

LA CALOR EN L'ATOMISME DE LUCRECI

Jesús M. Montserrat Sangrà; Luis Navarro Veguillas

Departament de Física Fonamental. Universitat de Barcelona

Paraules clau: *Lucreci, calor, atomisme, epicureisme, foc, llamps*

Heat in Lucretius' Atomism

Abstract: Heat played an important role in ancient atomistic explanations of the physical world. Heat was supposed to be formed by very small, round and smooth atoms, which can penetrate easily through the empty space inside things. In this paper we analyse how different phenomena related to heat can be explained in terms of ideas of the atomistic philosophy, such as the ones contained in De rerum natura, the famous poem of the Roman Epicurean atomist Titus Lucretius Carus.

Key words: *Lucretius, heat, atomism, epicureanism, fire, thunderbolts*

Introducció

Entre els grecs i els romans, la calor i el foc no solament tenien una gran importància pràctica en la vida diària, sinó que a més eren protagonistes privilegiats de les explicacions filosòfiques de la natura. Recordem, per exemple, que el foc era un dels quatre elements tradicionals i que la calor era una de les quatre qualitats fonamentals en el sistema aristotèlic. Podem esperar, doncs, que la calor i el foc tinguessin també un paper important en l'explicació atomística del món. Malgrat això no hem trobat publicat cap estudi profund del tractament de la calor per part dels atomistes; amb la nostra aportació intentem contribuir a omplir aquest buit.

Com és prou conegut, l'atomisme grec fou iniciat per Leucip (s. V a.C.), desenvolupat per Demòcrit (~460-~360 a.C.) i corregit per Epicur (~342-271 a.C.). De fet l'escola epicúria fou pràcticament l'única que defensà l'atomisme durant el temps de la seva existència, del s. III a.C. al s. III d.C.

De Leucip ens han quedat només unes quantes notícies disperses. Demòcrit va ser tractat amb un gran respecte pels altres filòsofs grecs i romans, encara que no compartissin les seves idees, i era citat sovint com una autoritat. Per això, encara que no hagi sobreviscut cap dels seus llibres, n'han quedat moltes referències i bastants petits fragments. Les notícies i els fragments de Leucip i de Demòcrit es poden trobar recollits en Diels, Kranz (1970: II, 70-224) i traduïts al castellà en Poratti *et al.* (1986: III, 139-422).

Epicur va escriure molt, però només ens han arribat d'ell completes algunes petites obres, conservades per Diògenes Laerci, de les quals existeixen nombroses edicions i traduccions a diverses llengües. Entre elles hi ha l'Epístola a Heròdot i l'Epístola a Pítocles, que presenten, molt resumides, les seves doctrines sobre el món físic. Es poden trobar editades i traduïdes al català per M. Jufresa en *Epicur* (1975), i traduïdes al castellà també per M. Jufresa en *Epicuro* (1995); les introduccions a aquestes obres contenen uns bons resums sobre la vida i les doctrines d'Epicur, de la mateixa autora, juntament amb bibliografia. Una altra traducció al català és oferta per A. Piqué en *Diògenes Laerci* (1988). Com que l'escola epicúria va durar sis segles i va ser aferrissadament combatuda per les escoles rivals, s'han conservat moltes notícies i molts fragments d'Epicur. La majoria es poden trobar recollits en *Usener* (1966).

L'única obra realment extensa que s'ha conservat de l'escola epicúria, i de tot l'atomisme antic, és el poema llatí en sis llibres de Titus Lucretius Carus (~96-~53 a.C.) *De rerum natura*, que nosaltres designarem abreujadament per les inicials *DRN*. Entre les innombrables edicions d'aquest poema, podem assenyalar la de J. Balcells, acompanyada de traducció al català, en *Lucreci* (1923, 1928), i la d'E. Valentí, acompanyada de traducció al castellà, en *Lucrecio* (1983). M. Dolç oferí una nova traducció al català en *Lucreci* (1986). També en les respectives introduccions es troben uns bons resums sobre la doctrina i les escasses dades personals de Lucreci, acompanyats de bibliografia. En el present treball citarem el poema de Lucreci indicant el llibre en nombres romans, i els versos en nombres aràbics. També citarem les altres obres antigues segons les seves divisions tradicionals, com és usual, i no segons les pàgines d'una edició moderna concreta, que no coincidirien amb les de les altres edicions.

En *DRN* es troben explicades amb detall la majoria de les doctrines epicúries sobre el món físic, les quals constitueixen l'objecte del nostre estudi; per això en el present treball traurem gairebé tota la informació d'aquest poema. Reunint i comparant informacions escampades al llarg de *DRN*, volem posar de manifest primer quina era la concepció que els atomistes tenien de la calor, i després quina era l'acció que li atribuïen en les coses. Finalment concretarem un exemple de com els epicuris explicaven fenòmens naturals a partir dels seus principis generals i de les característiques que assignaven als àtoms de la calor.

La calor en un univers d'àtoms

Els atomistes sostenen que tot allò que afecta els nostres sentits és corpori i està constituït per àtoms; això val especialment per a les coses que afecten el sentit del tacte, entre les quals hi compten la calor i el fred (*DRN*: I, 298-304; II, 431-433).

Recordem que, segons els atomistes, tot el que existeix està format per àtoms i espai buit, en un univers infinit en espai i en nombre d'àtoms, en el qual existeixen infinits mons. L'espai buit juga un paper essencial en la filosofia natural atomista, i en les seves explicacions apareixen contínuament els intersticis, porus o forats, entesos com a espai buit que queda entre els àtoms. Els àtoms són indivisibles, immutables i eters, massa petits per poder ser captats individualment pels nostres sentits. Només es diferencien entre ells per la forma, la grandària i el pes, el qual és proporcional al seu volum. Segons Epicur els àtoms es mouen sempre a una velocitat enorme, la mateixa per a tots, reboten després de cada xoc

amb un altre àtom i el seu pes tendeix a fer-los caure cap avall, tots en la mateixa direcció. Demòcrit admetia una infinitat de formes distintes en els àtoms; en canvi Epicur considerava que el nombre de formes distintes dels àtoms era molt gran però finit, puix que les diferències entre les qualitats de les coses també eren limitades.

En la concepció epicúria, els àtoms s'agrupen formant petits agregats, aquests al seu torn s'agrupen formant agregats més grossos, i així successivament fins a constituir coses, és a dir, cossos compostos de grandària comparable a la dels objectes visibles. El resultat de l'agrupació depèn de les formes, grandàries i pesos dels àtoms agrupats, però també dels ordres, postures i moviments que adopten.

Totes les coses contenen àtoms de molt diversos tipus; però de vegades estan constituïdes majoritàriament per àtoms d'un tipus determinat, que llavors són designats amb el nom de la cosa. Així, la calor i el foc són coses, constituïdes sobretot per àtoms de calor i àtoms de foc respectivament.

Segons molts autors moderns (e.g. Bailey en Lucreti, 1966: 140; i Bollack, 1978: 279-281) Lucreci de vegades per designar els àtoms usa uns noms que també usa per designar agregats molt petits, amb característiques semblants a les dels àtoms que els constitueixen. Nosaltres, quan interpretarem textos en què sigui difícil distingir si es refereix a uns o a altres, usarem el terme "corpuscles", per designar cossos diminuts que poden ser àtoms o petits agregats d'àtoms.

Els atomistes determinen comparativament les formes i grandàries dels àtoms de diferents tipus a partir de les dades que els ofereix l'experiència sensible. Per fer-ho es fixen sobretot en la compacitat o fluïdesa de les coses, i en els efectes que produeixen en els nostres sentits. Respecte a la fluïdesa, observen que un munt d'objectes petits, rodons i llisos és fàcilment mogut, com ara les llavorettes del cascall que són mogudes per una simple bufada, mentre que un munt d'objectes pesants, com les pedres, o rasposos, com les espigues, és molt difícil de moure (*DRN*: III, 186-202). D'aquestes observacions dedueixen, per analogia, que les coses compactes són constituïdes per àtoms grossos i irregulars, o rugosos, mentre que les fluides ho són per àtoms petits i rodons, o llisos. Respecte als efectes en els nostres sentits, els comparen amb la sensació agradable o desagradable que notem en tocar objectes llisos o punxeguts respectivament; així consideren que les sensacions agradables de qualsevol sentit són produïdes per àtoms rodons i llisos, i les desagradables per àtoms irregulars o punxeguts (*DRN*: II, 398-475).

Aplicant aquests criteris a la calor i el foc, obtenen les característiques dels àtoms corresponents. Leucip i Demòcrit afirmaven que els àtoms de la calor i del foc eren esfèrics, més petits que els de la terra i els de l'aigua, i que constituïen l'ànima dels animals (Diels, Kranz, 1970: II, 75-76, 78, 109-110, fr. 67 A 15, 67 A 17, 67 A 28, 68 A 101, 68 A 102, 68 A 106).

Segons Lucreci l'ànima està formada per calor, aire, vent i un quart component sense nom (*DRN*: III, 231-287). Els seus àtoms són molt petits, rodons i llisos; més petits que no pas els de l'aigua, que també són rodons i llisos (*DRN*: III, 177-205). Al seu torn, tant els àtoms de la calor com els de l'aigua són més petits, rodons i llisos que els de la terra (*DRN*: V, 449-503).

Els àtoms molt petits, rodons i llisos, com els que constitueixen la calor, s'agrupen formant coses molt enrardides, en les quals recorren grans intervals entre un xoc i un altre (*DRN*: II, 105-108).

Quina relació apareix en *DRN* entre els àtoms de calor i els àtoms de foc? En tot un gran apartat de doctrina, com és l'explicació de la naturalesa i funcions de l'ànima, Lucreci es refereix sovint a la calor i als àtoms de calor sense esmentar mai el foc ni els àtoms de foc (*DRN*: III, 94-322). Això ja ens suggereix que no identificava simplement la calor amb el foc. Però, a més a més, del fet que el foc punxi els sentits Lucreci dedueix que ha de tenir àtoms punxeguts (*DRN*: II, 431-433); evidentment aquests àtoms punxeguts són distints dels rodons de la calor. D'altra banda afirma que no pot haver-hi foc sense calor, i atribueix als àtoms, o corpuscles, de calor i als àtoms, o corpuscles, de foc uns mateixos efectes de formació de foc i d'escalfament (e.g. *DRN*: I, 451-458, V 592-601, VI 840-872). Per això nosaltres concloem que, per a ell, dins de la denominació d'àtoms de foc hi queden inclosos els àtoms de calor, encara que no tots els àtoms de foc siguin àtoms de calor.

Podem comprovar que Lucreci estableix diferències de grandària entre els mateixos àtoms de calor, o de foc; els del llamp, per exemple, han de ser més petits que no pas els dels focs terrestres usuals, puix que el llamp és més penetrant que aquests últims (*DRN*: II, 381-387).

Els atomistes no tracten el fred com una simple absència de calor, sinó que el consideren constituït per àtoms de fred. Aquests també són punxeguts, puix que també punxen el nostre cos, però són més grans que els de calor i de foc (*DRN*: II, 431-433, VI 300-308).

El comportament de la calor

En els textos dels atomistes, i en els referents a ells, que han sobreviscut, trobem poca informació sobre els processos concrets que provoquen l'emissió de calor per part dels cossos, i en particular per part dels focs terrestres o celestes, és a dir els astres. Hem d'atribuir l'emissió d'una manera genèrica als moviments dels àtoms d'aquests. El que sí que afirma explícitament Lucreci és que la calor i la llum surten des de l'interior de l'emissor, de manera que es desordenen en passar pels tortuosos intersticis que queden entre els seus àtoms; per això no poden reproduir la forma externa d'aquell com la reproduïxen els simulacres, els quals són una mena de fines membranes que es desprenen de la superfície de les coses i que, entrant en els nostres ulls, ens permeten veure aquestes (*DRN*: IV, 87-97, 199-215).

Perquè el sol pugui enviar els seus raigs abundants a tot el món és necessari que conflueixin cap a ell corpuscles de calor procedents també de tot arreu, afirma Lucreci (*DRN*: V, 590-603). Així es dibuixa en *DRN* un cicle de la calor, que ve pràcticament imposat per la conservació dels àtoms.

La calor emesa amb els raigs del sol travessa l'aire a gran velocitat, perquè els seus àtoms petits passen fàcilment a través dels intersticis de l'aire i sofreixen pocs xocs amb els àtoms d'aquest (*DRN*: IV, 183-190). Quan els raigs topen amb les coses, desapareixen com a raigs del sol, però els seus àtoms es conserven, naturalment; molts d'ells passen a l'interior de les coses amb les quals han xocat.

Què fan els àtoms de calor quan entren a dins de les coses? De vegades la seva presència no es nota; aquest és el cas dels combustibles com la llenya, que contenen nombrosos àtoms de foc integrats en el seu teixit corpuscular sense que constitueixin foc

(*DRN*: I, 897-914; II, 672-679). En aquests casos només es manifesta la seva presència quan s'agrupen d'una manera adequada per a constituir calor o foc. Un tal agrupament pot ser provocat per diverses causes, com ara el fregament, la percussió o l'arribada d'altres àtoms de calor o foc des de fora (*DRN*: V, 1096-1100; VI, 160-163, 895-905).

Altres vegades la presència d'àtoms de calor o de foc a dins de les coses es manifesta clarament; això implica que estan agrupats de manera adequada per constituir calor. Notem calentes aquestes coses, perquè des d'elles ens arriba calor suficient per a ser captada pels nostres sentits (*DRN*: I, 494-496; VI, 948-950).

Alguns autors antics afirmen que, segons els epicuris, la calor fa augmentar la separació entre els àtoms del cos que és penetrat per ella, i que aquesta major separació es tradueix en la dilatació i l'estovament del cos; el fred en canvi fa exactament el contrari (Usener, 1966: 207-208, 222-223, fr. 291, 323). Aquestes explicacions concorden amb la raó que Lucreci dona de la fusió dels metalls i del gel: els corpuscles de calor, introduint-se en els intersticis del cos desfan els vincles que hi ha entre els corpuscles d'aquest (*DRN*: VI, 352-356, 874-878).

En algunes situacions, la desvinculació i la separació entre els corpuscles del cos és tan forta que el teixit que formen queda desfet i el cos és destruït. Aquest és el cas, per exemple, de l'evaporació de l'aigua per part del sol (Montserrat, Navarro, 1991: 298).

Els efectes de l'actuació de la calor en les coses depenen en gran part de les característiques del teixit corpuscular d'aquestes: en general com més poroses són, com més espai buit contenen, més fàcilment són travessades per la calor; a més, compta molt l'adaptació entre la calor i la cosa: així algunes coses, com la carn i el cuir, no són estovades i dilatades per la calor, sinó ressecades i contretes (*DRN*: VI, 959-969). Els efectes també depenen, naturalment, de la quantitat de corpuscles de calor que entren; hi ha coses que són travessades per corpuscles de calor i de foc o que en contenen, sense que aquests siguin suficients per escalfar-les (e.g. *DRN*: VI, 883-889).

Explicació de fenòmens. Cas del llamp

A partir de les idees sobre les característiques i l'actuació dels àtoms de calor i de foc, i de principis més generals, els atomistes podien explicar diversos fenòmens naturals en els quals intervenia, o creien que hi intervenia, la calor. Com a exemple, examinarem l'explicació per part de Lucreci de l'actuació dels llamps.

Els llamps, aquestes coses llargues i primes d'aparença ignia que semblen saltar d'un núvol a un altre o d'un núvol a terra, eren l'objecte d'una ciència augural de tipus religiós, que gaudia d'un gran prestigi a Roma (e.g. Sèneca, *Naturales quaestiones*: II, 32-41, i Plini el Vell, *Naturalis historia*: II, 52-54). Lucreci, com a bon epicuri, ho considerava una superstició que calia refutar; per tant dona una explicació extensa i detallada dels llamps (*DRN*: VI, 219-422). En ella es reflecteix un aspecte típic del mètode epicuri: la proposició de diverses causes possibles d'un mateix fenomen.

Lucreci no dubta que els llamps són de natura ignia, en vista dels seus efectes: marques de foc, pudor de sofre, sostres encesos (*DRN*: VI, 219-224). El principal procés de formació que els assigna és a partir d'un vent que s'introdueix a dins d'un núvol, s'hi regira, i s'escalfa pel seu propi moviment i per la incorporació de corpuscles de foc continguts en

el núvol, fins que el rebenta i surt a fora; de vegades surt pel punt on el núvol és esquinçat per un altre vent exterior (*DRN*: VI, 246-298). També pot ser que el vent del llamp sigui enviat sense foc i que s'encengui mentre travessa l'aire, en adquirir corpuscles petits de foc i perdre'n de grans de fred (*DRN*: VI, 300-308). Fins i tot un llamp pot estar constituït per un vent que arriba sense foc a l'objecte colpit, i que produeix foc pel cop que li dóna, com quan el ferro pica la pedra (*DRN*: VI, 309-322).

El llamp té un comportament extraordinari. Per exemple, cau molt ràpidament; travessa coses dures, com les pedres i les parets de les cases; altres les trenca, o forada; fon el bronze i l'or; fa evaporar-se de sobte el vi, deixant intacte el vas que el contenia (*DRN*: VI, 225-245, 348-356). Lucreci dóna una explicació atomística de tots aquests efectes. El llamp travessa moltes coses perquè està format per corpuscles menuts i llisos, que passen fàcilment pels intersticis d'aquelles; aquesta és també una de les causes per les quals cau tan ràpidament a través de l'aire. Deixa intactes els vasos que contenen vi perquè els dilata amb la seva calor, fent així més fàcil el pas a través d'ells. Fon en un instant el bronze i l'or, perquè els seus corpuscles penetren en els intersticis d'aquests i desfàen els vincles que n'unien els corpuscles. Fa evaporar-se el vi perquè la seva calor aconsegueix dispersar els àtoms de vi. Trenca i forada les coses, quan els seus corpuscles xoquen contra els que formen el teixit d'aquestes coses.

De manera semblant, a partir de les característiques de la calor i dels principis atomístics generals, s'expliquen altres fenòmens importants, o bé admirables, entre els quals podem esmentar el sol i els altres astres (*DRN*: V, 509-533, 564-771), l'equilibri entre les grans parts del món (*DRN*: V, 281-305, 380-415), els llampecs (*DRN*: VI, 160-218), o el volcà (*DRN*: VI, 639-702).

Fem constar que part de les investigacions incloses en aquest treball han estat subvencionades per la CICYT (PB 93-1239).

Bibliografia

- BOLLACK, M. (1978), *La raison de Lucrèce*. Paris, Editions de Minuit.
- DIELS, H.; KRANZ, W. (1970), *Die Fragmente der Vorsokratiker*. 14a. ed., Dublin, Weidmann, 3 vols.
- DIÓGENES LAERCI (1988), *Vides dels filòsofs*. Traducció i edició a cura d'A. Piqué. Barcelona, Laia, 2 vols.
- EPICUR (1975), *Lletres*. Text revisat, introducció i versió de M. Jufresa. Barcelona, Bernat Metge.
- EPICURO (1995), *Obras*. Traducció, estudio preliminar y notas de M. Jufresa. Barcelona, Altaya.
- LUCRECI (1923, 1928), *De la natura*. Text i traducció de J. Balcells. Barcelona, Bernat Metge, 2 vols.
- LUCRECI (1986), *De la natura*. Traducció i edició a cura de M. Dolç. Barcelona, Laia.
- LUCRECIO (1983), *De la naturaleza*. Texto revisado y traducción de E. Valentí. 2a. ed., Madrid, C.S.I.C.. 2 vols.

- LUCRETI CARI, T. (1966), *De rerum natura*. 5a. ed., Prolegomena, translation and commentary by C. Bailey. Oxford, Clarendon Press, 3 vols.
- MONTSERRAT, J.M.; NAVARRO, L. (1991), "The water cycle in Lucretius", *Centaurus*, 34, 289-308.
- PORATTI, A. et al. (1986), *Los filósofos presocráticos*. Madrid, Gredos, 3 vols.
- PLINI EL VELL (1925), *Història Natural*. Text i traducció de M. Olivar. Barcelona, Bernat Metge.
- SÈNECA, L. A. (1959), *Qüestions naturals*. Text revisat i traducció de C. Cardó. Barcelona, Bernat Metge, 3 vols.
- USENER, H. (1966), *Epicurea*. 2a. ed., Stuttgart, Teubner.