

Arqueologia dels fenòmens climàtics. Clima i reconstrucció paleoclimàtica a través de l'arqueologia



Georgina Prats Ferrando

Professora lectora
en arqueologia
Universitat de Lleida
ARQHISTEC, Grup
d'Investigació Prehistòrica
(GIP-UdL)

Archeology of climate phenomena.
Climate and paleoclimatic
reconstruction through Archaeology

RESUM: Aquest treball posa en relleu la interconnexió entre les societats humanes i el clima per subratllar que l'evolució de la humanitat s'ha desenvolupat en un món caracteritzat per canvis climàtics constants i una inestabilitat inherent. Es destaca la importància de la reconstrucció paleoclimàtica, que permet entendre les condicions climàtiques del passat i com han influït en el paisatge i les comunitats humanes. En particular, s'expliquen les variacions climàtiques que van tenir lloc durant el quaternari, incloent-hi el plistocè, amb les glaciacions, i l'holocè, amb l'augment gradual de les temperatures mitjanes i la humitat.

S'analitzen, a més, les conseqüències del clima passat sobre el medi ambient i els recursos necessaris per a la supervivència humana, i es detallen casos específics, com ara l'abandonament de la fortalesa ibèrica dels Vilars d'Arbeca, presumptament motivat per factors climàtics, i la devastadora rubinada de Santa Tecla que va afectar la ciutat de Tàrraga el 1874. Unes situacions que exemplifiquen la complexitat de les interaccions entre els fenòmens climàtics i les societats humanes, i destaquen la importància d'entendre el passat climàtic per afrontar els reptes del present i el futur.

PARAULES CLAU: Clima, quaternari, oscil·lacions, medi ambient, plana occidental catalana

ABSTRACT: This work highlights the interconnection between human societies and climate to emphasize the fact that humans have evolved in a world characterised by constant climate change and inherent instability. The importance of paleoclimatic reconstruction is underlined, as it makes it possible to understand the climatic conditions of the past and how they have influenced the landscape and human communities. In particular, the climatic variations that took place during the Quaternary are explained, including the Pleistocene with its glaciations, and the Holocene with its gradual increase in average temperatures and humidity.

The consequences of the past climate on the environment and the resources required for human survival are also analysed. Specific cases are detailed, such as the abandonment of the Iberian fortress of Vilars d'Arbeca, presumably due to climatic factors, and the devastating flood of Santa Tecla that affected the city of Tàrraga in 1874. These situations demonstrate the complexity of the interactions between climatic phenomena and human societies, and highlight the importance of understanding the past climate in order to face the challenges of the present and the future.

KEYWORDS: Climate, quaternary, oscillations, environment, Western Catalan Plain

«El clima és un atractiu sistema ric en connexions i complexitats».

Abraham H. Oort (1986)

1. Introducció

En el marc històric de la batalla d'Ilerda entre Cèsar i els partidaris de Pompeu, el 49 a. de la n. e. és quan trobem la primera constància escrita sobre un episodi climàtic a la plana occidental catalana: les avingudes del riu Segre, una constant en l'esdevenir de la ciutat de Lleida (ALONSO et al. 2004). La disciplina arqueològica considera actualment l'entorn com una variable més en l'anàlisi de les societats humanes del passat i no com un element que es manté constant i homogeni en l'espai i el temps.

Si retrocedim fins a l'època del pliocè (dels 5,3 fins als 2,58 Ma) (període neogen), moment en què té lloc l'aparició dels primers homínids (FULLOLA et al. 2020, 58), el clima del planeta era més temperat del que hi ha actualment. Fins fa uns 2,75 Ma no es van desenvolupar masses de gel continentals a Alaska ni al nord d'Euràsia, tot i que en aquell moment ja existien a Groenlàndia. Des de llavors, el planeta va experimentar una tendència al refredament (FULLOLA et al. 2020, 61) i, en conseqüència, un descens de la temperatura global (RODRÍGUEZ 2013, 321). Posteriorment, s'inicia fa 2,58 Ma el quaternari, la subdivisió més recent i rellevant del registre geològic i que perdura fins a l'actualitat. Juntament amb el neogen i el paleogen, forma el cenozoic, la quarta de les grans eres geològiques i, a la vegada, es divideix internament en dues èpoques o subperíodes: plistocè i holocè (MÉNÉDEZ 2019, 27).

El quaternari ha estat considerat durant molt de temps sinònim de «l'edat de gel» o «l'època glacial», una visió que es remunta als escrits del Sir Edward Forbes el 1846. Una de les principals característiques que defineixen aquesta era geològica són les oscil·lacions climàtiques, en les quals se succeeixen moments més rigorosos i freds —denominats glaciacions— amb moments de clima temperat i humit— denominat interglacials. Les fluctuacions del clima van condicionar els agents erosius, com ara un augment considerable dels casquets de gel i una sequera important en altres zones de latitud més baixa, a més de l'evolució biològica. L'hominització i els fenòmens glacials són pro-

cessos continuats i progressius que no s'han desenvolupat de manera brusca. Tot i que ja es documenten al final del pliocè, és durant el quaternari, per l'excepcional intensitat, que es converteixen en factors dominants i determinants de l'evolució biològica i climàtica.

Les societats humanes, com la població de la plana occidental catalana, han estat sotmeses a les condicions del clima existent en el moment en el qual s'han desenvolupat, i també als resultats del seu impacte sobre els elements físics i biològics del medi natural. L'evolució humana, per tant, s'ha produït en un món canviant i climàticament inestable.

En l'actualitat, disposem d'un gran coneixement al voltant de com van ser aquestes alteracions i sabem que la tendència general del planeta en els últims 5 Ma va cap al refredament. En particular, s'ha observat que el clima de la Terra ha estat molt més variable del que es pensava, i la creença de grans episodis freds i càlids molt estables s'ha anat difuminant. El resultat ha permès crear un sistema, conegut com a «estadis isotòpics de l'oxigen» (abreviat amb les sigles OIS) o «estadis isotòpics marins» (MIS), que permet reconstruir el clima del passat (FULLOLA et al. 2020, 61-62).

Així mateix, la paleoecologia té com a objectiu reconstruir les condicions ecològiques del passat i els ecosistemes pretèrits pel que fa a clima, vegetació, fauna, etc. En aquest sentit, cal una base interdisciplinària sustentada per diverses ciències, com la geologia, la geomorfologia, la botànica, la zoologia, la climatologia, l'arqueologia, etc. Dins d'aquest conjunt de disciplines, l'arqueologia és la ciència que estudia les restes materials, la seva evolució i les seves relacions amb el medi ambient. Els resultats obtinguts permeten reconstruir la història del procés d'adaptació dels components del paisatge a les variacions de tipus climàtic, mediambiental, entre altres, transcorregudes al llarg de la història del planeta. En el procés d'investigació, tan aviat es poden estudiar restes que provenen de dipòsits d'origen no antròpic (llacs, torberes, travertins, maresmes, sediments, marins...) com de dipòsits arqueològics. Una de les nostres tasques serà, doncs, comprendre les relacions que les comunitats del passat mantenien amb el seu medi, quins diferents ecosistemes van existir i reconstruir el clima i els fenòmens climàtics que van afectar la societat del passat.

2. Paleoclimatologia i climatologia històrica

El concepte de clima ha evolucionat al llarg del temps i no hi existeix una posició unànime. Així, per exemple, el meteoròleg australià Julius von Hann (1839-1921) proposa com a concepte de clima «el conjunt de fenòmens que caracteritzen l'estat mitjà de l'atmosfera en un punt determinat de la superfície terrestre i al llarg d'un període de temps cronomètric establert» (MÉNÉDEZ 2017, 22), una idea semblant a la que utilitza el meteoròleg Inocencio Font (1988) al seu llibre *Historia del clima de España: cambios climáticos y sus causas*, en què defineix el clima com «la síntesi del conjunt fluctuant de les condicions atmosfèriques en una àrea determinada corresponent a un període de temps prou llarg perquè sigui geogràficament representativa». Existeixen altres definicions, i en destaquen les dels geògrafs francesos Max Sorre (1880-1962) i Pierre Pédelaborde (1910-1992), els quals defensen que la referència per caracteritzar el clima no és l'estat de l'atmosfera, sinó la successió de situacions atmosfèriques, dels tipus de temps,² sobre un lloc determinat (MARÍN 1990, 37-38).

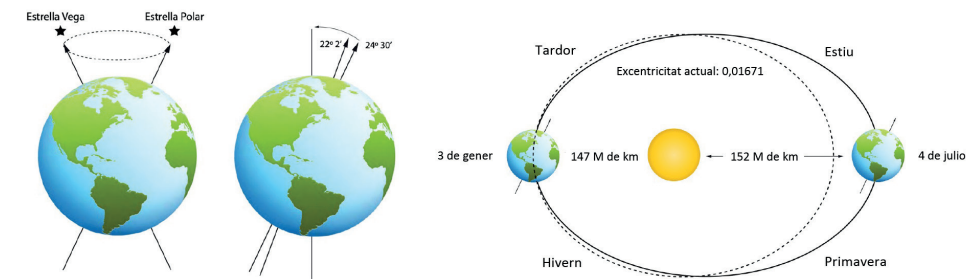


Figura 1. Components de la teoria astronòmica del canvi climàtic. Cicles de a) Precisió; b) Obliqüitat; i c) Excentricitat. Modificat a partir de Magny 1995.

Així, la història de la humanitat va estretament lligada als fenòmens i les fluctuacions climàtiques. Quines són les causes que al llarg del temps han determinat la temperatura global del planeta? Tot i que, com en molts casos, no tinguem una resposta definitiva i definitiva, sí que podem apuntar que diversos factors astronòmics, geològics i antròpics són els que intervenen en les variacions climàtiques. En general, les causes d'aquestes variacions es poden englobar en dos grans grups: naturals —alienes a l'activitat humana— o derivades de l'acció antròpica —per exemple, de la destrucció massiva de zones forestals.

Pel que fa a les causes naturals (MAGNY 1995), d'una banda, hi ha qui defensa els canvis que es produeixen en el

«La teoria que ha despertat més interès els darrers anys és la que es coneix com a cicles Milankovic, que es basa en les variacions orbitals de la Terra com explicació als canvis climàtics».

mateix sol, i, de l'altra, es planteja que es tracti de canvis en la composició de l'atmosfera, especialment de les proporcions de CO₂, o que siguin les erupcions volcàniques i la presència de núvols còsmics i taques solars les que determinin certes variacions. En definitiva, la teoria que ha despertat més interès els darrers anys és la que es coneix com a cicles de Milankovic (fig. 1) i que es basa en les vari-

acions orbitals de la Terra com a explicació als canvis climàtics, fonamentalment perquè la inclinació de l'eix de rotació, la forma de l'òrbita i el balanceig de l'eix de rotació terrestres no són sempre constants i tenen certa fluctuació que, combinats, serien els responsables d'aquestes oscil·lacions climàtiques.

En definitiva, els cicles de Milankovic s'han detectat en una àmplia gamma de registres proxy, inclosos nuclis de gel, sediments de llacs, seqüències de loess i registres de pol·len. En conjunt, aquestes dades confirmen la hipòtesi que els canvis en l'òrbita i l'eix de la Terra, el que sovint es coneix com a forçament orbital, són els principals mecanismes impulsors del canvi climàtic quaternari (LOWE i WALKER 2014, 15). Nogensmenys, tot i que la teoria astronòmica ofereix una base per comprendre la seqüència de les principals oscil·lacions climàtiques del quaternari, existeixen altres factors diferents al forçament orbital que han influït en el curs del canvi climàtic global.

3. El clima i la restitució paleoclimàtica

L'interès per la climatologia del passat es remunta al segle XIX, i el seu estudi es fa des de disciplines ben diverses: biologia, meteorologia, geografia, arqueologia i història, entre d'altres. Les tècniques de reconstrucció climàtica són diverses, tant com les fonts d'informació (ALONSO et al. 2004, II). Segons Fagan (2009, 40-42), es podem agrupar en dos tipus: directes i indirectes.

3.1. Mètodes directes

Els mètodes directes és on trobem el registre de dades meteorològiques obtingudes mitjançant instrumental específic i els documents històrics. El primer és el mètode d'estudi més precís, directe i fiable. No obstant això, aquest tipus de registre es va iniciar fa tan sols 150 anys a Europa i Amèrica del Nord, i molt més tard en altres regions. Concretament, a la península Ibèrica, les primeres sèries sistemàtiques d'observacions es van iniciar a mitjan segle XVIII, tot i que no serà fins a finals del XIX i principis del XX que es recolliran de manera més generalitzada.

Pel que fa a la informació documental escrita, ofereix instantànies molt valuoses del clima del passat. En diaris, arxius eclesiàstics, cròniques, memòries, quaderns de bitàcola i informes oficials, i fins i tot vides de sants, s'esmenten esdeveniments i fets meteorològics, biològics o hídrics, com ara inundacions o sequeres. Les característiques del clima mediterrani fan que el tipus d'informació documentada estigui relacionat fonamentalment amb la temperatura, però sobretot amb els patrons de precipitació. A Europa i la regió mediterrània, els documents més antics d'aquest tipus daten del voltant de l'any 1500.

3.2. Mètodes indirectes

Quant als mètodes indirectes, destaquen bàsicament la informació paleoecològica *multi-proxy*, basada en l'impacte que té el clima sobre els elements físics i biològics del medi natural i l'única disponible per als períodes no coberts per les dues anteriors. La seva interpretació permet inferir les característiques climàtiques del passat a partir d'una gran varietat de valors indirectes que tot seguit detallarem (MAGNY 1995): anàlisis pol·líniques, anàlisis de flora i fauna, anàlisis de sòls i processos geomorfològics, examen de dipòsits dels fons marins, estudis de les oscil·lacions en el nivell del mar, dendroclimatologia, estudi de les fluctu-

acions de nivells i altres indicadors als llacs, estudis de les glaceres o anàlisis del ¹⁴C residual, així com els estudis de composició isotòpica de l'oxigen, l'hidrogen o el carboni (MARTIN-CHIVELET; MUÑOZ-GARCÍA 2015).

3.2.1. Testimonis de gel polar

Els nuclis de gel perforats i extrets de les capes gelades de Groenlàndia, l'Antàrtida, els Andes i el Tibet, per exemple, proporcionen registres continus de canvis de temperatura obtinguts de la proporció d'isòtops d'oxigen i hidrogen a les molècules d'aigua que formen el gel. La variació en les proporcions es relaciona amb canvis de temperatura. Un testimoni de gel de l'Antàrtida permet obtenir dades de 420.000 anys d'antiguitat. Les seqüències d'alta resolució dels últims 2.000 anys provenen de Groenlàndia i els Andes, entre altres regions.

3.2.2. Sediments marins i lacustres

En particular, l'anàlisi dels dipòsits marins, formats majoritàriament per grans acumulacions d'esquelets de carbonat càlcic de foraminífers (organismes microscòpics), ha permès estudiar les proporcions en la presència de diferents isòtops de l'oxigen (¹⁶O i ¹⁸O) en el carbonat i, per tant, saber la temperatura global de la Terra en el moment de la formació d'aquests dipòsits. Els fons marins han permès obtenir llargues seqüències estratigràfiques que s'han analitzat per reconstruir el clima i poder observar que el clima del planeta ha estat molt més variable del que s'havia pensat (FULLOLA et al. 2020, 6l). En alguns llocs, com el canal de Santa Bàrbara, a Califòrnia, les ràpides taxes d'acumulació proporcionen registres bastant precisos de l'escalfament medieval i el refredament posterior.

D'altra banda, els sediments dels llacs contenen capes estacionals que mostren canvis en l'equilibri hidrològic i, per tant, ens informen de les sequeres del passat.

3.2.3. Els registres coral·lins

Els coralls que hi ha prop de la superfície del mar dipositen carbonat de calci en bandes de densitat. Si es mesura la relació entre l'¹⁸O i l'¹⁶O, es poden detectar variacions en les temperatures, perquè la proporció disminueix quan aquestes s'incrementen. Val a dir que els registres coral·lins

solen ser incomplets, atès que molt pocs cobreixen períodes més enllà dels darrers dos o tres segles.

3.2.4. Els anells d'arbres (dendrocronologia)

La dendrocronologia consisteix en l'estudi dels anells de creixement anual dels arbres, el gruix dels quals manifesta els canvis en les precipitacions. El primer lloc on es va realitzar aquest tipus d'investigació va ser al sud-est nord-americà, però avui dia s'aplica en nombroses parts del món. Els registres europeus i nord-americans són molt complets. Els últims anys, s'ha treballat molt per recollir dades d'Àsia i de l'hemisferi sud, i amb les quals s'espera obtenir més informació sobre el període càlid medieval en aquestes regions. De fet, hi ha registres d'anells d'arbres que arriben fins a l'edat del gel a Europa, però en general cobreixen els últims mil o dos mil anys. Els resultats obtinguts mitjançant la dendrocronologia podrien considerar-se les evidències indirectes més importants utilitzades per la paleoclimatologia.

3.3. Factors incidentals que determinen el clima

Existeixen alguns factors que, tot i no per inusuals, tenen una incidència menor en l'evolució del clima, com, per exemple, les erupcions volcàniques. En el context del període càlid medieval, aquests factors es representen per canvis naturals, com ara les variacions en la irradiància solar causades per lleugeres inclinacions en l'òrbita terrestre, i per erupcions volcàniques intenses que afecten l'equilibri energètic del planeta. En les grans erupcions volcàniques, es llancen ingents quantitats de cendra i gasos de sofre a l'atmosfera, la qual cosa redueix la radiació que arriba al nostre planeta i, com a resultat, provoca refredament. No obstant això, aquest efecte és temporal i sol durar pocs anys. Des de 1860, finals del segle XIX, els factors amb més incidència en el canvi climàtic han estat les activitats derivades de l'ésser humà, especialment l'ús de combustibles fòssils.

4. Oscil·lacions climàtiques durant el quaternari

Com hem mencionat anteriorment, el quaternari se subdivideix en dues èpoques: el plistocè i l'holocè (FULLOLA et al. 2020, 60). D'una banda, el plistocè (des de fa 2,58

Ma fins als 11.700 anys) (fig. 2) ha estat un dels períodes més freds de la història, ja que va presenciar les últimes glaciacions i una gran variabilitat climàtica. Una de les característiques d'aquesta època va ser l'alternança entre fases fredes i seques (conegudes com a períodes glacials) i altres de més càlides i humides (anomenades períodes interglacials). Així doncs, el clima va oscil·lar entre condicions similars a les actuals i altres de molt més fredes, un fet que es va manifestar clarament en l'augment del volum dels glacials. Aquestes variacions climàtiques van causar canvis significatius en el paisatge, amb modificacions importants en la línia de la costa a causa de la regressió marina, durant els períodes freds, i les seves successives transgressions càlides. Els canvis climàtics cíclics també van alterar els biomes peninsulars i van canviar la distribució de plantes i animals que eren essencials per a la supervivència dels grups humans.

	Època	Subèpoques	Edat	Temps
Quaternari	Holocè	Superior/Tardà	Megalayense	4,2 ka
		Mitjà	Norgripiense	8,2 ka
		Inferior/Inicial	Groenlandiense	11,7 ka
	Plistocè	Superior/Tardà	«Tarantiense»	126 ka
		Mitjà	«Ioniense»	773 ka
		Inferior/Inicial	Calabriense	1,80 Ma
			Gelasiense	2,58 Ma

Figura 2. Divisions principals del Quaternari (Ma: milions d'anys; ka: milers d'anys). Modificat a partir de la Unió Internacional de Ciències Geològiques i Fullola et al. 2020, 6l.

L'holocè (des de fa 11,7 ka fins a l'actualitat) es caracteritza, en general, per un augment de les temperatures mitjanes i més humitat o pluviositat. Des d'aquesta perspectiva, aquesta època mostra una homogeneïtat més àmplia que el plistocè, perquè, tot i que s'han produït oscil·lacions climàtiques cícliques, es consideren d'una amplitud menor. També cal esmentar que el període de temps analitzat és molt més reduït que en l'època anterior. Les oscil·lacions de l'holocè, correlacionades amb les estratigrafies del pol·len fòssil en llacs i torberes, mostren una estructura interna en cinc grans fases climàtiques (MENÉNDEZ 2019, 28-29): preboreal (9.700- 6.800 a. de la n. e.), boreal (6.800-5.500 a. de la n. e.), atlàntic (5.500-2.300 a. de la n. e.), subboreal (2.300-800 a. de la n. e.) i subatlàntic (800 a. de la n. e.-actualitat).

Finalment, l'holocè també va suposar un canvi profund en el paisatge i el bioma peninsular. Durant la tercera fase, coneguda com el període atlàntic (MAGNY 1995, 48) (fig. 3), que culturalment es correspon amb el neolític a la península Ibèrica, es va documentar el que es coneix

com l'òptim climàtic de l'holocè (MENÉNDEZ 2019, 28). En aquesta època, té lloc un augment de temperatures i de la pluviositat. Aquest canvi es va observar primerament a la meitat nord i atlàntica de la Península i, posteriorment, a la Mediterrània ibèrica. Aquest clima temperat i plujós de les primeres comunitats neolítiques va propiciar l'expansió de boscos de roures, alzines, sureres i pins. A les muntanyes, prosperaven el pi roig, el bedoll, l'avet i el faig, i a la costa, les màquies d'olivera borda, llentiscles, margallons i pins blancs. A més, aquests paisatges estaven interromputs per la creació de camps i pastures (BUXÓ 2004, 23). Aquest entorn forestal presentava variacions segons la fase climàtica, com, per exemple, durant la fase subboreal (2.300-800 a. de la n. e.), la presència del roure disminuïa i augmentava la del boix i el pi, principalment a causa dels canvis climàtics i l'acció humana sobre el paisatge (BUXÓ i PIQUÉ 2008). Els estudis pol·línics han demostrat que a partir de fa uns 7000 anys es va iniciar un període més sec per la disminució de les precipitacions i l'activitat humana. Els boscos van experimentar cicles de deforestació i recuperació, com demostren els alts nivells de cendra documentats en els diagrames pol·línics (Rojo, Garrido i García 2012, 340).

Així, les oscil·lacions climàtiques tenen, sens dubte, conseqüències sobre el medi ambient que ens envolta, i la informació sobre el clima en el passat té una rellevant importància perquè ens parla dels seus efectes sobre la Terra i els recursos que necessitaven les comunitats per sobreviure. Un dels efectes climàtics més destacables són les oscil·lacions del nivell del mar i les canviants línies de costa, variables que l'arqueologia, que s'ocupa de les llargues etapes de temps del paleolític (fig. 3), ha tingut molt en compte. Durant els períodes freds, gran part de l'aigua oceànica va quedar retinguda als continents en forma de gel fins a configurar els casquets polars, motiu pel qual el nivell del mar va baixar i va provocar, per tant, el descobriment de grans extensions de terra (regressió) que tornaven a quedar cobertes (transgressió) en les fases temperades o càlides per la reducció dels casquets polars. Aquest moviment de les aigües va tenir com a conseqüència variacions importants en la ubicació de la línia de la costa. A més, els descensos del nivell del mar deixaven al descobert moltes vegades diversos passos terrestres com els que uneixen Alaska amb el nord-est d'Àsia o la Gran Bretanya amb el nord-est d'Europa. Aquest fenomen va tenir una gran repercussió no solament en la colonització humana del planeta, sinó en tot el medi ambient, ja que la flora i la fauna d'àrees aïllades i insulars es van veu-

re afectades de forma radical i, de vegades, irreversible (RENDREW i BAHN 2011, 235-236).

ANYS SOLARS a. de la n. e.	EDAT BP	FASES CLIMÀTIQUES	CIVILITZACIONS
820	- 2700	SUBATLÀNTIC	Època romana Edat del ferro
3450	- 4700	SUBBOREAL	Edat del bronze
4880	- 6000	ATLÀNTIC recent	Neolític
6900	- 8000	ATLÀNTIC antic	
8030	- 9000	BOREAL	Mesolític
9200	- 10000	PREBOREAL	
10970	- 11000	DRYAS RECENT	Paleolític
13000	- 12000	ALLERØD	
13000	- 12700	BØLLING	
16000	- 14000	DRYAS antic	
16000	- 15000		
17000	- 17000	PLENIGLACIAL SUPERIOR	TARDIGLACIAL
19500	- 18000	MÀXIM GLACIAR	

Figura 3. Taula cronològica del Pleniglacial superior, del Tardiglacial i de l'Holocè. Els anys solars provenen de la calibració de les dades radiocarbòniques convencionals fent referència al calendari dendrocronològic per l'Holocè i el calendari urani-tori per al Pleniglacial i el Tardiglacial.

En particular, durant l'òptim climàtic de l'holocè, el nivell del mar va ascendir progressivament des dels -120 metres de l'últim glacial (20 ka) fins a uns dos metres per sobre de l'actual nivell del mar, la qual cosa va canviar substancialment el perfil de les costes en algunes zones peninsulars en submergir-se plataformes costaneres. L'estudi de les piscifactories d'època romana a les costes d'Itàlia també ha mostrat que el nivell del mar se situava fa 2.000 anys a 135 cm per sota de l'actual. Atès que des d'aleshores els processos geològics han aixecat el nivell de la terra en 122 cm, els 13 cm de desnivell restants es devien haver produït al segle XX, una situació que indica una acceleració des de ca. 1900. Aquests resultats coincideixen amb l'augment del volum dels oceans causats per la fusió dels glacials durant l'era industrial (RENDREW i BAHN 2011, 235).

Per acabar amb les conseqüències de les oscil·lacions climàtiques en el paisatge, cal mencionar els canvis del nivell del mar en les desembocadures i en el cabal d'aigua dels rius en èpoques de sequera —generalment les fredes— i d'humitat —generalment les càlides—, els quals

van provocar erosions o acumulacions de sediment als marges. Aquesta dinàmica d'acumulació i erosió és la que precisament va donar forma a les terrasses fluvials. A més, l'existència de glacials va modificar el paisatge circumdant amb morrenes, valls de secció en U, varves, etc. Finalment, mencionar el loess, uns grans dipòsits de sediment que corresponen a la pols transportada de zones que van quedar sense vegetació pel fred intens i que el vent va erosionar, i els llocs on es van dipositar, que es van convertir en grans planes formades per terrenys molt fèrtils.

4.1. L'òptim climàtic medieval i la petita edat del gel

A la figura (fig. 4) es mostren les variacions climàtiques estimades de temperatura per a l'hemisferi nord i el centre d'Anglaterra durant un període de mil anys (1000-2000 d. de la n. e.). Com es pot apreciar a la gràfica, destaquen dos períodes climàtics clarament marcats que tot seguit detallarem: òptim climàtic medieval i petita edat del gel.

Per una banda, l'òptim climàtic medieval presenta un augment de temperatura inusualment alt entre 750 i 1350 d. de la n. e., que va afectar tant l'hemisferi nord com el sud, principalment en gran part d'Europa, el sud-oest d'Amèrica del Nord i algunes regions tropicals. Gràcies a l'estudi dels anells de creixement dels arbres, tenim informació detallada sobre les pluges estacionals i les temperatures d'aquestes regions dels últims mil anys, com a mínim (FAGAN 2009). Durant gairebé 300 anys, les noves condicions climàtiques van transformar els ecosistemes i van alterar fonamentalment les societats humanes del moment, les quals van viure un procés d'escalfament que en molts llocs es va veure reflectit en hiverns suaus i estius prolongats, una situació que va comportar el desenvolupament de l'agricultura en diferents regions de clima anteriorment fred i un augment dels excedents productius.

Per l'altra, la cinquena fase de l'holocè, el període subatlàntic, que es va desenvolupar des de l'edat del ferro fins a l'actualitat, i amb una climatologia semblant a l'actual, també va conèixer oscil·lacions climàtiques internes, entre les quals l'anomenada petita edat del gel, que va tenir lloc entre els segles XIII i XIX de la nostra era (MENÉNDEZ 2019, 28-30). En concret, va ser un refredament climàtic important de l'hemisferi nord que també es va produir als tròpics i que s'estén des de 1300 fins a 1850, aproximadament (FAGAN 2014, 90-91). La seva existència es coneix a partir d'evidències indirectes (proxies) que permeten reconstruir els canvis climàtics passats abans de l'existència d'instruments meteorològics (estudis paleoclimàtics) com ara l'anàlisi de fòssils preservats als sediments de llacs o l'estudi de documents històrics. És ben conegut *El retorn dels caçadors*, de 1565, on el pintor flamenc Brueghel el Vell va immortalitzar tres homes i els seus gossos al costat d'un poble cobert de neu i uns vilatans que llisquen sobre dos llacs gelats. Dues centúries més tard, Abraham Hondius va pintar una altra escena de cacera, però aquesta vegada els caçadors perseguien una guineu per un riu Tàmesi congelat.

Estimated temperature variations for the Northern Hemisphere and central England (1000–2000 CE)

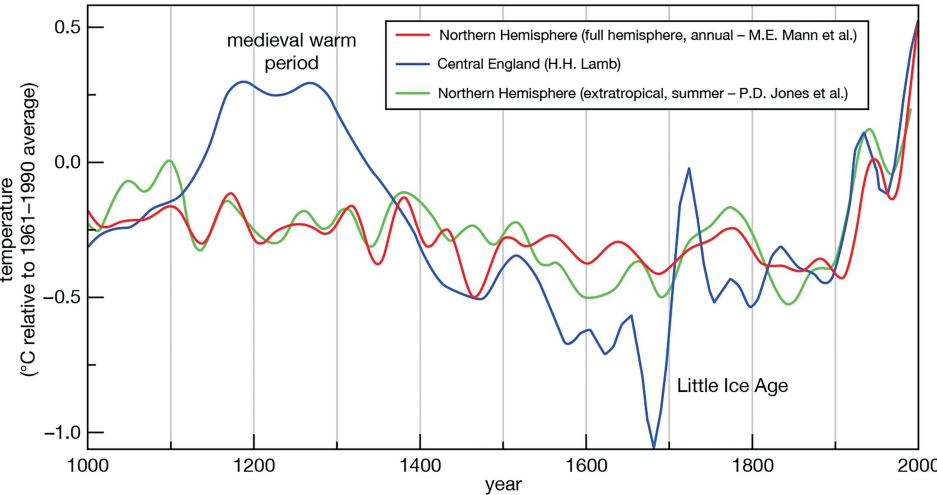


Figura 4. Estimacions de les variacions de temperatura en l'hemisferi nord i en el centre d'Anglaterra entre els anys 1000 i 2000 de la nostra era. Font: Enciclopedia Britannica, Inc.

Aquest fet climàtic, que va fer avançar les glaceres muntanya avall, sembla que pot tenir dues possibles causes, encara a debat. Se sap, d'una banda, que durant les fases de més activitat volcànica la radiació solar que escalfa la Terra és menor degut a una capa més espessa de pols i cendres que actua de filtre. De l'altra banda, el Sol té un cicle intern amb màxims i mínims d'emissió d'energia amb diverses manifestacions. Així doncs, les dues hipòtesis més

probables estan relacionades amb les erupcions volcàniques i els petits canvis cíclics que es produeixen en la irradiància solar (POLISSAR et al. 2006).

La petita edat del gel va finalitzar cap el segle XVIII/XIX, tenint lloc la famosa congelació del riu Tàmesi i nombroses èpoques de fam i carestia (FAGAN 2014), moment que es va iniciar un escalfament global que perdura en l'actualitat. En aquest l'ésser humà hi té molt a veure, per mitjà de l'explotació o sobreexplotació dels recursos, la introducció de canvis en la vegetació, l'alteració de cursos d'aigua i l'emissió de diferents tipus d'elements contaminants, a més de causes i factors naturals.

4.2. Oscil·lacions a la plana occidental catalana

Tal com s'ha dit al llarg d'aquest treball, el clima no és estable, i la plana occidental catalana no escapa de les conseqüències i les afectacions de les oscil·lacions climàtiques del present i el passat. En el cas concret de la fortalesa dels Vilars (les Garrigues), la qual es caracteritza per la seva fortificació complexa i un sistema inundable de fossats que assegurava el proveïment i la gestió de l'aigua, reforçava la defensa i magnificava l'arquitectura del poder (JUNYENT i LÓPEZ 2017; JUNYENT et al. 2014). A finals del segle III a. de la n. e. té lloc el seu abandonament, les causes del qual estan encara en estudi i debat. Així, l'abandonament de la fortalesa podria haver estat conseqüència de diversos factors, com ara una epidèmia o la pèrdua d'interès geopolític, però també per motius climàtics, com una sequera o una gran riuada que reblaria el fossat i provocaria la pèrdua de singularitat de la

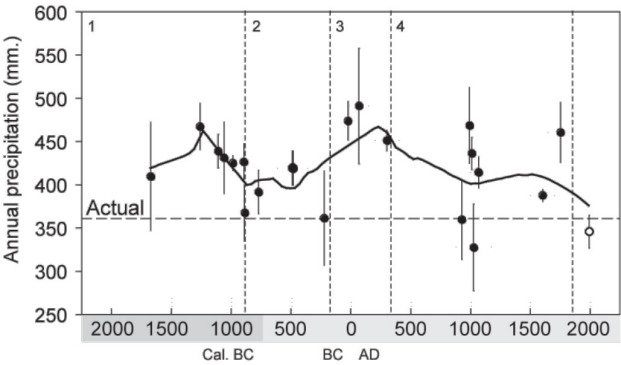


Figura 5. Evolució de la precipitació a la plana occidental catalana durant els darrers 4.000 anys, estimada a partir de la discriminació isotòpica del carboni (Δ13C). La línia discontinua horitzontal indica el valor mitjà actual de precipitació (a partir de dades meteorològiques) per als jaciments estudiats i les línies discontinues verticals els límits cronològics aproximats dels períodes establerts. Font: Alonso et al. 2004.

fortalesa. Aquestes hipòtesis han estat documentades i contrastades pel registre material arqueològic (ALONSO et al. 2023) i per l'estudi isotòpic (ALONSO et al. 2004) que es detallaran a continuació.

El treball d'Alonso et al. (2004) demostra que l'anàlisi de la discriminació isotòpica del carboni realitzada en material arqueobotànic, granes i carbons permet inferir les condicions hídriques d'una regió determinada —en aquest cas, la plana occidental catalana— i la seva evolució al llarg del temps. En el projecte de reconstrucció paleoclimàtica de la plana de Ferrio et al. (2006), es va optar per treballar amb el pi blanc, *Pinus halepensis*, molt freqüent als jaciments arqueològics de la zona. En concret, es van mostrejar i analitzar 12 jaciments arqueològics els quals permeten cobrir un rang cronològic d'aproximadament 1000 abans de la n. e. a 400 després d. de la n. e. Així, l'estudi de l'estimació mitjana anual de la precipitació a la plana occidental catalana a partir del Δ13C dels carbons de pi blanc (fig. 5) mostra que la pluviometria ha canviat durant els quatre mil·lennis analitzats, però que sempre ha estat més elevada que la precipitació actual, tot i que no significativament més alta.

En particular, es considera que durant el II mil·lenni la pluviometria va ser més alta que en el I mil·lenni, el qual va ser més sec. A més, si ens centrem en el període cronològic d'interès, s'observa que la precipitació anual estimada més baixa cau aproximadament entre el 900 i el 175a. de la n. e., amb mitjanes entre 360 i 420 mm. Més concretament, també s'observa una reducció dels fluxos hídrics entre el 500 i el 300 a. de la n. e., fet pel qual es deriva la hipòtesi que una sequera, un clima molt més sec del que era habitual, podria haver estat la causa de l'abandonament de la fortalesa dels Vilars.

Pel que fa a la segona hipòtesi, després de les inundacions viscudes a la fortalesa arran de fortes pluges torrencials durant el 2019 i el 2020, es va fer més que evident quines podien ser les conseqüències d'un creixement desmesurat dels cabals de l'Aixaragall i de les Comes de Maldà, dos fluxos intermitents d'aigua que circulaven per la zona durant l'edat del ferro. Aquestes inundacions del jaciment no només van suposar haver de prendre noves precaucions i adequar l'espai per prevenir aquests fenòmens, sinó que també va posar sobre la taula la relectura d'algunes dades arqueològiques recollides fins a l'actualitat al jaciment.

Durant l'excavació del fossat, l'any 2007 (ALONSO et al. 2023), es van evidenciar alguns fenòmens d'avingudes

d'aigua posteriors al segle III a. de la n. e. (fig. 6) que podrien haver estat la causa de l'abandonament de la fortalesa. Els nivells documentats eren formats per ingents i grans quantitats de grava que provenien del nord-est. El fet que aquest fenomen només s'hagi registrat en aquest sector del fossat, que també és el punt per on van entrar amb força les inundacions dels anys 2019 i 2020, evidencia la periodicitat amb què es donaven els períodes d'aportació de sediments per arrossegament en aquest punt del jaciment.



Figura 6. Detall dels nivells de graveta aportades al tall I2B del fossat, situat davant de la porta est de la fortalesa dels Vilars. Autoria: GIP-UdL. Font: Alonso et al. 2023.

Durant l'excavació dels sondejos a l'oest del fossat també van aparèixer diversos retalls en U, escorrenties de diverses mides i direccions, i tot reblert de capes de grava de diversa granulometria (ALONSO et al. 2023). L'evidència més latent, però, és la que va aparèixer el 2021, en què es va detectar un rebaix en forma de U, reblert de llims fins i graves provinents clarament d'una aportació horitzontal per arrossegament. Així doncs, s'ha pogut documentar el que podria representar diversos «braços» d'aigua provinents de crescudes per diverses zones de la fortalesa

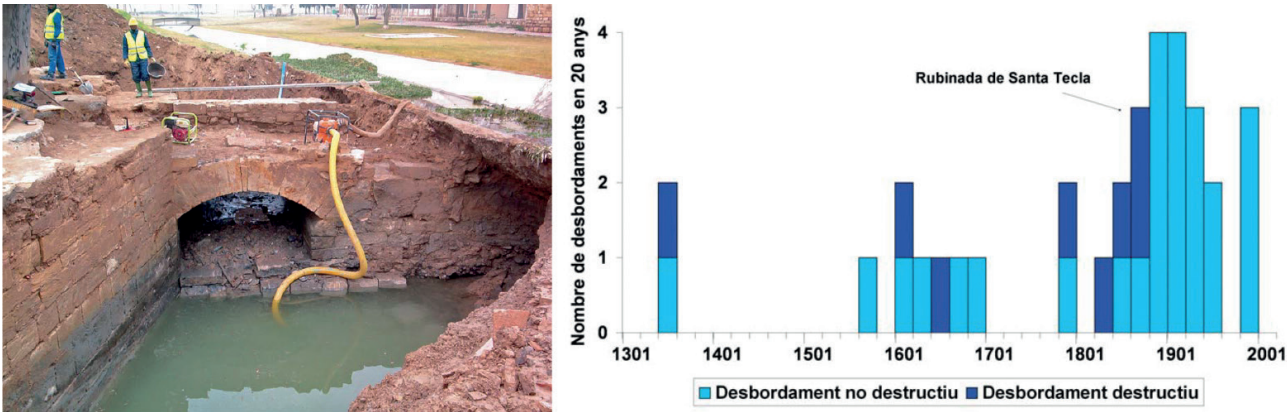


Figura 7. Pont de Sant Agustí, que va quedar colgat pels sediments que va arrossegar la rubinada de Santa Tecla, destapat en una intervenció arqueològica. I nombre de desbordaments del riu Ondara a Tàrrrega des del 1301 agrupats en períodes de vint anys i especificant els que van causar víctimes o destrosses importants. Font: Barriendos et al. 2013.

que també podrien explicar-ne l'abandonament a finals del segle III a. de la n. e.

La documentació de rubinades a la plana occidental catalana, com ja hem comentat a l'inici d'aquest treball, és un fet comú i recurrent, i no només durant la protohistòria. En una de les campanyes d'excavació al monestir de Santa Maria de les Franqueses (la Noguera), que és just al marge dret del riu Segre, es va documentar el nivell d'alguna rubinada que cobria diversos estrats arqueològics. Malauradament no està datada, però sabem que va existir.³

Ja en època contemporània, una de les rubinades més destacables i mortíferes va ser la coneguda com rubinada de Santa Tecla, que va afectar la ciutat de Tàrrrega l'any 1874 (BARRIENDOS et al. 2013) (fig. 7). La matinada del 23 de setembre de 1874 (Santa Tecla), unes pluges abundants i intenses van causar un seguit de torrentades a la meitat meridional de Catalunya. Aquelles riuades van ser altament destructives, especialment a Tàrrrega, on les aigües van arrossegar centenars de persones i cases. A partir de la recopilació històrica de les dades documentals disponibles i aplicant una metodologia multidisciplinària amb models de simulació hidràulica, hidrològica i meteorològica, s'han reconstruït les característiques principals de la devastadora crescuda hidrològica i s'ha descrit el context meteorològic que va condicionar la tempesta. En definitiva, el cabal punta va ser tan excepcional que va causar una de les mortaldats més grans de la història de Tàrrrega. De fet, en qualsevol excavació arqueològica urbana que es fa a Tàrrrega es documenten restes d'aquesta rubinada, fins i tot és d'ajuda per datar fases i estructures.

5. Conclusions

Comprendre la naturalesa dels canvis climàtics del passat és clau per entendre el clima en l'actualitat, el paisatge i l'entorn que ens rodeja, i millorar les previsions sobre l'evolució del clima en un futur. De fet, si les circumstàncies actuals no canvien, sembla probable que alguna de les rubinades que hem descrit anteriorment pugui tornar a passar.

Molts són els reptes que té la comunitat científica per endavant. En l'actualitat, alguns dels grans desafiaments en paleoclimatologia radiquen a conèixer amb exactitud els mecanismes de captura i d'emissió de CO2 en els ecosistemes oceànics, identificar i determinar la dimensió d'aquests reservoris i descobrir quina capacitat de resposta tenen davant dels canvis en la circulació oceànica. A més, falta esbrinar quins són els mecanismes amplificadors responsables de les erupcions volcàniques i els petits canvis cíclics que es produeixen en la irradiància solar, encara que petits en magnitud, aquests són capaços de produir variacions climàtiques importants. Així doncs, són necessàries noves perspectives per elaborar prediccions climàtiques futures amb més fiabilitat i més coneixement per predir amb més exactitud les possibles conseqüències del canvi climàtic actual i futur.

¹ «I vet aquí que... de cop i volta, amb l'embranchida dels vents i la crescuda de les aigües, el pont es partí...» (G. Juli Cèsar: Comentaris de la guerra civil [I, XL.3]) i «Es congria una tempesta tal que no consta que mai s'hagués vist en aquells indrets un aiguat més fort. Llavors, de sobrepuig, va fer fondre les neus de totes les muntanyes i l'aigua pujà per damunt de les parts més altes de les ribes del riu, i en un sol dia va rompre els dos ponts que Gai Fabi havia construït» (G. Juli Cèsar: Comentaris de la guerra civil [I, XLVIII.1-2]).

² Quan una combinació reapareix sovint, no exactament, però amb components molt pròxims i amb efectes pràcticament semblants, constitueix un tipus de temps.

³ Comunicació oral d'Òscar Escala, un dels arqueòlegs tècnics responsables de l'excavació.

Bibliografia

ALONSO et al, 2023
N. Alonso, J. Bernal, A. Castellano, J. Carbonell, R. Guardiola, E. Junyent, J.B. López, J. Martínez, A. Moya, M. Tarongi i S. Vila: *Memòria compactada de les intervencions arqueològiques a la fortalesa dels Vilars (Arbeca, les Garrigues)*, GIP, UdL, 2023. Treball inèdit.
ALONSO et al, 2004
N. Alonso, J.P. Ferrio, A. Florit, J.B. López, R. Piqué i J. Voltas: "Evolució climàtica de la plana occidental catalana durant els darrers 4.000 anys: primers resultats de la discriminació isotòpica del carboni ($\Delta^{13}C$)", *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 14 (2004): 9-30.
BARRIENDOS et al, 2013
M. Barriendos, J. Tuset, J. Bueso, D. Pino González, J. Ruiz-Bellet i J. Balasch: "La rubinada de Santa Tecla a Tàrraga (23 de setembre de 1874)", *URTX*, 27 (2013): 10-25.
BUXO, 2004
R. Buxó (aut.), T. Carreras i A. Martín (dir): *Eines i feines del camp a Catalunya: l'estudi de l'agricultura a través de l'arqueologia*, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona, 2004.
BUXÓ i PIQUÉ, 2008
R. Buxó i R. Piqué: *Arqueobotànica: los usos de las plantas en la península Ibérica*, Ariel, Barcelona, 2008.
FAGAN, 2009
B. Fagan: *El gran calentamiento. Cómo influyó el cambio climático en el apogeo y caída de las civilizaciones*, Gedisa, Barcelona, 2009.
FAGAN, 2014
B. Fagan: *La pequeña Edad de Hielo. Como el clima afectó a la historia de Europa 1300-1850*, Gedisa, Barcelona, 2014.
FERRIO et al, 2006
J.P. Ferrio, N. Alonso, J.B. López-Melción, J. Araus i J. Voltas: "Carbon isotope composition of fossil charcoal reveals aridity changes in the NW Mediterranean Basin", *Global Change Biology*, (2006): 12. 10.1111/j.1365-2486.2006.01170.x.
FONT, 1988
I. Font: *Historia del clima en España. Cambios climáticos y sus causas*, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 1988.
JUNYENT i LÓPEZ, 2017
E. Junyent i J.B. López: *La Fortalesa dels Vilars d'Arbeca: terra, aigua i poder en el món iber*, Museu de Lleida, Lleida, 2017.
JUNYENT et al, 2014
E. Junyent, R.M. Poch i C. Balasch: "Water and defense system in Els Vilars fortress (Arbeca, Catalonia, Spain): a multiproxy approach", *Cypselia*, 19 (2014): 49-70.
LOWE i WALKER, 2014
J.J. Lowe i M. Walker: *Reconstructing Quaternary Environments*, Routledge, Londres, 2014.
MAGNY, 1995
M. Magny: *Une Histoire du climat. Des derniers mammoths au siècle de l'automobile*, Errance, París, 1995.
MÉNDEZ, 2017
A.Méndez: Un paseo etimológico por la climatología (I). *Tiempo y clima*, Asociación Meteorológica Española, 5/58 (2017): 21-23.
MENÉNDEZ, 2019
Menéndez, Mario: *Prehistoria de la Península Ibérica*, Alianza Editorial, Madrid, 2019
MARÍN, 1990
M. Marín: Normalidad y anomalía en la investigación climatológica actual, *Revista de Geografía*, XXIV (1990): 35-41.
FULLOLA et a, 2020
J.M. Fullola, L. Nadal, J. Daura i F.X. Oms: *Introducción a la Prehistoria. La evolución de la cultura humana*, Editorial UOC, Barcelona, 2020.
MARTIN-CHIVELET i MUÑOZ-GARCÍA, 2015
J. Martin-Chivelet i M. Muñoz-García: "Estratigrafía de isótopos de oxígeno y la reconstrucción de los cambios climáticos del pasado", *Revista de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23 (2015): 160-170.

POLISSAR et al, 2006.
P.J. Polissar, M.B. Abbott, A.P. Wolfe, M. Bezada, V. Rull i R.S. Bradley: "Solar modulation of Little Ice Age climate in the tropical Andes", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 103 (2006): 8937-8942.
RENDREW i BAHN, 2011
C. Rendrew i P. Bahn: *Arqueología. Teorías, métodos y práctica*, Akal, Madrid, 2011.
RODRÍGUEZ, 2013
J. Rodríguez. *Paleocología*. A: M. García-Diez i L. Zapata eds.: *Métodos y técnicas de análisis y estudio en la arqueología prehistórica. De lo técnico a la reconstrucción de los grupos humanos*, Argitaipen Zerbitzua, Universidad del País Vasco (2013): 319-344.
ROJO, GARRIDO i GARCÍA, 2012
M. Rojo, R. Garrido i I. García coord.: *El Neolítico en la península Ibérica y su contexto europeo*, Cátedra, Madrid, 2012.

La vinya i la fil·loxera a la zona mediterrània catalana. Les terres de Lleida: oportunitats inicials i crisi final (1868-1910)

The vineyard and the phylloxera in the Catalan Mediterranean area. Terres de Lleida: initial opportunities and final crisis (1868-1910)

RESUM: La fil·loxera arribà a França des dels Estats Units el 1863 i s'estengué ràpidament pels vinyars europeus. A Europa es cultivava una sola espècie, *Vitis vinifera*, a la qual l'insecte atacava les arrels, però era menys efectiva a la part aèria de la planta, motiu pel qual la replantada es feu emprant com a portaempelts vinyes americanes d'espècies de vinya d'arrels resistents a la fil·loxera, com *Vitis rupestris* de lot, i empeltant les varietats locals.

L'afectació de les vinyes franceses primer i les catalanes des de 1879 a partir de l'Empordà possibilitaren l'expansió de la vinya a les terres de Lleida, que no rebé la fil·loxera fins a 1895. La vinya es plantà fins i tot en les terres de reg, però amb *Vitis vinifera*.

La recuperació de la producció vitivinícola francesa i d'altres zones que tingueren la malaltia en primer lloc restà possibilitats de replantació a les terres de Lleida, que només assolí entorn un 13 per cent del màxim d'hectàrees que havia tingut.

PARAULES CLAU: mercat del vi, expansió de la vinya, fil·loxera, terres de Lleida, Catalunya, 1868-1910



Enric Vicedo-Rius
Catedràtic emèrit
d'Història i Institucions
Econòmiques,
Universitat de Lleida

ABSTRACT: Phylloxera arrived in France from the United States in 1863 and quickly spread through European vineyards. In Europe, a single species was cultivated, *Vitis vinifera*. In this species, the insect attacked the roots, but was less effective in the aerial part of the plant, which is why replanting is done using American species of vineyard with roots resistant to phylloxera, such as *Vitis rupestris*, and grafting local varieties.

The French vineyards were the first to be affected, and the Catalan ones from 1879 onwards (from the Empordà region), enabling the expansion of the vineyard in the Lleida territory, which did not see phylloxera until 1895. The vineyard was even planted in irrigated lands, but with *Vitis vinifera*.

The recovery of French wine production and of other areas initially affected by the disease reduced the possibilities of replanting in the Lleida territory, which only recovered around 13 percent of the maximum hectares it had previously.

KEYWORDS: wine market, expansion of the vineyard, phylloxera, Lleida territory, Catalonia, 1868-1910