

## L'AMBRE: UN ARXIU QUASI PERFECTE

Xavier Delclòs i Enrique Peñalver

**AMBER: AN ALMOST PERFECT HISTORICAL RECORD.** AMBER IS THE GENERIC NAME FOR FOSSILISED RESINS AND SOMETIMES THIS SOFT AND SEMITRANSSPARENT SUBSTANCE HOLDS INSECTS AND OTHER ORGANISMS AS INCLUSIONS. THE WAY IN WHICH AMBER PRESERVES ALL THE EXTERNAL ANATOMICAL DETAILS OF THE INSECTS IT ENCLOSES IS UNIQUE IN PALAEOBIOLOGY. WHAT IS MORE, OCCASIONALLY INSECTS ARE FOSSILIZED "IN ACTION", FOR EXAMPLE ANTS CARRYING THEIR SISTER LARVAE, COUPLES IN COPULA, EGG-LAYING FEMALES, PARASITIC NEMATODES EMERGING FROM THEIR DIPTERAN HOST, ETC. THIS FOSSILISED RECORD IS RICH IN INFORMATION ABOUT BEHAVIOURAL PATTERNS AND PALAEOECOLOGICAL ASSOCIATIONS, SUCH AS PREDATION, GREGARIOUSNESS, FEEDING BEHAVIOUR, PARASITISM, DEFENCE MECHANISMS, SYMBIOTIC ASSOCIATIONS, ETC. CRETACEOUS AMBER IS ESPECIALLY IMPORTANT FOR PALAEOBIOLOGICAL RESEARCH, BECAUSE IT CONTAINS AN ABUNDANT RECORD OF THE INSECTS THAT EXISTED DURING THE SPREADING OF THE ANGIOSPERMS OR FLOWERING PLANTS. IN SPAIN THERE ARE OVER 100 KNOWN CRETACEOUS AMBER OUTCROPS AND FOSSILISED INSECTS HAVE BEEN FOUND IN SEVEN OF THEM: PEÑACERRADA OUTCROP, IN THE BASQUE COUNTRY, IS ONE OF THE MOST IMPORTANT IN THE WORLD BECAUSE IT CONTAINS HUNDREDS OF INSECTS AND OTHER ORGANISMS, SOME OF THEM CAUGHT "IN ACTION".

L'ambre és una de les substàncies naturals que l'home ha estat utilitzant des del paleolític, i així ho demostren els nombrosos enclavaments arqueològics en què s'han descobert grans de collars i altres objectes manufacturats fets d'aquest material. L'ambre té unes característiques que han afavorit que s'utilitzés com a matèria primera, encara que és poc comú en la natura: és prou tou perquè pugui ser tallat i polit però al mateix temps resistent, és semitransparent, de colors atractius, càlid i lleuger. Des de la Grècia clàssica l'ambre ha cridat l'atenció per la seva propietat d'atraure objectes quan es frega, ja que es carrega d'electricitat estàtica, i per aquesta raó els grecs l'anomenaven *élektron* i els turcs *kahruba*, que significa "lladre de palles". Per la facilitat de cremar-se els alemanys l'anomenen *berstein*, o "pedra que crema" i els polonesos *bursztyn*, que significava el mateix.

Aquestes característiques tan peculiars van contribuir a considerar l'ambre màgic i curatiu des d'antic, així en rus se l'anomena *jantar*, o *gintaras* en lituà, que significa "amulet". El mateix Felip II tenia ambre en la seva farmàcia particular, segons consta en els registres.

No obstant això, l'ambre s'ha revelat als científics com una substància que sense ser màgica quasi ho

sembla, a jutjar pel detall amb què ha conservat insectes i altres organismes en el seu interior des de fa milions d'anys. Els insectes s'hi poden trobar tan ben conservats com si solament fes uns pocs dies que van quedar atrapats. El romà Tàcit, en els seus escrits sobre Germània, potser reclinat en el seu *triclinium* i observant un anell amb un fragment d'ambre amb insecte, va dictar al seu escriba: "L'ambre és vertaderament el suc dels arbres, com es pot veure en el fet que criatures rampants i també les alades són freqüentment visibles en el seu interior." Aquesta deducció raonable i certa adquiriria sorprenentment el seu vertader valor quasi dos mil·lennis després, quan es va conèixer l'edat mesurada en milions d'anys de les "criatures alades".

Les resines són substàncies produïdes per diversos tipus de coníferes i angiospermes que són exsudades per defensar-se dels organismes herbívors i dels patògens, com ara fongs i insectes. Les resines es produeixen per oxidació espontània d'olis, usualment a l'interior de conductes de la planta, i són una barreja complexa composta per terpenoides i/o compostos fenòlics. Els terpenoides són els components fonamentals de les resines, i es divideixen en volàtils i no volàtils. Els pri-

Figura 1. A l'esquerra, dípter tipulíid parasitat per un àcar. Ambre miocè de la República Dominicana. Col. XD, Universitat de Barcelona.



mers s'evaporen amb el temps, mentre que els segons són els que s'enduriran i es transformaran per polimerització fins convertir-se en copal i ambre. El copal és una espècie de "ambre immadur", molt més recent. D'aquesta manera, un oli que van produir les plantes per protegir-se s'ha convertit en una finestra per observar el passat remot dels insectes i altres organismes. En l'actualitat es coneixen cinc famílies de coníferes i unes vint d'angiospermes que produeixen quantitats importants de resina, encara que solament unes poques han estat citades com a productores de la resina originària del copal i l'ambre, per exemple les araucariàcies, les pinàcies i les burseràcies.

La resina que es produeix i resta exposada a l'exterior actua de la mateixa forma que un d'aquests atrapamosques enganxosos que s'utilitzaven antigament. En la superfície de la resina queden atrapats fàcilment vegetals, insectes, aranyes, pèls, plomes i altres restes. Aquest fenomen es pot observar en l'actualitat i és molt evident en els troncs danyats dels pins dels nostres boscos. Això va tenir lloc de manera similar en el passat més remot. Es coneixen resines fòssils des del Carbonífer Superior, fa uns 310 milions d'anys, encara que no comencen a ser abundants en el registre fòssil fins el Cretaci Inferior, uns 180 milions d'anys més tard.

La resina, com que engloba les restes d'organismes que hi quedaven enganxats, va actuar com un perfecte conservant que produïa un efectiu aïllament de l'exterior. D'aquesta manera, els insectes i altres restes van quedar desinfectats i dessecats i es va impedir que s'oxidessin; el resultat va ser la seva conservació en volum, amb un detall excepcional, incloent-hi en ocasions la preservació de teixits i estructures toves com la musculatura o el cervell, circumstància que permet realitzar estudis citològics i anatòmics molt precisos. No solament la preservació de les estructures dels organismes és notable dins l'ambre, sinó que també han quedat conservades, de vegades, les relacions ecològiques entre diversos tipus d'organismes.

No tot l'ambre conté organismes del passat en el seu interior, de la mateixa manera que no totes les ostones presenten una perla. L'ambre amb inclusions és escàs i la troballa de nous jaciments es tot un esdeveniment paleontològic, ja que ofereix l'oportunitat de conèixer amb tota mena de detalls nombroses espècies d'organismes del passat. Això és especialment important pel que fa als organismes de cos tou, que normalment no apareixen conservats en cap altre tipus de jaciment de fòssils. Per aquesta raó, mirant a través de l'ambre podem veure una part substancial, encara que mai completa, dels petits habitants dels boscos pretèrits.



Figura 2. Dípter femella amb posta d'ous. Ambre de la República Dominicana. Col. XD, Universitat de Barcelona.

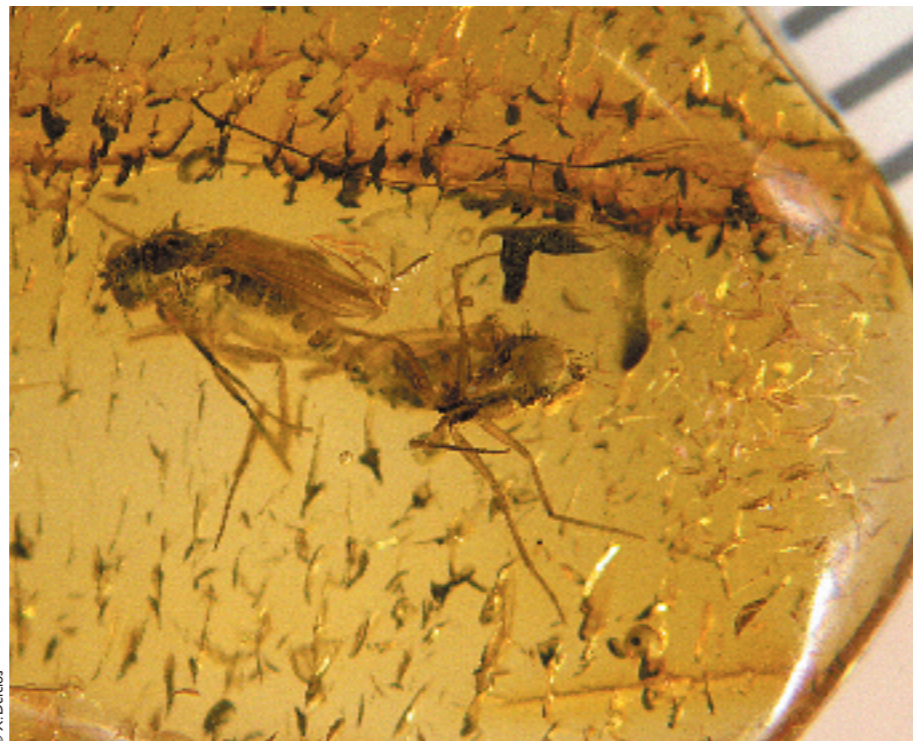


Figura 3. Dípters en còpula. Ambre de Lituània. Col. XD, Universitat de Barcelona.



Figura 4. Formiga treballadora. Ambre de la República Dominicana. Col. Museu de la Ciència "Fundació la Caixa", Barcelona.



Figura 5. Aranya i psocòpter. Ambre de la República Dominicana. Col. Museu de la Ciència "Fundació la Caixa", Barcelona.

El registre fòssil trobat en l'interior del copal i de l'ambre ha permès observar o inferir patrons etològics dels organismes englobats, i descobrir que alguns dels comportaments actuals ja tenien lloc fa molts milions d'anys. Un exemple són els ambres que presenten un gran nombre de mosquits, formigues alades i tèrmitis d'una mateixa espècie, i ens donen informació d'antics eixams. Alguns dels patrons etològics, i les relacions que poden establir-se entre diferents organismes presents en l'ambre permeten conèixer detalls molt importants de l'ecologia dels boscos del passat.

És extremadament difícil que es conservin en el registre fòssil les relacions ecològiques entre organismes terrestres, com les d'aparellament, mutualisme, parasitisme, foresi, a excepció feta de l'interior de l'ambre. Es coneixen uns pocs casos de mosques en còpula en les roques laminades, per exemple la troballa dels dos exemplars de mosques que van servir per a descriure l'espècie *Plecia intima*. El registre d'insectes en unió íntima en l'ambre és molt més abundant, i això permet conèixer sense dubte les característiques del mascle i de la femella d'una espècie del passat, circumstància força poc comuna. El mutualisme s'ha observat recentment en tèrmitis preservats en l'ambre del Miocè Inferior-Mitjà de la República Dominicana. Existeix una simbiosi entre els tèrmitis i grups de bacteris que viuen en l'interior del seu tub digestiu, ja que aquests ajuden els primers a digerir la cel·lulosa de la fusta que mengen. Fins fa poc l'estudi dels copròlits i els nius fòssils sug-

**«LA RESINA, QUAN ENGLOBAVA LES RESTES D'ORGANISMES QUE HI QUEDAVEN ENGANXATS, ACTUAVA COM UN PERFECTE CONSERVANT QUE ELS AÏLLAVA DE L'EXTERIOR»**

geria que els tèrmitis del passat, igual com els actuals, devien presentar una ben desenvolupada flora intestinal, encara que no hi havia proves directes de flagels o bacteris. Actualment l'ambre ha permès conèixer en l'interior de tèrmitis una gran varietat de bacteris fossilitzats, la funció original dels quals possiblement va ser la mateixa que la d'avui dia.

També han estat estudiats nombrosos casos en què s'han preservat junts l'organisme paràsit (hoste) i el parasitat (hostaler) en ambre. Moltes vegades els paràsits, que viuen a l'interior d'un altre organisme, quan noten que aquest mor per asfíxia en quedar atrapat per la resina, intenten sortir a l'exterior i també queden atrapats. És bastant comú trobar nematodes parasitant coleòpters o dípters. Hi ha insectes que són paràsits d'altres insectes, i també de vertebrats; és el cas dels himenòpters i dípters, alguns dels quals estan molt especialitzats. Quasi tots els himenòpters trobats en l'ambre del Cretaci Inferior de Peñacerrada (fa uns 110 milions d'anys) devien ser paràsits d'altres grups d'insectes. Moltes vegades no fossilitzen conjuntament l'hostaler i el paràsit, per aquesta raó a partir de la morfologia funcional del paràsit es pot inferir la presència de possibles grups d'organismes hostes, tenint com a referència l'estudi de les relacions actuals. Aquest seria el cas de les petites vespes de Peñacerrada, la mesura de les quals, la morfologia del seu ovipositor i el grup al qual pertanyen indica que devien ser paràsits d'ous d'altres insectes. En els ambres del terciari



## COM ES TROBA UN JACIMENT D'AMBRE DEL CRETACI?

En els últims anys s'estan descobrint molts jaciments amb ambre a Europa, principalment a Espanya i a França. Aquests jaciments corresponen majoritàriament al Cretaci, últim període del Mesozoic i també de l'existència dels dinosaures no avians. L'ambre es troba normalment en gressos i argilites poc consolidades de color gris d'aquest període. Si es coneix l'aspecte d'aquests estrats és possible trobar ambre en els talls de les carreteres d'algunes zones del nord i est de la península. L'ambre es mostra com porcions similars al plàstic alterat pel sol en els vessants dels marges de carretera, però si fa poc temps que ha quedat exposat en superfície o que s'ha trencat, aleshores es mostra com una substància lleugera, brillant, semitransparent, de color vermellós o ambarrí. La presència d'aquesta substància fòssil en algunes pedreres i obres públiques ha estat notificada als científics per persones sense coneixements de paleontologia, a causa que la seva estranya aparença crida sempre l'atenció. Quan algunes formes de gran volum es trenquen semblen porcions gegants de caramel torrat. Altres jaciments són coneguts gràcies als treballs de prospecció geològica i paleontològica, alguns amb l'objectiu de trobar específicament ambre. Per això és necessari conèixer les àrees més adequades i fer-se guiar per mapes topogràfics i geològics. Això explica la troballa d'alguns jaciments en llocs remots pels quals rarament hi passa algú. Però les troballes més curioses per al científic s'han produït gràcies a l'antic ús que es donava a l'ambre en alguns pobles d'Espanya fins els temps dels nostres avis. L'ambre era recollit prop d'alguns pobles per ser llençat al foc, ja que crema fàcilment i desprèn un agradable olor semblant a l'encens. Quants insectes fòssils únics es deuen haver destruït en les fogueres?, de tota manera, gràcies a aquest saber popular és possible localitzar encara interessants jaciments parlant amb la gent gran dels pobles. La llista actual de llocs on es pot trobar ambre a Espanya supera el centenar de localitats... i continua incrementant-se dia darrere dia.

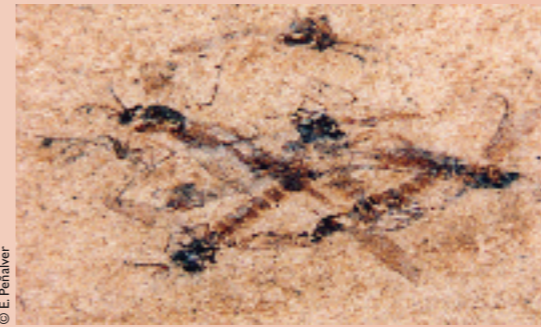
«DEL CENTENAR DE LOCALITATS AMB AMBRE QUE ES CONEIXEN A ESPANYA, SOLAMENT EN SET S'HAN TROBAT INSECTES FÒSSILS»

### ■ IMPORTÀNCIA DELS JACIMENTS D'AMBRE DEL CRETACI D'ESPANYA

Els jaciments d'ambre amb inclusions d'organismes més antics són de fa uns 130 milions d'anys, del Cretaci Inferior, i es troben al Líban. La majoria de les inclusions en l'ambre libanès corresponen a insectes. A Espanya es troben els segons més antics del món, i es localitzen en una franja geogràfica que va des d'Astúries fins Alacant, passant per Terol. Aquesta franja corresponia, fa uns 114 milions d'anys, a la línia de costa on desembocaven rius que provenien de les zones més interiors de la Placa Ibèrica. En els deltes d'aquests rius es dipositaren, durant milions d'anys, grans quantitats de restes vegetals que més tard donaren lloc a importants nivells amb carbó de l'Aptià, i que actualment encara s'exploten en algunes conques mineres de Terol. En els jaciments de carbó es troben nivells rics en ambre; alguns d'ells, com els de Moraza a Burgos i el de Peñacerrada a Àlaba, han permès obtenir una quantitat considerable d'insectes i aranyes.

Del centenar de localitats amb ambre que es coneixen a Espanya, solament en set s'han trobat insectes fòssils. La majoria del centenar de localitats es relacionen amb la línia de costa de l'Aptià, no obstant això, n'hi ha que estan associades a altres tipus de dipòsits de carbó posteriors, del Cretaci Superior dels Pirineus, juntament amb restes de dinosaures. Alguns dels "fotogrames" de les relacions paleoecològiques anteriorment exposades han estat trobats en els jaciments d'ambre de l'Aptià espanyol, com pot ser la presència d'àcars paràsits, necròfags, sobre mosques.

Els jaciments d'ambre del Cretaci amb inclusions són molt escassos a escala mundial. Solament es coneixen els del Cretaci Superior de New Jersey i Alaska (EUA), Cedar Lake i Gressy Lake (Canadà), Taimyr i Agapa entre d'altres (Rússia), Kuji (Japó), etc., però els del Cretaci Inferior, més antics que els anteriors, són encara més escassos: es coneixen els



© E. Peñalver

Figura 6. Mosquits fòssils del Miocè del jaciment castellonenc de Ribesalbes, on es troben els sediments que es van depositar en un llac fa 19 milions d'anys. En aquests sediments van quedar colgats altres insectes, amfibis, plomes d'ocells i plantes. Aquests mosquits són de l'espècie *Nomochirus sampelayoi*. En la imatge, es poden veure uns quants exemplars femella i mascle. Aquests mosquits són molt abundants al jaciment, com es pot apreciar en la imatge, ja que se suposa que formaven densos eixams al voltant del llac per a la reproducció i que després els seus cadàvers cobrien les aigües. És un exemple de la conservació detallada d'insectes en altres medis diferents a l'ambre.

de Jezzine i Hammana/Mdeirij (Líban), Wadi Zerka/Jarrach (Jordània), Illa de Wight (Anglaterra), Golling (Àustria), Charente-Maritime (França) i Choshi (Japó), i ara els del nord-est d'Espanya. D'aquests, els del Líban, França i Espanya poden considerar-se d'especial importància per l'abundància i raresa de les seves inclusions.

La circumstància anterior permetrà obtenir una visió molt més completa i real de la diversitat entomològica que hi hagué durant el Cretaci Inferior. La importància científica s'explica perquè, durant aquesta època, va tenir lloc una gran diversificació d'alguns grups d'insectes i la important desaparició d'altres, promoguda per la radiació de les angiospermes. Durant el Cretaci apareixen i es desenvolupen per primera vegada moltes de les famílies d'insectes que actualment omplen els nostres boscos i prats, és a dir, molts dels grups d'insectes que ens són molt coneguts, i d'altres que passen comunament inadvertits. Com va iniciar-se la relació íntima entre els insectes pol·linitzadors i les plantes amb flor?, com van quedar establerts els paisatges terrestres actuals amb domini de les herbes, angiospermes i insectes amb necessitats imperioses de pol·len i nèctar? Algunes de les claus per respondre a aquestes preguntes es troben tancades en una gemma anomenada ambre, que en ocasions apunta en les roques del nostre país.

X.D. / E.P.

s'han trobat fongs entomoflorals que creixen sobre els insectes produint-los-hi la mort, per després expansionar-ne les hifes fins consumir-los. Aquests fongs han estat descrits sobre formigues i sobre ous de tèrmits conservats en aquests ambres.

Un altre tipus de relació observat entre els organismes que s'han conservat en l'ambre és la foresi, generalment pseudoscorpins que es desplacen d'un lloc a un altre enganxats a les potes d'insectes, principalment himenòpters i dípters, però sense causar-los-hi cap mal. També s'han trobat ous d'insectes fixats en pèls de mamífers o en plomes de dinosaures avians. Algunes vegades, l'ambre pot conservar l'última posta d'ous juntament amb la femella productora. És possible que la posta tingüés lloc immediatament abans de ser recoberta per la resina o bé que els ous haguessin sortit de l'insecte durant la seva agonia. S'han trobat també formigues portant en les seves mandíbules larves o ous; també s'han trobat formigues associades als pugons que haurien utilitzat per fundar noves colònies de pugons, de les quals obtenir l'aliment ensucrat. Altres exemplars de formigues es mostren units per la boca en una típica posició de trofalaxi, és a dir, per transferir-se menjar.

Totes aquestes mostres extraordinàries són com fotogrames del que va esdevenir a alguns insectes en el passat, una espècie d'arxiu quasi perfecte. Podem veure "fotografiat" el moment en què una formiga intentava salvar una de les larves de la seva colònia, transportant-la amb les seves mandíbules, o un pseudoscorpí fent de polissó, aferrant-se a un insecte "taxista" perquè els transporti sense esforç. Moltes d'aquestes petites històries formen part també de petits drames, com l'insecte que va deixar en la resina les empremtes del moviment de les seves ales mentre intentava escapar, o l'escarabat que va emetre gasos per defensar-se d'un enemic invisible –la resina– i que van quedar com a fils de petites bombolles contingudes dins l'ambre. Aquests fotogrames, sempre amb un fons de color càlid, ens informen d'associacions i relacions entre organismes del passat més remot; permeten, en definitiva, reconstruir la vida del passat. L'ambre mostra que els antics ecosistemes terrestres eren, almenys, igual de complexos que els actuals, i que hi vivia un gran nombre d'organismes de cos tou dels quals no tindríem notícies d'una altra manera. ☺

Xavier Delclòs. Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Universitat de Barcelona.  
 Enrique Peñalver. Departament de Zoologia d'Invertebrats, American Museum of Natural History (Nova York).