

# EL PROBLEMA DEL PES EN LUCRECI

Jesús M<sup>a</sup> Montserrat

Departament de Física Fonamental, Universitat de Barcelona  
Grup d'Història de la Física, Institut d'Estudis Catalans  
Diagonal 657, 08028 Barcelona

## 1. INTRODUCCIÓ

Com és sabut, el filòsof grec Epicur (~ 341 - ~ 270 aC) s'adherí a les idees atomístiques iniciades per Leucip (s. V aC) i desenvolupades per Demòcrit (~ 460 - ~ 360 aC), tot modificant-les en alguns punts, en particular en la qüestió del pes dels àtoms.<sup>1</sup> I durant els sis segles que subsistí l'escola epicúria, els deixebles es mantingueren molt fidels a les doctrines del seu fundador.

Malauradament només ha sobreviscut una obra extensa d'aquesta escola: el poema llatí *De rerum natura* (*De la natura*) de T. Lucreci (~ 96 - ~ 53 aC). Aquesta és la principal font d'informació que tenim sobre la física epicúria, i per això és Lucreci el que figura en el títol d'aquest treball.

Però cal recordar que en el *De rerum natura* no es troben exposades absolutament totes les idees físiques epicúries. N'hi manquen algunes que, en canvi, es troben en la Lletra d'Epicur a Heròdot (*Epistula ad Herodotum*) o en la Lletra a Pítocles (*Epistula ad Pytoctem*), o en altres obres gregues i llatines que fan referència a les doctrines d'aquesta escola.

Pel que respecta al tema del pes en els atomistes, hom en tracta sovint sense preocupar-se gaire de precisar els diversos significats que ells donaven a paraules com ara "pes", "pesant" i similars. Jo considero que cal assegurar-se, d'entrada, de no passar per alt cap significat important, des del punt de vista físic, que és el que ens interessa en aquest treball.

Ara bé, cal tenir en compte que l'explicació epicúria del comportament d'entitats no observables, com els àtoms, o poc assequibles, com els astres, es basa

<sup>1</sup> El lector que no conegui gaire bé l'epicureisme i vulgui informar-se'n millor, trobarà un resum breu i complet, amb bibliografia inclosa, en la Introducció de JUFRESA (1975), pp. 7-77.

en l'analogia amb el comportament d'entitats assequibles i clarament observables. Per això, a fi de poder estudiar el pes dels àtoms o de les grans parts del món, he fet un altre estudi previ intentant identificar al llarg del *De rerum natura* els significats, o matisos, associats a les paraules que designen pes en les situacions de la vida diària clarament observables.

Els significats, o matisos, que he trobat, es podrien resumir i classificar de la manera següent:

1. Causa de la caiguda vertical dels cossos pesants.<sup>2</sup>
2. Capacitat i necessitat de prémer cap avall.<sup>3</sup>
3. Dificultat que presenten els cossos per ser moguts, i per ser dirigits quan s'estan movent.<sup>4</sup>
4. Pes més gran que té un cos en relació amb altres de la mateixa mida.<sup>5</sup>
5. Sensació subjectiva de pes, associada a la dificultat dels éssers animats per aguantar els propis membres o una càrrega exterior.<sup>6</sup>

No costa gaire adonar-se que els diversos significats que té la terminologia del pes en el poema són, aproximadament, els mateixos que es troben en el nostre propi llenguatge col·loquial. Aquest, doncs, en els termes referents al pes, es conserva

<sup>2</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* II 246-248. (En les referències a les obres clàssiques uso la notació tradicional i indico el llibre amb xifres romanes; així, en una referència al *De rerum natura*, II significa llibre segon, i 246-248 versos 246 a 248.).

<sup>3</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* III 893.

<sup>4</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* IV 877-880.

<sup>5</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* V 1241-1242, VI 1056-1058.

<sup>6</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* III 476-478, V 540-544.

encara quasi igual que el dels romans, que era el que usava el nostre poeta.<sup>7</sup> I si no ha canviat gaire en els últims 2.000 anys, és raonable suposar que encara va canviar menys en els quatre segles anteriors a Lucreci: és a dir, també era el llenguatge col·loquial dels grecs clàssics.

Els tres primers significats sovint apareixen junts, sota la terminologia del pes, i es fa difícil distingir quin és el matís predominant en cada cas. El tercer es pot fer correspondre, d'alguna manera, als conceptes newtonians de "massa" i d'"inèrcia".

El quart significat, relacionable amb el que modernament anomenaríem "pes específic", o bé "densitat", s'explica molt clarament en la física atòmica, com veurem de seguida.

El cinquè, la sensació subjectiva de pes, com qualsevol sensació, només la poden tenir els animals segons els atomistes; per tant, no cal que ens en preocupem en tractar d'entitats que no són exclusivament animals.

## 2. PES I MATÈRIA

Al principi del seu poema Lucreci tracta de les propietats generals de les coses, i, entre els arguments destinats a demostrar l'existència del buit, hi trobem el següent:<sup>8</sup>

"Per fi, ¿com és que veiem que unes coses n'avantatgen d'altres en el pes, sense que les superi llur grandària? Si hi hagués tanta matèria en un cabdell de llana com en un mateix volum de plom, pesarien naturalment igual, per tal com és propietat de la matèria de fer pressió en tot cap avall i, al contrari, la natura del buit és de romandre sense pes; d'on, si un cos sembla d'igual magnitud que un altre, però és més lleuger, bé fa veure que posseeix

<sup>7</sup> Voldria aprofitar l'ocasió per assenyalar que aquests significats són precisament els que assimilen els nostres infants quan aprenen a enraonar. Formen part dels "preconceptes" i de les "confusions d'idees" (per exemple entre pes, massa i densitat) que els professors de Física detecten en els seus alumnes primerencs, i que, en bona part, no són res més que allò que els adults els hem ensenyat inconscientment amb el llenguatge.

<sup>8</sup> La traducció catalana dels textos del *De rerum natura*, que reproduïxo en el present treball, és de DOLÇ (1986).

més quantitat de buit; i, inversament, el més feixuc declara que té més porció de matèria i molt menys de buit al seu interior. Existeix, doncs, certament, mesclat amb les coses quelcom que cerquem mitjançant un sagaç raonament: és el que anomenem buit."

(*De rerum natura* I 358-369)

En aquest passatge, hi apareix la coneguda explicació atomística del fet que una cosa pesi més que una altra sense ser més grossa (del que avui dia anomenaríem diferències de pes específic, o de densitat): és perquè la primera conté més matèria i menys espai buit.<sup>9</sup>

Però jo voldria remarcar alguns punts. En primer lloc el concepte de pes que hi apareix, en els versos 362-363, és el de *prémer cap avall*; fer força cap avall és una propietat característica d'allò que és pròpiament cos, matèria, en contraposició a l'espai buit.

En segon lloc, en els versos 360-361, Lucreci distingeix entre el pes d'una cosa i la quantitat de matèria que hi ha en ella. Però, justament en la frase en què els distingeix, afirma la seva proporcionalitat: dues coses que tenen la mateixa quantitat de matèria han de tenir el mateix pes. La idea de quantitat de matèria es pot fer correspondre al concepte newtonià de "massa".

En tercer lloc, l'argument per demostrar l'existència del buit no tindria cap força si s'admetés que hi ha diferències de densitat en la matèria sense buit; és a dir, en la que queda després d'excloure, mentalment, l'espai buit. D'altra banda, pels atomistes, a part del buit només hi ha àtoms. L'argumentació de Lucreci implica, doncs, que la quantitat de matèria que un àtom conté és proporcional al seu volum; i, per tant, el seu pes també és proporcional al seu volum. De fet, Epicur en alguna ocasió usa el terme "pesants" com a sinònim de "grossos", referint-se als àtoms.<sup>10</sup>

Una altra idea important que relaciona matèria i pes, en el *De rerum natura*, es troba en l'exposició d'un argument que pretén demostrar la infinitud espacial de

<sup>9</sup> Cf., e.g., l'explicació dels primers atomistes precisada per ARISTÒTIL (384 -- 322 aC) en *De caelo* IV 2 [309a1-18] (DIELS-KRANZ 1970, p. 99, fragment 68 B 60).

<sup>10</sup> Cf., e.g., EPICUR, *Ep. ad Her.* 61.

l'univers:<sup>11</sup> Si l'univers fos finit, tota la matèria s'hauria acumulat en el seu fons, després d'un temps infinit; els cossos primordials ja no podrien moure's com ara i no existiria cap cosa de les que coneixem. Aquest argument implica que el pes, a llarg termini, acaba dominant sobre qualsevol altre factor que pugui oposar-se a la caiguda de la matèria cap avall, com, per exemple, els rebots cap amunt d'uns àtoms a conseqüència dels xocs amb altres.

### 3. EL PES DELS ÀTOMS

Les idees epicúries bàsiques sobre el moviment de caiguda dels àtoms les trobem exposades en el següent passatge del *De rerum natura*:<sup>12</sup>

"Quan els elements primordials són duts cap avall, en línia recta, a través del buit, per llur propi pes, en un moment sempre indeterminat i en un lloc indeterminat es desvien una mica de llur direcció, a bastament perquè puguem dir que llur moviment ha canviat. Que si no acostumessin a declinar, tots ells caurien, com gotes de pluja, cap avall, a través del buit pregon, i no hauria pogut néixer cap cop ni produir-se cap topada entre els elements: d'aquesta manera mai la natura no hauria creat res.

Perquè si algú, potser, creu que els elements primordials més pesats, per tal com són portats més ràpidament en línia recta a través del buit, poden caure de dalt sobre els més lleugers i produir així aïrats capaços de suscitar moviments generadors, s'esgarria i es distancia força de la vera doctrina. En efecte, tot allò que cau a través de l'aigua i de l'aire enrarit, cal que per causa del pes acceleri la caiguda, per tal com l'element de l'aigua i la tènue natura de l'aire no poden alentir igualment tots els cossos, sinó que, vençuts, cedeixen més aviat als més pesants. Però, al contrari, en cap lloc ni en cap moment no pot el buit inocuat trobar-se sota una cosa, sense que, com reclama la seva natura, no cedeixi immediatament; per consegüent, tots els elements primordials han d'ésser portats a través del buit inert amb igual

<sup>11</sup> Cf. LUCRECI, *De rerum natura* l 984-997.

<sup>12</sup> Un resum paral·lel, exposat per un autor no epicuri es pot trobar en Ciceró (106 -- 43 aC), *De finibus* l 6, 17-19. En EPICUR, *Ep. ad Her.* 60-61 trobem una exposició d'idees complementàries, referents a la direcció vertical (cap amunt- cap avall) i al moviment dels àtoms a igual velocitat.

embranzida, encara que no siguin iguals de pes. Els més pesants, doncs, no podran mai incidir de dalt sobre els més lleugers ni engendrar per llur compte els aürts que causin els variats moviments pels quals la natura governa les coses. Així doncs ho repeteixo un cop més, cal que els elements primordials declinin una mica, però no pas més que el mínim possible, a fi que no sembli que imaginem moviments oblics, que la realitat refutaria. En efecte, veiem clar i manifest que els cossos pesants, pel fet que ho són, no poden fer un camí oblic, quan es precipiten de dalt, pel que pots observar. Però, que res no es desvia en absolut de la línia recta, ¿qui hi ha que ho pugui observar per ell mateix?."

(*De rerum natura* II 217-250)

Les qüestions referents al pes dels àtoms, especialment la definició d'una direcció vertical en l'espai infinit, i encara més la desviació espontània, el "clinamen", han estat debatudes molt amplament.<sup>13</sup> Jo em limitaré a aportar algunes consideracions que es poden afegir al conjunt del que ja ha estat dit.

Pel que fa a la direcció vertical universal de caiguda dels àtoms, Lucreci deixa clar en la part final d'aquest passatge (versos 243-250) que ha de ser la mateixa que segueixen els objectes pesants que veiem caure amb els nostres ulls. Això concorda amb l'explicació que en dona Epicur en *Ep. ad Her.* 60, identificant aquesta direcció amb la marcada per la posició del nostre cos quan està dret. És òbvi que per als epicuris la direcció vertical universal no solament ha d'estar d'acord amb l'experiència sensible, sinó que està definida a partir d'ella, per analogia.

Ara bé, una tal definició no seria possible si la direcció vertical que observem els homes no fos la mateixa per a tots; per exemple, si les verticals observades en diversos llocs no fossin paral·leles. I això és el que passaria si la superfície habitada de la terra no fos plana, sinó esfèrica.

Segons Konstan, "una conclusió clarament falsable de la teoria epicúria de la gravetat és la hipòtesi de la terra plana".<sup>14</sup> Jo voldria precisar que la hipòtesi de la terra plana no és una conclusió de la teoria epicúria, sinó una hipòtesi prèvia de la qual parteix la teoria.

<sup>13</sup> Cf., e.g., KONSTAN (1979), pp. 408-417; i ENGLERT (1987), pp. 1-74.

<sup>14</sup> KONSTAN (1979), p. 417.

En acceptar la hipòtesi com un fet, Epicur i els seus deixebles negaven la validesa dels arguments en favor de la curvatura de la superfície coneguda de la terra. Aquests arguments potser no estaven gaire desenvolupats en temps d'Epicur, però sí que ho estigueren durant els segles posteriors. Alguns d'ells es basaven en fets clarament observables, com ara el lent enfonsament aparent dels vaixells que s'allunyen en el mar, o els estels visibles només des de les regions meridionals.<sup>15</sup>

Per això -tot i que estic d'acord amb Konstan, i altres, que la definició d'una direcció vertical universal en l'espai infinit no és cap absurd-<sup>16</sup> crec que és raonable formular-se la pregunta següent: ¿fins a quin punt, o fins a quin moment, els fets observables no contradieixen la hipòtesi de la terra plana, i, per tant, també la vertical universal de caiguda?

Un altre problema que es planteja a partir de la part central del passatge, versos 225-242, és el de la definició de pes en els àtoms: precisament mentre explica que els àtoms en el buit cauen tots a la mateixa velocitat, Lucreci diu que tenen pesos diferents, i esmenta contínuament els àtoms més pesants i els més lleugers.

Entre els autors moderns que interpreten el pensament epicuri és corrent considerar que el pes dels àtoms és simplement una tendència que tenen a caure cap avall. Llavors, tenint en compte que tots cauen a la mateixa velocitat, és realment difícil entendre en què consisteixen les diferències de pes entre els àtoms. I d'altra banda, com nota Konstan, és difícil explicar el pes dels objectes sensibles sobre la terra, a partir d'aquesta noció de pes dels àtoms.<sup>17</sup>

Jo diria que la definició del pes dels àtoms individuals només com una tendència a caure cap avall és massa restrictiva: oblida la riquesa de significacions que té el pes en el llenguatge dels autors considerats.

D'una banda, ja hem aclarit, en la secció 2<sup>a</sup>, que pels epicuris el pes d'un cos és proporcional a la quantitat de matèria que conté, i que aquesta en els àtoms és proporcional al volum. Per tant, les diferències de pes entre els àtoms signifiquen

<sup>15</sup> Cf., e.g., Plini el Vell, *Naturalis Historia* II 65 [164], 70 [177].

<sup>16</sup> Cf. KONSTAN (1979), p. 416.

<sup>17</sup> Cf. KONSTAN (1979), p. 416.

d'entrada diferències de mida i de quantitat de matèria (de massa, diríem avui dia). El que afirma el *De rerum natura*, en II 225-242, és que aquestes diferències no influeixen en la velocitat de caiguda lliure, però sí que influeixen en el resultat dels xocs amb altres àtoms, concretament els del medi.

D'altra banda, a l'hora de considerar el pes com a causa de la caiguda dels àtoms individuals, potser seria més adequat caracteritzar-lo en termes de capacitat i necessitat de prémer cap avall, com fa Lucreci en *De rerum natura* I 358-369 (el passatge reproduït a la secció 2<sup>a</sup>), més que no pas en termes de moviment. Es podria dir que el pes dels àtoms consisteix en el fet que aquests prémen cap avall, per si mateixos. Encara que la força amb què prémen cap avall sigui més gran o més petita segons la mida de l'àtom, l'espai buit cedeix igualment, puix no pot oferir cap mena d'oposició a cap mena de força. Aquesta versió concorda amb la funció causal que els epicuris atribueixen sempre al pes: les coses, i els àtoms, cauen "a causa del seu pes". La caiguda és conseqüència del pes, i del fet que no hi hagi res a sota que s'oposi eficaçment a ell, ja que l'únic que pot oposar-se a l'empenta d'un cos és un altre cos.<sup>18</sup>

Una seriosa dificultat, plantejada per autors moderns, en la qüestió del pes dels àtoms individuals, es deriva de la doctrina epicúria anomenada de l'equivelocitat atòmica: els àtoms es mouen tots i sempre amb la mateixa rapidesa, sigui quina sigui la direcció que porten.<sup>19</sup> El plantejament més clar d'aquesta dificultat es dona en el moviment de pujada vertical, d'un àtom individual, causat per xocs amb altres àtoms: si l'àtom ha d'acabar anant cap avall a causa del seu pes i la seva rapidesa s'ha de mantenir constant, el canvi de sentit, de pujada a baixada, ha de ser instantani. Així ho explica Furley, el qual considera que el canvi de sentit l'efectua l'àtom per si sol, sense cap intervenció exterior.<sup>20</sup> Llavors l'efecte del propi pes és molt semblant al del cop d'un altre àtom.

Furley admet que les diferències de pes es podrien traduir en diferències d'espai recorregut de pujada, abans d'invertir el sentit del moviment. Però se li pot objectar que els àtoms no tenen memòria, i l'espai buit tampoc: un àtom que va cap

<sup>18</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* I 336-337.

<sup>19</sup> Cf., e.g., EPICUR, *Ep. ad Her.* 61-62.

<sup>20</sup> Cf. FURLEY (1967), pp. 122-123.



amunt en el buit no pot pas saber si ha recorregut poc o molt espai de pujada. Sembla inevitable la indeterminació del moment en què ha d'actuar el pes. Com nota Konstan, difícilment una tal indeterminació hauria passat desapercebuda als crítics antics de l'epicureisme.<sup>21</sup> D'altra banda, jo voldria remarcar que segons Lucreci, i tots els testimonis antics, el que trenca el determinisme en el funcionament de la natura és el clinamen: ningú no al·ludeix mai cap altra font d'indeterminació en el moviment dels àtoms.

Konstan proposa una altra solució: el pes de l'àtom només actuaria en el moment del xoc amb un altre àtom, fent que la direcció emergent fos amb preferència la vertical cap avall. Així s'evitaria la indeterminació del moment d'actuació del pes. Però jo hi veig també un inconvenient: Lucreci afirma, en *De rerum natura* II 221-224, que si no hi hagués clinamen els àtoms caurien en l'espai infinit a causa del seu pes sense xocar; per tant suposa que el pes actuaria encara que no hi hagués hagut mai cap xoc.

La solució d'aquest problema deu ser realment difícil. De fet Lucreci no el tracta. En realitat ni tan sols esmenta l'equivocitat dels àtoms en tota circumstància; només explica la igualtat de velocitats en la caiguda a través del buit.

#### 4. EL PES DELS COSSOS COMPOSTOS

El pes en els cossos compostos de molts àtoms, està lligat a altres realitats força complexes, com són la cohesió i el moviment del conjunt del cos.

Com que els àtoms, segons els epicuris, es mouen sempre a gran velocitat i no hi ha cap força d'atracció entre ells, resulta realment difícil explicar com es mantenen units i coordinats formant objectes compostos.<sup>22</sup> No pretenc pas fer això en el present treball; em limitaré als aspectes relatius al pes.

El moviment dels cossos compostos segons la doctrina epicúria, el solen interpretar els autors moderns com a resultant o mitjana dels moviments molt més ràpids dels àtoms individuals (tenint en compte la transmissió de les empentes d'uns

<sup>21</sup> Cf. KONSTAN (1979), p. 413.

<sup>22</sup> Aquest problema es pot trobar estudiat, e.g., en BOGAARD (1975).

àtoms als altres per mitjà dels xocs). Tampoc no pretenc tractar aquesta qüestió en el present treball.<sup>23</sup> Només vull assenyalar que, en la caiguda causada pel pes, el moviment d'un compost es pot explicar a partir dels moviments dels seus àtoms exactament igual que qualsevol altre moviment d'ell. Només cal considerar que la causa que els àtoms es moguin cap avall és el seu propi pes, en comptes de ser les topades amb altres àtoms.

Un cos pot ser frenat més o menys pel medi que travessa en la seva caiguda; o pot ser aturat, o impedit de caure, per un altre objecte, com, per exemple, la terra que ens aguanta. En aquests casos hauran de ser els àtoms exteriors, del medi o dels altres objectes, els que amb els seus cops contrarestin l'efecte del pes dels àtoms del compost. També hauran de ser els cops dels àtoms exteriors, naturalment, els que aixequin una cosa en contra del pes. Lucreci, com tots els atomistes, és ben clar en aquest punt: no hi ha res que pugi espontàniament; si alguna cosa puja és perquè una altra l'obliga a pujar.<sup>24</sup>

En les relacions entre compostos, els epicuris donen una particular importància a un procés anomenat, actualment, *ékthipsis*, o extrusió. Bailey el descriu així: "un àtom és atrapat entre altres i expulsat cap enfora".<sup>25</sup> Jo crec que el procés és bastant més complex, segons el trobem descrit en el *De rerum natura* en el passatge de la formació del món.<sup>26</sup> El nostre món es va formar a partir d'una càdica acumulació d'àtoms, per mitjà d'un procés de separació de diversos materials, que acabaren constituint les grans parts del món: terra, mar, aire i regió estelar. El començament de la separació s'efectuà així:

"En efecte, de primer antuvi tots els corpuscles de la terra, per causa de llur pes i de llur enllaç, s'ajuntaven cap al centre i ocupaven en massa els estatges més baixos; i com més servaven entre ells llur connexió, més

<sup>23</sup> Es pot trobar tractada, e.g., en FURLEY (1967), pp. 123-127.

<sup>24</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* II 184-215.

<sup>25</sup> Cf. BAILEY (1966), p. 1387.

<sup>26</sup> Cf. LUCRECI, *De rerum natura* V 416-508. Recordem que, segons EPICUR, *Ep. ad Pyt.* 88, 'Un món és una part limitada del cel que comprèn els astres, la terra i tots els fenòmens celestials. Està separat de l'infinit i al seu extrem pot tenir un moviment rotatori o estar-se quiet, i el seu perímetre pot ésser rodó, triangular o de qualsevol altra configuració.' (Traducció de Jufresa 1975).

expulsaven fora de llur matèria els elements que havien de formar el mar, els astres, el sol, la lluna i les muralles del món immens. Tots aquests cossos, en efecte, consten de semences primordials més llises i més rodones, d'elements força més petits que els de la terra."

(*De rerum natura* V 449-457)

Els protagonistes d'aquest passatge són anomenats per Lucreci semences, elements, etc., que en el seu llenguatge tant podrien ser àtoms com petits agregats d'àtoms. Però en un fragment del pseudo-Plutarc, que conté una descripció molt semblant de la formació del món, els protagonistes són inequívocament els àtoms.<sup>27</sup> Per tant hem de considerar que els protagonistes de Lucreci són o bé àtoms o bé petits agregats que es comporten igual que els àtoms en l'actuació que se'ls assigna aquí. Jo els anomenaré partícules.

Notem que la causa que va fer agrupar les partícules de la terra és el fet que fossin pesades i entrelaçades (el pseudo-Plutarc només parla d'àtoms més pesants i més grossos). Se'ns podria ocórrer que pesant aquí vol dir, simplement, massiu, però el fet que es reuneixin en els estatges més baixos indica clarament que el pes va actuar fent-les baixar. El fet de prémer-se entre elles, les partícules de terra, és el que va fer sortir cap enfora les partícules més petites, llises i rodones (el pseudo-Plutarc diu àtoms petits, rodons, llisos i escorredissos).

És clar que en aquest procés d'extrusió no intervé només el pes de les partícules; també hi intervé la forma. En altres passatges del *De rerum natura* els àtoms, o les partícules, més grossos i garfits s'agrupen estretament per formar coses dures i pesades com el ferro o les roques; en canvi, els àtoms, o partícules, petits, llisos i rodons queden menys comprimits, constituint coses fluides com l'aigua o l'aire.<sup>28</sup> Per què els atomistes atribuïen aquesta actuació als àtoms, i a les partícules? Indubtablement, per analogia amb els fèndmens observables, que mostren com els cossos petits i llisos són més mòbils, mentre que els pesats i rugosos són més estables.<sup>29</sup>

<sup>27</sup> Cf. ps.-Plutarc, *De placitis philosophorum* I 4 (USENER 1966, p. 215, fragment 308).

<sup>28</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* II 444-455.

<sup>29</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* III 196-202.

Furley, en el passatge esmentat a la nota 20, accepta que les diferències en el pes dels àtoms han de causar diferències en el seu moviment, i que aquestes podrien consistir en el fet que, quan un àtom pesant xoca amb un de lleuger, el pesant es desvii només una mica de la seva trajectòria. La idea és ben lògica i, a més, pot deduir-se fàcilment per analogia amb el món diari: per exemple, quan una nau grossa i pesant xoca amb una de petita i lleugera, la grossa es desvia menys de la seva trajectòria que la petita. En aquest efecte podria raure la contribució del pes dels àtoms a l'extrusió. Però vull puntualitzar que aquest és un efecte del pes entès en el sentit comparable al de massa, o d'inèrcia, i no en el sentit de causa de la caiguda en el buit.

Em sembla raonable suposar que els atomistes assignaven aquest comportament als àtoms en els seus xocs, per analogia, fos quina fos la direcció del moviment. D'altra banda, la forma dels àtoms és independent de qualsevol tendència a caure. Per tant, l'extrusió pot funcionar també prescindint de la tendència intrínseca dels àtoms a caure.

Una altra conseqüència del que acabem de dir és que l'extrusió, per si sola, no pot produir una distribució vertical dels materials segons la seva lleugeresa. Quan els àtoms lleugers són expulsats, en principi no han de sortir pas expulsats cap dalt. Podrien sortir cap als costats o cap a baix; si no ho fan, és perquè troben el pas barrat per algun recipient o pels mateixos àtoms grossos. Ara bé, els àtoms grossos no es posarien a sota si no hi hagués una causa que els hi fes posar. En el sistema epicuri aquesta causa és el seu pes, entès en el sentit de causa de la seva caiguda en el buit.

El mecanisme de l'extrusió és aplicat a situacions molt diverses. Per exemple, Lucreci l'usa en explicar el pas de la calor de la terra cap a l'aigua dels pous, o de la font d'Hammó, a causa de la contracció de la terra provocada pel fred exterior.<sup>30</sup> En aquesta ocasió el material fluid i lleuger no surt expulsat cap dalt. Epicur també utilitza l'extrusió per explicar la congelació de l'aigua; i en aquest cas només té en compte la forma dels àtoms, angulosos o rodons, i no el seu pes.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Cf. LUCRECI, *De rerum natura* VI 845-847, 861-868.

<sup>31</sup> Cf. EPICUR, *Ep. ad Pys.* 109.

## 5. EL PES DELS GRANS COSSOS

La física epicúria ha de fer front a algunes situacions paradoxals, en les quals alguns cossos molt grans, formats per materials pesants, s'aguanten sense caure en un medi constituït per materials molt més lleugers.

Un primer cas és el dels núvols. Els núvols, segons Lucreci, estan formats per àtoms, o partícules, més aviat aspres, agrupats prou densament per poder aguantar en el seu interior la neu i la calamarsa, i grans quantitats d'aigua.<sup>32</sup>

És clar que els núvols s'aguanten a l'aire. Però com? Els textos epicuris no ho expliquen directament. En canvi hi ha una teoria de Demòcrit que explica un fenomen que pot oferir una analogia: les laminetes metàl·liques planes molt petites s'aguanten a l'aigua perquè les sostenen les partícules calentes que puguen de l'aigua; en canvi, els trossets estrets cauen al fons perquè hi ha poques partícules que s'hi oposen.<sup>33</sup>

D'aquí es pot deduir que per la caiguda o sosteniment d'un cos en un medi compta decisivament el nombre d'àtoms del medi que xoquen amb ell des de sota; i això depèn, en bona part, de la forma del cos. Molts xocs d'àtoms petits i poc aglomerats poden impedir que caigui un cos format per àtoms molt més grossos i aglomerats. No solament poden impedir que caigui, sinó que poden aixecar-lo: Lucreci descriu com el vent mou i aixeca les coses, i explica que en els volcans és el vent que aixeca cendres i pedres a gran alçada.<sup>34</sup>

El mateix procediment pot servir per explicar l'ascensió i el sosteniment, en l'aire, de pols, partícules d'aigua, i corpuscles i àtoms de tota mena.

Els núvols, doncs, bé podrien ser sostinguts pel vent; però entre les nombroses intervencions que el vent té en els núvols, segons el *De rerum natura*, no hi consta la de sostenir-los. Més aviat semblen sostinguts simplement per l'aire. Això seria perfectament possible d'acord amb la física atomística: basta que un nombre

<sup>32</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* VI 102-107, 451-523.

<sup>33</sup> Cf. ARISTÒTIL, *De caelo* IV 6 [313a21-313b2] (DIELS-KRANZ 1970, p. 100, fr. 68 A 62).

<sup>34</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* I 271-297, VI 680-702.

suficient d'àtoms xoqui contra ells des de sota; és clar que encara mancaria per explicar que empeny aquests àtoms cap amunt; potser es podria recórrer als rebots dels àtoms de l'aire que xoquen contra la superfície superior de la terra.

Però la veritat és que els textos que han sobreviscut no indiquen que els epicuris es plantegessin aquest problema.<sup>35</sup>

Molt més greu és el cas de la terra en el seu conjunt, com a cos global. Konstan afirma que, segons l'explicació epicúria del pes, la terra cau en el medi que l'envolta, i que aquest retarda la seva caiguda.<sup>36</sup> Això és el que ens podria semblar més raonable a nosaltres; però no és en absolut el que creien els epicuris, com es pot observar, per exemple, en un passatge del *De rerum natura* que comença així:<sup>37</sup>

"I perquè la terra s'estigui quieta a la regió central del món, cal que el seu pes minvi i s'esvaeixi a poc a poc, i que a la seva part inferior sigui formada d'una altra substància, fortament unida des de l'origen i capaç de fer una sola unitat amb les parts aèries del món, en les quals viu inserida."

(*De rerum natura* V 534-538)

És indubtable que Lucreci considera que la terra està quieta al mig del món. I això per ell no és una conclusió que s'hagi de demostrar a partir d'una teoria, sinó un fet, clar i indiscutible, que ha de ser explicat. En la concepció epicúria del món la terra només pot ser sostinguda per l'aire, puix és l'únic que està en contacte amb ella per sota.<sup>38</sup> El problema és com pot fer-ho: tots veiem que l'aire no aguanta un terròs de terra quan el deixem anar.

Podríem imaginar un gran vent constant que pugés des de les parts inferiors del món i sostingués la terra. Però no és aquesta la solució que consta al *De rerum natura*. Lucreci veu la solució del problema en l'adaptació del cos de la terra a l'aire:

<sup>35</sup> En canvi sí que se'l plantejava Aristòtil: afirmava que als núvols hi ha gotetes molt petites d'aigua, les quals poden ser aguantades per l'aire gràcies a llur petitesse, igual que els trocets de terra o d'or són aguantats per l'aigua (cf., e.g., ARISTÒTIL, *Meteorologica* I 12 [348a7-10])

<sup>36</sup> Cf. KONSTAN (1979), pp. 411-412.

<sup>37</sup> LUCRECI, *De rerum natura* V 534-563.

<sup>38</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* II 601-604.

la terra per sota es va enrarint amb la profunditat, i està adaptada a l'aire de manera que pot ser sostinguda per aquest. Es podria dir que, segons el *De rerum natura*, la terra té aproximadament naturalesa de terròs per sobre i de núvol per sota.

Lucreci no explica pas el fenomen a nivell atòmic. Atribueix a l'aire una gran capacitat de sosteniment, sense aclarir gaire d'on li prové. De fet, el món en el *De rerum natura* apareix com un gran cos compost; l'organització de les seves grans parts i el sosteniment de la terra al seu interior pertanyen al tema de la formació i el manteniment dels cossos compostos, en el qual intervenen altres factors a part del pes. Podem suposar que els àtoms de l'aire empenyen cap amunt els de la terra colpejant-los des de sota; però no se'ns explica enlloc que empeny cap amunt aquests àtoms de l'aire. Podrien ser els de l'èter, que enclou i tanca el món pertot arreu, o els rebots dels xocs entre els àtoms de l'aire i els de l'èter. Llavors alguna cosa hauria de colpejar al seu torn els àtoms de l'èter des de sota. I amb això entrem en el problema del sosteniment del món en el seu conjunt.

A algú se li podria ocórrer que, segons les doctrines epicúries, la terra està quieta respecte de les altres parts del món, però el món sencer està caient en l'espai infinit. Això implicaria atribuir als epicuris un concepte de la relativitat del moviment i de l'espai, completament absent de la seva física i de la mentalitat del seu temps. Quan Lucreci accepta que la terra està quieta al mig del món, accepta que està quieta en l'espai absolut, i, per tant, el món també.

Ni el *De rerum natura* ni cap altre text antic suggereix mai que el món estigui caient, segons els epicuris. De fet la referència més explícita que he trobat a la qüestió és d'Aquil.les (s. III ? dC), i es podria traduir així:<sup>39</sup>

"Els epicuris diuen que el món està quiet, sostingut per l'aire que hi ha en els intermundis. Els intermundis són els intervals que hi ha entre els móns."

(Aquil.les, *Isagogé* 9, 132 a)

En els textos epicuris és clar que a fora del món hi ha àtoms de tota mena, que el colpegen contínuament i són tan essencials per a ell com l'aliment per als éssers

<sup>39</sup> Cf. USENER (1966), p. 353, fr. 301b.

vius.<sup>40</sup> Però no hi consta que hi hagi pròpiament aire. Ara bé allò que Aquil.les anomena aire podria ser simplement la matèria que hi ha en els intermundis.

D'altra banda, com hem vist a la secció 2<sup>a</sup>, Lucreci estableix la preeminència del pes, a llarg termini, sobre qualsevol altre factor que pogués oposar-s'hi. Però això no exclou la possibilitat que el món sigui sostingut sense caure durant un lapse de temps, el de la seva existència. Precisament Lucreci al final d'aquell mateix passatge (*De rerum natura* I 996-997), afirma que gràcies a la infinitud de l'univers hi ha àtoms que són enviats des de sota. Aquests àtoms podrien ser els responsables del sosteniment del món en l'espai infinit.<sup>41</sup>

La qüestió del sosteniment del món està enllaçada amb una altra referent a la seva formació. Hem vist a la secció 4<sup>a</sup> (*De rerum natura* V 449-457) que els àtoms, o partícules, de terra es van agrupar als estats més baixos i al centre perquè eren pesats i entrellaçats. S'ha discutit força què significa als estats més baixos i al centre. Em sembla clar que la possibilitat que signifiqui el centre geomètric de l'acumulació originària de materials, com si fos el centre d'una esfera, és exclosa per la violenta oposició de Lucreci a la teoria centripeta.<sup>42</sup> A més, el text del pseudo-Plutarc, citat a la nota 27, no esmenta "el centre", només esmenta "a baix".

El *De rerum natura* s'ha de referir, doncs, al fons de la gran acumulació originària de materials, com si fos el fons d'una àmfora o d'un "doliuni". Llavors, per què aquells àtoms, quan van arribar als llocs més baixos, no van continuar caient encara més avall? Només els ho podia impedir quelcom que hi hagués a sota.

El procés de creació del món, doncs, suposa l'existència de quelcom exterior que limitava (i aguantava) la gran acumulació originària, al menys per sota i pels costats. Sembla lògic suposar que aquest material fos el mateix que després aguanta el món. Podem imaginar un corrent ascendent d'àtoms, o un material que actuï igual que l'aire en el sosteniment de la terra; això últim concordaria millor amb el text d'Aquil.les.

<sup>40</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* II 1105-1149.

<sup>41</sup> La possibilitat que un conjunt d'àtoms pugui mantenir-se per si sol sense caure, està exclosa implícitament per la universalitat del pes, entès com a causa de llur caiguda en el buit, i explícitament per LUCRECI (cf., e.g., *De rerum natura* I 1077-1078).

<sup>42</sup> Cf., e.g., LUCRECI, *De rerum natura* I 1052-1082.



Aquí també podem preguntar sobre què s'aguanta aquest material, o d'on prové el corrent ascendent d'àtoms (i més si tenim en compte la tendència universal a caure en l'espai infinit). La resposta sembla que hauria de ser "des de més avall"; però no tenim cap informació que permeti localitzar-ne, ni tan sols d'una manera aproximada, l'origen. En realitat, ni el *De rerum natura* ni els altres textos supervivents es plantegen aquest problema.

## 6. CONCLUSIÓ

A primera vista, el problema del pes sembla resolt d'una manera senzilla per Epicur, i per tant per Lucreci: tot cau.

Però quan hom es vol assabentar de l'actuació íntima del pes en els cossos més petits, els àtoms, es troba que el *De rerum natura* no n'explica cap part important, i tampoc els altres textos que han sobreviscut. En canvi se susciten unes qüestions molt difícils de resoldre, derivades sobretot de l'equivelocitat dels àtoms.

D'una manera paral·lela, quan es tracta del pes dels grans cossos, ens trobem o bé amb poques explicacions, o bé sense explicacions. I l'única escola filosòfica que podia parlar pròpiament del pes del món sembla que se n'hagi oblidat.

## AGRAÏMENTS

Desitjo expressar el meu reconeixement als professors Luis Navarro, Montserrat Jufresa i Dolors Urgell per la seva ajuda en la revisió crítica d'aquest treball.

## BIBLIOGRAFIA

ARISTÒTIL *De caelo* (Text i traducció francesa: P. Moraux, *Aristote. Du ciel*. París 1965).

--- *Meteorologica* (Text i traducció francesa: P. Louis, *Aristote. Météorologiques*. París 1982).

BAILEY, C. (1966) *Titi Lucreti Cari De rerum natura*. Volum III. Oxford (1ª ed.

1947).

BOGAARD, P.A. (1975) "The status of complex bodies in epicurean atomism", *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 6, núm. 4, pàgs. 315-329.

CICERÓ, M.T. *De finibus bonorum et malorum* (Text i traducció anglesa: H. Rackham, *Cicero. De finibus bonorum et malorum*. Londres 1951 (1<sup>a</sup> ed. 1914)).

DIELS, H.; KRANZ, W. (1970) *Die Fragmente der Vorsokratiker*. Dublin, vol. II (1<sup>a</sup> ed. 1903).

DOLÇ, M. (1986) *Lucreci. De la natura*. Barcelona.

ENGLERT, W. G. (1987) *Epicurus on the swerve and voluntary action*. Atlanta.

EPICUR *Epistula ad Herodotum* (Text i traducció catalana: M. Jufresa, *Epicur. Lletres*. Barcelona 1975).

--- *Epistula ad Pythoclem* (id.).

FURLEY, D.J. (1967) *Two studies in the Greek atomists*. Princeton.

KONSTAN, D. (1979) "Problems in Epicurean Physics", *Isis* 70, pàgs. 394-418.

LUCRECI, T. *De rerum natura* (Text i traducció catalana: J. Balcells, *Lucreci. De la natura*. 2 vols, Barcelona 1923-1928).

PLINI, C. *Naturalis Historia* (Text i traducció catalana M. Olivar, *Plini el Vell. Història natural*. vol. I, Barcelona 1925).

USENER, H. (1966) *Epicurea*. Stuttgart (1<sup>a</sup> ed. 1887).