar calia allisar la superfície de la fusta per tal d'ajustar les mides per a l'operació d'encadellat en l'obra en construcció. Per realitzar-ho feien servir una garlopa, un instrument amb una fulla metàl·lica afilada

col·locada a l'extrem d'un mànec i girada cap a la persona que subjectava el mànec.; estirant el mànec la fulla treia capes de fusta de la peça fins deixar-la llisa. Durant l'operació d'encadellat de la fusta s'utilitzaven tot tipus d'instruments de mesura, perforació i de tall (Adam, 1997, p. 102-105).

## 4.5. La utilització de la fusta en l'arquitectura

### 4.5.1. Estructures de cobriment

*En tots els edificis es col·loca a la part superior un fustam, que rep diversos noms. Posseeix diferents denominacions, segons siguin els seus avantatges i els seus usos. Les bigues són les fustes col·locades sobre les columnes, pilastres i pilars; en els entramats s'usen fustes i taulons; sota la teulada, si queda un espai gran, es col·loquen els tirants i llistons; es col·loca una biga que suporta el sostre (columen) i uns cantells que sobresurten fins el límit del ràfec; sobre els cantells s'ajustaran els fustams travessers per suportar la teulada; en la part superior i sota de les teules, hi ha una petita biga que sobresurt i que cobreix i protegeix les parets. Així, cada un d'aquests elements posseeix el seu propi lloc, estil i ordre (Vitruvi, IV, II)*

En aquest fragment de text, Vitruvi descriu l'armadura triangulada utilitzada pels grecs clàssics. Aquest mètode d'estructura interna de coberta permetia cobrir grans superfícies dels edificis més emblemàtics. Els romans comprenien els avantatges d'aquest mètode d'estructura de coberta, tot i que en general utilitzaven els sistemes de volta. Aquest mètode va ser usat tant en els temples com en edificacions de menor entitat. Els romans eren conscients que la fusta era molt inflamable i per això combinaven la utilització d'aquestes estructures de fusta amb la utilització d'arcs diafragmàtics fets de maó i formigó (Marín, 2000, p. 214-217).

Els romans sobre aquestes cobertes de fusta col·locaven directament teules i *imbrices*, tot i que es coneixen exemples de la utilització de lloses de marbre, pissarra, bronze, o revocats amb morter (Marín, 2000, p. 214-217).

*(...), en nacions estrangeres com la Gàl·lia, Hispània, Lusitània i Aquitània s'utilitzen per cobrir taulons de roure o de palla. (...) Alguns cobreixen les teulades amb canyes i joncs (Vitruvi, II, I)*

Vitruvi explica l'evolució en la construcció i menciona la construcció de cobertes vegetals que utilitzen altres cultures antigues. En l'arquitectura tradicional encara es pot contemplar l'ús d'elements vegetals per a les cobertes. És el cas de les zones alpines on es habitual l'ús de teules de fusta. En el nord occidental d'Europa moltes cases rurals tradicionals encara utilitzen cobertes vegetals fetes de palla o d'herba (Cagnana, 2000, p. 228).

### 4.5.2. Estructures de paraments

#### 4.5.2.1. Parets d'esbarzers o "Torchis"

*En un primer moment, van aixecar parets entrelaçant petites branques amb fang i amb l'ajuda de puntals en forma de forquilles col·locades verticalment (Vitruvi, II, I).*

Vitruvi menciona aquesta tècnica de construcció de murs quan fa referència a la seva utilització en una època primitiva.

*(...) M'agradaria que mai s'haguessin inventat les parets d'esbarzers, ja que tot i els avantatges que ofereix per la seva ràpida construcció i que permet espais més amples, els problemes són superiors, perquè són fàcilment inflamables (...) Aquells que, obligats per la pressa o per l'escassetat de medis, o per la naturalesa del lloc, construeixin parets d'esbarzers, han de procedir de la següent manera: construeix una base elevada del paviment ja que amb el temps es corrompen, perdent la seva verticalitat i destrossant els enlluïts (Vitruvi, II, VIII)*

Tot i així, Vitruvi ho torna esmentar, constatant la seva utilització en època romana. Insisteix i desaconsella aquest sistema de construcció de parets d'esbarzers perquè és molt inflamable.

Aquest sistema de construcció consistia en la construcció d'un sòcol de pedra o *d'opus caementicium* que servia de base per a la col·locació de l'entramat vegetal. Habitualment s'utilitzaven branques o esbarzers que s'entrellaçaven i s'instal·laven rígidament sobre el sòcol amb morter. A continuació es podia anar afegint a l'entramat fibres vegetals o terra argilosa (De Chazelles-Gazzal, 1997, p. 22-23).

#### 4.5.2.2. "Blockbaus"

*Entre els habitants de la Cólquide, en el Ponto, degut a l'abundància i espessor dels seus boscos, col·loquen arbres de la mateixa mida estirats al terra de dreta a esquerra, deixant entre ells un espai equivalent a la seva altura i en les parts extremes fixen altres arbres transversals, que rodegen l'espai central de la vivenda. (Vitruvi II, I)*

Vitruvi, en relació a la construcció en comunitats primitives, menciona aquest sistema que encara estava vigent en regions amb abundància de boscos frondosos. Aquest sistema es caracteritza per l'ús de troncs o taulons apilats horitzontalment i incrustats en les cantonades. Per la necessitat de cobrir tota la superfície d'una façana era completament necessari obtenir arbres de gran alçada, solament disponibles en regions on hi havia boscos de coníferes (Cagnana, 2000, p. 226).

#### 4.5.2.3. Opus craticium

*Altres aixecaven les parets, després d'assecar els terrossos de terra argilosa, unint-los i assegurant-los amb fusta travessada, que per la part superior cobrien amb canyes i fullatge, amb l'objectiu de protegir-se de les pluges i dels forts calors (Vitruvi, II, I)*

Poca informació ens aporta Vitruvi sobre aquesta tècnica. De nou, pel que fa les construccions en les comunitats primitives, menciona la utilització d'aquest sistema de construcció de paraments. Però les restes arqueològiques mostren que va ser una tècnica molt extensa en època romana i que ha perdurat en la construcció tradicional fins a l'actualitat. Aquest sistema de construcció consistia en construir uns sòcols de fàbrica que elevaven del sòl l'armat de fusta. Després podia ser reomplert amb tova o d'un *opus incertum* que quedava amagat per la capa d'enlluït amb morter de calç. Es disposa de poques proves arqueològiques d'aquesta tècnica degut a la seva naturalesa perible. De nou a Pompeia i Herculà el registre arqueològic és excepcional i permet observar aquesta arquitectura intacta (Adam, 1996, p. 132-135). També una prova de la seva utilització es va trobar a Estrasburg, una ciutat que encara manté aquest sistema en la seva arquitectura tradicional, conegut com a "*pans de bois*". En una campanya arqueològica preventiva al centre de la ciutat es van documentar les restes d'un hàbitat d'època romana construït amb aquest sistema. Degut a la proximitat del riu Rin es van conservar els fragments de l'armat amb planxes de taulons de fusta recoberts amb argila modulada i un enlluït de calç (Baudoux i Cantrelle, 2007, p. 62-102).

#### 4.5.3. Estructures de fonamentació

*L'àlber negre, que creix en les proximitats dels rius, aparentment la seva fusta és poc aprofitable, però conté extraordinàries qualitats,...). Arrelats en terrenys pantanosos, com a fonaments i clavats com estagues es possible edificar sobre d'ells, recollien la humitat i es mantenen perennes durant un llarguíssim temps suportant l'impressionant pes de tot l'edifici, sense ocasionar cap defecte. No sobreviuen molt de temps a fora de la terra, però sí si estan submergits en a l'aigua. És molt interessant observar aquest tipus de construccions a Ràvena, on tots els edificis, tant públics com privats, s'aixequen sobre estagues que serveixen de fonamentació i són d'aquesta classe de fusta (Vitruvi, II, IX)*

Vitruvi descriu les fustes utilitzades en la construcció. Quan parla de l'àlber negre ens explica les propietats d'aquesta fusta per utilitzar-la com a fonamentació tant en nivells freàtics com submergits en medis aquosos. La fusta en nivells freàtics té la capacitat de conservar-se amb excel·lents condicions. La seva utilització en fonamentació fa que sigui habitual trobar en excavacions nombroses estagues amb una cronologia molt



extensa, com es el cas del jaciment neolític de la Draga al municipi de Banyoles al nord est de la península Iberica (López, 2015, p. 13-17).

#### 4.5.4. Elements de fusta en la fase de construcció

En tota planificació d'una obra era necessari obtenir importants quantitats de fusta ja que calia per dur a terme moltes operacions de posada en obra, com ara la utilització de les bastides per a la construcció de paraments, la utilització de taulons per els encofrats de tapiat o d'*opus caementicium*, la construcció de cimbres per als arcs i les voltes i la necessitat d'elevat materials, que es feia mitjançant maquinària composta per llistons de fusta i sistemes de politges (Adam, 1996, p. 46-49; 63; 85-90; Martín, 2000, p. 198-199).

#### 4.6. Principals causes de degradació

La fusta, en ser un material d'origen orgànic, és susceptible de ser afectada per diversos agents de degradació. Les principals causes que l'afecten són els agents biològics, com ara bacteries o fongs, però solament s'hi poden desenvolupar si la humitat interior supera el 18%. Una altra causa important són els essers xilòfags que s'alimenten de la fusta, com ara les termites, les larves o alguns cucs (Cagnana, 2000, p. 230).

Un cop instal·lada, la fusta, com a material orgànic, té un cicle natural de descomposició i només manté la seva estructura fibrosa si està submergida o conté un alt grau d'humitat. Com que generalment és en contacte amb l'aire, segons el tipus d'arbre i de la seva ubicació pot tenir una durabilitat molt variable. Alguns exemples ens poden servir com a dades orientatives (Adam, 1996, p. 91-92):

- **Les fustes amb contacte amb el sòl i a l'aire lliure:** el roure, el castanyer i l'om tenen una durabilitat de 10 anys, mentre que l'abet i l'alber aguanten entre 3 i 4 anys.
- **Les fustes sense contacte amb el sòl:** el roure, el castanyer i l'om tenen una durabilitat d'entre 60 i 120 anys. El pi pot aguantar entre 40 i 80 anys. L'abet té una durabilitat d'entre 30 i 50 anys. L'alber només té una durabilitat inferior a 30 anys.
- **Les fustes sense contacte amb el sòl i cobertes:** el roure, el castanyer i l'alber tenen una durabilitat de més de 200 anys. El pi pot aguantar uns 150 anys. L'abet té una durabilitat de més de 50 anys. L'alber només té una durabilitat inferior a 50 anys.
- **L'armadura en un local sec i ventilat:** la majoria d'espècies poden arribar als 500 anys. Tenim nombrosos exemples de construccions medievals.

## 4. Conclusions

A nivell d'objectius generals s'ha pogut constatar quins eren els procediments d'obtenció i transformació dels materials bàsics de construcció utilitzats en l'època romana. La recerca documental de fonts antigues pel que fa als materials i tècniques usats en l'arquitectura romana, mitjançant l'obra de Vitruvi, ha permès obtenir una visió fidedigna de molts aspectes en la utilització dels materials bàsics de construcció. Però l'autor del clàssic *Architectura* omet molts aspectes essencials per a la comprensió completa dels objectius d'aquest treball. Per obtenir aquesta informació ha estat necessari fer una recerca bibliogràfica d'investigacions arqueològiques, iconogràfiques, etnològiques i de processos fisicoquímics.

Aquesta recerca bibliogràfica ha permès constatar que en l'àrea d'influència romana existien una sèrie de criteris generals sobre els procediments d'obtenció i transformació dels materials usats en l'arquitectura. Aquests criteris generals els trobem, sobretot, en construccions d'obra pública. Però pel que fa a l'obra en àmbits domèstics podem observar que es mantenen criteris de construcció regional vinculats als recursos naturals de la zona i a una herència cultural d'aquells pobles que es van romanitzar.

El present treball ha permès constatar l'interès que tenien els romans sobre aquells materials i tècniques usats en la construcció de cultures precedents. Prova d'això són les constants explicacions que fa Vitruvi respecte a la construcció en altres cultures de l'antiguitat. Gràcies a la capacitat d'organitzar, planificar, i de la mà d'obra esclava, van ser capaços de desenvolupar un sistema molt eficaç pel que fa a l'obtenció, transformació i posada en obra dels materials de construcció. Aquesta eficàcia els va caracteritzar en tots aquells projectes que es plantejaven i, en la pràctica, es va notar en la reducció dels costos de producció i una reducció del temps d'execució d'una obra.

Pel que fa a l'ús de la pedra com a material de construcció, s'observa que ha estat àmpliament estudiat: els processos d'obtenció, la seva transformació i la seva col·locació en l'obra. Degut a la seva naturalesa s'ha pogut documentar arqueològicament el seu ús en moltes construccions d'obra pública i monumental romanes, però s'ha de tenir en compte que podia ser un element complementari en construccions més modestes. Com que l'ofici del picapedrer no ha variat substancialment des de l'època romana, les fonts etnogràfiques han permès conèixer les eines i les tècniques d'extracció i del procés de talla. Afortunadament, també, els projectes de restauració de monuments amb interès històric ha permès mantenir un interès constant en el treball de la pedra com a material constructiu.

Tot el que fa referència a l'argila crua és, evidentment, més difícil documentar i constatar l'abast de la seva utilització. Les tècniques de construcció amb terra natural eren una solució habitual en l'arquitectura romana, però degut a la seva naturalesa, i per la falta de manteniment, era víctima dels processos naturals de degradació. Els estudis arqueològics en l'actualitat són conscients d'aquest fet i, per tant, han desenvolupat procediments i tècniques per identificar el seu ús en l'arquitectura romana. L'arqueologia experimental i la documentació etnogràfica en regions on aquesta tècnica de construcció encara és vigent constitueixen una font d'informació privilegiada i rellevant sobre aquest material de construcció.

L'argila cuita, en canvi, és fàcilment identificable en les restes arqueològiques. Coneixem molt bé la seva àrea d'influència i l'impacte que va tenir en la construcció, tant en època romana com en cultures posteriors. El seu ús com a material de coberta es va generalitzar de manera molt primigènia. Però no va ser fins l'època Imperial que es va generalitzar la utilització en la construcció de paraments. L'argila cuita és un material que, juntament amb el morter, ofería una sèrie d'avantatges en la construcció. L'estandarització de les seves proporcions i la possibilitat de manipular-lo, feien del maó un material usat en tot tipus de solucions arquitectòniques. Tot i així queden encara molts dubtes per resoldre sobre el seu ús com a material de construcció i per tant, el maó podria ser objecte d'estudi i investigació en propers treballs de recerca. Un dels exemples més propers que caldria estudiar és la poca presència d'aquest material de construcció a la Península Ibèrica.

En referència a l'ús dels morters de calç, els romans van saber utilitzar aquest material de forma generalitzada en la seva arquitectura. El seu desenvolupament com a material constructiu va desplaçar altres sistemes de construcció d'anteriors cultures. L'arquitectura romana va anar innovant les possibilitats que oferia i les va utilitzar en moltes fases constructives. Això els va permetre adquirir nous conceptes i plantejar-se reptes arquitectònics que, fins aquell moment, no s'havien observat en cap arquitectura de cap cultura precedent a la romana. Actualment, el desenvolupament de noves tècniques d'anàlisi de morters pot permetre conèixer tant la seva datació com les proporcions dels seus agregats, oferint noves possibilitats d'estudi de l'ús d'aquest material.

En quant a la utilització de la fusta, a nivell arqueològic és molt difícil identificar-ne l'ús. La fusta va ser un material àmpliament utilitzat pels romans i es coneix la seva utilització i les tècniques constructives amb les quals s'emprava. Malauradament, degut a la seva naturalesa, no ha perdurat ni a nivell arqueològic ni a nivell arquitectònic. Poques vegades s'ha pogut documentar la seva utilització, només en circumstàncies molt especials.

En conclusió, aquest treball ha assolit els objectius generals i també els específics plantejats inicialment. Sabem en quin estat es troben els estudis sobre materials bàsics de construcció a l'època romana. També s'ha reunit en un sol treball, d'una manera ordenada, el coneixement de fonts clàssiques i de fonts etnogràfiques, iconogràfiques, arqueològiques i de processos físicoquímics més actuals. Tot plegat permet fer un compendi sobre l'obtenció, transformació, posada en obra i l'afectació dels processos de degradació en tots aquests materials: la pedra, argila crua, argila cuita, morters i la fusta.

## 5. Bibliografia

- ADAM, J. P. (1996): *La Construcción Romana. Materiales y Técnicas*, León, Editorial de los Oficios.
- ALEJANDRE, F-J. (1998): Los morteros en la antigüedad, a GRACIANI, A. (ed.). *La Técnica de la arquitectura en la antigüedad*, Sevilla, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, p. 79-96.
- ÀLVAREZ, A. (2009): Les pedreres locals a Catalunya en època romana, a LÓPEZ, J. i MARTIN, O. (eds.) *Bolletí Arqueològic, Reial Societat Arqueològica Tarraconense*, 31, p. 241-266.
- ÀLVAREZ, A.; GARCÍA, V.; GUTIÉRREZ, A.; RODÀ, I. (2009): *El marmor de Tarraco. Explotació, utilització i comercialització de la pedra de Santa Tecla en època romana*, Tarragona, ICAC.
- ALVAREZ, H. (1985): Secado de la madera al aire, *Hojas divulgadoras*, 19, p. 3-28.
- ÁLVAREZ, J-I.; MARTÍN, A.; GARCÍA, P-J. (1995): Història de los morteros, *Boletín Informativo del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 13, p. 52-59.
- ANDERSON, T-J. (2014): Moleras en la Península Ibérica: una primera clasificación de las canteras de molinos, *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 24, p. 157-174.
- BAUDOUX, J. i CANTRELLE, S. (2007): Les habitats gallo-romains en terre et en bois de la rue de la Mésange à Strasbourg: évolution d'un quartier situés sur le tracé de la ligne B du tramway, *Revue archéologique de l'Est*, 177, p. 67-102.
- BESSAC, J-C. (1999): Pierres de taille: archéologie et technique, a Ferdière, A. (dir.) *La construction, Les matériaux durs: pierre et terre cuite*, Paris, Éditions errance, p. 7-51.
- BESSAC, J-C. (2002): Les carrières du Bois des Lens (Gard). Carrières antiques de la Gaule. Une recherche polymorphe, *Gallia*, 59, Paris, p. 29-51.
- BESSAC, J-C. (2014): Les ressources minérales face aux impératifs de la construction et de la décoration antique en pierre, a BONETTO, J. i CAMPOREALE, S. i PIZZO, A. (eds.) *Arqueología de la construcción IV. Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos*, Madrid, CSIC, p. 15-33.
- CAGNANA, A. (2000): *Archeologia dei materiali da costruzione*, Padana, Editrice S.A.P.
- CARRETERO, I. (1998): La piedra como material de construcción en la antigüedad, a GRACIANI, A. (ed.). *La Técnica de la arquitectura en la antigüedad*, Sevilla, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, p. 57-67.
- CASTANYER, P.; DEHESA, R.; TREMOLEDA, J.; PI, M.; PUIGDEVALL, I. (2005): L'estudi del món d'època romana a la comarca de Pla de l'Estany: la vil·la de Vilauba i la terrisseria d'Ermedàs, *Tribuna d'arqueologia 2002-2003*, p. 7-21.
- CHEVALIER-LACOMBE, M (2012): *La pierre et son décor*, Dourdan, Editions Vial.
- CHOISY, A. (1999): *El arte de construir en Roma*, Madrid, Instituto Juan de Herrera; CEHPU; CEDEX.
- CLÉMENT, B. (2016): L'industrie de la brique crue dans la *Colonia Lugdunum*. Typologie, approvisionnement et organisation de la production, a DELAINE, J.; CAMPOREALE, S.; PIZZO, A. (eds.) *Arqueología de la construcción V: Man-made materials, engineering and infrastructure*, Madrid, CSIC, p. 145-164.
- COLL, J (2008): Hornos romanos en España. Aspectos morfológicos y tecnología, a BERNAL, D. i RIVERA, A. (eds.) *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, p. 113-125.
- COUDELAS, A. (2012): La planification et le déroulement des chantiers de construction en gaule romaine: L'apport de l'étude des Matériaux non lithiques, a CAMPOREALE, S.; DESSALES, H.; PIZZO, A. (eds.) *Arqueología*

de la construcció III. *Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía de las obras*, Madrid-Mérida, CSIC, p. 131-144.

CUOMO DI CAPRIO, N. (2007): *Ceramica in archeologia 2, antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, Roma, L'Erna di Bretschneider.

DE CHAZELLES-GAZZAL, C-A. (1990): Les constructions en terre crue d'Empuries à l'époque romaine, *Cypsel*, 8, p. 101-118.

DE CHAZELLES-GAZZAL, C-A. (1997) : *Les maisons en terre de la gaule méridionale*, Collection Monographies instrumentum, 2, Montagnac, Editions monique mergoil.

DE PRADO, G. (2006): *Materials, Elements i Tècniques de Construcció de L'arquitectura d'Època Ibèrica al Puig de Sant Andreu (Ullastret)*, Treball final de doctorat, Universitat de Girona, Girona.

DÍAZ, J. (2008): De la arcilla a la cerámica. Aproximación a los ambientes funcionales de los talleres alfareros en Hispania, a BERNAL, D. i RIVERA, A. (eds.) *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*. Cádiz. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, p. 93-111.

DOLORES DEL AMO, M-A. (1981): Aportación al estudio de las canteras romanas de la zona arqueológica de "Els Munts". *Estudis Altafullencs*, 5 , p. 5-25.

ELVIRA, M-A. (2017): *Arte etrusco y romano. Del Tíber al Imperio universal*, Madrid. Escolar y mayo Editores.

FERNANDEZ, C. i MORILLO, A. i ZARZALEJOS, M. (1999): Material latericio en las termas romanas de Hispania. En BERNAL, D. i RIVERA, A. (eds.) *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, p. 291-305.

FLORES, V. (1998): La arcilla como material de construcción en la antigüedad, a Amparo Graciani (Ed.). *La Técnica de la arquitectura en la antigüedad*, Sevilla, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, p. 69-78.

FRIZOT, M. (1977) A: Le mortier romain, mystère ou savoir faire?, a FATON, A. i LEROY, S. (Red.) *Dossiers de l'archéologie. Comment construisaient les grecs et les romains*, 25, p. 60-63.

FRIZOT, M. (1977) B: Les techniques du décor intérieur. a FATON, A. i LEROY, S. (Red.) *Dossiers de l'archéologie. Comment construisaient les grecs et les romains*, p. 104-112.

GARCIA, A. (Cord.) (2018): *Red Nacional de Maestros de la Construcción Tradicional. Maestros de la Tierra*, Londres, INBAU.

GOLEBIOWSKI, J. (2009): The High Hills of the Santee and its Role as an Early Concrete, a *Rammed Earth Architecture's Journal*, Charleston, MSc Thesis of Clemson University and The College of Charleston.

GUTIÉRREZ, M-A. (2014): La producción de material lapídeo en el norte del conventus Tarraconensis: extracción, organización y gestión de las canteras, a BONETTO, J.; CAMPOREALE, S.; PIZZO, A. (eds.): *Arqueología de la construcción IV. Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos*, Madrid, CSIC. p. 311-329.

HOUBEN, H. i GUILLARD, H. (1994): Earth Construction, a *Comprehensive guide*. London. Intermediate Technology.

LÓPEZ, J-O. (2015): Processos d'obtenció, transformació i ús de la fusta en l'assentament neolític antic de la Draga (5320-4800 cal BC), a *Tesis Doctorales en Red*, Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona.

MARÍN, R. (2000): *La construcción griega y romana*. Valencia. Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia.

MYTTING, L. (2016): *El libro de la madera, una vida en los bosques*, Barcelona, Alfaguara.

ROLDÁN, L. y BUSTAMANTE, M. (2015): Desde las figlinae a los edificios: el uso del barro cocido en el sur de la Baetica, a *Materiales, transporte y producción. Pósters del Workshop Internacional*, Madrid, CSIC.

RUSESSELL, B. i FENTRESS, E. (2016): Mud brick and Pisé de terre between punic and roman, a DELAINE, J.; CAMPOREALE, S.; PIZZO, A. (eds.) *Arqueología de la construcción V: Man-made materials, engineering and infrastructure*, Madrid, CSIC, p .131-141.

SEIGNE, J. (1999): Techniques de construction en gaule romaine, a FERDIÈRE, A. (dir.) *La construction, Les matériaux durs: pierre et terre cuite*, Paris, Éditions errance, p. 51-95.

TAYLOR, R. (2006): *Los constructores romanos, un estudio sobre el proceso arquitectónico*, Madrid, Akal/Textos de arquitectura, p. 284.

VOLPE, R. (2014): Dalle cave della via Tiberina alle mura repubblicane di Roma, a BONETTO, J.; CAMPOREALE, S.; PIZZO, A. (eds.): *Arqueología de la construcción IV. Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos*, Madrid, CSIC. p. 61-75.

## Annexos

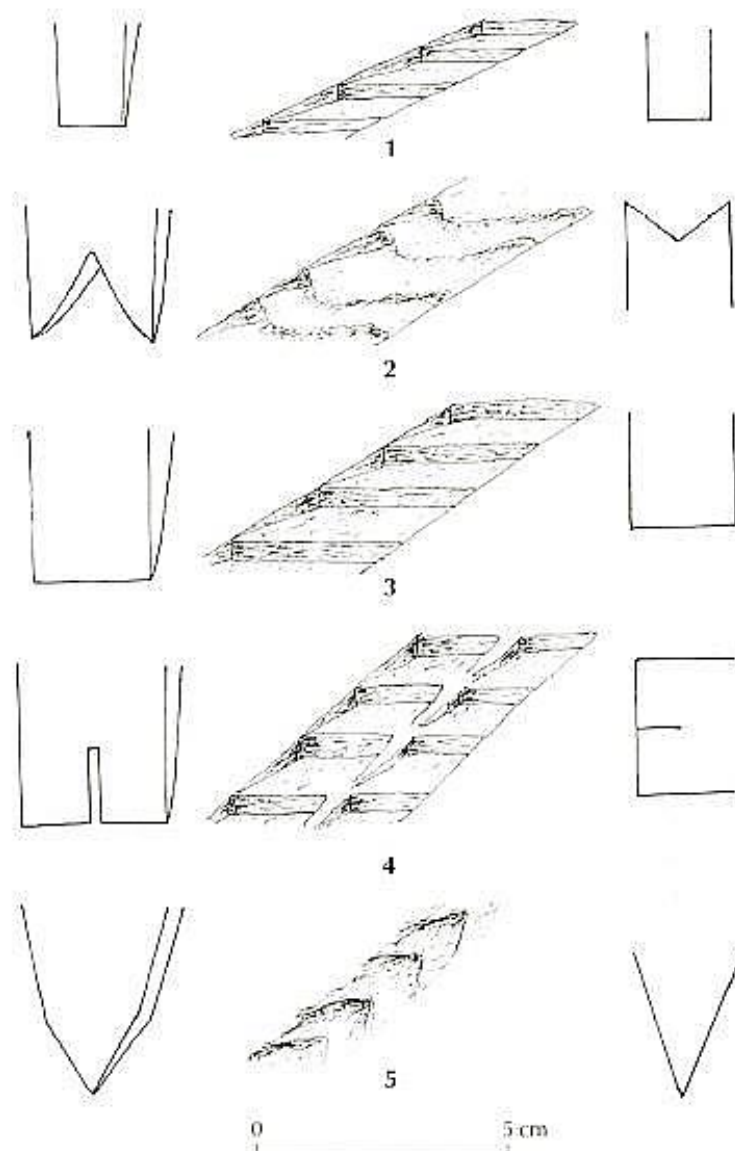


Figura 1: Evolució de les extremitats actives de l'escouda. Extret de: BESSAC, J-C. (2002): Les carrières du Bois des Lens (Gard). Carrières antiques de la Gaule. Une recherche polymorphe. En Gallia. 59. p. 35

1. **La fulla tallant plana i estreta:** s'identifica el seu ús en la tradició hel·lènica fins a l'època baix imperial.
2. **Doble dent punxeguda:** s'identifica el seu ús fins al baix imperi.
3. **Variació de la fulla tallant plana i ample;** s'identifica el seu ús fins al baix Imperi.
4. **Doble dent recta o plana:** s'identifica el seu ús fins a l'època tardoromana.
5. **Dent en forma de punxa:** s'identifica el seu ús des de l'època tardoromana i medieval.

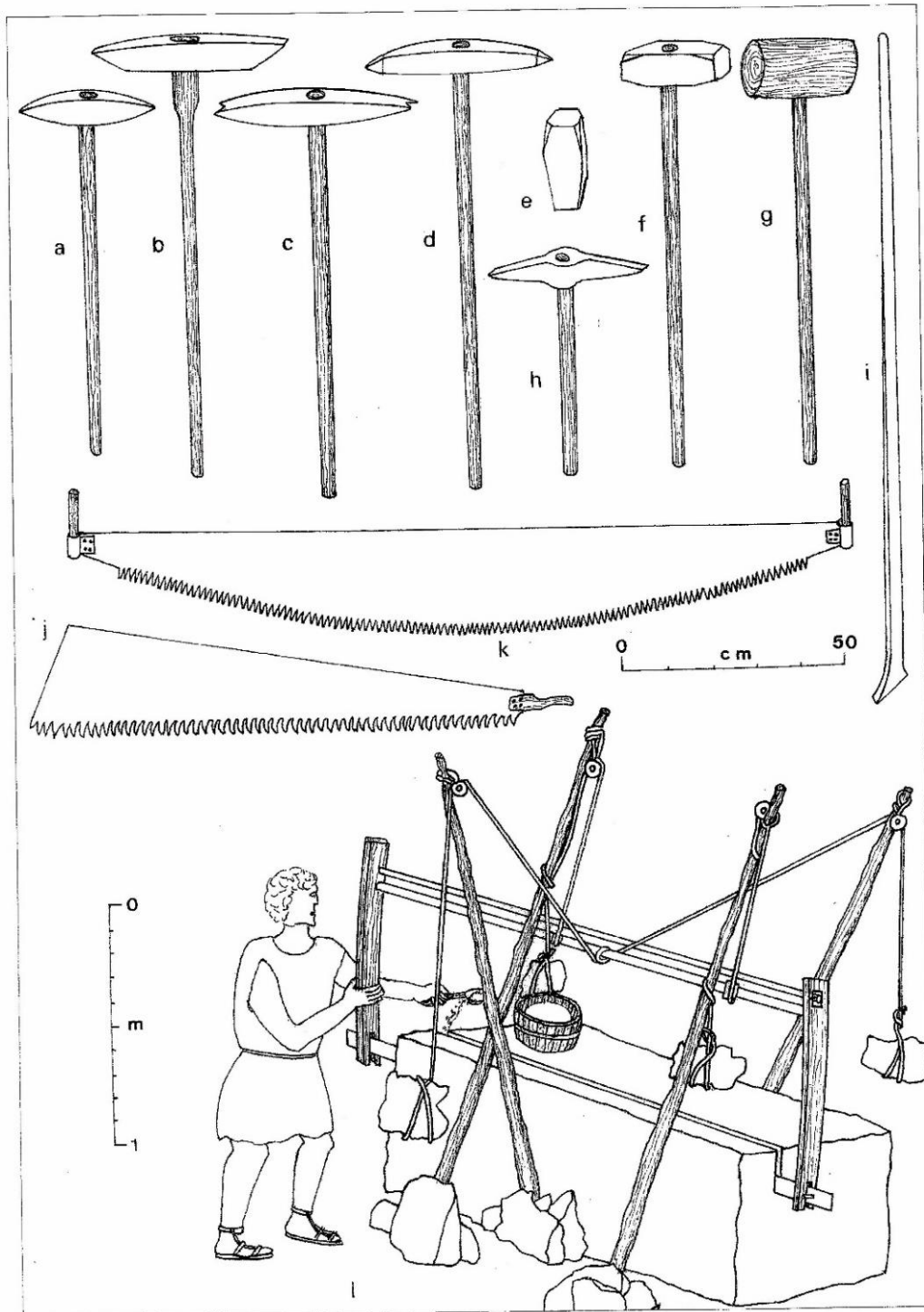


Figura 2: Eines d'extracció i de tallar pedra. Extret de: BESSAC, J-C (1999). Pierres de taille: archéologie et technique. En Ferdière, A (dir.) *La construction, Les matériaux durs: pierre et terre cuite*. Paris. Éditions errance. p. 20



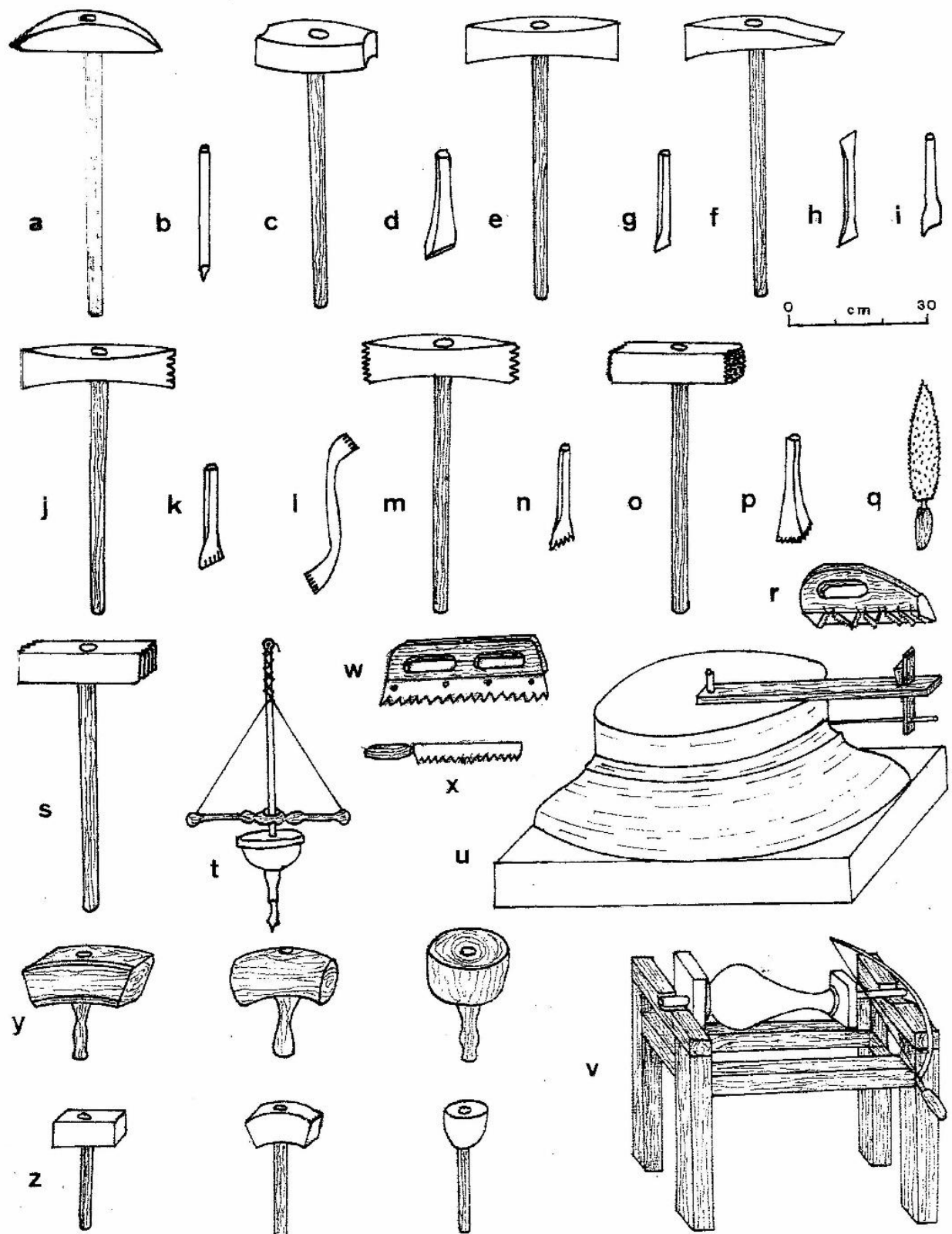


Figura 3: Eines De la talla de la pedra. Extret de: BESSAC, J-C (1999). Pierres de taille: archéologie et technique. En Ferdière, A (dir.) *La construction, Les matériaux durs: pierre et terre cuite*. Paris. Éditions errance. p. 29

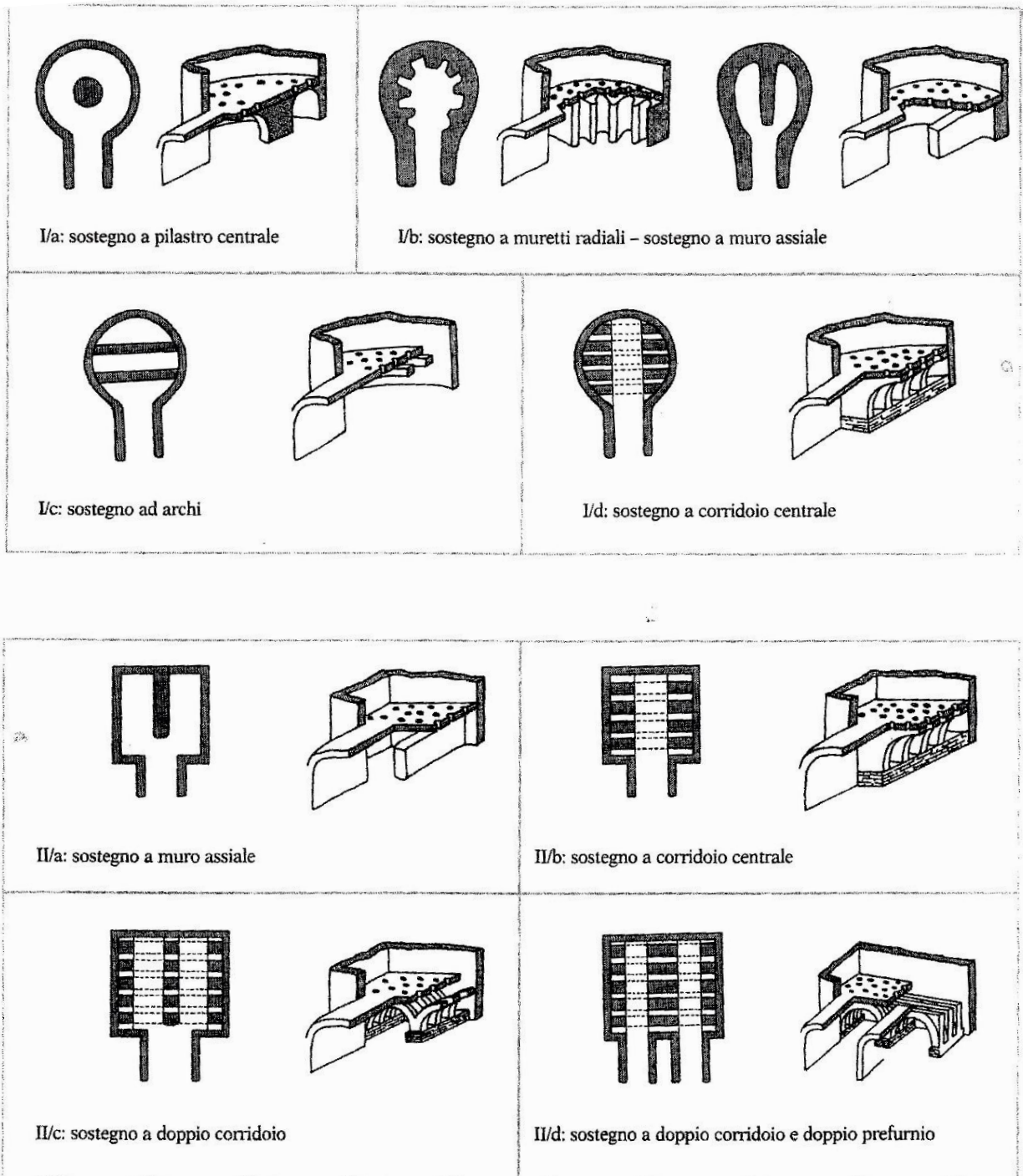


Figura 4: Criteri de classificació de forns, en planta i secció. Extret de: Ninina Cuomo di Caprio. (2007). *Ceramica in archeologia 2, antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. Roma. L'Erna di Bretschneider. p. 384-386

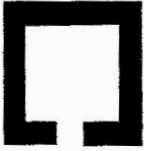













Variantes	A	B
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Figura 5: Tipologia de cambres de combustió de forns en planta. Extret de: COLL, J (2008) Hornos romanos en España. Aspectos morfológicas y tecnología. A BERNAL, D i RIVERA, A (eds.). *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*. Cádiz. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. p. 113-125.

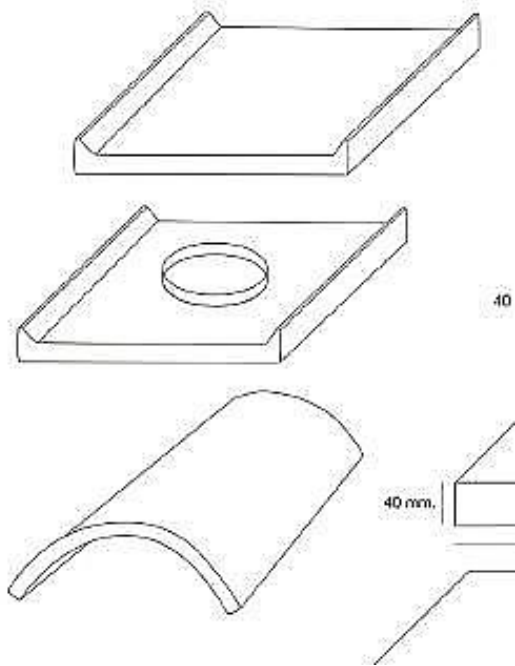


Figura 6: Material ceràmic de cobriment, tegula, tegula amb oracle i imbrex . Extret de: ROLDÁN, L. y BUSTAMANTE, M. (2015) Desde las figlinae a los edificios: el uso del barro cocido en el sur de la Baetica. A *Materiales, transporte y producción. Pósters del Workshop Internacional de Arqueología de la Construcción V*, (Universidad de Oxford, 11-12 Abril 2015). p. 7

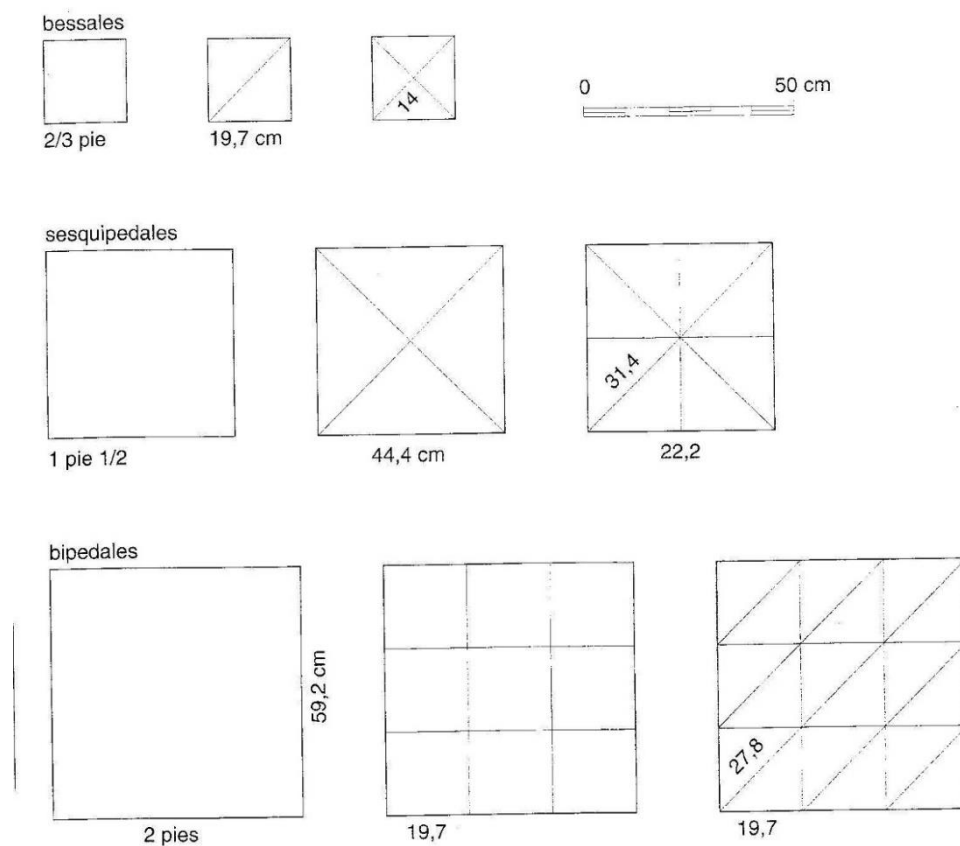


Figura 7: Ceràmica cuita de maçoneria, partició de maons quadrats de les mesures més corrents. Extret de: ADAM, J. P. (1997): *La Construcción Romana. Materiales y Técnicas*. León. Editorial de los Oficios. p. 259

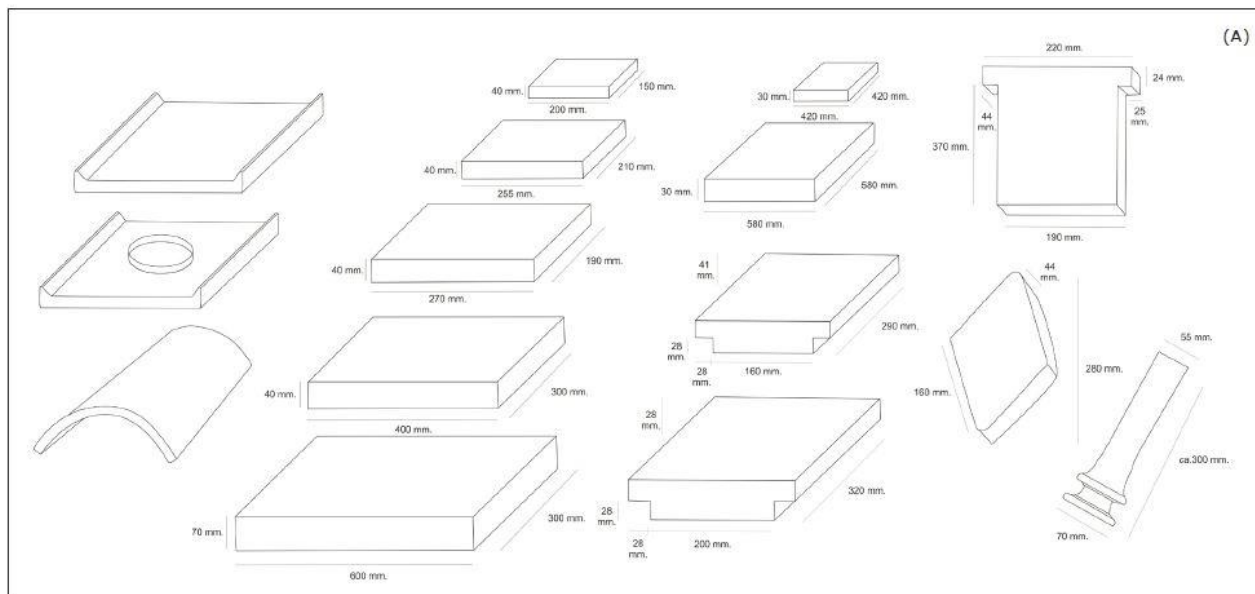


Figura 8: Material ceràmic d'una terma. Extret de: ROLDÁN, L. y BUSTAMANTE, M. (2015) Desde las figlinae a los edificios: el uso del barro cocido en el sur de la Baetica. A *Materiales, transporte y producción. Pósters del Workshop Internacional de Arqueología de la Construcción V*, (Universidad de Oxford, 11-12 Abril 2015). p. 7

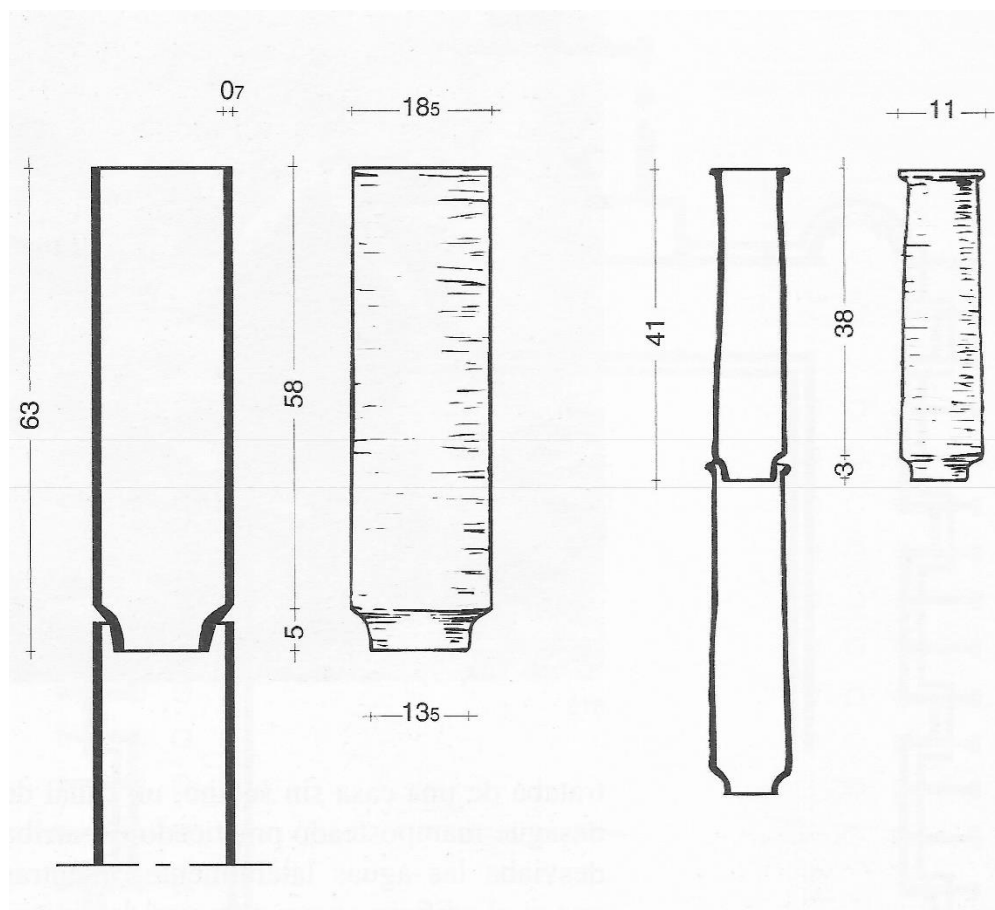


Figura 9: Canalons de ceràmica de desguàs. Extret de: ADAM, J. P. (1996): *La Construcción Romana. Materiales y Técnicas*. León. Editorial de los Oficios. p. 285

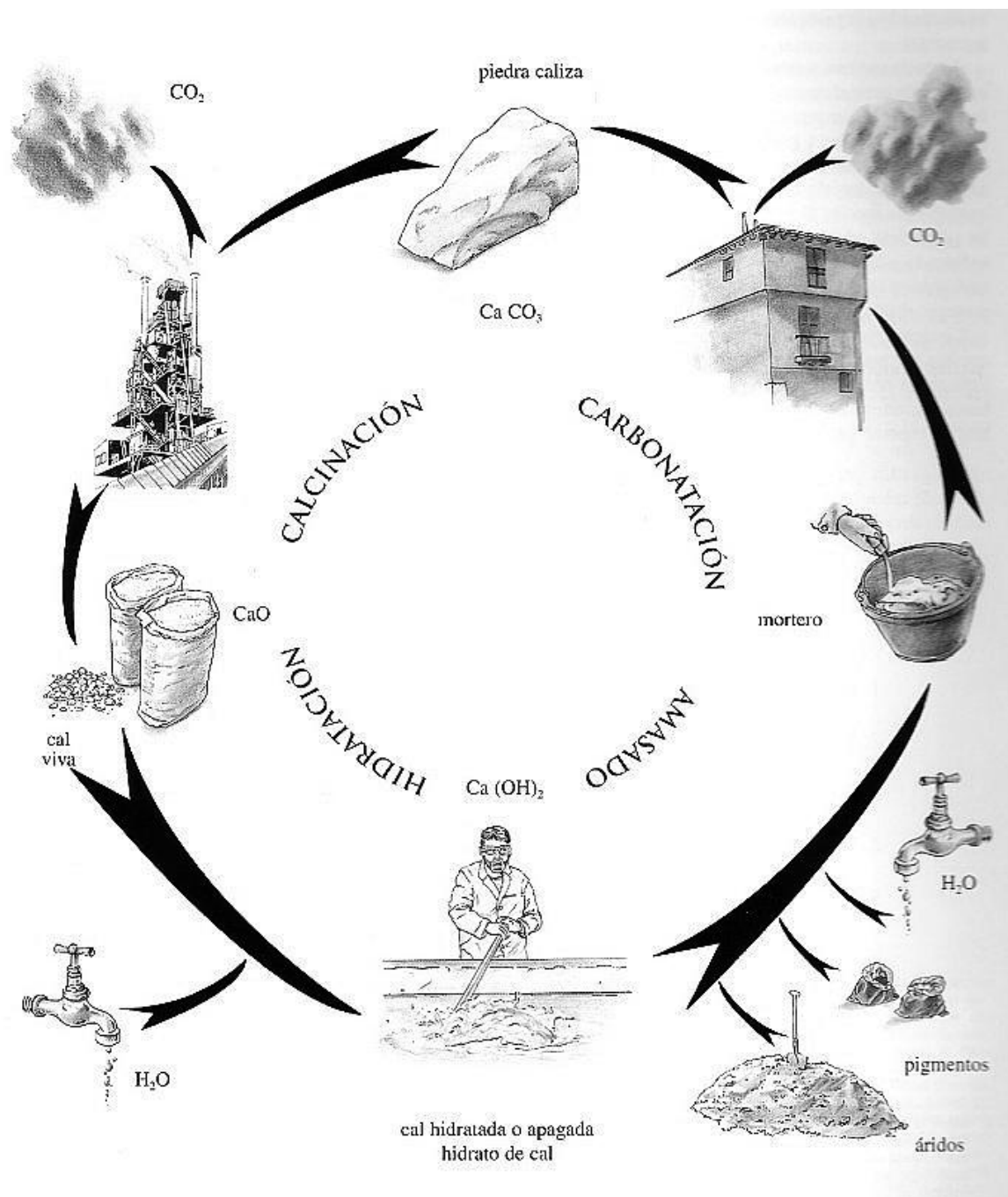


Figura 10: Processos químics d'obtenció de la calç. Extret de [www.fical.org](http://www.fical.org) [data de consulta: 3 de juliol de 2018].

**Imatge portada:**

**Contraportada de** CAMPOREALE, S.; DESSALES, H.; PIZZO, A. (eds.) *Arqueología de la construcción III. Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía de las obras*, Madrid-Mérida, CSIC