

Cartago, 4 de septiembre de 2002.

**Los cuatro elementos.
Fundamentación aristotélica según el
De generatione et corruptione, II**

Guillermo Coronado C. (*)

(*) Miembro del Círculo de Cartago,

Profesor catedrático de Universidad de Costa Rica y del Instituto
Tecnológico de Costa Rica.
(gcoronad@caritari.ucr.ac.cr)

I. En torno a la noción de elemento o principio. Materia prima, cualidades contrarias y elementos

En el libro segundo del *De generatione et corruptione*, Aristóteles no solamente enumera lo tratado en el primer libro, es decir, los temas relativos a la combinación, al contacto, a la acción y la pasión, en tanto que estos procesos se refieren a las "cosas que sufren un cambio natural", sino que precisa el tema central de este segundo libro, a saber, "los llamados elementos de los cuerpos" (328b32), de aquellas substancias naturalmente constituidas (1). Además, anticipa una definición de elemento, cuando afirma que

"Demos, pues, nuestro acuerdo a que es correcto llamar principios y elementos a las materias primarias a partir de cuya transformación, por asociación y disociación u otro tipo de cambio, se producen la generación y la corrupción" (329a5).

Como es costumbre en las investigaciones aristotélicas, se discute las opiniones de los filósofos anteriores, se cuestionan y luego se propone el enfoque propio. En este enfoque hay tres elementos fundamentales: materia prima, cualidades y elementos. En sus propias palabras se tiene que

"Nosotros decimos, en cambio, que hay una materia de los cuerpos sensibles, de la cual se generan los llamados elementos; pero ella no posee existencia separada, sino que está siempre asociada a una pareja de contrarios. ... Pero, puesto que también los cuerpos primarios surgen de la materia de este mismo modo, debemos dar una explicación sobre ellos, en la creencia de que la materia, que es sustrato de las cualidades contrarias, pero sin estar separada de ellas, es principio, y principio primario (pues ni lo caliente es materia de lo frío, ni éste de lo caliente, sino que es sustrato es materia de ambos).

En consecuencia, "principio" es, en primer lugar, aquello que es potencialmente un cuerpo

perceptible; en segundo lugar, las parejas de contrarios (menciona como ejemplo la calidez y la frialdad), y, en tercer lugar, el fuego, el agua y sus similares. Estos últimos, en efecto, se transforman unos en otros, al contrario de como afirman Empédocles y otros pensadores (porque, en tal caso, no habría alteración), pero las parejas de contrarios no se transforman": (329a24)

Tres conceptos se plantean, pero se consideran los dos últimos, dado que la materia prima es una noción que corresponde a otro contexto de análisis, y que no posee una existencia por sí misma. Del segundo, esto es, las cualidades contrarias, también se establece su no existencia autónoma, pero sí su pertinencia en este contexto de análisis. Finalmente, de los elementos: se afirma su transformación o transmutabilidad, con lo que se va más allá del planteamiento pluralista original de Empédocles (2).

II. Cualidades primarias y el sentido del tacto

La pareja de contrarios anteriormente señalada, lo caliente y lo frío, no resulta casual para el tratamiento aristotélico de la cuestión. Ellas son cualidades táctiles y las cualidades provenientes del tacto son las cualidades cruciales para el planteamiento aristotélico, por dos motivos: 1- las cosas del mundo sublunar son sensibles, esto es tangibles, y lo tangible guarda relación necesaria con lo táctil; 2- las cualidades táctiles son universales, al contrario de las que provienen de otros sentidos, que pueden estar o no presentes, como en el caso de la vista - a pesar de su importancia en otros contextos de análisis -, en que el color está ausente del aire, o bien son cualidades que no definen la tangibilidad, como queda claro en el inicio del capítulo segundo, cuando escribe:

"Dado que buscamos los principios del cuerpo perceptible, esto es, "tangible", y que tangible es aquello cuya percepción se da por contacto, resulta evidente que no todas las parejas de contrarios constituyen las formas y los principios del cuerpo, sino solamente las correspondientes al tacto, pues dichos cuerpos difieren conforme a una contrariedad, a saber, una contrariedad de cualidades tangibles. Por eso, ni la blancura o la negrura, ni la dulzura o el amargor, como tampoco ninguna de las demás contrariedades sensibles, constituyen un elemento". (329b6)

Ahora bien, provenientes del tacto se pueden establecer varias contrariedades, pero entre ellas caben relaciones de dependencia, por lo que se debe distinguir entre las primarias y las derivadas. De acuerdo con el análisis

aristotélico, se pueden considerar siete parejas de cualidades táctiles contrarias, esto es, caliente-frío, seco-húmedo, pesado-liviano, duro-blando, viscoso-desmenuzable, áspero-liso y grueso-fino (cf 329b18). Pero ellas pueden ser analizadas, ya sea en virtud de su ser activo o pasivo (3), crucial para la comprensión de los elementos de las cosas naturales, o bien de la posibilidad de reducirlas unas a las otras. Así lo pesado y lo liviano no pueden ser primarios, pues no son ni activos ni pasivos; lo fino y lo grueso pueden verse como derivaciones de lo húmedo y lo seco. Aristóteles explica el porqué lo fino deriva de lo húmedo - lo húmedo posee la capacidad de colmar el continente y lo fino también; lo grueso derivaría del contrario de lo húmedo, lo seco (329b33). Pero no se tiene una simple reciprocidad puesto que otras de las parejas derivan de lo húmedo seco, como es el caso de lo viscoso-desmenuzable y lo blando-duro, pero que no derivan de lo fino-grueso.

En síntesis se tiene una clasificación entre pares de cualidades primarias y pares de cualidades derivadas o reducibles a las primeras. Aquellas corresponden a los dos primeros pares de la lista anterior: caliente-frío y seco-húmedo; las segundas, son los cinco restantes pares. Ahora bien, resulta que los dos primeros pares no pueden reducirse más y por ello las cualidades primarias son, necesariamente, cuatro. Aristóteles lo resume así:

"Es manifiesto, por tanto, que todas las demás diferencias se reducen a las primeras cuatro, pero éstas no pueden ser reducidas a un número menor. En efecto, no lo caliente es, propiamente, lo que es húmedo o seco, ni lo húmedo es, propiamente, lo que es caliente o frío; ni tampoco lo frío y lo seco dependen uno del otro ni de lo caliente y lo frío. En consecuencia, tales diferencias son necesariamente cuatro". (330a24)

III. Representación esquemática de la derivación de los cuatro elementos a partir de las cuatro cualidades primarias.

Aristóteles en el libro II, capítulo 3, de su *De Generatione et corruptione*, ofrece una derivación de los cuatro elementos a partir de las cualidades primarias establecidas en el análisis previo.

Para lograr una representación esquemática de tal derivación o explicación racional (4) de los elementos se debe aceptar lo siguiente.

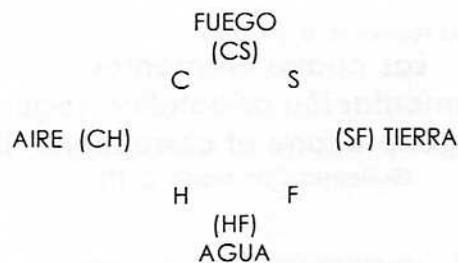
1-Una Condición: unir las cuatro cualidades primarias en parejas pero excluyendo pares de cualidades idénticas y también contrarias.

2- El Simbolismo a emplear en lo que sigue es el siguiente: S= seco; C= caliente; F= frío; H= húmedo.

3- La clave interpretativa que da sentido a todo el planteamiento es la primacía de las cualidades táctiles denominadas primarias sobre todas las otras, esto es, las derivadas o secundarias. En comparación con la

modernidad, se tiene un enfoque cualitativista en lugar de uno de tipo cuantitativo, a la manera del atomismo de John Dalton.

El cuadrado de los elementos



Antes de terminar esta sección, vale la pena hacer dos consideraciones adicionales.

Primero: los cuatro elementos se pueden dividir en dos pares, los que a su vez se asocian con las regiones del mundo sublunar, a saber, el centro y la periferia. En efecto, el Fuego y el Aire se correlacionan con el límite superior, el arriba, mientras que la Tierra y el Agua con el centro, o abajo; esto supone también referencia a los dos movimientos naturales de esta región de lo cambiante, es decir, los movimientos naturales rectilíneos en tales direcciones respectivamente, hacia arriba o hacia abajo. En otros términos se nos justifica la existencia de elementos livianos y pesados en virtud de las parejas anteriormente definidas. (cf. 330b30)

Segundo: en una simplificación de su propuesta, Aristóteles caracterizaba a cada uno de los cuatro elementos por una cualidad específica: lo caliente para el Fuego, lo seco para la Tierra, lo Húmedo para el Aire y lo frío para el Agua. (cf. 331a)

IV. La generación recíproca de los elementos: tres casos

En el siguiente capítulo de su tratado, Aristóteles explicita su propuesta explicativa de las transformaciones de los elementos, con lo que no solamente aplica a tres instancias particulares su construcción explicativa, sino que trasciende, como se señaló al inicio de este trabajo, la propuesta original de los cuatro elementos por Empédocles. Se discuten tres casos particulares que a continuación consideramos de manera exhaustiva.

1 En un primer caso, se deben considerar elementos consecutivos, contiguos en el cuadrado de oposiciones, esto es: aquellos que poseen una cualidad en común. La operación teórica consiste en cambiar la otra cualidad por su contrario. Aristóteles afirma que el resultado viene a ser un proceso rápido y cíclico; por ejemplo: Fuego y Tierra son elementos consecutivos, con lo seco como la cualidad común. Cámbiese la cualidad caliente del elemento Fuego (CS) por su contrario, y se obtendría lo seco y frío (SF), es decir, el elemento Tierra.

2 El segundo caso supone elementos no consecutivos, esto es, opuestos en el diagrama anteriormente establecido, y que no poseen una propiedad en común. La operación conceptual propuesta consistiría en cambiar ambas propiedades de uno de los dos elementos por sus respectivas contrarias. El resultado sería un proceso lento y no cíclico de transformación de los elementos, aunque sí recíproco. Por ejemplo: dado que el Fuego y Agua no poseen cualidad en común (y por ello son opuestos en el cuadrado de relaciones), cámbiese lo seco y lo caliente del Fuego por sus respectivas cualidades contrarias, lo húmedo y lo frío, y obviamente se obtendría el elemento Agua, es decir, lo húmedo y frío. Este proceso puede invertirse. Lo mismo valdría para el elemento Aire y Tierra.

3 El tercer caso remite a parejas de elementos: en consecuencia, se tienen dos posibilidades, en virtud de que las parejas sean de elementos no consecutivos o consecutivos, con el resultado de que en una de ellas es posible la transformación, mientras que en la otra no lo es. En concreto, la operación consistiría en eliminar pares de cualidades. El resultado positivo o negativo de la transformación elemental dependería de las cualidades eliminadas. Véanse, de manera más específica, estos dos casos:

A Si se eliminara una cualidad en cada uno de dos elementos no consecutivos, según el cuadrado de los elementos, la transformación resultaría fácil pero no recíproca. Por ejemplo: sean los dos elementos, Fuego (CS) y Agua (HF). Si lo seco del Fuego y lo frío del Agua se eliminan, se obtendría Aire, esto es, lo caliente húmedo (CH). O bien, si lo caliente y lo húmedo se eliminan, se obtendría Tierra, el elemento seco y frío (SF). Si los elementos en cuestión fueran Aire (CH) y Tierra (SH), al eliminar lo húmedo y lo frío, se obtendría el Fuego (CS); si, por otra parte, se destruyesen lo caliente y lo seco, resultaría Agua, lo húmedo y frío. Todos los casos muestran la no reciprocidad.

B Si se eliminara una cualidad en cada uno de dos elementos consecutivos, no habría transformación elemental, puesto que resultarían o parejas de cualidades idénticas o bien contrarias. Por ejemplo: sean los elementos de la pareja el Fuego (CS) y la Tierra (SF). Si lo caliente y lo frío se eliminaran en estos elementos, se obtendría SS una pareja de cualidades idénticas, es decir, un no simple o elemento.

Luego no es posible la transformación puesto que se viola la condición para formar parejas de cualidades primarias tal como se estableció en la sección primera de este trabajo de análisis. Por el contrario, si se elimina lo seco en ambos elementos, se obtendría CF, el par de contrarios de lo caliente y lo frío, que tampoco puede ser simple o elemental, pues ambos se neutralizarían o destruirían por ser cualidades opuestas, se puede decir desde una perspectiva moderna. Recuérdese el contexto cualitativista que asume Aristóteles en su concepción de la

naturaleza, en particular, y en toda su filosofía, en general. La misma situación se daría si se tomase Aire (CH) y Agua (HF) y se eliminasen las correspondientes cualidades. Aristóteles, al cierre de este cuarto capítulo ofrece lo que puede tomarse como aproximación a una regla general, supuestas las condiciones antes establecidas.

"También sucede lo mismo en otros casos, pues en todos los elementos consecutivos existe una cualidad idéntica y otra contraria. Luego es también evidente que la generación adviene, en unos casos, al transformarse un elemento en otro por la destrucción de una cualidad, mientras que, en otros casos, ocurre por la transformación de dos elementos en uno en virtud de la destrucción de más de una cualidad". (331b35)

V. Las cosas o compuestos como combinaciones de los cuatro elementos

Como cierre de este análisis falta establecer, con Aristóteles, que los compuestos propios de la región sublunar están conformados por combinaciones de los cuatro elementos, y no por combinaciones en menor número. Ello puede explicarse, para profundizar en el texto aristotélico, puesto que los compuestos requieren de la oposición pesado - ligero en sus dos grados, el extremo, Tierra-Fuego, y el intermedio, Agua-Aire. Si no fuera así (por ejemplo: respecto de un supuesto cuerpo conformado por tres elementos) se rompería la integración de las relaciones intermedias, y con la transformabilidad de sus componentes constitutivos en un ciclo pleno, Transformabilidad que supone, en cada elemento, una pareja de contrarios, los que a su vez suponen sus contrariedades, por lo que remiten a las cuatro posibilidades establecidas como fundamentales. Evidentemente, ella se violentaría con una combinatoria menor a los cuatro elementos.

Aristóteles lo plantea de manera más simple al inicio del capítulo octavo, cuando escribe: "La totalidad de los cuerpos combinados - que están ubicados en la región en torno del centro - se componen de todos los cuerpos simples". Y luego de señalar la necesidad de los elementos Tierra y Agua en todos los compuestos, establece la necesidad de sus correspondientes contrarios, esto es, el Aire y el Fuego. En realidad, los compuestos, cosas o sustancias de este mundo sublunar no son estrictamente contrarias, como lo son las propiedades definitorias de cada una de ellas. Aristóteles concluye afirmando que

"Así pues, puesto que las generaciones tienen lugar a partir de los contrarios, y ya está presente una de las parejas de extremos contrarios / Tierra y Agua /, necesariamente debe estar también la otra pareja, de modo que en todo compuesto se hallarán todos los cuerpos simples". (335a7)

VI-Transmutabilidad de los elementos y el movimiento

circular de los cielos

En todo lo anterior se ha supuesto la heterogeneidad del cosmos aristotélico con toda las diferencias entre lo supralunar y lo sublunar. Y la teoría de los cuatro elementos se aplica al mundo terrestre. Ahora bien, una de las consecuencias más significativas de la heterogeneidad es la independencia de las dos regiones, la no relación causal entre ambas.

Sin embargo, Aristóteles cierra el libro segundo del tratado bajo consideración, capítulo 10, con dos observaciones que de cierta manera relaciona ambas regiones del cosmos. En primer lugar, se relaciona la generación y la corrupción con la cercanía o lejanía del sol en el círculo de la eclíptica (segunda traslación para distinguirla de la primera, o rotación diaria del mundo). Ello coincide con el fenómeno de las estaciones y la fecundidad de la tierra, lo cual conecta la teoría con la experiencia, por una parte; pero por la otra, debilita la independencia de las regiones heterodoxas del cosmos. En palabras de Aristóteles se tiene que:

"Por tanto, la causa de la generación y la corrupción no es la primera traslación, sino la traslación a lo largo del círculo oblicuo, pues en ella está tanto la continuidad como el doble movimiento. Es necesario, en efecto, que si la generación y la corrupción han de existir siempre, deba haber algo moviéndose siempre para que estos cambios no dejen de producirse, y con movimiento doble, de modo que no se dé sólo uno de los cambios.

Así pues, la traslación del universo es causa de la continuidad, mientras que la inclinación lo es del acercamiento y alejamiento. Pues sucede que el sol llega a estar, a veces, lejos y, a veces, cerca, y, por ser desigual la distancia, resultaría irregular el movimiento. En consecuencia, si el sol genera al aproximarse y estar cerca, es él mismo quien destruye por alejarse y volverse distante, y si genera por sus frecuentes distanciamientos, también destruye por sus frecuentes distanciamientos. ..." (336a33-336b8)

En segundo lugar, las transformaciones de los elementos, que en muchos casos, como se analizó antes, son del tipo rectilíneo, sin embargo pueden en última instancia asociarse con el ciclo de los movimientos circulares de los cielos, es decir, con el movimiento circular propio de lo celeste.

"La causa de esto es, ... la traslación circular, pues es la única continua. Por eso, también todas las otras cosas que se transforman recíprocamente según sus afecciones y potencias, como los cuerpos simples, imitan la traslación circular. En efecto, cuando el agua se genera del aire y del aire el fuego y, nuevamente, del fuego el agua, decimos que la generación ha completado el

ciclo, porque retorna al punto inicial. En consecuencia, también la traslación rectilínea es continua en tanto imita a la circular". (337a6)

Todo lo cual no es sino una reconfirmación de la idea de la transmutabilidad de los elementos, por una parte, y una reafirmación del papel fundamental de tales elementos para una comprensión teórica del mundo del cambio natural.

Notas

1. Aristóteles enseña que la región celeste o supralunar, la región de lo inmutable y sin contrarios, la de los movimientos circulares y uniformes de los planetas, los que no son ni pesados ni ligeros, está conformada por un quinto elemento, al que llama éter. Dicho quinto elemento es ingenerado, incorruptible, incapaz de sufrir incremento o decrecimiento, sin contrario, eterno.

"De todo lo dicho resulta con evidencia que el cuerpo que es primero de todos es eterno, y que, de atenernos y creer lo que hemos

supuesto, no crece ni decrece, ni aumenta su senectud o los años de su vida, y está sujeto a alteraciones ni modificaciones. ... De manera que, dado que el primer cuerpo es algo distinto de la tierra y el fuego, el aire y el agua, llamaron éter al lugar extremo, tomando el nombre del mismo del "siempre correr" en un tiempo eterno. ... " Del cielo, I, 3.

2- Véase el análisis del tema en el De caelo, III, 5 y 6.

3- Aristóteles amplía esta distinción en sus Meteoros, claramente distinguiendo dos cualidades activas y dos pasivas, a saber, lo caliente y lo frío, lo seco y lo húmedo, respectivamente.

"Hemos distinguido en los elementos cuatro factores causales, cuyas combinaciones dan lugar a cuatro elementos: dos de estos factores son activos, lo caliente y lo frío; dos son pasivos, lo húmedo y lo seco. Esto puede confirmarse considerando algunos casos concretos.

Siempre se ha observado que son el calor y el frío los que determinan, combinan y cambian las cosas, tanto si son de la misma especie como si son de especies distintas, y que también son ellos los que producen el humedecimiento o el secado, el endurecimiento o el reblandecimiento; por otra parte, las cosas húmedas y secas son los sujetos de determinación y de los demás cambios enumerados ahora mismo, tanto aisladamente como tomados en combinaciones mutuas.

Podemos ver esto mismo examinando las definiciones que damos de la naturaleza de estos mismos factores. Hablamos, en efecto, de lo caliente y lo frío como activos (ya que lo que produce una combinación es, en algún sentido, activo), y de lo húmedo y lo seco como pasivos

(pues lo que es no resistente o resistente se describe como tal en virtud de su ser modificado de alguna manera).

Es, pues, evidente que, de entre los cuatro factores, dos son activos y dos pasivos. ... " Meteoros, IV, 1.

4-Por explicación racional se entiende una construcción teórico-explicativa que no necesariamente implica la realización fáctica del proceso. La cuestión de la facticidad del proceso será estudiada en el contexto de la alquimia, en un próximo trabajo.

Bibliografía

Aristóteles. Obras. Traducción del griego, estudio preliminar, preámbulos y notas por Francisco de P. Samaranch. Madrid: Aguilar. 1964.

The Works of Aristotle. Volume I. Great books of the Western World. Encyclopaedia Britannica. Chicago: The University of Chicago Press. 1971.

Acerca de la generación y la corrupción. Introducción, traducción y notas de Ernesto La Croce. Madrid: Editorial Gredos. 1987.

Meteoros. En Los científicos griegos. Recopilación, estudio preliminar, preámbulos y notas por Francisco Vera. Madrid: Aguilar. 1970.

Átomos y modelos atómicos: 1814-1914

Prof. H. W. SCHÜTT

Hay varias razones para hacer historia de la ciencia. Una de estas razones surge del campo de la didáctica (enseñanza). Si pensamos, por ejemplo, en las dificultades que los profesores de química tienen que superar cuando tratan de explicar los fenómenos de combustión comprenderemos cuán útil puede ser hablar de las teorías de la combustión del pasado y de los argumentos con los que fueron refutadas.

Hablar de los conceptos históricos de átomos y de atomismo puede ser también de gran importancia para resolver problemas didácticos de la moderna teoría atómica. Muchos estudiantes de humanidades, y aun estudiantes de química tienen dificultades para captar el formalismo matemático de la teoría física de hoy y para comprender los fenómenos que están más allá del alcance de las percepciones visuales. Pero con la ayuda de la historia pueden alcanzar al menos una importante meta: se puede comprender por qué el átomo de hoy llegó a ser lo que es; o -en otros términos- por la comprensión de la necesidad histórica del concepto de átomo actual puede comprender la intrínseca necesidad de tener este concepto particular.

Entremos en materia. El "siglo del electrón", es decir, el "siglo del átomo moderno", como el historiador de la química Aaron Ihde ha denominado nuestro tiempo, surgió lentamente allá en los principios del siglo XIX. No quiero extenderme en las dificultades metafísicas que el átomo indivisible, y el átomo indivisible y específico de un elemento de John Dalton tuvo que enfrentar, especialmente a los ojos de muchos positivistas. Quiero consagrarme solamente a una muy importante noción del atomismo daltoniano, a saber, la suposición que, por la misma definición, "átomo" significa "indivisible" - que el átomo no puede ser dividido, esto es, que no tiene partes específicas, y que toda la materia ponderable está compuesta por átomos.

Sin sorpresa alguna, la historia del atomismo moderno empezó con el descubrimiento de fenómenos que se escapaban a su explicación dentro del esquema teórico de las ciencias de aquellos días. Estos descubrimientos iniciaron un desarrollo histórico que manifiesta una cierta estructura interna:

1- Al principio se dan descubrimientos empíricos, los cuales en nuestro caso no fueron inducidos por la teoría.

2- Luego existe la sensación de que esos fenómenos