

Universitat de Barcelona

Departament de Física Fonamental

**EXPLICACIÓ ATOMÍSTICA DE FENÒMENS
FÍSICS RELACIONATS AMB EL PES, LA
CALOR I L'AIGUA, A TRAVÉS DE
DE RERUM NATURA DE LUCRECI**

Jesús M. Montserrat Sangrà

CAPÍTOL 5

LA CALOR

5.1. PRESENTACIÓ

Les experiències relacionades amb la calor eren molt freqüents en la vida diària dels grecs i dels romans. Tal com apareix en *DRN*, els causants més usuals de la sensació de calor eren els raigs del sol i els focs. Ara bé, el sol era una font llunyana i inaccessible. En canvi, els focs produïts en cremar diversos combustibles, sobre tot llenya i oli, a més de quotidians eren ben accessibles. Per tant els filòsofs solien associar la calor amb el foc en les seves explicacions.

També era comunament reconeguda l'existència de calor en els animals. I diferents filòsofs la consideraren, a ella o al foc, component de l'ànima, la qual era responsable de les facultats sensitives i motrius dels animals. A més, algunes sensacions internes del cos humà eren relacionades amb la calor i el foc; per exemple, Lucreci explica l'apagament de la set, en beure aigua, com l'apagament d'un incendi provocat a l'estómac per una acumulació de calor.¹

D'altra banda, diversos sistemes filosòfics grecs i romans atribuïen a la

¹ Cf., e.g., *DRN* IV 870-876. També algunes malalties són explicades a base de calor, com ara l'ardor de la febre o el foc sagrat que crema els membres; cf., e.g., *DRN* VI 655-664, 1163-1172. Naturalment, aquesta mena d'explicacions no és exclusiva de Lucreci sinó que és comuna entre els autors grecs i romans; cf., e.g., el comentari de Bailey en Lucreti (1966), p. 669, 1729-1730.

calor i al foc un gran protagonisme en la constitució i les transformacions de les coses.²

Per tant, és perfectament lògic que Lucreci, al llarg del seu poema, es refereixi molt sovint a la calor i al foc. En canvi l'atenció que els historiadors de la ciència han prestat al tema és escassíssima. En concret, no he trobat cap estudi extens relatiu al tractament de la calor per part de Lucreci, ni per part dels atomistes en general.

Jo, a partir de les referències més aviat disperses que es troben en *DRN*, intentaré mostrar com, en el sistema filosòfic epicuri, l'acció de la calor en les coses s'explica de forma coherent a partir de les característiques dels àtoms i d'alguns principis generals de l'atomisme. Naturalment, tindrè en compte les explicacions d'Epicur, i les dels primers atomistes, que van ser el seu punt de partida.

Quant a les sensacions externes de fred, les descrites en *DRN* solen provenir del contacte del nostre cos amb coses presentades com a contenidores de fred, com ara el vent i l'aigua dels rius. Algunes coses, com ara la pedra o el ferro, són qualificades de fredes a causa, sens dubte, de la sensació que solen produir.³ Però cal dir que el nombre de fenòmens explicats a partir del fred en *DRN* és reduït, comparat amb el nombre de fenòmens explicats a partir de la calor i el foc. A més, en la secció meteorològica, en el llibre VI, l'explicació

² Recordem per exemple que el foc era un dels quatre elements tradicionals (terra, aigua, aire i foc), i que en el sistema aristotèlic la calor era associada a una de les quatre qualitats fonamentals (calent, fred, sec i humit); cf., e.g., Aristòtil *Meteorologica* IV 1 [378b 10-20].

³ Sobre el fred del vent i de l'aigua, cf., e.g., *DRN* IV 259-264, VI 1170-1173. Sobre la pedra i el ferro, cf., e.g., *DRN* III 892, VI 315, 1011.

dels fenòmens més clarament relacionats amb el fred és deixada per al destinatari del poema.⁴

En *DRN* la calor és designada generalment pels substantius *calor* (calor), *vapor* (calor), *ardor* (ardor), *aestus* (flux, corrent), *fervor* (bulliment, cremor); el foc, per *ignis* (foc) i *flamma* (flama); i el fred, per *frigus* (fred), *pruina* (gebre), *rigor* (rigidesa), *algus* o *algor* (fred); la qualitat, o condició, de calent sol ser indicada per l'adjectiu *calidus* (càlid), i la de fred per *frigidus* (fred) o *gelidus* (gèlid).⁵ Amb els diversos termes Lucreci reflecteix diversos matisos i satisfà les conveniències de l'expressió poètica.⁶ Jo, per comoditat, usaré el terme més usual, en català, per a cada concepte: calor, foc i fred.

⁴ Cf. *DRN* VI 527-534; em referiré més detingudament a aquest passatge en el pròxim capítol, apartat 6. 3. 7. La migradesa del tractament del fred per part de *DRN* es reflecteix en el menor nombre d'aparicions dels termes que el designen.

⁵ També per verbs de les mateixes arrels. Segons Wacht (1991), p. 20-21, 26, 48, 79, 80, 255, 263, 273, 279, 312, 567, 647, 773, el nombre d'aparicions d'aquests termes en *DRN* és, per ordre alfabètic: *aestus* 38, *algor* 1, *algus* 2, *ardor* 34, *calor* 37, *calidus* 35, *fervor* 8, *flamma* 50, *frigus* 30, *frigidus* 14, *gelidus* 17, *ignis* 161, *pruina* 6, *rigor* 5, *vapor* 44. Però cal tenir en compte que aquests termes sovint són usats en sentits metafòrics, i que *aestus* apareix només unes 15 vegades en el sentit de calor. *aestus* significa calor, per exemple, en *DRN* V 819, 929, VI 364; en canvi, en V 507 indica un corrent de l'aigua del mar, en V 649 un corrent d'aire que mou els astres, en VI 823 i 830 una emanació mortífera dels averns, en VI 1003 i 1048-1060 un flux de partícules emès per l'imant, en VI 1138 una alenada de pesta transmesa pels aires.

⁶ És digne de ser notat que en el poema de Lucreci *vapor* significa sempre calor, no "vapor" en el sentit de líquid evaporat; cf., e.g., Ernout i Robin (1962), vol. I, p. 139-140, i Bailey en Lucreti (1966), p. 779. Les seves partícules, *semina vaporis*, són sempre partícules de calor i no són mai partícules d'aigua. En diverses ocasions *vapor* és usat per Lucreci com a sinònim de *calor*; compareu, per exemple, I 494-496 amb VI 948-950 i III 231-233 amb III 234. Però de vegades indica un matís diferent. Segons Bollack (1978), p. 369-370, *calor* té el sentit més genèric de calor, mentre que *vapor* designa la calor tal com és continguda per la terra o per l'aigua, i que pot ser emesa com una exhalació; *aestus* té el matís de flux invisible de calor.

Un aspecte interessant del tractament de la calor per part de Lucreci, i del fred, és el de les connotacions positives i negatives que sovint l'acompanyen. Ja en l'himne a Venus, que obre el poema, associa la llum, la primavera i el bon temps amb la vida. Com he notat en el capítol 3, apartat 3. 3. 1., entre les coses necessàries per a la vida hi ha la calor, especialment la dels raigs del sol, que permet a la terra engendrar i fer créixer les plantes i els animals.⁷ També l'ús del foc és presentat per Lucreci com un pas endavant en el progrés de la humanitat.⁸ El fet, però, que la calor aparegui acompanyada de connotacions positives, no obsta perquè es reconeixin els efectes perjudicials del seu excés. Així, la terra colpejada per sols i pluges excessives produeix pestilències; l'ardor del sol fa inhabitable una part de la terra; les excessives calors destrueixen les collites.⁹

Ara bé, el fred s'enduu una proporció molt més elevada de connotacions negatives. El fred extrem del gel fa inhabitable una part de la terra i destrueix les collites; el fred turmenta els cossos nus, i pot ser causa de mort; fins i tot les mencions de la mateixa mort sovint van acompanyades de referències al fred.¹⁰

⁷ Cf., e.g., *DRN* I 1032-1034, V 795-820.

⁸ Cf., e.g., *DRN* V 953, 1011-1018.

⁹ Cf., e.g., *DRN* VI 1098-1102, V 204-217. Fins i tot un bany calent amb l'estómac ple pot produir desmai; cf. *DRN* VI 799-801.

¹⁰ Cf., e.g., *DRN* V 1426-1427, VI 708-709; i l'expressió *frigore leti* (el fred de la mort) en *DRN* III 401, IV 924. El fred fins i tot és exclòs dels estatges dels déus; cf. *DRN* III 18-22.

5. 2. ÀTOMS DE CALOR I ÀTOMS DE FOC

Segons Aristòtil, Demòcrit va definir d'alguna manera què eren calent i fred.¹¹ Com he assenyalat en el capítol 2, apartat 2. 2. 2. 5., les sensacions de calor i de fred eren incloses dins del sentit del tacte. I els atomistes les consideraven produïdes per les coses calentes o fredes a causa de la calor o el fred que aquestes contenien. En conseqüència van desplegar una imatge material de la calor.¹² També he assenyalat que segons Demòcrit la calor i el foc estaven constituïts per àtoms esfèrics, llisos i petits, iguals que els de l'ànima.

En 2. 3. 5. 1. ja he explicat que segons Epicur la calor és un dels components de l'ànima i que els seus àtoms són molt petits, llisos i rodons, molt més petits que els de l'aigua, la boira o el fum. En la línia de precisar les idees dels primers atomistes adaptant-les millor a l'experiència sensible, els epicuris van aportar una altra idea: com que el foc punxa els sentits, ha de tenir àtoms *dentata* (punxeguts). Pel mateix motiu les flames i el fum han de tenir àtoms que no són completament llisos i rodons, sinó *acuta* (aguts).¹³

A propòsit de la forma rodona i llisa dels àtoms de calor, vull recordar que aquesta és la forma que tenen, en general, els àtoms que produeixen sensacions agradables, com he indicat en 3. 4. 2. Per tant, podem esperar que la

¹¹ Cf. Diels i Kranz (1970), frag. 68 A 36.

¹² La capacitat explicativa de les teories materials de la calor pot ser apreciada a partir de la seva popularitat fins i tot a finals del segle XVIII i principis del XIX. Cf., e.g., McCormach (1988), p. 48-50, i Psillos (1994), p. 163-165.

¹³ Cf., e.g., *DRN* II 431-433, 456-463. Sembla lògic incloure entre els àtoms dentats del foc els punxeguts de les flames i potser fins i tot els del fum.

calor produeixi aquest tipus de sensacions, cosa que concorda amb les connotacions positives que té en *DRN*, tal com acabo de remarcar al final de la presentació d'aquest capítol.

No hem de pensar que tots els àtoms de foc, ni els de calor, tenen la mateixa grandària. Per exemple, els que formen part dels llamps són més petits que els del foc que surt de la fusta o d'una torxa.¹⁴

També és digne de ser notat que, essent finita segons Epicur la diversitat de formes dels àtoms, els límits extrems de la calor i del fred vénen donats pel foc i pel gebre respectivament.¹⁵

Particularment interessant per a la nostra anàlisi és la relació entre els àtoms de calor i els de foc, que apareix en *DRN*. Jo estic d'acord amb els estudiosos que opinen que, segons Lucreci, el foc conté àtoms rodons de calor i altres àtoms punxeguts, que no es poden considerar pròpiament de calor.¹⁶ Però aquesta qüestió requereix una anàlisi més detallada.

De fet, en l'explicació de l'ànima i de la ment Lucreci fa intervenir repetidament la calor, sempre composta per àtoms rodons, i no esmenta mai el foc. Això suggereix clarament l'exclusió dels àtoms punxeguts de foc no

¹⁴ Cf., e.g., *DRN* II 381-387, VI 225-238. Ja Demòcrit remarcava la petitesa extraordinària de les partícules del llamp; cf., e.g., Diels i Kranz (1970), frag. 68 A 93, 68 B 152.

¹⁵ Cf. *DRN* II 515-521.

¹⁶ Aquesta opinió és sostinguda per Bailey sense gaire discussió, en contra de Brieger que opinava que els àtoms de calor són punxeguts. Cf. Bailey (1928), p. 396.

solament de l'ànima sinó també de la calor.¹⁷ Ara bé, Lucreci en un altre context afirma que la calor és un *coniunctum* del foc.¹⁸ Per tant no pot existir foc sense calor. A més Lucreci en distintes explicacions atribueix els mateixos efectes a les partícules de calor i a les de foc, i, fins i tot, alguna vegada sembla identificar-les. Per exemple, atribueix l'escalfament de l'aigua subterrània a partícules de calor en el cas dels pous, i, acte seguit, a partícules de foc en el cas de la font d'Hammó, en *DRN* VI 840-878. Atribueix la formació de foc per xoc o percussió a la confluència de partícules de foc en *DRN* VI 160-163, i a la confluència de partícules de calor en *DRN* VI 309-316. En *DRN* VI 271-273 anomena *semina vaporis* (llavors de calor) unes partícules que semblen ser les mateixes que abans en *DRN* VI 204-210 ha anomenat *semina ignis* (llavors de foc).

En vista d'aquestes dades, considero que cal admetre que en *DRN* la designació "àtoms de foc", o "partícules de foc", inclou els àtoms, o partícules, rodons de calor juntament amb els punxeguts, típics del foc; i que la designació "àtoms de calor", o "partícules de calor", pròpiament es refereix només als rodons, excloent els punxeguts. Amb tot, pot ser que el llenguatge poètic permeti a Lucreci en algunes ocasions usar un dels termes referents al foc o a la calor per designar totes dues coses. D'altra banda, la calor com a cosa pot contenir àtoms

¹⁷ També en la glossa a Epicur *Epistula ad Herodotum* 67 s'afirma que els àtoms de l'ànima són diferents dels del foc.

¹⁸ Cf. *DRN* I 451-458. Com he explicat en 2. 3. 4. 1., un *coniunctum* d'una cosa és allò sense el qual aquesta cosa no pot existir. En canvi, un *eventum* és allò que la cosa pot tenir o no. Així, com que l'aigua pot perdre la calor que ha adquirit sense resultar destruïda, podem concloure que el fet de posseir calor és un *eventum* per a l'aigua; cf. *DRN* III 339-341, i el comentari de Bailey en Lucreti (1966), p. 672.

punxeguts de foc, a més dels rodons que constitueixen la calor com a substància específica tal com apareix en la composició de l'ànima.

Una situació semblant es dona amb la llum, la qual és emesa també pel foc. Està constituïda per àtoms *minuta* (menuts), com la calor, amb la qual apareix associada sovint en *DRN*.¹⁹ La llum, com a cosa, especialment la dels raigs del sol, conté nombroses partícules de calor i de foc. Fins i tot algun passatge sembla indicar que està formada per elles.²⁰ Per tot això estic d'acord que Lucreci compta les partícules de llum dins de les partícules de foc. També que l'ús del llenguatge poètic li permet emprar un dels termes calor, foc o llum, per designar el conjunt de totes tres coses.

¹⁹ Cf., e.g., *DRN* IV 183-188. Bailey en Lucreti (1966), p. 1363, afirma sense una justificació explícita que la llum, com la calor, està composta per partícules de foc. Els termes que designen la llum en *DRN* són sobretot *lumen* i *lux*, que apareixen 107 vegades i 39, respectivament, i algun cop s'usa, en sentit de llum, *splendor* (brillantor), que surt 7 vegades; també s'usen adjectius i verbs de les mateixes arrels que aquests termes. Pels nombres indicats, cf., Wacht (1991), p. 385-388 i 692.

²⁰ Cf., e.g., *DRN* VI 204-210, 271-273. Per l'aparent identificació cf. *DRN* V 592-601: el sol pot escampar la seva llum perquè rep partícules de calor; cf. també *DRN* V 656-665.

5. 3. LA CALOR EN LES COSES

5. 3. 1. Tres classes de presència dels àtoms de calor en les coses

Basant-me en l'anàlisi de les explicacions donades en *DRN*, proposo classificar les maneres d'estar presents els àtoms de calor en les coses segons el tipus de manifestacions provocades per ells en elles, i distingir tres classes fonamentals: presència dominant, presència manifesta i presència latent.

Qualifico de dominant la presència dels àtoms de calor, i de foc, en les coses que estan constituïdes majoritàriament i clarament per ells, com ara els focs terrestres o celestes, les flames, i la llum i la calor emesos pels focs.

Designo per presència manifesta la manera d'estar presents en les coses els àtoms que constitueixen calor continguda en elles, essent aquestes coses formades majoritàriament per altres tipus d'àtoms; per exemple, quan els àtoms de calor es troben a dins de l'aigua calenta. Els efectes que produeixen els estudiaré una mica més endavant; ara només assenyalaré que la calor constituïda per ells flueix de les coses en quantitats suficients perquè nosaltres les notem calentes.

Anomeno presència latent la manera d'estar presents els àtoms de calor, i de foc, que es troben incorporats a coses diverses sense constituir calor ni foc, i per tant sense produir en elles efectes que denotin la seva presència. Això passa en coses fredes com la pedra o el ferro. Però el cas més important és el de les

coses combustibles, com la llenya, compostes en gran part per àtoms de foc.²¹ He de dir que no he trobat en els textos supervivents indicacions concretes de com estan organitzats i integrats els àtoms de calor en el teixit corpuscular de les coses en aquest cas de presència latent.

5. 3. 2. Presència dominant. Llamps, llampecs i volcans.

Els àtoms en situació de presència dominant no solen romandre gaire temps en aquest estat, perquè les coses constituïdes per ells, com ara les flames i els raigs del sol, es renoven molt de pressa; i per tant les partícules que les componen deixen de formar-ne part molt poc temps després d'haver-s'hi incorporat.²²

En la calor i la llum els àtoms formen un teixit corpuscular molt enrarit, en el qual recorren grans intervals entre xoc i xoc, com sol passar en els agregats constituïts per àtoms molt petits, rodons i llisos, com indico a l'apartat 2. 3. 4. 4. Així, la llum i la calor emeses travessen l'aire a gran velocitat, puix els seus àtoms diminuts passen fàcilment pels intersticis de l'aire, i són empesos pels altres emesos darrera d'ells.²³

Vegem ara com s'expliquen en *DRN* alguns fenòmens de tipus igni, on les partícules de calor i de foc tenen una presència dominant. Altres ja han sortit a la meua exposició, o sortiran després; per això ara m'hi entretindré el menys

²¹ Cf., e.g., *DRN* II 672-678, 879-885.

²² Cf., e.g., *DRN* V 281-305.

²³ Cf., e.g., *DRN* II 105-108, IV 183-190.

possible.

Ja m'he referit als astres, a l'apartat 3. 3. 6., que estan constituïts per foc. I a l'admissió de múltiples explicacions per als fenòmens astrals, de les quals només una pot ser real en el nostre món, perquè s'exclouen mútuament.²⁴

Segons alguns testimonis antics Epicur considerava que el sol era semblant a una pedra tosca encesa, i que emet llum a través dels seus porus.²⁵ Aquesta opinió no es troba en *DRN* ni en les cartes d'Epicur, i a més no s'avé amb la possibilitat que el sol es formi cada dia de nou per reunió de focs. Potser va ser admesa pel Mestre del Jardí com una altra possibilitat més.

Un altre cas en què s'accepten múltiples explicacions és el dels llamps i dels llampecs. Aquí el mètode de les explicacions múltiples presenta l'altra vessant: s'admeten diverses causes per al mateix fenomen, considerades totes elles com a reals, o almenys com a possibles sense excloure's les unes a les altres.

El llamp, *fulmen* en llatí, *κεραυβός* en grec, aquesta cosa llarga i prima d'aparença ígnia que semblava saltar d'un núvol a un altre o d'un núvol a terra, a Roma era l'objecte d'una ciència augural de tipus religiós, d'origen etrusc, que gaudia d'un gran prestigi.²⁶ Lucreci, com a bon epicuri, havia de refutar-la; per

²⁴ Em limito a recordar les possibilitats que el sol sigui permanent o bé que es formi cada dia per reunió de moltes partícules de foc i d'ardor; cf., e.g., *DRN* V 650-679.

²⁵ Cf. Usener (1966), p. 229, frag. 343.

²⁶ Cf., e.g., Sèneca *Naturales quaestiones* II xxxii-xli, i Plini el Vell *Naturalis historia* II 52-54. Per l'atribució del llamp a Júpiter (o a Zeus), el culte i les pràctiques augurals associats, i les restes arqueològiques que en queden, es pot consultar Daremberg i Saglio (1896), p. 1352-1360.

tant, tracta molt extensament el tema dels llamps, en DRN VI 219-422.²⁷ En canvi el llampec, *fulgur* en llatí, *ἀστραπή* en grec, és a dir, el resplendor difús que apareixia entre els núvols, tenia molta menys importància perquè no feia cap mal.²⁸

L'explicació epicúria dels llamps i dels llampecs es basa en l'existència de nombroses partícules de foc en els núvols, procedents sobretot dels raigs del sol. Pel que fa al llamp, el seus efectes demostren clarament, segons Lucreci, la seva naturalesa ígnia.²⁹

La manera de formar-se un llamp a la qual Lucreci dóna preferència, perquè l'explica en primer lloc i amb una major extensió, consisteix que un vent arremolinat s'introdueix a dins d'un núvol, s'hi regira, i s'escalfa pel seu propi moviment i per la incorporació de partícules de foc contingudes en el núvol, fins que surt disparat cap enfora; pot ser que surti rebentant el núvol ell mateix, o bé

²⁷ Epicur en tracta en *Epistula ad Pythoclem* 103-104.

²⁸ Val a dir que els grecs i els romans no consideraven, en general, que el llampec fos el resplendor produït per un llamp, com es considera avui dia. Es pot trobar un petit resum, de caràcter divulgatiu, sobre explicacions romanes i gregues dels llamps i dels llampecs en Montserrat Sangrà (1995). Voldria advertir que en les traduccions és relativament freqüent trobar "llamp" on hauria de dir "llampec" o viceversa. Per exemple, diu "llamp" en contes de "llampec" a les traduccions del vers DRN VI 175 fetes per Balcells i per Dolç en Lucreci (1922-1928), vol. II, p. 95, i Lucreci (1986), p. 175, respectivament; també a Roca Melià (1980), p. 380, es tradueix *fulmen* per "relámpago" en lloc de "rayo". Els termes llatins *fulmen* (llamp) i *fulgur* (llampec) vénen de la mateixa arrel de *fulgeo* (brillar), i els romans de vegades usaven *fulgur* en el sentit de llamp; cf., e.g., Ernout i Meillet (1979), p. 259. Però en DRN *fulgur* sempre significa llampec, i *fulmen* sempre llamp.

²⁹ Cf., e.g., DRN VI 219-222. Segons Sèneca, en el seu temps tothom estava convençut de la naturalesa ígnia dels llamps; cf., e.g., Sèneca *Naturales quaestiones* II xxi 1-2.

aprofitant l'esquinçament produït per un vent exterior.³⁰ També pot ser que el vent del llamp sigui llençat sense foc i s'encengui mentre travessa l'aire, en perdre partícules grans de fred i adquirir-ne de petites de foc.³¹ Fins i tot un llamp pot estar constituït per un vent que arriba sense foc a l'objecte colpit i produeix foc pel cop que li dóna, com quan la pedra colpeix el ferro.³²

En explicar l'acció del llamp sobre les coses es posa de manifest el principi d'adaptació al receptor: algunes les travessa sense danyar-les perquè passa per llurs intersticis, altres les forada perquè les seves partícules xoquen contra les que formen el teixit de les coses, i altres les fon o les fa evaporar-se perquè les seves partícules s'introdueixen en aquell teixit corpuscular i el desfan, com veurem en el pròxim apartat.³³

Els llampecs també poden produir-se de diverses maneres.³⁴ Una és el xoc de dos núvols entre ells que fa saltar moltes partícules de foc. Una altra és un vent que es carrega de foc en regirar-se a dins d'un núvol, com en el cas del

³⁰ Cf., e.g., *DRN* VI 246-299. Les causes dels llamps i dels llampecs, considerades per Lucreci, es troben descrites també de forma més o menys similar en altres autors grecs i romans. Cf., e.g., Plini el Vell *Naturalis historia* II 43. Però hi ha un gran desacord sobre l'origen d'aquestes opinions. Bollack manifesta fortes reserves sobre les atribucions habituals de paternitat a aquestes doctrines, i a totes les opinions meteorològiques en general; cf., e.g., Bollack (1978) p. 477.

³¹ Cf., e.g., *DRN* VI 300-308.

³² Cf., e.g., *DRN* VI 309-322.

³³ Cf. *DRN* VI 228-235, 348-356.

³⁴ Cf. *DRN* VI 160-218, i Epicur *Epistula ad Pythoclem* 101-102. Ja Demòcrit afirmava que els llampecs es produeixen pel xoc dels núvols; cf., e.g., Diels i Kranz (1970), frag. 68 A 93. Per l'origen de les altres maneres, cf., e.g., Ernout i Robin (1962), vol. III, p. 213-221, i Bollack (1978), p. 476.

llamp, fins que el rebenta. Una altra és la compressió, per part del vent, de núvols carregats de partícules de foc, que són exprimides cap enfora. Una altra és la dissolució de núvols pel vent, que provoca la caiguda de les partícules de foc que contenien.

Hi ha uns altres fenòmens, de naturalesa ígnia, que s'originen a dins de la terra d'una forma semblant a la primera manera d'originar-se els llamps: les erupcions volcàniques. Un vent es regira a dins de les caverne que hi ha a sota del volcà i es carrega de foc, fins que surt disparat cap amunt a través del cràter.³⁵ En el cas de l'Etna, que és el que explica Lucreci, el vent és reforçat per l'acció del mar que banya el peu del volcà.³⁶

La situació de presència dominant dels àtoms, o les partícules, de calor, i de foc, s'acaba quan es destrueix el compost constituït per ells, per exemple els raigs del sol o el foc. Sovint aquesta destrucció és provocada pel xoc amb una altra cosa, com passa amb els raigs del sol quan xoquen amb els núvols. Llavors moltes de les partícules de calor, o de foc, s'incorporen a la cosa amb la qual han xocat, passant a tenir una presència latent o manifesta dins d'ella. Però de vegades té més importància el mateix xoc que no pas la incorporació: així, durant la formació del món els raigs del sol i la calor de l'èter fuetegen la terra i l'obliguen a contreure's.³⁷ Ja hem vist també com els llamps foraden alguns

³⁵ Cf. *DRN* VI 680-702. La semblança entre l'explicació epicúria dels llamps i la dels volcans és notada per Sèneca en *Naturales quaestiones* VI xx 7. En Ernout i Robin (1962), vol. III, p. 294, es fa la hipòtesi d'una possible influència de Posidoni en l'explicació lucreciana dels volcans.

³⁶ Vegeu el comentari de Bollack (1978), p. 340-347.

³⁷ Cf. *DRN* V 483-486.

cossos en xocar les seves partícules amb les d'aquests. El compost igni pot morir tot sol, com fan usualment els focs. Però també pot ser mort per un agent contrari: així el foc és apagat per l'aigua quan aquesta dispersa les partícules que el formaven.³⁸

5. 3. 3. Presència manifesta: acció de la calor en les coses

Els efectes de l'acció dels àtoms de calor i de foc en condicions de presència manifesta són descrits més clarament en els casos en què la calor que constitueixen penetra en una cosa des de fora, com si l'envaís.

D'acord amb la sensació de calor, que pels grecs i els romans era el mitjà bàsic per saber si una cosa estava calenta, la penetració de les suficients partícules de calor o de foc en un cos fa que aquest s'escalfi. I la seva sortida fa que el cos torni a refredar-se. Així passa, per exemple, a l'aigua dels pous i de la font d'Hammó, com veurem a la secció del cicle de la calor.

Quant al teixit corpuscular de la cosa envaïda, l'efecte fonamental de la penetració de calor el trobem descrit per Lucreci en explicar per què es fonen alguns cossos sòlids. La fusió dels metalls pel llamp és explicada així en *DRN* VI 352-356:

*dissoluit porro facile aes aurumque repente
confervescit, e parvis quia facta minute*

³⁸ Cf., e.g., *DRN* IV 870-874.

*corporibus vis est et levibus ex elementis,
quae facile insinuantur et insinuata repente
dissoluunt nodos omnis et vincla relaxant.*³⁹

Podem associar aquesta acció de deslligar els *nodi* (nusos) i afluixar els *vincla* (lligams) del teixit corpuscular del cos, que efectuen les partícules de calor o de foc introduïdes en ell, amb l'efecte que indiquen altres testimonis de la doctrina epicúria: l'augment de la separació entre els àtoms del cos, que es tradueix en dilatació i estovament. Així Sext Empíric afirma que, segons Epicur, un cos s'estova si els seus àtoms s'allunyen entre ells, i s'endureix si es concentren. Segons un altre testimoni presentat per Plutarc, la calor fa augmentar la separació entre els àtoms de les coses, mentre que el fred la fa disminuir; i els cossos quan estan en ebullició, o en estat pastós o de fusió, ocupen més espai, mentre que solidificats i refredats n'ocupen menys.⁴⁰

Vull remarcar que la fusió dels cossos habitualment sòlids, com ara els metalls, és explicada pels atomistes només a partir de la calor, sense atribuir-los cap mena de naturalesa aquosa com feien altres sistemes filosòfics, entre ells el

³⁹ Traducció de Dolç, en Lucreci (1986), p. 331:
D'altra banda, dissol fàcilment el bronze i de sobte fa bullir l'or, perquè la seva força és feta de corpuscles minúsculs i d'elements llisos, que sense esforç s'introdueixen dins aquests metalls i, un cop s'hi han introduït, els deslliguen de sobte tots els nusos i els relaxen els lligams del teixit.
Cf. també *DRN VI* 352-356. Una altra referència a la fusió de l'or i del bronze pel foc es troba en *I* 492-493; aquí s'usa l'expressió *glacies aeris* (el gel del bronze), provinent d'Empèdocles, que es pot trobar comentada en Longrigg (1970).

⁴⁰ Cf. Usener (1966), p. 207-208, frag. 291, i p. 222-223, frag. 323. També Lucreci, en *DRN VI* 232-234, afirma que la calor del llamp ho estova tot i dilata les parets dels vasos.

platònic i l'aristotèlic.⁴¹ En el sistema atomista els metalls no tenen res a veure amb l'aigua, perquè els seus àtoms són completament distints.

Les idees epicúries de la dilatació o enrariment produït per la calor i de la concentració produïda pel fred concorden amb les dels primers atomistes; per exemple, Leucip afirmava que l'aire es troba enrarit per la calor en les regions meridionals i concentrat pel fred en les regions septentrionals.⁴² També concorden les idees de l'estovament produït per la calor i de l'enduriment produït pel fred; per exemple, Demòcrit afirma que l'humor que dóna origen als corns dels cérvols se solidifica i s'endureix per fora a causa del fred exterior, mentre que continua tou per dins a causa de la calor interior.⁴³ Leucip i Demòcrit en aquest punt, a part de possibles observacions personals seves, segueixen la tendència, general entre els filòsofs pre-socràtics, a identificar el calent amb el rar i lleuger, i el fred amb el dens i pesant.⁴⁴

L'afluixament dels lligams i l'augment de la separació entre les partícules d'un cos pot ser tan gran que aquestes partícules se separin del tot i es dispersin. El cos llavors queda destruït: així passa en l'evaporació de líquids. Aquest

⁴¹ Cf., e.g., Plató *Timeu* 58d - 59c, i Aristòtil *Meteorologica* IV 6 [382b 31 - 383b 5], IV 8 [385a 20 - 385b 5].

⁴² Cf., e.g., Diels i Kranz (1970), frag. 67 A 27. També Demòcrit a propòsit dels aborts afirma que la calor dilata el cos mentre que el fred fa més compacte l'embrió; cf. *ibíd.*, frag. 68 A 152.

⁴³ Cf. *ibíd.*, frag. 68 A 153. Si l'estovament produït per la calor està associat amb el relaxament dels lligams entre els àtoms, sembla lògic suposar que l'enduriment produït pel fred està relacionat amb l'estrenyiment d'aquests lligams.

⁴⁴ Cf., e.g., *ibíd.*, frag. 68 A 120, 68 A 135 apartat 75. Aquesta identificació es troba ja en Anaxímenes; cf., e.g., *ibíd.*, frag. 13 B 1.

procés pot ser molt ràpid, com en el cas del vi dissipat pel llamp, en què els àtoms del vi són dispersats en un moment. Però també pot ser lent, com en el cas de l'aigua evaporada per la calor del sol.⁴⁵

Cal remarcar que l'elevada capacitat de penetració de la calor, i del foc, fins i tot en coses dures i compactes com els metalls, depèn de la petitesa de les seves partícules. Com més petites són, més fàcilment passen pels intersticis de les coses. Així el llamp travessa les parets de les cases i causa efectes que els raigs del sol no poden causar, perquè està constituït per partícules més petites. Per altra part aquestes passen més fàcilment com més espai buit troben, és a dir, com més poroses o enrarides són les coses que travessen.⁴⁶

Els efectes de la penetració depenen també de la quantitat de partícules penetrants. Podem trobar diversos passatges en els quals Lucreci afirma que "moltes" partícules contribueixen a produir un fenomen, suposant, podem presumir, que si fossin poques el fenomen no es produiria.⁴⁷ Amb tot, no es troba en *DRN* cap intent de determinar quantitats de calor d'una manera una mica precisa, cosa que no té res d'estrany puix la determinació de quantitats de calor

⁴⁵ Pel vi cf. *DRN* VI 231-237; per l'aigua cf. *DRN* I 305-310, V 264-268, 386-392. En el pròxim capítol faig un estudi més detallat de l'evaporació i de la condensació de l'aigua.

⁴⁶ Cf., e.g., *DRN* I 534-537, VI 225-238, 854-860. Segons Demòcrit, la calor i el fred passen més fàcilment pels porus rectilinis, com en el cas de les plantes rectes que són més dèbils per aquest motiu; cf. Diels i Kranz (1970), frag. 68 A 162. D'altra banda, segons Sèneca, *Naturales quaestiones* IV ix, Demòcrit afirmava que els cossos més sòlids s'escalfen més ràpidament i es refreden més lentament, perquè els seus porus són més petits i són omplerts abans per la calor però tarden més a perdre-la.

⁴⁷ Cf., e.g., *DRN* I 901-903, IV 871-874, VI 160-161.

no va ser empresa seriosament fins al segle XVIII.⁴⁸

D'altra banda, cal fer notar que, segons Lucreci, no solament la calor penetra a dins d'altres coses, sinó que també ella és penetrada. Per exemple, a causa de la seva natura enrarida, sempre hi ha dins d'ella molts àtoms d'aire.⁴⁹

Finalment, aquí s'aplica una altra vegada el principi de l'adaptació al receptor. La calor fon la cera i els metalls, però en canvi resseca el couro i la carn.⁵⁰ El vi pot produir tant calor com fred, depenent de la disposició de qui el beu, perquè el vi té àtoms dels dos tipus.⁵¹ Ja he fet notar, al capítol 2, com l'aplicació d'aquest principi permetia resoldre la paradoxa de la subjectivitat de les sensacions de calor i de fred, produïdes per àtoms que són ben objectius, segons Demòcrit.

5. 3. 4. Pas de presència latent a dominant o manifesta: ignició i escalfament

En *DRN* es troben explicacions de com els àtoms en presència latent poden passar a presència manifesta, produint escalfor, o a presència dominant, generant foc. Uns tals canvis sempre són originats per la confluència i l'agrupament de les partícules de calor i de foc, que poden ser deguts a diverses causes. Una és el

⁴⁸ Cf. McCormach (1988), p. 45.

⁴⁹ Cf. *DRN* III 232-236. De fet l'aire entra a dins de totes les coses a través dels intersticis d'aquestes; cf. *DRN* VI 1034-1036.

⁵⁰ Cf., e.g., *DRN* VI 959-969.

⁵¹ Cf., e.g., Usener (1966), p. 115-117, frag. 58-60.

fregament, com en el cas de dues branques que tractaré de seguida. Una altra són els cops, com en el cas de la pedra i el ferro. Una altra encara l'arribada d'abundants partícules de foc i calor, com en el cas de la ignició per influència d'un foc no contigu.⁵²

Alguna d'aquestes explicacions no deixa de presentar problemes. En concret, hi ha un fenomen descrit per Lucreci en el qual el fregament acaba produint la ignició: de vegades les branques dels arbres s'encenen en fregar-se les unes amb les altres a causa del vent.⁵³ Hi ha algun autor modern que considera possible un tal fenomen, encara que no en té constància de cap cas concret.⁵⁴ Però, sigui com sigui, sembla clar que, si és que s'ha donat alguna vegada, no és fàcil d'observar en absolut. Per això jo penso que la seva consideració a l'antiguitat és difícil que derivi d'observacions reals; em sembla més probable que provingui de l'extrapolació de la tècnica d'obtenció de foc mitjançant el fregament de dues fustes, que era ben coneguda entre els grecs i romans.⁵⁵

⁵² Per la pedra i el ferro, cf., e.g., *DRN* VI 160-163, 309-322. Per la influència d'un foc no contigu, *DRN* VI 895-905.

⁵³ Cf. *DRN* I 897-903, V 1096-1100. Aquest fenomen també és descrit per altres autors antics; per exemple, Vitruvi en *De architectura* II 1, el qual coincideix amb Lucreci en situar-lo a l'origen de l'ús del foc per la humanitat.

⁵⁴ Concretament el professor P. M. Barr de l'Escola de Boscos de la Universitat de Califòrnia; cf. MacKay (1950), p. 434.

⁵⁵ Les fustes aptes per obtenir foc per fregament es poden trobar descrites per Teofrast en *Historia plantarum (Recerques sobre les plantes)* V 9, 6-8; cf. també Sèneca, *Naturales quaestiones* II xxii 1. D'aquestes fustes en queda exclosa la d'olivera, fet que, segons Claudine Leduc, està associat amb el mite grec del rebuig del déu del foc Hefest per part de la deessa verge Atena. Cf. Leduc (1994), p. 131-139; en aquest article es troba també comentada la tècnica que usaven els grecs per a obtenir foc fregant dues fustes.

Una causa del canvi de presència latent a manifesta o a dominant, que mereix especial menció, és el moviment, el qual sol presentar-se més o menys barrejat amb el fregament. L'escalfada pel moviment era un tòpic comú en temps dels grecs i dels romans, i jugava un paper molt important en alguns sistemes filosòfics.⁵⁶ Lucreci en dóna l'explicació en termes atomístics. El propi moviment d'una cosa pot provocar el seu escalfament, com passa amb una bala de plom, que arriba a fondre's, i amb el vent que es regira a dins dels núvols.⁵⁷ Això sembla que ens autoritza a deduir que els àtoms de calor que conté la cosa que es mou es reagrupen a causa del moviment i passen a constituir calor a dins d'ella. L'escalfament, que pot arribar a la ignició, pel fregament que té lloc en moure's de pressa una cosa dins d'un medi és explicat així en *DRN VI 300-308*, referint-se a un dels processos de formació de llamps:

Fit quoque ut interdum venti vis missa sine igni

igniscat tamen in spatio longoque meatu,

dum venit amittens in cursu corpora quaedam

⁵⁶ En el sistema aristotèlic, per exemple, el moviment del món celestial indueix l'escalfament i els canvis en el món sublunar; cf., e.g., Aristòtil *Meteorologica* I 3 [341a 12-36], i *De caelo* II 7 [289a 11-35]. Leucip afirmava que els estels es van inflamar a causa de la seva velocitat; cf., e.g., Diels i Kranz (1970), frag. 67 A 1. No he trobat aquesta doctrina referent als estels en els textos epicuris.

⁵⁷ Cf. *DRN VI 175-179, 279-280*. En VI 175-179 Lucreci només esmenta el moviment de l'objecte com a causa de l'escalfament. Però el fet que els objectes citats com exemple siguin els mateixos que els que surten en les explicacions del llamps, que comento a continuació, fa pensar que potser considerava que les mateixes causes d'escalfada, que actuen en aquests segons casos, també actuaven en el primer. En VI 279-280 Lucreci distingeix, de manera explícita, dues causes de l'escalfament del vent: el seu moviment i les partícules de foc que extreu dels núvols.

*grandia quae nequeunt pariter penetrare per auras,
atque alia ex ipso corradens aere portat
parvula quae faciunt ignem commixta volando;
non alia longe ratione ac plumbea saepe
fervida fit glans in cursu, cum multa rigoris
corpora dimittens ignem concepit in auris.*⁵⁸

Fixem-nos que, en aquests casos concrets, a més de la captació de partícules de foc, té lloc una pèrdua de partícules de fred per part del mòbil. En un altre dels processos de formació dels llamps, el vent agafa partícules de foc que exprimeix dels núvols.⁵⁹ També en les erupcions volcàniques apareix l'escalfament per fregament: el vent s'escalfa i escalfa les roques i la terra, en regirar-se enrabiats a les cavernes subterrànies, i després n'extreu foc.⁶⁰

⁵⁸ Traducció de Dolç, en Lucreci (1986), p. 328-329:

S'esdevé, igualment, de vegades que una massa de vent, mancada de foc al seu origen, s'inflama, tanmateix, en el curs del seu llarg trajecte i, mentre arriba, perd pel camí certs elements voluminosos que no la poden seguir en la seva penetració a través de l'espai; i d'altra banda, frega l'aire mateix i se n'emporta d'altres elements minúsculs que es mesclen amb la seva substància i produeixen foc en virtut de llur vol; no per una raó gaire distinta, sovint una bala de plom pren escalfor en la seva carrera i, perdent nombrosos corpuscles de fredor, es carrega dels de foc que hi ha en els aires.

La creença que un projectil de plom arribava a fondre's era comuna a l'antiguitat. Cf., e.g., Aristòtil *De caelo* II 7 [289a 23-25]; i Sèneca *Naturales quaestiones* II lvii 2.

⁵⁹ Cf. *DRN* VI 271-278.

⁶⁰ Cf. *DRN* VI 680-679.

5. 4. EL FRED I LA SEVA ACTUACIÓ

5. 4. 1. Naturalesa i acció del fred

Malgrat l'escàs protagonisme del fred en *DRN*, no podem passar sense ocupar-nos d'ell, per la relació que té amb la calor. Si bé el refredament d'un cos escalfat pot ser degut a la pèrdua dels àtoms de calor que provocaven l'escalfament, el refredament de les coses en general és causat per la penetració en elles d'àtoms de fred.⁶¹ I el que comentaré a propòsit de la descongelació indica que la sortida dels àtoms de fred fa que les coses fredes s'entebeeixin.⁶²

El fred, doncs, en *DRN* i en l'atomisme en general, no es concep simplement com absència de calor, sinó com una cosa constituïda per uns àtoms específics, els àtoms de fred. Aquests són dentats, com alguns del foc, però d'una manera distinta, puix també punxen els sentits d'una manera distinta; una característica notable de les partícules de fred és que són més grans que les de calor.⁶³ Vull fer notar que la forma dels àtoms de fred, apta per punxar, és a dir, per produir sensacions desagradables, és congruent amb les connotacions negatives que el fred té en el poema lucrecià.

⁶¹ Cf., e.g., *DRN* I 355, 494-496.

⁶² Fins i tot un procés d'escalfament, provocat per l'adquisició de partícules de calor, pot ser reforçat per la pèrdua de partícules de fred, tal com hem vist en el cas de la bala de plom, a l'apartat anterior. I, al seu torn, la pèrdua de partícules de fred pot anar acompanyada de, o ser provocada per, l'adquisició de partícules de calor, com veurem en la descongelació.

⁶³ Cf., e.g., *DRN* II 431-433, VI 300-308.

A l'apartat sobre la presència manifesta dels àtoms de calor, ja m'he referit als testimonis de la doctrina epicúria, segons els quals el refredament de les coses provoca el seu enduriment i concentració, perquè causa apropament entre els seus àtoms. Per la seva banda, *DRN* associa el fred amb la rigidesa i la inactivitat, cosa que concorda amb la grandària de les seves partícules.⁶⁴

Lucreci també atribueix al fred la capacitat de destruir les coses penetrant en el seu interior.⁶⁵ Però, com que el fred no relaxa els lligams entre els àtoms, la destrucció que provoca ha de ser deguda a un procés diferent del de la calor, que no he trobat descrit explícitament en *DRN*. Ara bé, l'associació del fred amb la rigidesa i la inactivitat, que acabo d'esmentar, i la seva relació amb la mort, que he remarcat a la presentació d'aquest capítol, suggereixen que l'efecte destructor del fred pot ser atribuït al seu poder d'interrupció de l'activitat, i fins i tot de la vida, a causa de la rigidesa que provoca.

5. 4. 2. La congelació de l'aigua

El fred té un paper decisiu en la congelació de l'aigua. El procés de congelació és explicat per Epicur com una forma d'extrusió. L'aigua es gela a causa de l'aglutinament de partícules *σκαληνὰ καὶ ὄξυγώνια* (anguloses i punxegudes)

⁶⁴ Cf., e.g., *DRN* IV 701-704, V 746-747, 762-764. També en altres autors antics apareix l'associació entre inactivitat i fred; cf., e.g., Sèneca *Naturales quaestiones* VI xviii 6, VII xxi 1.

⁶⁵ Cf. *DRN* I 532-537. Com més espai buit conté una cosa, més fàcilment és penetrada i destruïda pel fred.

i l'expulsió (*ἐκθλιψις* en el text grec) de *περιφέρους* (rodones); les partícules anguloses pot ser que es trobin ja abans a l'aigua o bé que s'hi introdueixen des de fora.⁶⁶ També en *DRN* s'indica que la neu és quallada pel fred agut.⁶⁷ La fusió del gel l'explica Lucreci per l'afluixament dels lligams entre les partícules, tal com he indicat a l'apartat 5. 3. 3.; en aquest cas, a més, l'aigua deixa anar *gelum* (gel), cosa que sembla indicar la sortida de les partícules que havien provocat la congelació.⁶⁸ De la simetria entre els processos de congelació i de fusió, es pot inferir que aquestes últimes partícules són les mateixes que les anguloses d'Epicur, les quals, al seu torn, es poden relacionar amb les partícules dentades de fred, que apareixen en altres passatges en *DRN*. A més la presència de partícules anguloses a l'aigua ja abans de la congelació, en Epicur, concorda amb la presència de fred a l'aigua de les fonts i dels rius assenyalada en *DRN*.⁶⁹

⁶⁶ Cf. Epicur *Epistula ad Pythoclem* 109. Bailey considera que les partícules rodones expulsades durant la congelació són d'aigua; cf. Epicurus (1975), p. 315. En suport d'aquesta opinió potser es podria adduir, encara que Bailey no ho faci, que entre els grecs existia la creença que a causa de la congelació es desprenia de l'aigua allò que aquesta tenia de més transparent, lleuger i dolç; cf., e.g., Hipòcrates *De aere aquis locis* VIII. Però jo no veig inconvenient que en l'explicació d'Epicur les partícules rodones expulsades puguin ser també de calor. D'altra banda, segons Aristòtil, Demòcrit atribuïa la solidificació d'un líquid a una reorganització dels seus àtoms; cf. Diels i Kranz (1970), frag. 68 A 38. Aquesta explicació potser coincidia amb una possibilitat que sembla esmentada per Epicur; cf. Bailey en Epicurus (1975), p. 315.

⁶⁷ Cf. *DRN* III 20.

⁶⁸ Cf. *DRN* VI 877-878; i l'observació de Bollack (1978), p. 368. La fusió del gel i de la neu és provocada típicament per la calor del sol; cf., e.g., *DRN* VI 735-737, 962-965.

⁶⁹ Els rius desprenen fred, segons *DRN* IV 218-220, repetit en VI 924-926. I les fonts són caracteritzades com un mitjà de transport de fred des de la terra cap al mar, en *DRN* II 589-591. Això no obsta perquè en algunes fonts especials

5. 5. EL CICLE DE LA CALOR

5. 5. 1. El bucle principal del cicle de la calor

Es pot considerar que el cicle de la calor comença amb la formació del món. Després que les partícules de calor i de foc són aixecades amb l'èter i es constitueixen els astres, mentre la terra encara s'està formant ja cauen sobre ella els raigs del sol i la calor etèria, que l'obliguen a acabar de contreure's.⁷⁰

Lucreci insisteix en la necessitat que els astres, igual que els focs terrestres, siguin alimentats contínuament.⁷¹ El sol, en concret, requereix una abundant aportació de partícules de calor, procedents de tot el món, a fi que pugui escampar els seus raigs també cap a tot arreu, terres, mars i cel.⁷² El sol

l'aigua transporti i emeti grans quantitats de partícules de calor i de foc cap a l'aire, com en el cas de la font que fa encendre una estopa posada damunt seu; cf. *DRN* VI 879-905.

⁷⁰ Cf., *DRN* V 449-508.

⁷¹ La idea d'aliment dels astres i la de cicle de matèria associat a ell no són exclusives dels atomistes. Per exemple l'estoic Sèneca creu que l'aliment dels astres és un hàlit després per la terra, i considera necessari que retorni a la terra d'alguna manera, puix, si no, ella s'esgotaria; cf., e.g., Sèneca *Naturales quaestiones* II v 1-2, VI xvi 2, VII xxv 3.

⁷² Cf., e.g., *DRN* I 231, V 281-305, 523-525, 590-603. En el poema de Lucreci no apareix en absolut la idea, força corrent entre els grecs i els romans, que els astres es nodreixen de la humitat despresa per la terra o pel mar. Aquesta idea sembla que ja era sostinguda per Xenòfanes i Heràclit; cf., e.g., Diels i Kranz (1970), frag. 21 A 40, 22 B 6, i Eggers i Julià (1978), p. 332-333. En Ciceró també es troba; cf., e.g., *De natura deorum* II 14 [40]. I Plini el Vell la reproduïx en *Naturalis historia* II 9 [46] i II 68 [171]. Un autor del s. IV de la nostra era, Eustaci, sembla que l'atribueixi a Demòcrit; cf. Diels i Kranz (1970), 68 B 25. El fet que els testimonis més antics, importants i nombrosos afirmen

apareix com a protagonista principal, però en realitat es pot considerar representant de tots els astres, i fins de tota la regió astral. En efecte, d'una banda Lucreci admet la possibilitat que la major part de la calor que sembla venir del sol no surti pròpiament d'ell, sinó de l'aire encès per ell o de focs invisibles situats al seu voltant.⁷³ I, d'altra banda, en diversos passatges presenta l'èter oferint aliment als astres en general, a més de referir-se de vegades a la calor de l'èter sense identificar-la amb la despresa pel sol o per altres astres.⁷⁴

Així queda, doncs, dibuixat el que anomenaré bucle principal del cicle de la calor: de la terra, del mar i de l'aire inferior conflueixen partícules de calor i de foc cap a la zona astral, i especialment cap al sol, i des d'allí són emeses un altre cop cap a tot arreu en forma de calor i de llum. Dins d'aquest bucle principal es pot distingir un bucle secundari celest, protagonitzat per les partícules que van del sol cap a la resta del cel i després retornen cap al sol.

No he trobat en els textos supervivents explicacions detallades de per què els àtoms de calor i de foc pugen des de la terra i l'aire inferior cap als astres, en les condicions de funcionament estable del món. Però ja he fet notar, en la secció dels moviments ascendants del capítol 4, que en *DRN* trobem suggerit un procés del tipus de l'extrusió com a causa de la pujada del foc; no sembla gaire aventurat pensar que un procés del mateix tipus pot explicar l'ascensió de les partícules disperses de calor i foc.

que, segons Demòcrit, els àtoms del sol eren els rodons i petits del foc, em fa pensar que Eustaci probablement es va confondre o no es va expressar prou bé.

⁷³ Cf. *DRN* V 604-609.

⁷⁴ Cf., e.g., *DRN* I 231, V 523-525, 604-613, VI 481-482.

Tampoc no he trobat en els textos supervivents una explicació atomística detallada dels processos pels quals la calor és emesa pels focs, terrestres o celestes. Una de les escasses indicacions que ens dóna *DRN* és que la calor i la llum procedeixen de l'interior de les coses que les emeten, i que es desordenen en travessar tortuosos camins fins arribar a l'exterior. Per això no són capaces de reproduir la forma de l'emissor, al contrari dels simulacres, que surten de la superfície.⁷⁵

5. 5. 2. Bucle exterior i bucles secundaris

El bucle principal del cicle de la calor no té una circulació uniforme. Sofreix les variacions diària i anual causades pels moviments del sol, les quals indueixen altres cicles menors que es poden considerar com a bucles secundaris del cicle total. També els núvols introdueixen variacions, recollint partícules de calor i de foc sobretot dels raigs del sol, i deixant-les anar després, en bona part en els llamps i llampecs; així se'ls pot considerar protagonistes d'un bucle secundari, intermig en el bucle principal entre la regió astral i la terrestre.

A més la circulació de calor és afectada pels intercanvis d'àtoms entre el nostre món i l'exterior. Lucreci recorre a l'entrada de matèria des de l'infinit, per explicar la possibilitat d'un predomini de la calor i del foc en el món, i per donar compte de l'enormitat del foc que llença el volcà.⁷⁶ Com que l'estabilitat

⁷⁵ Cf., e.g., *DRN* IV 90-97, 199-205.

⁷⁶ Cf., e.g., *DRN* V 380-410, VI 647-679.

del funcionament del món implica que l'entrada d'àtoms exteriors sigui compensada per la corresponent sortida, aquest intercanvi pot ser considerat com un bucle del cicle de la calor obert a l'exterior; l'anomenaré "bucle exterior".

La congelació i la descongelació de l'aigua es poden considerar com un exemple de bucle secundari, induït per les variacions diàries i anuals del bucle principal.

També cada ésser viu pot ser considerat protagonista del seu propi bucle, ja que acaba retornant a la terra i al cel tot allò que ha rebut d'ells.⁷⁷

5. 5. 3. Exemple d'intercanvis de calor: els pous i la font d'Hammó

Considero particularment interessants uns bucles secundaris induïts, anual l'un i diari l'altre, protagonitzats per intercanvis de calor que tenen lloc, segons *DRN*, al voltant de l'aigua dels pous i de la font d'Hammó.⁷⁸ El primer és descrit per explicar el fenomen, aparent per a nosaltres però real per als antics, que l'aigua dels pous sigui més freda a l'estiu que no pas a l'hivern. El segon es refereix a la font del santuari d'Hammó, a Egipte, que provocava una gran admiració en la gent perquè la trobaven freda de dia i calenta de nit.

Des d'una perspectiva atomista, l'explicació és molt semblant en els dos casos. A l'hivern la terra es contreu a causa del fred, i, com si fos comprimida

⁷⁷ Cf., e.g., *DRN* II 900-1001, V 318-323.

⁷⁸ Cf. *DRN* VI 840-878. Un extens comentari a aquest fragment es pot trobar en Bollack (1978), p. 360-376; cf. també Bailey en Lucreti (1966), p. 1681-1688.

per una mà, exprimeix la calor que conté cap a l'aigua dels pous, la qual, en conseqüència, s'escalfa. En canvi a l'estiu la terra, afectada per la calor exterior, deixa anar cap a l'aire les seves pròpies partícules de calor i passen cap a ella les de l'aigua, que, en conseqüència, es refreda. La particularitat de la font d'Hammó, respecte de les fonts normals, radica en el fet que la terra que l'envolta és més porosa que la usual i conté moltes partícules de foc. L'actuació de la terra en aquest cas és descrita així, en *DRN VI 864-873*:

*Hoc ubi roriferis terram nox obruit undis,
extemplo penitus frigescit terra coitque.
hac ratione fū ut, tamquam compressa manu sit,
exprimat in fontem quae semina cumque habet ignis,
quae calidum faciunt laticis tactum atque vaporem.
inde ubi sol radiis terram dimovit obortus
et rarefecit calido miscente vapore,
rursus in antiquas redeunt primordia sedis
ignis et in terram cedit calor omnis aquai.
frigidus hanc ob rem fit fons in luce diurna.⁷⁹*

⁷⁹ Traducció de Dolç en Lucreci (1986), p. 352:

Així, quan la nit submergeix la terra amb les seves ones portadores de rou, immediatament la terra es refreda i es contreu en el seu interior. Per aquesta raó s'escau que, com si hom l'estrenyés amb la mà, aboca a la font tots els gèrmens de foc que conté, els quals tornen calents el tacte i el vapor del líquid. Tot seguit, així que el sol ixent desclou la terra amb els seus raigs i la dilata mesclant-hi l'ardor dels seus focs, de bell nou els elements ignis tornen a llur antic sojorn i tota la calor de l'aigua passa de nou a la terra. Vet aquí perquè la font esdevé freda a la llum del dia.

A més l'aigua, de dia, també deixa anar partícules de foc cap a l'aire, en ser enrarida per la calor solar.

Aquí vull fer notar que el pas de calor des de la terra cap a l'aigua s'efectua per un procés d'extrusió, en el qual la contracció de la terra no és espontània com a l'origen del món sinó induïda pel fred exterior. També remarco que el pas de calor des de l'aigua cap a la terra s'efectua per un procés que es pot considerar com l'invers de l'extrusió. En aquest procés invers, l'enrarament o dilatació d'un cos, i per tant la major abundància d'espai buit en ell, facilita l'admissió de partícules per part seva, concretament de partícules de calor; i, conseqüentment, facilita l'emissió per part d'un altre cos contigu.⁸⁰

Però els efectes de la dilatació o enrarament són complexos: la terra a l'estiu deixa anar cap a l'aire les seves pròpies partícules de calor, i també l'aigua de la font d'Hammó de dia deixa anar cap a l'aire les partícules de foc que conté. Es pot concloure, doncs, que la dilatació d'un cos, provocada per l'arribada de calor des de l'aire, no solament facilita l'entrada en ell de partícules de calor des dels cossos contigus, sinó que també facilita la sortida de les partícules de calor contingudes prèviament en ell, cap a l'aire.

D'altra banda, en el text de Lucreci no apareix de manera explícita l'entrada de calor des de l'aire, o des dels raigs del sol, cap a la terra durant

⁸⁰ Voldria assenyalar que l'explicació de Lucreci, basada en l'extrusió i el procés invers, correspon a la que dona Aristòtil basada en l'ἀντιπερίστασις (antiperístasi, reacció) entre el fred i la calor. Segons Aristòtil, el fred es concentra intensament quan està envoltat de calor, i viceversa. Així explica, entre altres coses, per què les parts subterrànies estan calentes a l'hivern i fredes a l'estiu, i també per què la calamarsa es forma en l'aire calent. Cf., e.g., Aristòtil *Meteorologica* I 12 [348b 2 - 349a 9]; i Sèneca *Naturales quaestiones* VI xiii 2-4.

l'estiu. Però cal suposar-la, perquè, si no, la terra perdria calor sense adquirir-ne, i no es mantindria el funcionament equilibrat del món.⁸¹

Voldria aprofitar l'ocasió per remarcar l'extraordinària importància que el principi general de l'existència d'espai buit en les coses tenia en les explicacions atomistes. Al seu torn, l'emissió de calor i de llum per part del foc, i el pas de calor i de fred a través dels objectes, són utilitzats per Lucreci com arguments per demostrar l'existència d'aquest espai buit.⁸²

⁸¹ Bailey es fa ressò del comentari de Giussani que suposa amb estranyesa que la terra a l'estiu no admet partícules de calor procedents de l'aire; cf. Lucreti (1966), p. 1682. Bollack, en un diagrama que representa els intercanvis de calor en els pous i en la font, indica que la calor passa de l'aire a la terra durant la nit en el cas de la font, que correspon a l'hivern en el cas dels pous; cf. Bollack (1978), p. 372. Jo no veig pas que això sigui suggerit en *DRN*. En canvi crec que el vers VI 870 indica clarament que durant el dia en el cas de la font d'Hammó la calor del sol es barreja amb la terra, i que per això la terra s'enrereix, és a dir, es dilata. Donat el paral·lelisme entre tots dos casos, es pot suposar raonablement que també a l'estiu la calor del sol es barreja amb la terra, en el cas dels pous. Les partícules de calor que la terra emet cap a l'aire a l'estiu són les seves pròpies partícules, les que ja tenia a dins; però no veig que això impedeixi que puguin entrar en ella les noves que vénen de fora.

⁸² Cf., e.g., *DRN* I 655-664, VI 936-953.