

Isaac Asimov

# Breve historia de la química

Introducción a las ideas  
y conceptos de la química



Alianza  
Editorial  
1966  
2016

Título original: *A Short History of Chemistry -  
An Introduction to the Ideas and Concepts of Chemistry*  
(Publicado en inglés por Doubleday & Co., Inc., Nueva  
York)

Traducido por: Alfredo Cruz y María Isabel Villena  
Revisión científico-técnica de la traducción: David  
Galadí-Enríquez

Diseño y cubierta: Estrada Design  
Fotografía: © Corbis / Cordon Press

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© 1965 by Educational Services Incorporated  
© Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1975, 2016  
Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15  
28027 Madrid  
[www.alianzaeditorial.es](http://www.alianzaeditorial.es)

ISBN: 978-84-9104-432-1  
Depósito legal: M. 13.586-2016  
Printed in Spain

Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial,  
envíe un correo electrónico a la dirección: [alianzaeditorial@anaya.es](mailto:alianzaeditorial@anaya.es)

# Índice

11	1. La Antigüedad
28	2. La alquimia
49	3. La transición
66	4. Los gases
89	5. Los átomos
115	6. Química orgánica
129	7. Estructura molecular
150	8. La tabla periódica
175	9. Química física
200	10. Química orgánica de síntesis
224	11. Química inorgánica
238	12. Electrones
253	13. El átomo nucleado
281	14. Reacciones nucleares
299	Notas



*A Catherine y Sprague de Camp,  
quienes en veinticinco años no han  
envejecido un solo día*



# 1. La Antigüedad

## La piedra y el fuego

Los primeros hombres que empezaron a utilizar instrumentos se servían de la naturaleza tal como la encontraban. El fémur de un animal de buen tamaño o la rama arrancada de un árbol eran magníficas garrotas. Y ¿qué mejor proyectil que una piedra?

Con el paso de los milenios, los hombres primitivos aprendieron a tallar las piedras, dándoles un borde cortante o una forma que permitiera asirlas fácilmente. El siguiente paso consistió en unir la piedra a un astil de madera tallado para este propósito. Pero, de todas formas, sus piedras talladas seguían siendo piedras, y su madera tallada seguía siendo madera.

Sin embargo, había ocasiones en que la naturaleza de las cosas sí cambiaba. Un rayo podía incendiar un bosque y reducirlo a un montón de cenizas y restos pulveri-

zados, que en nada recordaban a los árboles que había antes en el mismo lugar. La carne conseguida mediante la caza podía estropearse y oler mal; y el jugo de las frutas podía agriarse con el tiempo, o convertirse en una bebida extrañamente estimulante.

Este tipo de alteraciones en la naturaleza de las sustancias (acompañadas, como a veces descubrían los hombres, de cambios fundamentales en su estructura) constituyen el objeto de la ciencia que hemos dado en llamar *química*. Y una alteración fundamental en la naturaleza y en la estructura de una sustancia es un *cambio químico*.

La posibilidad de beneficiarse deliberadamente de algunos fenómenos químicos se hizo realidad cuando el hombre fue capaz de producir y mantener el fuego (lo que en términos históricos se conoce como «descubrimiento del fuego»). Tras este hallazgo el hombre se convirtió en un químico práctico al idear métodos para que la madera –u otro material combustible– se combinase con el aire a una velocidad suficiente y producir así luz y calor, junto con cenizas, humo y vapores. Había que secar la madera y reducir a polvo una parte para utilizarla como yesca; había que emplear algún método –como el frotamiento– para alcanzar la temperatura de ignición, y así sucesivamente.

El calor generado por el fuego servía para producir nuevas alteraciones químicas: los alimentos podían cocinarse, y su color, textura y gusto cambiaban. El barro podía cocerse en forma de ladrillos o de recipientes. Y, finalmente, pudieron confeccionar cerámicas, piezas esmaltadas e incluso objetos de vidrio.

Los primeros materiales que usó el hombre eran universales, en el sentido de que se encuentran en cualquier parte: madera, hueso, pieles, piedras... De todos ellos la piedra es el más duradero, y los útiles de piedra tallada son los documentos más claros de que disponemos actualmente para conocer aquel dilatado período. Por eso hablamos de la *Edad de la Piedra*.

Aún estaba el hombre en esta época de la piedra tallada cuando, unos 8.000 años a. de C., en la región que ahora conocemos como Oriente Próximo, se introdujo un cambio revolucionario en la producción de alimentos: hasta ahora el hombre obtenía la comida cazando, igual que cualquier otro animal. Pero a partir de este momento aprendió a domesticar y cuidar animales, disponiendo así siempre de comida abundante y segura. Y, lo que es aún más importante, aprendió a cultivar las plantas. Como consecuencia de la acumulación de alimentos que trajeron consigo la cría de animales y la agricultura, se registró un importante aumento de la población. La agricultura exige fijar el lugar de residencia, y así nuestros antecesores construyeron viviendas, desarrollándose poco a poco las primeras ciudades. Esta evolución determina literalmente el comienzo de la «civilización», pues esta palabra viene del término que en latín significa «ciudad».

Durante los dos primeros milenios de esta civilización naciente, la piedra se mantuvo como material característico de los instrumentos, si bien se descubrieron nuevas técnicas de manufactura. Esta *Nueva Edad de la Piedra* o *Neolítico* se caracterizó por un cuidadoso pulido de la piedra. La alfarería fue otro de los factores que contribu-

yeron al desarrollo. Lentamente, los logros del Neolítico superior se extendieron fuera de la región de Oriente Próximo. Hacia el año 4000 a. de C. aparecen características de esta cultura en el oeste de Europa. Pero en esta época las cosas ya estaban suficientemente maduras en Oriente Próximo –Egipto y Sumeria, lo que hoy es Iraq– para que se produjesen nuevos cambios.

El hombre empezaba a servirse de unos materiales relativamente raros. Alentado por las útiles propiedades de estos materiales, aprendió a sobrellevar las incomodidades de una búsqueda tediosa y unos procedimientos complicados y llenos de contrariedades. A estos materiales se les conoce por el nombre de *metales*, palabra que expresa ella misma el cambio, ya que probablemente deriva del vocablo griego que significa «buscar».

## Los metales

Los primeros metales debieron de encontrarse en forma de pepitas. Y con seguridad fueron trozos de *cobre* o de *oro*, ya que éstos son de los pocos metales que se hallan libres en la naturaleza. El color rojizo del cobre y el tono amarillo del oro debieron de llamar la atención, y el brillo metálico, mucho más hermoso y sobrecogedor que el del suelo circundante, incomparablemente distinto del de las piedras corrientes, impulsaban a cogerlos. Indudablemente, el primer uso que se dio a los metales fue el ornamental, fin para el que servía casi cualquier cosa que se encontrara: piedrecillas coloreadas, perlas marinas...

Sin embargo, los metales presentan una ventaja sobre los demás objetos llamativos: son *maleables*, es decir, que pueden aplanarse sin que se rompan (la piedra, en cambio, se pulveriza, y la madera y el hueso se astillan y se parten). Esta propiedad fue descubierta por casualidad, indudablemente, pero no debió pasar mucho tiempo entre el momento del hallazgo y aquel en que un cierto sentido artístico llevó al hombre a golpear el material para darle formas nuevas que pusieran más de relieve su atractivo.

Los artífices del cobre se dieron cuenta de que a este metal se le podía dotar de un filo cortante como el de los instrumentos de piedra, y que el filo obtenido se mantenía en condiciones en las que los instrumentos de piedra se mellaban. Posteriormente vieron cómo un filo de cobre como podía volver a afilarse con más facilidad que uno de piedra. Solamente la escasez del cobre impidió que su uso se extendiera más, tanto en la fabricación de herramientas como en la de objetos ornamentales.

El cobre se hizo más abundante cuando se descubrió que podía obtenerse a partir de unas piedras azuladas. Cómo se hizo este descubrimiento, o dónde o cuándo, es algo que no sabemos y que probablemente no sabremos jamás.

Podemos suponer que el descubrimiento se hizo al encender un fuego de leña sobre un lecho de piedras en el que había algunos trozos de mineral. Después, entre las cenizas, destacarían pequeñas gotas de cobre brillante. Quizá esto ocurrió muchas veces antes de que alguien observara que si se encontraban piedras azules y se calentaban en un fuego de leña, se producía siempre co-

bre. El descubrimiento final de este hecho pudo haber ocurrido unos 4.000 años a. de C. en la península del Sinaí, al este de Egipto, o en la zona montañosa situada al este de Sumeria, lo que hoy es Irán. O quizá ocurriera simultáneamente en ambos lugares.

En cualquier caso, el cobre fue lo suficientemente abundante como para que se utilizara en la confección de herramientas en los centros más avanzados de la civilización. En una tumba egipcia se ha encontrado una sartén con una antigüedad aproximada de 5.200 años a. de C. En el tercer milenio a. de C. se descubrió una variedad de cobre especialmente dura, obtenida al calentar juntos minerales de cobre y de estaño, casi seguro que por accidente (véase fig. 1). A la *aleación* (término que designa la mezcla de dos metales) de cobre y estaño se le llamó *bronce*, y hacia el año 2000 a. de C. ya era lo bastante común como para ser utilizado en la confección de armas y corazas. Se han hallado instrumentos de bronce en la tumba del faraón egipcio Itetis, que reinó aproximadamente 3.000 años a. de C.

El acontecimiento histórico más conocido de la *Edad del Bronce* fue la guerra de Troya, en la que soldados con armas y corazas de bronce disparaban flechas con punta de este metal contra sus enemigos. Un ejército sin armas de metal estaba indefenso frente a los «soldados de bronce», y los forjadores de aquella época gozaban de un prestigio semejante al de nuestros físicos nucleares. Eran hombres poderosos que siempre tenían un puesto entre los reyes. Y su oficio fue divinizado en la persona de Hefesto, dios mitológico de la fragua. Incluso hoy día –y no por casualidad– «Smith», o alguno de sus equiva-

lentes, es el apellido más común entre los pueblos de Europa\*.

La suerte iba a favorecer de nuevo al hombre de la Edad del Bronce, que descubrió un metal aún más duro: el *hierro*. Por desgracia era demasiado escaso y precioso como para poder usarlo en gran cantidad en la confección de armaduras. En efecto, en un principio las únicas fuentes de hierro eran los trozos de meteoritos, naturalmente muy escasos. Además, no parecía haber ningún procedimiento para extraer hierro de las piedras.

El problema radica en que el hierro está unido mucho más firmemente, formando mineral, de lo que estaba el cobre. Se requiere un calor más intenso para fundir el hierro que para fundir el cobre. El fuego de leña no bastaba para este propósito, y se hizo necesario utilizar el fuego de carbón vegetal, más intenso, pero que sólo arde en condiciones de buena ventilación.

El secreto de la fundición del hierro fue por fin desvelado en el extremo oriental de Asia Menor, y al parecer en una época tan temprana como 1.500 años a. de C. Los hititas, que habían levantado un poderoso imperio en Asia Menor, fueron los primeros en utilizar corrientemente el hierro en la confección de herramientas. Se conservan cartas que un rey hitita envió a su virrey, destacado en una región montañosa rica en hierro, fechadas aproximadamente en el 1280 a. de C., y en las que se dan detalles inequívocos sobre la producción del metal.

El hierro puro (*hierro forjado*) no es demasiado duro. Sin embargo, un instrumento o una armadura de hierro

\* «Smith» = forjador, herrero. (N. del T.)

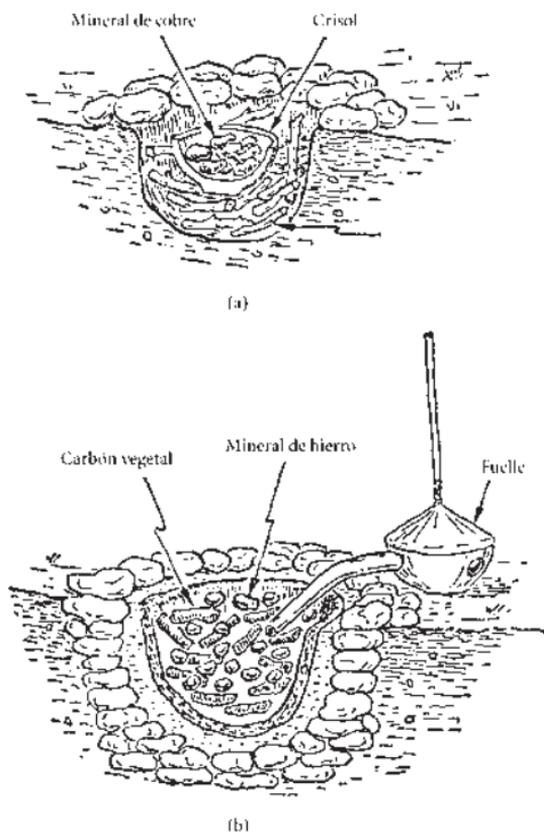


Fig. 1. Crisoles primitivos ideados para alcanzar la temperatura adecuada para la reducción de los diferentes minerales. En el horno para cobre (a) la mena fundía en un crisol sobre fuego de leña. La reducción del mineral de hierro (b) requería más calor, y para obtenerlo se llenaba el horno de carbón vegetal, suministrando oxígeno mediante un fuelle.

mejoraba al dejar que una cantidad suficiente de carbón vegetal formara una aleación con ese metal. Esta aleación –que nosotros llamamos *acero*– se extendía como

una piel sobre los objetos sometidos a tratamiento y les confería una dureza superior a la del mejor bronce, manteniéndose afilados durante más tiempo. El descubrimiento en territorio hitita de la manufactura del acero marca el punto crucial en la metalurgia del hierro. Un ejército protegido y armado con hierro duro podía enfrentarse a otro ejército pertrechado de bronce con muchas probabilidades de vencer. Estamos en la *Edad del Hierro*.

Los dorios, antigua tribu griega, equipados con armas de hierro, invadieron la península de Grecia desde el norte, más o menos en el 1100 a. de C., y gradualmente fueron venciendo a los pueblos micénicos que, pese a su más avanzada civilización, sólo disponían de armamento de bronce. Otros grupos de griegos penetraron en Canaán portando armas de hierro. Eran los filisteos, que tan importante papel juegan en los primeros libros de la Biblia. Frente a ellos los israelitas permanecieron indefensos hasta que, bajo el mando de Saúl, fueron capaces de fabricarse sus propias armas de hierro.

El primer ejército abundantemente equipado con hierro de buena calidad fue el asirio, lo que le permitió, 900 años a. de C., formar un poderoso imperio.

Antes de que apuntaran los días gloriosos de Grecia, las artes químicas habían alcanzado un estado de desarrollo bastante notable. Esto era particularmente cierto en Egipto, donde los sacerdotes estaban muy interesados en los métodos de embalsamado y conservación del cuerpo humano después de la muerte. Los egipcios no sólo eran expertos metalúrgicos, sino que sabían preparar pigmentos minerales y jugos e infusiones vegetales<sup>1</sup>.

De acuerdo con cierta teoría, la palabra *khemeia* deriva del nombre que los egipcios daban a su propio país: *Kham*. (Este nombre se usa también en la Biblia, donde, en la versión del rey Jacobo, se transforma en *Ham*.) Por consiguiente, *khemeia* puede ser «el arte egipcio».

Una segunda teoría, algo más apoyada en la actualidad, hace derivar *khemeia* del griego *khumos*, que significa el jugo de una planta; de manera que *khemeia* sería «el arte de extraer jugos». El mencionado jugo podría ser sustituido por metal, de suerte que la palabra vendría a significar el «arte de la metalurgia».

Pero, sea cual sea su origen, *khemeia* es el antecedente de nuestro vocablo «química».

## Grecia: los elementos

Hacia el año 600 a. de C., el sutil e inteligente pueblo griego dirigía su atención hacia la naturaleza del Universo y la estructura de los materiales que lo componían. Los eruditos griegos o «filósofos» (amantes de la sabiduría) estaban más interesados en el «porqué» de las cosas que en la tecnología y las profesiones manuales. En resumen, fueron los primeros que –según nuestras noticias– se enfrentaron con lo que ahora llamamos *teoría química*.

El primer teórico fue Tales (aproximadamente 640-546 a. de C.). Quizá existieron griegos anteriores a Tales, e incluso otros hombres anteriores a los griegos, capaces de meditar correcta y profundamente sobre el significado de los cambios en la naturaleza de la materia, pero ni sus nombres ni su pensamiento han llegado hasta nosotros.

Tales fue un filósofo griego nacido en Mileto (Jonia), región situada en el Egeo, la costa oeste de lo que ahora es Turquía. Tales debió de plantearse la siguiente cuestión: si una sustancia puede transformarse en otra, como un trozo de mineral azulado puede transformarse en cobre rojo, ¿cuál es la naturaleza de la sustancia? ¿Es de piedra o de cobre? ¿O quizá es de ambas cosas a la vez? ¿Puede cualquier sustancia transformarse en otra mediante un determinado número de pasos, de tal manera que todas las sustancias no serían sino diferentes aspectos de una materia básica?

Para Tales la respuesta a la última cuestión era afirmativa, porque de esta manera podía introducirse en el Universo un orden y una simplicidad básica. Quedaba entonces por decidir cuál era esa materia básica o *elemento*<sup>2</sup>.

Tales decidió que este elemento era el agua. De todas las sustancias, el agua es la que parece encontrarse en mayor cantidad. El agua rodea a la Tierra; impregna la atmósfera en forma de vapor; corre a través de los continentes, y la vida es imposible sin ella. La Tierra, según Tales, era un disco plano cubierto por la semiesfera celeste y flotando en un océano infinito.

La tesis de Tales sobre la existencia de un elemento a partir del cual se formaron todas las sustancias encontró mucha aceptación entre los filósofos posteriores. No así, sin embargo, el que este elemento tuviera que ser el agua.

En el siglo siguiente a Tales, el pensamiento astronómico llegó poco a poco a la conclusión de que el cielo que rodea a la Tierra no es una semiesfera, sino una esfera completa. La Tierra, también esférica, estaba suspen-

didada en el centro de la cavidad formada por la esfera celeste.

Los griegos no aceptaban la noción de vacío y por tanto no creían que en el espacio que hay entre la Tierra y el distante cielo pudiera no haber nada. Y como en la parte de este espacio que el hombre conocía había aire, parecía razonable suponer que también lo hubiese en el resto.

Tal pudo haber sido el razonamiento que llevó a Anaxímenes, también de Mileto, a la conclusión, hacia el 570 a. de C., de que el aire era el elemento constituyente del universo. Postuló que el aire se comprimía al acercarse hacia el centro, formando así las sustancias más densas, como el agua y la tierra (véase fig. 2).

Por otra parte, el filósofo Heráclito (aproximadamente 540-475 a. de C.), de la vecina ciudad de Éfeso, tomó un camino diferente. Si el cambio es lo que caracteriza al universo, hay que buscar un elemento en el que el cambio sea lo más notable. Esta sustancia, para él, debería ser el fuego, en continua mutación, siempre diferente a sí mismo. La fogosidad, el ardor, presidían todos los cambios<sup>3</sup>.

En la época de Anaxímenes los persas invadieron las costas jónicas. Tras el fracaso de un intento de resistencia, el dominio persa se volvió más opresivo, y la tradición científica entró en decadencia; pero antes de derrumbarse los emigrantes jonios trasladaron esta tradición más al oeste. Pitágoras de Samos (aproximadamente 582-497 a. de C.), natural de una isla no perteneciente a las Jónicas, abandonó Samos en el 529 a. de C. para trasladarse al sur de Italia, donde se dedicó a la enseñanza, dejando tras de sí un influyente cuerpo de doctrina.

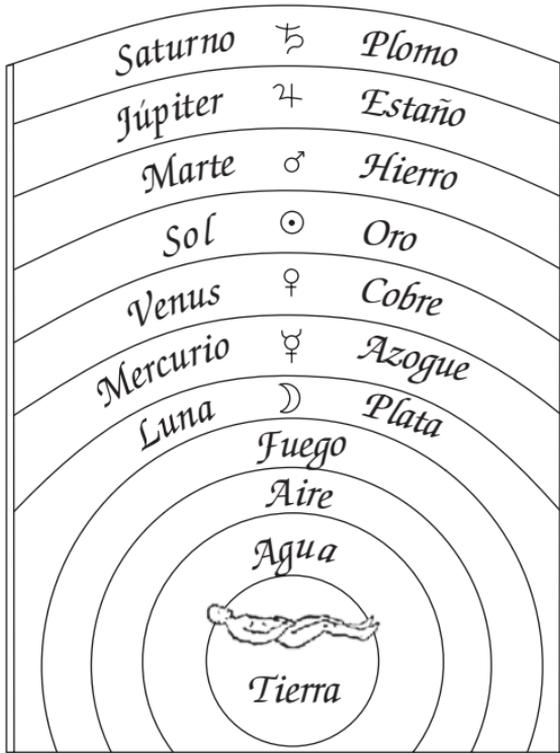


Fig. 2. La cosmología alquimista incorporó los «cuatro elementos» de Aristóteles junto con las equivalencias terrestres y celestes, haciendo corresponder los mismos símbolos a los planetas y a 105 metales. La figura es adaptación de un grabado original de Robert Fludd (1574-1637), que dio la espalda al espíritu científico de su época y se lanzó a la búsqueda de lo oculto.

Empédocles (aproximadamente 490-430 a. de C.), nacido en Sicilia, fue un destacado discípulo de Pitágoras, que también trabajó en torno al problema de cuál es el elemento a partir del que se formó el universo. Las teorías propuestas por sus predecesores de la escuela jónica

lo pusieron en un compromiso, porque no veía de qué manera iba decidirse por una u otra.

Pero, ¿por qué un solo elemento? ¿Y si fueran cuatro? Podían ser el fuego de Heráclito, el aire de Anaxímenes, el agua de Tales y la tierra, que añadió el propio Empédocles.

Aristóteles (384-322 a. de C.), el más influyente de los filósofos griegos, aceptó esta doctrina de los *cuatro elementos*. No consideró que los elementos fuesen las mismas sustancias que les daban nombre. Es decir, no pensaba que el agua que podemos tocar y sentir fuese realmente el elemento «agua»; simplemente es la sustancia real más estrechamente relacionada con dicho elemento.

Aristóteles concibió los elementos como combinaciones de dos pares de propiedades opuestas: frío y calor, humedad y sequedad. Las propiedades opuestas no podían combinarse entre sí. De este modo se forman cuatro posibles parejas distintas, cada una de las cuales dará origen a un elemento: calor y sequedad originan el fuego; calor y humedad, el aire; frío y sequedad, la tierra; frío y humedad, el agua.

Sobre este esquema avanzó todavía un paso más al afirmar que cada elemento tiene una serie de propiedades específicas que le son innatas. Así, es propio de la tierra el caer, mientras que en la naturaleza del fuego está el elevarse. Sin embargo, los cuerpos celestes presentaban características que parecían diferentes de las de las sustancias de la Tierra. En lugar de elevarse o caer, estos cuerpos daban la impresión de girar en círculos inalterables alrededor de la Tierra.

Aristóteles supuso que los cielos deberían estar formados por un quinto elemento, que llamó «éter» (término que proviene de una palabra que significa «resplandecer», ya que lo más característico de los cuerpos celestes es su luminosidad). Como los cielos no parecían cambiar nunca, Aristóteles consideró al éter como perfecto, eterno e incorruptible, lo que lo hacía muy distinto de los cuatro elementos imperfectos de la tierra.

Esta teoría de los cuatro elementos impulsó el pensamiento de los hombres durante dos mil años. Si bien ahora está ya muerta, al menos en lo que a la ciencia se refiere, todavía pervive en el lenguaje corriente. Por ejemplo, hablamos de la «furia de los elementos» cuando queremos expresar que el viento (aire) y las nubes (agua) se manifiestan violentamente por efecto de la tormenta. En cuanto al «quinto elemento» (éter), se vio transformado por la lengua latina en la *quintaesencia*, y cuando hablamos de la «quintaesencia» de algo, queriendo indicar que se encuentra en el estado más puro y concentrado posible, estamos en realidad invocando la perfección aristotélica.

### Grecia: los átomos

Otro importante tema de discusión encontró un amplio desarrollo entre los filósofos griegos: el debate sobre la divisibilidad de la materia. Los trozos de una piedra partida en dos, incluso reducida a polvo, siguen siendo piedra, y cada uno de los fragmentos resultantes puede volver a dividirse. Estas divisiones y subdivisiones ¿pueden continuar indefinidamente?