

MATEMÁTICA Y FÍSICA EN EL *TIMEO* DE PLATÓN.  
POLIEDROS REGULARES Y ELEMENTOS NATURALES

*Henar Lanza González*

Universidad del Atlántico, Colombia

**Resumen**

*Analizaremos las características de los cinco poliedros regulares convexos que Platón describe en el Timeo y esclareceremos los siguientes problemas: primero, mientras los poliedros regulares son cinco, los elementos naturales son solo cuatro; segundo, la transformación de unos elementos en otros; tercero, las proporciones que rigen las mezclas de los elementos, y cuarto, las consecuencias de la propuesta platónica en dos problemas científico-filosóficos de ese momento: la causa del movimiento y la existencia o no del vacío.*

**Palabras clave:** *Timeo*; matemática; física; poliedros; elementos

**Recibido: febrero 10 de 2015 - Aprobado: abril 20 de 2015**

*Praxis Filosófica* Nueva serie, No. 40, enero-junio 2015: 85 - 112

ISSN (I): 0120-4688 / ISSN (D): 2389-9387

**Mathematics and physics in Plato's *Timaeus*.  
Regular polyhedra and natural elements**

***Abstract***

*We discuss the characteristics of the five convex regular Polyhedra described by Plato in the *Timaeus* and clarify the following issues: first, why the regular polyhedra are five and natural elements which are associated with are only four; second, how is possible the transformation of some elements in others, third, which proportions regulate elements mixture; and fourth, what are the consequences of the platonic proposal for two of the scientific-philosophical problems of that moment: the cause of movement and the existence, or not, of the vacuum.*

**Keywords:** *Timaeus*; Mathematics; Physics; Polyhedral; Elements

**Henar Lanza González.** Doctora en Filosofía por la Universidad Autónoma de Madrid. Licenciada en Filosofía por la Universidad de Salamanca. Docente de planta tiempo completo de la Universidad del Atlántico, Colombia. Sus líneas de investigación son: Historia de la Filosofía Antigua, Historia y Filosofía de la Ciencia, Retórica y Semiótica. Entre sus principales publicaciones se encuentra: (2014): “La censura y la exclusión de la República a la luz del *Timeo*”, *Eidos*. Revista de filosofía de la Universidad del Norte, pp. 94 – 108; (2013).

Dirección Postal: Universidad del Atlántico, Facultad de Ciencias Humanas, Programa de Filosofía. Km. 7 Antigua vía Puerto Colombia CP: 021007/ 081007, Puerto Colombia, Atlántico, Colombia

Dirección electrónica: [mariahenarlanza@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:mariahenarlanza@mail.uniatlantico.edu.co)

## MATEMÁTICA Y FÍSICA EN EL TIMEO DE PLATÓN. POLIEDROS REGULARES Y ELEMENTOS NATURALES

*Henar Lanza González*

Universidad del Atlántico, Colombia

### **Introducción**

Los cinco poliedros regulares convexos –tetraedro, octaedro, icosaedro, hexaedro y dodecaedro– son figuras sencillas, repeticiones de un mismo motivo: cada uno de ellos tiene todas sus caras, sus aristas y sus ángulos iguales y en cada uno de sus vértices confluyen el mismo número de aristas.

Este conjunto de figuras ha sido utilizado por filósofos, científicos y artistas como herramienta para explorar qué es el espacio. Todos aquellos que les han dedicado su atención en uno u otro momento de la historia de la filosofía y de la ciencia, los pitagóricos, Platón, Euclides, Proclo, los multifacéticos sabios renacentistas, Heisenberg, han intentado de una u otra manera definir, describir, dibujar o representar el espacio.

La primera obra escrita conservada en la que aparecen los poliedros es el *Timeo* de Platón, diálogo que inaugura una tradición secular de reflexión sobre el espacio<sup>1</sup>, los intentos por definirlo, los cuerpos que lo ocupan y la regularidad, la proporción y la simetría como posibles maneras de estructurar los ámbitos físico, político, ético, intelectual y artístico. La misma simetría que determina la forma de los poliedros: los cinco son simétricos respecto a su centro, que equidista de sus caras, de sus vértices y de sus aristas; son

---

<sup>1</sup> La pregunta de Sócrates por el “dónde” (ποῦ) con la que se abre el diálogo es, según Sallis, aplicable tanto al cuarto interlocutor anónimo cuanto a la χώρα, el medio espacial en el que tienen su lugar las trazas de los cuatro elementos. Cf. Sallis: 1999, 10-11.

simétricos respecto al eje que pasa por ese centro, y simétricos también respecto a los planos que los dividen en dos partes iguales.

La regularidad, la simetría y la posibilidad de ser circunscritos en una esfera son los factores que determinan todos los acercamientos a los poliedros desde las muchas disciplinas que se han interesado y se interesan en ellos: la matemática –ya se trate de geometría o álgebra–, la filosofía, la astronomía, la teología, la cosmología, el arte, la medicina, la ética, la política.

Los cinco poliedros regulares convexos se conocen, al menos, desde el año 2000 a. C., y a raíz de que Platón los introdujera en el *Timeo* (s. IV a. C.), entraron en el cauce de la reflexión filosófica, que posteriormente los bautizó como “los sólidos platónicos”.

En el mito cosmológico narrado por Timeo, el demiurgo introduce el orden en el caos preexistente gracias a los poliedros regulares, a la matemática, a la simetría. Lo sorprendente de la propuesta platónica de establecer una correspondencia entre los poliedros regulares y los elementos naturales, unido a la complejidad del diálogo y a la oscuridad del lenguaje mítico, despertó un interés por estas figuras que sigue vivo veinticinco siglos después.

88

### **Poliedros regulares y elementos naturales**

Según el testimonio de Plutarco, fue Platón quien dijo que “Dios siempre hace geometría”<sup>2</sup>. Traducida a términos epistemológicos, esta sentencia quiere decir que nuestro estudio del mundo y nuestra aspiración de asemejarnos lo máximo posible a la divinidad están determinados por la matemática. De ahí que Platón acuda al lenguaje y a las imágenes geométricas –como los poliedros– para ofrecer una explicación de cómo el mundo físico llegó a ser lo que es y cómo ese orden se mantiene, inaugurando de este modo el estudio matemático de la física.

Los triángulos, los polígonos con menor número de lados posibles, son las figuras geométricas a partir de las cuales se desarrollan los poliedros regulares que se asocian a los elementos naturales. La superficie triangular, de dos dimensiones, es una entidad intermedia entre lo inteligible y lo sensible. El sólido regular se aleja más hacia la sensibilidad, aunque conserva el sello de la inteligibilidad. En los elementos, sin embargo, es patente la acción de la necesidad espacial y las formas pierden su pureza, aunque sin desaparecer totalmente.

---

<sup>2</sup> Plutarco, *Quaest. conv.*, 718b8: Πλάτων ἔλεγε τὸν θεὸν ἀεὶ γεωμετερεῖν; 718c3: ἀεὶ γεωμετερεῖν τὸν θεόν.

En *Timeo*, 31b, leemos que “lo generado debe ser corpóreo, visible y tangible (σωματοειδὲς δὲ δὴ καὶ ὄρατὸν ἄπτὸν τε δεῖ τὸ γενόμενον εἶναι)”<sup>3</sup>, afirmación que complementa y confiere pleno sentido a la propuesta de la *República* de que los guardianes y futuros gobernantes estudien estereonomía<sup>4</sup>, la ciencia que se ocupa de “cuanto participa de la profundidad (τὸ βάθους μετέχον)”<sup>5</sup>, esto es, de lo tridimensional, de lo material, en definitiva, de la φύσις. “Das la impresión de temer que a la muchedumbre le parezca que estás estableciendo estudios inútiles”<sup>6</sup>, se le replica a Sócrates, quien no duda en responder que este asunto ha sido “subestimado y mutilado”<sup>7</sup> por quienes no aprecian su “utilidad”<sup>8</sup> y “su encanto distintivo”<sup>9</sup>.

En su discurso *Timeo* comienza diciendo que nadie ha revelado el origen y naturaleza de los cuatro elementos (fuego, agua, aire y tierra), ni en qué estado se encontraban antes de la creación del universo, y, sin embargo, por todos son llamados principios (ἀρχαί)<sup>10</sup> y elementos (στοιχεῖα)<sup>11</sup> del universo. Pero no στοιχεῖα al modo de sílabas<sup>12</sup>, pues στοιχεῖον posee varios significados<sup>13</sup>:

- a. Fonema, la unidad del sonido del lenguaje como el primer componente de la sílaba (a diferencia de γράμμα, letra del alfabeto escrita).
- b. Principio, sinónimo de ἀρχή.
- c. Cada una de las partes de una formación militar.
- d. Cada una de las proposiciones de geometría y aritmética o de las premisas de una demostración.

En cuanto al problema que supone hablar sobre los primeros principios, el propio Platón nos advierte en el *Teeteto* que los primeros elementos (πρῶτα

<sup>3</sup> Ver también *Ti.*, 43c y 55ab.

<sup>4</sup> *R.*, 528b.

<sup>5</sup> *R.*, 528b.

<sup>6</sup> *R.*, 527d.

<sup>7</sup> *R.*, 528c.

<sup>8</sup> *R.*, 528c.

<sup>9</sup> *R.*, 528d.

<sup>10</sup> *Ti.*, 48b7.

<sup>11</sup> *Ti.*, 48b8.

<sup>12</sup> *Cf. Ti.*, 48b-c.

<sup>13</sup> στοιχεῖον, τό: I. in a form of sun-dial, the shadow of the gnomon, the length of which in feet indicated the time of day; II. element: 1. a simple sound of speech, as the first component of the syllable; 2. in Physics, the components into which matter is ultimately divisible, elements, the word στοιχεῖα being first used by Pl., τὰ πρῶτα οἰονπερὶς, ἐξ ὧν ἡμεῖς τε συγκείμεθα καὶ ἄλλα, *Th.*201e; τὰ τῶν πάντων ζ. *Pl.*278d; “αὐτὰ τιθέμενοι ζ. τοῦ παντός” *Ti.*48b; 3. the elements of proof, in general reasoning the πρῶτοι συλλογισμοί; in Geometry, the propositions whose proof is involved in the proof of other propositions; 4. elementary or fundamental principle; 5. ἄστρον στοιχεῖα the stars, [LSJ].

στοιχεῖα) a partir de los cuales está compuesto todo resultan inexplicables e incognoscibles, aunque perceptibles<sup>14</sup>. En su *Comentario al libro I de los Elementos de Euclides*, Proclo adjudica al filósofo la responsabilidad de saber ver la simplicidad más primaria en los objetos de su estudio<sup>15</sup>. Lo importante del modelo teórico platónico, como ha apuntado Brisson, no es tanto su originalidad y exhaustividad, cuanto el deseo manifiesto de reducir la diversidad de la totalidad de lo existente a un mínimo número de bloques de construcción, los cuatro elementos, la brutal y radical compresión de la extrema complejidad de la realidad. Más aún, se lleva cabo una transposición de la realidad física y los cambios que la afectan en términos matemáticos<sup>16</sup>.

### Los poliedros según sus caras

90 La célebre descripción de la tarea del dialéctico expuesta en el *Fedro* según la cual las Ideas deben ser divididas por sus articulaciones naturales, sin quebrantar sus miembros, como haría un mal carnicero, porque son las divisiones y las uniones las que posibilitan el pensamiento y el discurso<sup>17</sup>, es la que nos ha de guiar en nuestro descenso desde los elementos hasta los poliedros regulares y más allá aún, hasta las divisiones que pueden ser realizadas en sus caras poligonales. Los cuatro elementos o raíces de la física platónica (fuego, aire, agua y tierra) se corresponden con cuatro poliedros regulares convexos: tetraedro, octaedro, icosaedro y hexaedro, respectivamente. Estas figuras geométricas tienen por caras polígonos regulares que pueden dividirse en triángulos, ya se trate de las caras triangulares del tetraedro, el octaedro y el icosaedro, ya de las cuadrangulares del cubo.

Javier Ordóñez define así los poliedros regulares: “cinco formas de cerrar el espacio en torno a un punto usando en cada uno de ellos sólo un tipo de los siguientes polígonos regulares”<sup>18</sup>, triángulos, cuadrados y pentágonos. Veamos de qué manera se originó la figura de cada uno de los elementos y a partir de cuántos y qué tipo de triángulos<sup>19</sup>, como lo expone Timeo en 54d-56c.

<sup>14</sup> Cf. *Tht.*, 201e1-202c.

<sup>15</sup> Cf. Proclo, *in Euc.*, parte II, def. I.

<sup>16</sup> Cf. Brisson: 2003, 190-191.

<sup>17</sup> Cf. *Phdr.*, 265e y 266b-c.

<sup>18</sup> Ordóñez, Navarro y Sánchez Ron: 2005, 75.

<sup>19</sup> Cf. *Ti.*, 54d.

### ***Tetraedro - Fuego (4 caras triangulares)***

Según el razonamiento verosímil de Timeo, la figura sólida de la pirámide es “elemento y simiente del fuego”<sup>20</sup> y así lo repite Simplicio en su *Comentario a Acerca del cielo* de Aristóteles: “El fuego está compuesto de pirámides”<sup>21</sup>. En contra de lo que sugiere —sin por otra parte concluir nada— Sutton en su obra *Sólidos platónicos y arquimedianos*, pirámide no tiene la misma raíz que fuego<sup>22</sup>, sino que las etimologías serían como sigue:

- Fuego: del griego πῦρ<sup>23</sup>.

- Pirámide: del griego πυραμίς, ἴδος, ἦ<sup>24</sup>.

El tetraedro es una pirámide que tiene como base un triángulo equilátero sobre el que se levantan otros tres triángulos equiláteros que confluyen en el mismo vértice.

El tetraedro, el octaedro y el icosaedro se construyen a partir del “triángulo que tiene una hipotenusa de una extensión el doble del lado menor”<sup>25</sup>. Si tenemos un triángulo equilátero de lado 2 y trazamos su altura, obtenemos dos triángulos iguales. Cada uno de ellos tiene una hipotenusa que mide 2 (porque es el lado del triángulo equilátero), un lado menor que mide 1 (porque es la mitad del lado del equilátero) y un lado mayor que mide lo mismo que la altura del equilátero,  $\sqrt{3}$ . Según el teorema de Pitágoras:

$$\text{hipotenusa}^2 = \text{cateto}^2 + \text{cateto}^2$$

$$2^2 = 1^2 + c^2$$

$$4 = 1 + c^2$$

$$3 = c^2$$

$$c = \sqrt{3}$$

Cuando se unen dos triángulos rectángulos de este tipo por la hipotenusa y la acción se repite tres veces, (las hipotenusas y los catetos menores orientados hacia un mismo punto), se genera un triángulo equilátero a partir de esos seis triángulos más pequeños. Si cuatro de los triángulos equiláteros así generados se unen según tres ángulos planos, se genera un ángulo sólido. Estos cuatro ángulos del tetraedro dividen la superficie de la esfera en partes iguales y semejantes<sup>26</sup>.

<sup>20</sup> *Ti.*, 56b3-5: ἔστω δὲ κατὰ τὸν ὀρθὸν λόγον καὶ κατὰ τὸν εἰκότα τὸ μὲν τῆς πυραμίδος στερεὸν γεγονὸς εἶδος πυρὸς στοιχεῖον καὶ σπέρμα.

<sup>21</sup> Simplicio, *in Cael.*, 621.9.

<sup>22</sup> Cf. Daud Sutton: 204, 10.

<sup>23</sup> πῦρ, τό, gen. πυρός; not used in pl., A.v. πυρά, τά:—fire. (LSJ).

<sup>24</sup> πυραμίς, ἴδος, ἦ, *pyramid* (LSJ).

<sup>25</sup> *Ti.*, 54e.

<sup>26</sup> *Ti.*, 54e-55.

Ésta es la descripción de cómo a partir de la unión simétrica de seis de estos triángulos rectángulos escalenos se llega a un tetraedro, de cómo se pasa de la superficie a la profundidad, de la segunda a la tercera dimensión.

### ***Octaedro – Aire (8 caras triangulares)***

Si el tetraedro es una pirámide de base triangular, el octaedro es una pirámide de base cuadrada a la que se le hubiera pegado por ésta otra pirámide idéntica. Para ello hacen falta ocho triángulos equiláteros y seis ángulos sólidos<sup>27</sup>. Esto quiere decir que un octaedro tiene ocho caras con forma de triángulo equilátero y seis ángulos diedros, que son los formados por tres o más planos con un vértice en común. El octaedro es la figura del aire.

### ***Icosaedro - Agua (20 caras triangulares)***

El icosaedro tiene 20 caras con forma de triángulo equilátero, cada uno de los cuales puede dividirse en 6 triángulos básicos como los que dan lugar al tetraedro y al octaedro, lo que da un total de 120 triángulos básicos ensamblados en torno a doce ángulos sólidos<sup>28</sup>.

92

Hay minerales que cristalizan en forma de cubo, de pirámide, de octaedro y de dodecaedro, pero ninguno en forma de icosaedro. Sin embargo, Platón elige el icosaedro. Dado que el tetraedro tiene cuatro caras, el hexaedro seis, el octaedro ocho y el dodecaedro doce, lo ideal sería que existiera una quinta figura de 24 caras, múltiplo de 4, 6, 8 y 12. Pero no existe ningún poliedro regular convexo de 24 caras, sino que lo que existe es el icosaedro, de 20 caras. Por este motivo dice Ridgeway<sup>29</sup> que con Platón la matemática se desliga del fenómeno natural.

Timeo sólo puede justificar *ad hoc* por qué el icosaedro se relaciona con el agua. Pero lo cierto es que desde el siglo XIX se sabe, gracias a los datos recabados por la expedición Challenger entre los años 1887 y 1889, que los radiolarios o radiolaria, un grupo de protozoos ameboides que se encuentran como zooplacton en el océano, tienen estructura poliédrica. Sus esqueletos minerales tienen una cápsula central que divide la célula en secciones internas y externas, el endoplasma y el ectoplasma. Los dibujos hechos por el naturalista alemán Ernst Haeckel de estos esqueletos microscópicos de radiolaria encontrados en su expedición marítima muestran un octaedro, un icosaedro y un dodecaedro como formas más simples de la vida en el mar<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> Cf. *Ti.*, 55.

<sup>28</sup> *Ti.*, 54e-55.

<sup>29</sup> Cf. *Ti.*, 55.

<sup>30</sup> *Ti.*, 55 -55b.



Elemento	Poliedro regular	Caras	Triángulos rectángulos escalenos por cara	Triángulos rectángulos escalenos totales
Fuego	Tetraedro	4	6	24
Aire	Octaedro	8	6	48
Agua	Icosaedro	20	6	120

### ***Hexaedro - Tierra (6 caras cuadradas)***

La tierra es el único de los cuatro elementos naturales asociado a un poliedro cuya construcción no es posible a partir del mismo tipo de triángulo que los otros tres. El hexaedro o cubo, asociado a la tierra, requiere de un segundo tipo de triángulo, también rectángulo, pero no escaleno, sino isósceles. Cuando cuatro de estos triángulos rectángulos isósceles reúnen sus ángulos rectos en el centro, se forma un cuadrado.

La reunión de seis cuadrados según ocho ángulos sólidos, cada uno de ellos compuesto según tres ángulos planos rectos, da lugar al cubo<sup>31</sup>.

Elemento	Poliedro regular	Caras	Triángulos rectángulos isósceles por cara	Triángulos rectángulos isósceles totales
Tierra	Hexaedro/Cubo	6	4	24

93

### ***Dodecaedro (12 caras pentagonales)***

Los poliedros regulares son cinco y Platón sólo ha recurrido a cuatro de ellos. Resta aún saber cuál es la función del dodecaedro una vez que los cuatro elementos naturales tienen ya adjudicado su poliedro correspondiente. Veamos cuáles son las propuestas expuestas en los distintos diálogos.

#### ***- La forma del mundo***

En el *Timeo* el dodecaedro es lo que utilizó Dios “para el universo cuando pintó”<sup>32</sup>. En el *Fedón* Sócrates le narra a Simmias un mito en el que se cuenta que la tierra, vista desde el cielo, presenta el mismo aspecto que “las pelotas de doce franjas de cuero”<sup>33</sup>. Plutarco también describe el dodecaedro con sus ángulos mochos: “flexible y haciéndose redondo por distensión, como los balones hechos de doce piezas de cuero”<sup>34</sup>. Y Jámblico nos informa de que “Hipias fue el primero que dibujó la esfera construida a partir de doce pentágonos”<sup>35</sup>. En *De Iside* Plutarco justifica de alguna manera esta correspondencia entre el dodecaedro con la forma del mundo cuando escribe:

<sup>31</sup> Cf. *Ti.*, 55 b-c.

<sup>32</sup> *Ti.*, 55 c.

<sup>33</sup> *Phd.*, 110 b.

<sup>34</sup> Plutarco, *Plat. Quaest.*, 1003 C.

<sup>35</sup> Jámblico, *VP.*, 88, 18, 4.

καὶ τὰ πάντα τῶν πέντε γέγονε παρόνυμα, καὶ τὸ ἀριθμήσασθαι πεμπάσασθαι λέγουσιν, haciendo derivar el todo del cinco, el número del pentágono, el polígono de las caras del dodecaedro, la figura asociada al mundo, y estableciendo una relación entre el verbo “contar” (ἀριθμέω) con la expresión “contar por cinco” (πεμπάζω), es decir, contar con los dedos de una mano<sup>36</sup>.

- *El quinto elemento: el éter*

El éter como quinto elemento estaba presente desde el *Fedón*, pero, como aventura Guthrie<sup>37</sup>, necesitaba esperar a que se desarrollase y asentase la filosofía natural de un quinto elemento. Leemos en este diálogo que “lo que para nosotros es el aire, para ellos es el éter<sup>38</sup>.” En el *Crátilo*, encontramos una serie de preguntas dirigidas a Hermógenes acerca de por qué el aire se llama aire y por qué no se llama éter<sup>39</sup>. En *Epínomis* el Ateniense retoma el relato verosímil según el cual cinco son los cuerpos sólidos y cinco las clases de cuerpos: el fuego, el agua, el aire, la tierra y el éter<sup>40</sup>. En *Sobre el cielo*<sup>41</sup>, Aristóteles considera el éter como “la quinta esencia”, “el quinto cuerpo”, la materia incorruptible del cielo y de los cuerpos celestes, distinta de los cuatro elementos del mundo sublunar (fuego, aire, tierra y agua)<sup>42</sup>. En *Sobre el cielo*, Plotino<sup>43</sup> rechaza la explicación aristotélica y propone analizar el cielo en función de sus partes constituyentes, esto es, el cuerpo y el alma: la permanencia del cielo se debe a la armonía que existe entre ambas partes. Las hipótesis aristotélicas sobre el quinto elemento son interpretadas a la luz del *Timeo*. Simplicio se pregunta por qué Aristóteles llama a los cielos un quinto cuerpo. Puede ser, elucubra, porque Platón haya descrito la substancia de los cielos como diferente de los cuatro cuerpos sublunares y que haya asignado el dodecaedro a los cielos y descrito los cuatro elementos mediante una figura diferente. Simplicio cita la *Vida de Platón* de Jenócrates, quien asegura que su maestro clasificó los seres vivos en géneros y especies y los

94

<sup>36</sup> Cf. Plutarco, *De Is.*, 374a8-10.

<sup>37</sup> Cf. Guthrie: 1992, 299, n. 124.

<sup>38</sup> *Phd.*, 111b1.

<sup>39</sup> Cf. *Cra.*, 410b1-8: ὁ δὲ δὴ ἀήρ ἄρα γε, ὃ Ἑρμόγενης, ὅτι αἶρει τὰ ἀπὸ τῆς γῆς, ‘ἀήρ’ κέκληται; ἢ ὅτι αἰεῖ ρεῖ; ἢ ὅτι πνεῦμα ἐξ αὐτοῦ γίγνεται ῥέοντος; οἱ γὰρ ποιηταὶ που τὰ πνεύματα ‘ἀήτας’ καλοῦσιν: ἴσως οὖν λέγει, ὡσπερ ἂν εἰ εἶποι πνευματόρρουν, ‘ἀητόρρουν’ ὅθεν δὴ βούλεται αὐτὸν οὕτως εἰπεῖν, ὅτι ἐστὶν ἀήρ. τὸν δὲ αἰθέρα τῆδε πη ὑπολαμβάνω, ὅτι αἰεῖ θεῖ περι τὸν ἀέρα ῥέων ‘αἰθειήρ’ δικαίως ἂν καλοῖτο.

<sup>40</sup> *Epin.*, 981c5-6: πέντε οὖν ὄντων τῶν σωμάτων, πῦρ χρῆ φάναι καὶ ὕδωρ εἶναι καὶ τρίτον ἀέρα, τέταρτον δὲ γῆν, πέμπτον δὲ αἰθέρα.

<sup>41</sup> Cf. Aristóteles, *Cael.*, I, 2-3.

<sup>42</sup> Cf. Zamora: 2005, 153-173.

<sup>43</sup> Cf. Tratado II, I [40].

dividió hasta llegar a sus elementos, “que él llamó cinco formas y cuerpos, éter, fuego, agua, tierra y aire”. Por eso dice Simplicio que también el αἰθήρ es “un quinto cuerpo simple separado, aparte de los cuatro elementos”<sup>44</sup>.

## Triángulos

Todos los sólidos regulares se desarrollan a partir de la figura del triángulo. De hecho, “elementos” (στοιχεῖα) se refiere también a los triángulos que dan lugar a los sólidos regulares. Según la argumentación de Cornford, el análisis de cualquier figura plana se detiene en el triángulo; “la superficie de una cara plana está compuesta de triángulos”<sup>45</sup>, leemos en el *Timeo*, por eso Platón lo elige como forma primaria<sup>46</sup>.

En el *Político* se nos advierte que resulta mucho más seguro ir cortando por mitades, pues dicho proceder aumenta las posibilidades de toparnos con caracteres específicos (ιδέαι)<sup>47</sup>. La división por mitades es la que reduce las caras triangulares del tetraedro, el octaedro y el icosaedro a uno de los dos tipos de triángulo primario, el rectángulo escaleno, y las caras cuadradas del cubo al otro triángulo primario, el rectángulo isósceles. Los dos verbos utilizados en el *Timeo* para definir la acción del demiurgo son διαρῆν<sup>48</sup> (“Después de unir los tres componentes, *dividió* el conjunto resultante en tantas partes como era conveniente”) y ἀφαιρῆν<sup>49</sup> (“Después, llenó los intervalos dobles y triples *cortando* aún porciones de la mezcla originaria y colocándolas entre los trozos ya cortados”), ambos con específico significado en geometría. El primero significa partir una figura geométrica en dos o más partes según proporción y el segundo restar de una magnitud geométrica una magnitud del mismo orden.

A pesar del afán de Platón de reducir todo lo existente a una única razón, como es el triángulo, el hecho de que no se pueda construir todos los poliedros a partir del mismo tipo de triángulo hace necesario un segundo tipo, por eso le hace afirmar a Timeo que “todos los triángulos se desarrollan a partir de dos”<sup>50</sup>. Ambos son triángulos rectángulos con un lado recto y otros dos agudos.<sup>51</sup> El que tiene los dos ángulos agudos iguales es un triángulo rectángulo isósceles y el que los tiene distintos, un triángulo rectángulo

<sup>44</sup> Simplicio, *in Ph.*, 1165, 38.

<sup>45</sup> *Ti.*, 53c7-8: ἡ δὲ ὀρθὴ τῆς ἐπιπέδου βάσεως ἐκ τριγώνων συνέστηκεν.

<sup>46</sup> Cf. Cornford: 1937, 211.

<sup>47</sup> *Plt.*, 262b7.

<sup>48</sup> *Ti.*, 35b4.

<sup>49</sup> *Ti.*, 36a2, cursivas mías.

<sup>50</sup> *Ti.*, 53c8-d1: τὰ δὲ τρίγωνα πάντα ἐκ δυοῖν ἄρχεται τριγώνων.

<sup>51</sup> *Ti.*, 53c-d.

escaleno cuyas dos propiedades principales son que el cuadrado de su lado mayor es tres veces el cuadrado del menor<sup>52</sup> y que nace de dividir tres veces un triángulo equilátero. Con esta última, Platón está adelantando las propiedades de simetría que más tarde sistematizará Euclides en sus *Elementos*: “Si en un triángulo rectángulo se traza una perpendicular desde el ángulo recto hasta la base, los triángulos adyacentes a la perpendicular son semejantes al triángulo entero y entre sí”<sup>53</sup>. El orden introducido por el demiurgo se manifiesta en la simetría presente en el nivel más fundamental, que es la que hace posible la descripción matemática del universo<sup>54</sup>. Los poliedros regulares son, en terminología de Eggers Lan, la “estructura eidética”<sup>55</sup> de los elementos.

En su “discurso probable acompañado de necesidad”<sup>56</sup>, Timeo propone el triángulo como principio de los cuerpos de todos los elementos. Y dentro de la variedad de triángulos, el rectángulo es el más perfecto y el más bello, aquel que por ser firme y liso está en condiciones de proporcionar la exactitud necesaria para producir los poliedros de los elementos<sup>57</sup>. La palabra usada por Timeo para expresar su elección de ese tipo de triángulo en 54a5-6 es *τιθέμεθα*, postulado<sup>58</sup>.

Según cómo se agrupan los triángulos se formará uno u otro poliedro: el triángulo rectángulo isósceles da lugar, mediante repetición simétrica, a las seis caras cuadradas del cubo, y el triángulo rectángulo escaleno a las cuatro caras triangulares del tetraedro, a las ocho caras triangulares del octaedro y a las veinte caras triangulares del icosaedro. El triángulo rectángulo isósceles tiene, pues, una naturaleza única, mientras que la del triángulo rectángulo escaleno es infinita (*ἀπειρων*)<sup>59</sup>. Esta referencia a la infinitud, junto con la de 57d5<sup>60</sup>, ha llevado a algunos exégetas a postular la existencia de infinitud de triángulos, propuestas que son analizadas por Lloyd<sup>61</sup>, frente a los partidarios

<sup>52</sup> *Ti.*, 54-54b.

<sup>53</sup> *Elementa*, VI, prop., 8.

<sup>54</sup> Cf. Brisson y Meyerstein: 1995, 10.

<sup>55</sup> Cf. Eggers Lan: 1997, 19-20.

<sup>56</sup> Cf. *Ti.*, 53d4-6: ταύτην δὴ πρὸς ἀρχὴν καὶ τῶν ἄλλων σωμάτων ὑποτιθέμεθα κατὰ τὸν μετ’ ἀνάγκης εἰκότα λόγον πορευόμενοι.

<sup>57</sup> *Ti.*, 79b-c.

<sup>58</sup> Lloyd: 1968, 78-92.

<sup>59</sup> Cf. *Ti.*, 54a1-3.

<sup>60</sup> Cf. *Ti.*, 57c7-d5 ὅσα μὲν οὖν ἄκρατα καὶ πρῶτα σώματα διὰ τοιοῦτων αἰτιῶν γέγονεν: τὸ δ’ ἐν τοῖς εἶδεσιν αὐτῶν ἕτερα ἐμπεφυκέναι γένη τὴν ἑκατέρου τῶν στοιχείων αἰτιατέον σύστασιν, μὴ μόνον ἐν ἑκατέραν μέγεθος ἔχον τὸ τρίγωνον φυτεῦσαι κατ’ ἀρχάς, ἀλλ’ ἐλάττω τε καὶ μείζω, τὸν ἀριθμὸν δὲ ἔχοντα τοσοῦτον ὅσαπερ ἂν ἦ τὰν τοῖς εἶδεσι γένη. διὸ δὴ συμμεινύμενα αὐτὰ τε πρὸς αὐτὰ καὶ πρὸς ἄλληλα τὴν ποικιλίαν ἐστὶν ἄπειρα.

<sup>61</sup> Lloyd: 2009, 11-29.

de la lectura tradicional, por ejemplo Cornford<sup>62</sup>, según la cual sólo dos son los triángulos básicos.

A pesar de que los elementos son cuerpos, Timeo advierte que, dada su pequeñez, los triángulos no son perceptibles individualmente<sup>63</sup>, por lo que sólo cuando se ensamblan formando “moléculas” (primer estadio) y las moléculas se enlazan entre sí para formar objetos perceptibles (segundo estadio) podemos percibir sus masas. Esto nos remite a la crítica aristotélica en contra de la construcción de cosas físicas a partir de entidades geométricas<sup>64</sup>. Una alusión a esta cuestión la encontramos en las *Leyes*, cuando el Extranjero explica que las cosas llegan a la existencia cuando un principio se desarrolla hasta el estadio segundo y, después, en el tercero, deviene perceptible: “Cuando un principio crece y pasa al segundo cambio y de éste al más cercano y, tras avanzar hasta tres, llega a poder ser percibido por los que perciben”<sup>65</sup>. Una respuesta a este problema sobre el hiato entre lo matemático y lo sensible podría ser considerar como “materia” no los triángulos fundamentales, sino solamente las “unidades de materia” que éstos forman al unirse. Las partes más pequeñas de materia no son entes fundamentales, como en la filosofía de Demócrito, sino formas matemáticas. La forma tiene prioridad ontológica sobre la sustancia de la cual es forma.

97

### **Transformaciones de unos elementos en otros**

Timeo explica a sus interlocutores que cuando el agua se solidifica, se convierte en tierra y cuando se disuelve, en aire; cuando el aire se quema, se convierte en fuego; cuando el fuego se apaga, se transforma en aire, y cuando el aire se condensa, toma forma de nube, que es como decir de agua<sup>66</sup>. Aquí Timeo incluye el elemento tierra en el ciclo, pero más adelante lo presenta como excepción: sólo aparentemente tienen origen los cuatro elementos unos en otros, pues la tierra, por estar constituida por un tipo distinto de triángulo, el triángulo rectángulo isósceles, no es susceptible de incluirse en el ciclo al que da lugar el triángulo rectángulo escaleno, compartido por fuego, aire y agua<sup>67</sup>. Es decir, que las caras triangulares del tetraedro, el octaedro y el icosaedro son intercambiables entre sí porque comparten la misma unidad básica, mientras que las caras cuadradas del hexaedro no conocen el mestizaje.

<sup>62</sup> Cf. Cornford: 1937.

<sup>63</sup> Cf. *Ti.*, 56c.

<sup>64</sup> Cf. Crombie: 1979, 240.

<sup>65</sup> *Lg.*, X 894a.

<sup>66</sup> *Ti.*, 49bc.

<sup>67</sup> *Ti.*, 54b-c.

Aristóteles denuncia en *Acerca del cielo*<sup>68</sup> que Platón exalte su propia teoría matemática a expensas de los hechos observados. Simplicio afirma en el *Comentario a Acerca del cielo* de Aristóteles que nunca la tierra ha cambiado<sup>69</sup>. Cherniss y Taylor están de acuerdo en que la irreductibilidad de la tierra hace que Timeo necesite dos triángulos primarios<sup>70</sup>. Eva Sachs afirma con humor que Platón habría sido más feliz si en lugar del hexaedro hubiera existido un poliedro regular formado por el mismo triángulo que el del tetraedro, el octaedro y el icosaedro.

En opinión de Vlastos, el “átomo” triangular de Platón les debe a los atomistas el haber descendido más allá y no haber dado por supuesto que si X se compone de n Ys, estos Ys serán como X pero más pequeños. Esta liberación de la imaginación teórica fue el más bello legado de los atomistas griegos a la ciencia moderna<sup>71</sup>. Por otro lado, el “átomo” platónico mejora respecto al de Demócrito por dos motivos: 1) permite que fuego, aire y agua se transformen unos en otros y 2) da lugar a diferentes tipos de fuego, aire y agua, las variedades que Friedländer llama “isótopos”<sup>72</sup> y que Timeo justifica por las variaciones de tamaño: “triángulos mayores y menores cuyo número se correspondía con las variedades de las especies”<sup>73</sup>, pues cambiar de magnitud implica cambiar de lugar<sup>74</sup>. Estos son todos los isótopos de cada elemento:

- Fuego (πῦρ).
  - Llama (φλόξ).
  - Luz (φώς).
  - Ascuas (sin nombre).
- Aire.
  - Éter (αιθήρ).
- Niebla, oscuridad (ὀμίχλη, σκότος).
  - Otras especies sin nombre.
- Agua.
  - Fusible (χυτόν).
    - Por encima de la tierra.
      - Condensada al 100%: granizo (γάλαζα).
      - Medio condensada: nieve (χίον).

<sup>68</sup> Cf. Aristóteles, *Cael.*, 360a1-9.

<sup>69</sup> Cf. Simplicio, *in Cael.*, 643.

<sup>70</sup> Cf. Cherniss: 1944, 369.

<sup>71</sup> Cf. Vlastos. 1975, 69.

<sup>72</sup> Friedländer: 1969, vol. I, 255.

<sup>73</sup> Cf. *Ti.*, 57d.

<sup>74</sup> Cf. *Ti.*, 58c.

- Sobre la tierra.
  - Condensada: hielo (κρύσταλλος).
  - Medio condensada: escarcha (χιών).
- En la tierra.
  - Densa y dura: adamantino (ἀδάμας).
  - Densa y brillante: oro (χρυσός).
  - Cobre (χαλκός) + Tierra (verdigrís, cardenillo, iός).
- Líquida (ὕγρον) (llamada “jugos”) (ζυμοῖ).
  - Varias especies sin nombre.
  - Cuatro especies mezcladas con fuego (ἔμπυρα).
  - Vino (οἶνος).
    - Aceite (πίττα).
    - Brea (κίκι).
- Aceite de oliva (ἔλαιον).
  - Miel (μέλι).
  - Levadura (ἀφρῶδες γένος).
- Tierra.
  - Especies no solubles en agua.
    - Piedra (πέτρα).
    - Cerámica (κέραμον).
    - Lava (τὸ μέλαν χρῶμα λίθος).
  - Especies solubles en agua.
    - Carbonato sódico (λίτρον).
    - Sal (ἄλς).
  - Especies compuestas de tierra y agua.
    - Menos agua que tierra.
      - Cristal (ὑαλον).
      - Piedras licuables (λίθων χυτὰ εἶδη).
    - Más agua que tierra.
      - Cera (κηροειδῆ σώματα).
      - Incienso (θυμιατικὰ σώματα).

Brisson esquematiza así los cambios de unos elementos en otros<sup>75</sup>

$$1 \text{ fuego} = (4 \blacktriangle)$$

$$2 \text{ fuego} (2 \times 4 \blacktriangle) = 1 \text{ aire} (8 \blacktriangle)$$

$$1 \text{ aire} (8 \blacktriangle) = 2 \text{ fuego} (2 \times 4 \blacktriangle)$$

$$1 \text{ agua} (20 \blacktriangle) = 1 \text{ fuego} (4 \blacktriangle) + 2 \text{ aire} (2 \times 8 \blacktriangle)$$

$$1 \text{ agua} (20 \blacktriangle) = 2'5 \text{ aire} (2'5 \times 8 \blacktriangle)$$

<sup>75</sup> Cf. Brisson: 2003, 196.

$$1 \text{ agua } (20 \blacktriangle) = 5 \text{ fuego } (5 \times 4 \blacktriangle)$$

$$1 \text{ agua } (20 \blacktriangle) = 2 \text{ aire } (2 \times 8 \blacktriangle) + 1 \text{ fuego } (4 \blacktriangle)$$

$$1 \text{ agua } (20 \blacktriangle) = 3 \text{ fuego } (3 \times 4 \blacktriangle) + 1 \text{ aire } (8 \blacktriangle)$$

$$2 \text{ agua } (2 \times 20 \blacktriangle) = 5 \text{ aire } (5 \times 8 \blacktriangle) = (40 \blacktriangle)$$

Dos son los procesos según los cuales las caras de los poliedros pueden combinarse:

- σύγκρισις: asociación (en el caso de la tierra) y reconstrucción (en el caso de los otros tres elementos);

- διάκρισις: disolución (en el caso de la tierra) y disociación (en el caso del fuego).

Cornford interpreta que es el diferente tamaño de los triángulos lo que da lugar a las variantes dentro de un propio elemento<sup>76</sup> y sobreentiende que la cantidad sobre la que se realiza la mezcla proporcionada de los cuatro elementos es sobre los volúmenes totales de los cuatro cuerpos primarios<sup>77</sup>:

Si “1” es el lado del triángulo equilátero, entonces:

- Volumen del icosaedro (agua) =  $(2,1817 \text{ l})^3$

- Volumen del octaedro (aire) =  $(0,4714 \text{ l})^3$

- Volumen del tetraedro (fuego) =  $(0,1178 \text{ l})^2$

100

A pesar de la solución propuesta por Cornford y de las críticas de Bruins<sup>78</sup> por la falta de correspondencia de los volúmenes antes y después de la transformación, y de las puntualizaciones de Vlastos<sup>79</sup> y Crombie<sup>80</sup>, lo que más nos interesa de este punto es que Platón no se centra en el volumen del sólido, sino en la superficie de sus caras. No está llevando a cabo ninguna comprobación empírica, pues ya ha advertido en varias ocasiones a lo largo de todo el *Timeo* que su relato es únicamente verosímil (εἰκός)<sup>81</sup>.

### Movimiento, intersticios y negación del vacío

En el *Timeo* nos topamos con dos afirmaciones contradictorias, pero hemos de asumir que es inevitable que la χώρα deje tras de sí las huellas

<sup>76</sup> Cf. Cornford: 1937, 234.

<sup>77</sup> Cornford: 1937, 43-51.

<sup>78</sup> Versión inglesa, Black: 2000.

<sup>79</sup> Cf. Vlastos: 1975, 69.

<sup>80</sup> Cf. Crombie: 1979, 220.

<sup>81</sup> Respecto a esto traemos a colación *Copenhagen*, la obra teatral de Michael Frayn, donde Niels Bohr reconoce que la fisión “tiene algo de mágico. Se dispara un neutrón al núcleo de un átomo de uranio y se divide en dos elementos distintos. Era lo que trataban de hacer los alquimistas, que un elemento se convirtiera en otro”. Frayn: 1998, 16.



de su error<sup>82</sup>. Por un lado se asegura que el vacío no existe<sup>83</sup> porque la revolución circular<sup>84</sup> del universo retorna sobre sí misma manteniendo los elementos juntos sin espacio vacío entre ellos (κενότης) al cual, o en el cual, moverse. Y por el otro se sostiene la hipótesis de que los elementos cuyas partes son menores dejan menos vacío que los elementos cuyas partes son mayores<sup>85</sup>. El mejor ejemplo para entender esto es llenar un bote de cristal con granos de arena o llenarlo con pelotas de ping-pong. En el caso de los elementos, el que más se expande en todas direcciones es el fuego, por ser el más tenue<sup>86</sup>. Para que ambas afirmaciones, que no existe el vacío y que sí existen los intersticios, resulten compatibles, sólo cabe suponer que estos son constantemente rellenados en la permanente disolución y construcción<sup>87</sup>. Brisson<sup>88</sup> establece una relación entre la falta de uniformidad, los intersticios (διάκενα)<sup>89</sup> y el carácter irracional de la hipotenusa del triángulo rectángulo primario.

<sup>82</sup> Estas son las principales huellas que el error de la *χώρα* va dejando en el discurso:

- 1) Los triángulos, de diferentes tamaños, dan lugar a una gran variedad de combinaciones.
- 2) De los dos tipos de triángulos básicos no es posible construir el quinto cuerpo, el dodecaedro, cuyas caras pentagonales no pueden formarse a partir de ninguno de los dos tipos de triángulos básicos. Hay cinco poliedros regulares, pero sólo trazas de cuatro elementos.
- 3) Respecto al aire y al agua: “hay ciertas formas anónimas, nacidas a causa de la desigualdad de los triángulos” y “muchos conforman otros tantos géneros anónimos”.
- 4) Respecto a los olores: “todo olor es incompleto y ninguna figura es apta para tener un olor específico” y “sus dos variedades, que carecen de nombre”.
- 5) Forcis era hijo de Gea y Nereo, no de Gea y Urano. Estaba casado con su hermana Ceto, de cuya unión nacieron las Gorgonas, entre ellas la Medusa.
- 6) Timeo afirma unas veces que los hombres se reencarnan en mujeres y otras que van al Hades. Timeo les asegura a sus interlocutores que entenderán su discurso, “porque por educación podéis recorrer los caminos que hay que atravesar en la demostración”. Para definir la *χώρα* Platón recurre tanto a lo que es –recipiente, nodriza, aya, madre- como a lo que no es –material, visible-. La *χώρα* no tiene una estructura interna determinada, ni un arriba ni un abajo absolutos: arriba es donde el fuego se eleva y abajo donde la tierra cae, los lugares son relativos a los cuerpos que los ocupan. Si bien nuestro entendimiento se ayuda de nuestra imaginación para poder comprender lo que es la *χώρα*, y por similitud piensa en un recipiente –por ejemplo, un jarrón de barro, que es a la vez barro y “hueco”– y, por analogía, concebimos la *χώρα* como algo que es al tiempo espacio –en tanto matriz o receptáculo– y materia –por contener las trazas de los elementos corpóreos–, la *χώρα* no es un cuerpo, sino una abstracción, el recurso platónico para poder explicar el cambio, el movimiento, el devenir.

<sup>83</sup> Cf. *Ti.*, 58b, 59a, 60c, 79b, 79c, 80c.

<sup>84</sup> Cf. *Ti.*, 58.

<sup>85</sup> *Ti.*, 58b2-4.

<sup>86</sup> *Ti.*, 58-58b.

<sup>87</sup> Cf. Brisson: 2003, 194.

<sup>88</sup> Cf. Brisson y Meyerstein: 1995, 55.

<sup>89</sup> *Ti.*, 58b5, y 61a5, 61b1, 61b4.

Los atomistas sustituyeron el término στερεόν, aplicado a los sólidos geométricos, por el de ναστόν<sup>90</sup>, lleno por completo, relleno, compacto. De este modo, el átomo dejó de ser identificado con la unidad numérica o el punto geométrico y alcanzó un estatus de cuerpo físico impenetrable e indivisible, con magnitud y posición espacial. De ahí que Aristóteles sentenciara que el pensamiento de Leucipo y Demócrito fue una modificación del atomismo pitagórico<sup>91</sup>.

Al margen del error del discurso, interesa señalar que, para justificar la existencia del vacío, Platón recurra al movimiento y no a instancias oscuras como el no-ser, más cuando Parménides lo que hizo fue negar el movimiento y ganarse así por parte de Aristóteles el apelativo despectivo de ἀφυσικός. Sin embargo, dado que en el mito platónico el movimiento es previo a la introducción del orden, “la maravilla no es el movimiento, sino el movimiento regular”<sup>92</sup>, como remarca Crombie. Las variaciones geométricas dan lugar a variaciones físicas, los elementos se transforman unos en otros, cambian de lugar y producen un movimiento circular que mantiene el desequilibrio ordenado del mundo sensible. Cambiar de tamaño (μέγεθος) implica cambiar de posición<sup>93</sup>. Las diferencias de número y forma llevan consigo diferencias de peso, que son las que hacen que cada cuerpo se mueva, y es en ese movimiento en el que interactúan unos con otros.

Preservar el desequilibrio produce el movimiento. Por eso afirma Prigogine en *El nacimiento del tiempo* que los sistemas en equilibrio, aquellos en los que no se dan fluctuaciones, no tienen ni pueden tener historia<sup>94</sup>. Un sistema en equilibrio carece de entropía (S), la magnitud física que permite calcular la cantidad de energía no aprovechable a la hora de producir trabajo. En el modelo eterno e inmutable siempre idéntico a sí mismo, la entropía no existe (S = 0), mientras que en su copia sensible, es decir, la que comienza su devenir cuando nacen el tiempo y el movimiento ordenado, sí (S > 0). La entropía describe el carácter irreversible de los sistemas termodinámicos. El mundo y el hombre comparten en el mito su condición temporal y entrópica: siempre está presente en ellos cierto desorden que impulsa el movimiento. El cese del movimiento puede implicar tanto alcanzar el equilibrio como

<sup>90</sup> Demócrito, *Testimonia*, 46.4 y 46.6.

<sup>91</sup> Aristóteles, *Met.*, 985b5-13.

<sup>92</sup> Crombie: 1979, 228.

<sup>93</sup> *Ti.*, 58c.

<sup>94</sup> Cf. Prigogine: 1991, 51.

destruir el sistema dinámico como tal<sup>95</sup>, algo que conecta esta cuestión con la reversión periódica relatada en el *Político*<sup>96</sup>.

<sup>95</sup> La entropía y la termodinámica tienen su mejor materialización literaria en el fluir del discurso de Thomas Pynchon, en sus cuentos “Entropía” y “La Integración secreta”, recopilados en *Lento aprendizaje*, y en su novela *La subasta del lote 49 o Mason y Dixon*: cuando todas las moléculas de un sistema establecido alcanzan la misma temperatura, éste manifiesta su pulsión destructiva y todo universo en movimiento acaba por detenerse.

<sup>96</sup> La reversión periódica del universo en el mito del *Político*: Según el mito que el Extranjero le cuenta al joven Sócrates en el *Político*, el universo está sujeto a una reversión (τροπή) periódica de su rotación: “En lo que toca a éste, nuestro universo, durante un cierto tiempo dios personalmente guía su marcha y conduce su revolución circular mientras que, en otros momentos, lo deja librado a sí mismo, cuando sus revoluciones han alcanzado ya la medida de la duración que les corresponde; y es entonces cuando él vuelve a girar, espontáneamente, en sentido contrario, porque es un ser viviente y ha recibido desde el comienzo una inteligencia que le fuera concedida por aquel que lo compuso”. Como vemos, se repite la concepción del mundo como ser viviente presente en el *Timeo*. Sin embargo, se podría decir que el mito del *Timeo* es sólo la mitad de la historia: en él se narra la introducción del orden en el mundo por parte del demiurgo y se menciona que éste se retira, pero no se dice nada sobre lo que ocurre cuando tal cosa sucede, ni tampoco que esto vaya a repetirse de forma periódica. El mundo marcha unas veces guiado por la causa divina, y otras abandonado a sí mismo, a su propio impulso, que le hace ir hacia atrás. El equivalente trágico de esta última situación son los versos que Esquilo pone en boca de Eteocles en *Los siete contra Tebas*: “abandonan los dioses una ciudad cuando es conquistada”. Dado que el hombre es parte del mundo, es otro de los seres vivientes del gran ser viviente y debe adecuar su alma a las revoluciones del alma del mundo, todo cambio en el movimiento del universo afecta a la vida de los mortales. Así lo deja claro Platón cuando habla de la “reversión” (τροπή), inversión de la ruta del sol en los solsticios, conmoción que también afecta a los humanos. Las tres cuestiones fundamentales que toman forma a raíz de la retirada del demiurgo son: 1) por qué se retira, a lo que ya hemos respondido que porque ya ha cumplido su función, que era introducir el orden en el caos gracias a la matemática; 2) por qué regresa, si ya ha cumplido su función y 3) qué hace el demiurgo en los períodos en los que abandona el timón; si hemos de hacer caso al mito del *Político*: retirarse a su puesto de observación y contemplar el mundo, observarlo pasivamente esperando el momento de volver a retomar el gobierno. Platón no habla de un dios personal, ni antropomórfico, pero sí ha repetido en varias ocasiones a lo largo del *Timeo* y de otros diálogos que el demiurgo es bueno y sin envidia ni maldad. Si, por una razón que no conocemos, tiene que repetirse siempre el ciclo presencia–ausencia del demiurgo, quizá el párrafo que viene a continuación nos resulte de alguna ayuda. Se trata de un pasaje del *Político* que suele pasar desapercibido. El Extranjero pone el ejemplo de un médico o un maestro de gimnasia, “que está por ausentarse y permanecerá lejos de sus pacientes –o al menos eso piensa– por largo tiempo; si supone que sus discípulos o pacientes no recordarán sus prescripciones, ¿no querría dejarles indicaciones por escrito?”. Parece inevitable no pensar en ese médico o ese entrenador como en un demiurgo a pequeña escala, o viceversa, no pensar en el demiurgo como en un médico o un maestro a gran escala. Los tres, demiurgo, médico y maestro comparten la tarea de introducir orden donde antes había desorden, el primero en el cosmos y el segundo y el tercero en el cuerpo humano, restaurando la salud donde había enfermedad o falta de forma. Y lo mismo que un médico o un entrenador dejan escritas sus instrucciones para que sean recordadas en su ausencia, el demiurgo deja la matemática *escrita* en la naturaleza para que, a su retirada, pueda ser *leída*

## Proporción de las mezclas de los elementos

Si bien la propues de Platón comparte con la de Empédocles las cuatro raíces (tierra, agua, fuego y aire), aquella se diferencia de esta precisamente en la mezcla proporcionada de las cuatro y en la posibilidad de transformación de una raíz en otra.

El mundo es uno y único porque el demiurgo utiliza en su fabricación toda la mezcla de los elementos, la cual no ha sido hecha al azar, sino que obedece a la proporción matemática con el fin de resultar indestructible<sup>97</sup>. Al referirse al modo preciso según el cual deben estar mezclados los cuatro elementos para conformar esta base perdurable, *Timeo* asegura que: “La proporción es la que por naturaleza realiza esto de manera más perfecta”<sup>98</sup>. Es ella la que lleva a los elementos hacia la amistad que convierte su unión en insoluble para cualquiera que no sea el demiurgo<sup>99</sup>. La manera que tiene Dios de conseguir que su obra sea proporcionada es colocar entre el fuego y la tierra, que hacen el mundo visible y tangible, agua y aire. Y los cuatro en la misma relación proporcional mutua, es decir, la relación fuego-aire es proporcional a la relación aire-agua y ésta, a su vez, a la relación agua-tierra<sup>100</sup>.

104

Las referencias a la proporcionalidad son numerosas y variadas a lo largo de todo el relato de *Timeo*: la verdad acerca de la proporcionalidad entre los elementos<sup>101</sup>, la adecuación proporcional de la cantidad de movimientos<sup>102</sup>, la mezcla proporcional de triángulos para fabricar la médula humana<sup>103</sup> y la dificultad de captar las proporciones más potentes e importantes<sup>104</sup>. La proporción forma parte del alma y del cuerpo del mundo y del cuerpo humano. En el pasaje *Timeo*, 87c-88e Platón relaciona, por un lado, la proporción, la medida, el equilibrio, la salud, la belleza y, por otro, sus opuestos, la desproporción, el desequilibrio, la enfermedad y la fealdad. También en 60c establece esta relación refiriéndose a la clase de tierra más

y recordada por los hombres.

<sup>97</sup> *Ti.*, 32c-34b.

<sup>98</sup> *Ti.*, 31c.

<sup>99</sup> *Ti.*, 32b-c.

<sup>100</sup> Esta definición de “proporcionalidad” será sistematizada por Euclides en el libro V de los *Elementos*: Se dice que una primera magnitud guarda la misma razón con una segunda que una tercera con una cuarta, cuando cualesquiera equimúltiplos de la primera y la tercera excedan a la par, sean iguales a la par o resulten inferiores a la par, que cualesquiera equimúltiplos de la segunda y la cuarta, respectivamente y tomados en el orden correspondiente”. *Elementa*, V, def. 5.

<sup>101</sup> *Ti.*, 53e.

<sup>102</sup> *Ti.*, 56c.

<sup>103</sup> *Ti.*, 73c.

<sup>104</sup> *Ti.*, 87c.

bella. Y en el *Gorgias* describe la tarea del buen artesano como aquella que tiene en cuenta el bien como máximo fin, la que no es azarosa, sino teleológica, y la que persigue una forma determinada, un orden concreto, hasta alcanzar un resultado proporcionado<sup>105</sup>. La base de la metafísica del *Timeo* es un sistema de proporciones: el primero es al segundo como el segundo es al tercero; el demiurgo es al alma como el alma al mundo, el modelo es al sello como el sello a la imagen<sup>106</sup>; el hombre es a la πόλις en la *República* como la πόλις es al κόσμος en el *Timeo*<sup>107</sup>.

El tiempo no existía antes de la introducción del orden en el caos por parte del demiurgo, porque el tiempo sólo puede ser medido mediante el orden, por lo que en el caos no había χρόνος, sino, en todo caso, duración. La duración del mundo depende de la voluntad del demiurgo (en contra de la interpretación de Aristóteles en *Acerca del cielo*<sup>108</sup>).

### Elementos, poliedros y triángulos en el cuerpo humano

Si el triángulo es la pieza básica de construcción de lo existente, el cuerpo humano también deberá estar formando por triángulos<sup>109</sup>, la médula, los huesos, la carne, los tendones y la sangre también están compuestos por fuego, aire, agua y tierra<sup>110</sup>.

Tras el pasaje en el que *Timeo* se ocupa de los sentidos, gusto, olfato, oído y vista<sup>111</sup>, nos remite de nuevo a las características de los elementos para explicar por qué y para qué el cuerpo humano es como es. El corazón y los pulmones se encuentran en una relación tal que el carácter ígneo del primero es amortiguado por el carácter neumático o aéreo de los segundos<sup>112</sup>. La médula está fabricada a partir de una mezcla proporcionada de triángulos primordiales firmes y lisos<sup>113</sup> e irriga el género más puro, suave y grasoso de triángulos<sup>114</sup>. El sistema óseo es una mezcla de médula y tierra que

<sup>105</sup> Cf. *Grg.*, 503 d-504d.

<sup>106</sup> Cf. Montserrat i Torrents: 1987, 11.

<sup>107</sup> Siguiendo a Platón y contra los detractores de las matemáticas, Proclo las presenta como generadoras de belleza, como el ejercicio cuya práctica nos capacita para aprender y apreciar la proporción, la simetría y la definición. Pero, recuerda el Diádoco, sólo quien ya tiene cubiertas sus necesidades vitales puede volverse hacia el estudio de la matemática. Cf. Proclo, *in Euc.*, prólogo parte I, cap. IX.

<sup>108</sup> Cf. Aristóteles, *Cael.*, 279b33-280a28-32; *Ph.* 251b17.

<sup>109</sup> Cf. Brisson y Meyerstein: 1995, 57.

<sup>110</sup> Cf. *Ti.*, 82c.

<sup>111</sup> Cf. *Ti.*, 65c-68d.

<sup>112</sup> Cf. *Ti.*, 70-70d.

<sup>113</sup> *Ti.*, 73 bc.

<sup>114</sup> *Ti.*, 82d.

el demiurgo puso alternativamente al fuego y en agua, con el fin de que ninguno de los dos pueda fundirla ni disolverla<sup>115</sup>. Para que la médula y el sistema óseo pudieran sostener el cuerpo, los hizo de tierra<sup>116</sup>, el elemento asociado al hexaedro, el poliedro más estable<sup>117</sup>. La carne, además de tierra, la compuso de agua, fuego, un fermento de ácido y sal<sup>118</sup>. Por su parte, los poliedros más agudos, tetraedros y octaedros, o los elementos más móviles, fuego y aire, se encuentran asociados a la visión y al oído<sup>119</sup>.

Cuando un ser humano o un animal son jóvenes, sus triángulos, recién generados por la médula y alimentados con leche, están nuevos, tiernos, bien unidos y con sus aristas afiladas, que son las que les permiten cortar el alimento. A medida que las aristas se van tornando romas y la raíz de los triángulos se va aflojando, las uniones entre ellos son más fácilmente destructibles por todo lo que del exterior entra en el cuerpo, produciendo la sobreabundancia o el exceso de alguno de los elementos<sup>120</sup>. Es entonces cuando el hombre enferma o envejece. Y cuando los vínculos de la médula se separan, desatan los triángulos del alma y ésta es liberada<sup>121</sup>. La vida humana dura lo que duran los triángulos<sup>122</sup>. El problema es si es compatible sostener que los triángulos sean las partículas más elementales con el hecho de que se desgasten.

La presencia de los poliedros regulares en el cuerpo humano no está únicamente circunscrita al discurso verosímil de Timeo, sino que se extiende al discurso científico. Gracias a la nueva escala del mundo que nos han proporcionado los microscopios, conocemos la existencia de los virus. El virus es una entidad biológica que para replicarse necesita de una célula huésped. Cada partícula de virus es un agente potencialmente patógeno compuesto por una cápside de proteínas que envuelve al ácido nucleico, ADN o ARN<sup>123</sup>. La forma de la cápside puede ser sencilla, de tipo helicoidal o icosaédrica. En los virus icosaédricos, como el del herpes o el SIDA, las proteínas que forman la cápside, los llamados capsómeros, se ajustan formando un icosaedro regular y dejando un hueco central donde se sitúa el ácido nucleico.

---

<sup>115</sup> *Ti.*, 73e.

<sup>116</sup> *Ti.*, 64c.

<sup>117</sup> *Ti.*, 62c.

<sup>118</sup> *Ti.*, 74cd.

<sup>119</sup> *Ti.*, 64c.

<sup>120</sup> *Ti.*, 81e-82.

<sup>121</sup> *Ti.*, 81b-e.

<sup>122</sup> *Ti.*, 89c.

<sup>123</sup> VVAA: 2001, 672-5.

En 1935 Wendell Meredith Stanley (1904-1971), el que sería Premio Nobel de Química en 1946, demostró que los virus pueden cristalizar debido a su forma geométrica, la cual les permite ordenarse en una pauta tridimensional regular y periódica<sup>124</sup>, que los diferencia de la irregularidad característica de los organismos y las células y los acerca a los minerales. Y en 1956 Watson y Crick<sup>125</sup> postularon que la proteína de cubierta de los virus esféricos más simples está basada en el diseño de los poliedros regulares. El icosaedro es la estructura cuasiesférica más eficiente y robusta que se puede construir a partir del ensamblado de varias piezas.

## Conclusiones

Los sólidos platónicos son una más de las maneras de representar el componente divino del mundo, si bien quizá una de las más abstractas. La familia de los poliedros regulares posee un abolengo que no es igualado ni siquiera por Critias en el *Timeo*. Son siglos ya los dedicados a su estudio, a su genealogía.

Gracias a la introducción de los poliedros regulares en esa teoría especulativa sobre la construcción geométrica del mundo que es el *Timeo*, Platón establece la relación imposible entre la regularidad, el orden y la armonía defendida por los pitagóricos y la inconmensurabilidad que existe entre la hipotenusa y el lado del triángulo, entre la diagonal y lado del cuadrado, entre el lado y la diagonal del pentágono. Triángulos, cuadrados y pentágonos, los polígonos de las caras de los poliedros, posibilitan la situación filosófica y dan a luz una tradición, la de los sólidos platónicos. Ésta nace con Platón, para quien la geometría es una ciencia aplicada, pero no en el sentido técnico, sino una ciencia aplicada a la vida, un estilo de vida que respeta una ética, una política y una concepción de la divinidad y que está asociado a la creencia en la reencarnación del alma inmortal. Esta tradición será apuntalada por Euclides –quíéralo él o no– mediante un resistente sistema geométrico, tendrá uno de sus más fuertes defensores en Proclo, conseguirá sobrevivir en estado latente a la Edad Media, será resucitada en la Edad Moderna por Della Francesca, Pacioli, Durero, Tartaglia, Da Vinci, Rodrigo Zamorano y Kepler, se mutará y tomará forma algebraica de la mano de Euler, en el siglo XX retornará a su más puro origen platónico, al *Timeo*, y retomará la reflexión platónica originaria que ensambla física, matemática, ontología, política y ética en los escritos de Heisenberg, y es

<sup>124</sup> Cf. Palas: <<http://www.ibmcp.upv.es/En%20el%20limite%20de%20la%20vida,%20un%20siglo%20de%20virus.pdf>> [con acceso el 18/10/2008]

<sup>125</sup> Cf. Palas: <<http://www.ibmcp.upv.es/En%20el%20limite%20de%20la%20vida,%20un%20siglo%20de%20virus.pdf>> [con acceso el 18/10/2008]

plena y absolutamente vigente en el momento presente gracias al platonismo del acontecimiento y de la inconmensurabilidad desarrollado por Badiou.

Para la racionalidad pitagórica los irracionales son un problema que toma aspecto de tabú. En Platón el discurso del filósofo debe versar sobre “lo que es”, sobre las Formas, las cuales se comunican, están relacionadas entre sí, y sólo pueden ser conocidas mediante la dialéctica, para la cual la matemática es una ejercitación, un entrenamiento. La matemática como ejercicio y aprendizaje es el paso previo a la filosofía como pasión por lo que se aprende y se puede llegar a comprender y ésta, a su vez, a la ética y a la política a las que debe aplicarse para llevar una vida justa en una comunidad regida por la justicia entendida no en términos de simetría, sino de analogía y de proporcionalidad.

El estudio de los modelos abstractos, es decir, la matemática, es parte importante de la educación del filósofo en su camino hacia la contemplación de aquello que le ha de dar la clave para tejer el *λόγος*, la razón que debe orientar la vida en común, no ya en una pequeña *πόλις*, sino en todo un planeta globalizado. Por todo lo dicho, parece probable que la matemática aparezca nunca desnuda, sino que, ya hablemos de pitagorismo, de platonismo, de neoplatonismo, de humanismo, etc., siempre se muestra ataviada de creencias. Al margen de que nos dediquemos o no al estudio –interesado o desinteresado– de la matemática, ésta seguirá rigiendo por igual la vida del cosmos y la vida humana.

Pero es el hecho de que las leyes matemáticas no den razón suficiente del devenir lo que impulsa a unos a buscar ese componente indescifrable, indecible, inexplicable, en el caso de todo tipo de creyentes, o a intentar descubrir el entramado de modelos, paradigmas o patrones abstractos, en definitiva, de aquello que se repite, de los invariantes ocultos en cualquier formación, ya sean reales o imaginarios, estáticos o dinámicos, cualitativos o cuantitativos, en el caso de los científicos.

La concepción del mundo como un lugar perfecta y totalmente racional y ordenado es superada por Platón: ese mundo pasa a ser el modelo ideal que se alza como modelo hacia el cual hay que elevarse para mejorar y perfeccionar aquel en el cual se desarrolla nuestra vida física, sensible, corpórea, material, el mundo en el cual subsiste cierto grado de desorden, de necesidad y de entropía.



## Propiedades matemáticas de los poliedros

Elemento	Fuego	Aire	Agua	Tierra	Mundo
<b>Poliedro regular</b>	<b>Tetraedro</b>	<b>Octaedro</b>	<b>Icosaedro</b>	<b>Hexaedro</b>	<b>Dodecaedro</b>
Caras	4 triángulos rectángulos	8 triángulos equiláteros	20 triángulos equiláteros	6 Cuadrados	12 pentágonos regulares
Vértices	4	6	12	8	20
Aristas	6	12	30	12	30
Aristas por vértice	3	4	5	3	3
Ángulo diedro (entre 2 caras)	70° 31' 43,6"	109° 28' 16,4"	138° 11' 22,6"	90°	116° 33' 54,2"
Seno del ángulo diedro	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{2}{3}$
Área exterior A = arista	$A^2 \sqrt{3}$	$A^2 \sqrt{3}$	$5a^2 \sqrt{3}$	$6a^2$	$3\sqrt{25 + 10\sqrt{5}} a^2$
Volumen	$\frac{1}{12} a^3 \sqrt{2} = 0,1178 a^3$	$\frac{1}{3} a^3 \sqrt{2} = 0,4714 a^3$	$\frac{5}{12} a^3 (3 + \sqrt{5}) = 2,1817 a^3$	$a^3$	$\frac{1}{3} a^3 (15 + 7\sqrt{5}) = 7,6631 a^3$
Triángulos por cara	6 triángulos rectángulos escalenos	6 triángulos rectángulos escalenos	6 triángulos rectángulos isósceles	4 triángulos rectángulos isósceles	30 triángulos rectángulos escalenos
Triángulos rectángulos totales	24 triángulos escalenos	48 triángulos escalenos	120 triángulos escalenos	24 triángulos isósceles	360 triángulos escalenos

## Referencias bibliográficas

- Álvarez Laso, J. (1956). *Elementos de geometría*, México: UNAM. (Español – Griego)
- Bernabé, A. (2005). *De Tales a Demócrito. Fragmentos presocráticos*, Madrid: Alianza.
- Brisson, L. (2003): “How and why do the building blocks of the universe change constantly in Plato’s *Timaeus* (52a-61c)”, en Natali & Maso (eds.), *Plato physicus. Cosmologia e antropologia nel Timeo*, Amsterdam, Adolf M. Hakkert ed, pp. 189-205.
- Brisson, L., & Meyerstein F. W. (1995). *Inventing the universe: Plato’s Timaeus, the Big – Bang and the problem of scientific knowledge*, New York: State University New York Press.
- Burnet, J. (1900-1907). *Platonis Opera*, I-IV, Oxford: Clarendon Press. [1967].
- Calonge Ruiz, J, Acosta Méndez, E., Oliveri, F. J. & Calvo, J. L. (1983). *Platón. Diálogos. II. Gorgias. Menéxeno. Eutidemo. Menón. Crátilo*, Madrid: Gredos.
- Calvo Martínez, T. (1994). *Metafísica*, Madrid: Gredos.
- Candel, M. (1996). *Aristóteles. Acerca del cielo. Meteorológicos*, Madrid: Gredos.
- Cherniss, H. F. (1944). *Aristotle’s Criticism of Plato and the Academy*, Baltimore: Johns Hopkins Press. [New York, 1962]
- 110 Cornford, F. M. (1937). *Plato’s cosmology. The Timaeus of Plato translated with a running commentary*, London, Routledge.
- Crombie, I. M. (1979). *Análisis de las doctrinas de Platón. II. Teoría del conocimiento y de la naturaleza*, Madrid, Alianza. Trad. A. Torán y J. C. Armero.
- Diels, H. (1882-95). *In Aristotelis Physica commentaria*, Berlin: Reimer.
- Diels, H. A. y Kranz, W., (1903). *Die Fragmente Vorsokratiker*, Berlín. [Dublin-Zurich, 1972]
- Durán, M. Á. y F. Lisi, F. L. (1992). *Platón. Diálogos. VI. Timeo. Filebo. Critas*, Madrid, Gredos
- Durán López, M<sup>a</sup> Á. y R. Caballero Sánchez, R. (2004). *Plutarco. Obras morales y de costumbres (moralia). XI. Tratados platónicos; Tratados antiestoicos*, Madrid, Gredos.
- Eggers Lan, C. (1997): “Lo intermedio, el mundo y la materia en el *Timeo* de Platón”, *Methexis* X, pp. 17-21.
- Eggers Lan, C. (1999). *Platón. Timeo*. Buenos Aires: Colihue.
- Enriques, F. y Zapello, M<sup>a</sup> T. (1954). *Los Elementos de Euclides y la crítica antigua y moderna*. Libros I-IV, Madrid: Instituto Jorge Juan de Matemáticas, Madrid: CSIC.
- Frankland, W. B. (1905). *The first book of Euclid’s Elements, with a commentary based principally upon that of Proclus Diadochus*. Cambridge, Univ. Press.
- Frayn, M. (1998). *Copenhaguen*. Trad. Mary Sue Bruce.
- Friedländer, P. (1969). *Plato I*. New Jersey: Princeton Univ. Press.
- García Bacca, J. D. (1944). *Elementos de geometría*. UNAM: México.
- García Gual, C., Martínez Hernández, M. & Lledó Íñigo, E. (1986). *Platón. Diálogos. III. Fedón. Banquete. Fedro*. Madrid: Gredos.

- García Yebra, V. (1970). *Metafísica*, Madrid: Gredos.
- Guthrie, W. K. C. (1992). *Historia de la Filosofía griega. V. Platón. Segunda época y la Academia*, Madrid: Gredos. Trad., A. M. González.
- Heath, T. L. (1908). *The thirteen books of Euclid's Elements*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Heiberg, J. L. (1894). *Simplicii in Aristotelis de caelo commentaria 7*. Berlin, Reimer
- Igal, J. (1992). *Porfirio. Vida de Plotino. Plotino. Enéadas I-II*, Madrid: Gredos.
- Lisi, F. (1992). *Platón. Diálogos. VI. Timeo. Filebo. Critas*, Madrid: Gredos.
- Lisi, F. (1999). *Platón. Diálogos. VIII. Leyes (libros I-VI)*, Madrid: Gredos.
- Lisi, F. (1999). *Platón. Diálogos. IX. Leyes (libros VII-XII)*, Madrid: Gredos.
- Lloyd, D. R. (2009). "Triangular relationships and most beautiful bodies: on the significance of ἄπειρα at *Timaeus* 57d5, and on the number of Plato's elementary triangles", *Mnemosyne* 62, pp. 19-29.
- Lloyd, G. E. R. (1968). "Plato as a natural scientist", *The journal of Hellenic studies*, vol., 88, pp. 78-92.
- Macintosh Wilson, A. (1995). *The infinite in the finite*. Oxford, Oxford Univ. Press.
- Montserrat i Torrents dels Prats, J. (1987). *Las transformaciones del platonismo*, Barcelona, UAB.
- Morrow. G. (1970). *A commentary on the first book of Euclid's Elements*. New introduction, I. Mueller. Princeton Univ. Press. (Reimpr., 1992)
- Ordóñez, J., Navarro, V. & Sánchez Ron, J. M. (2005). *Historia de la Ciencia*, Madrid: Espasa.
- Periágo Lorente, M. (2003). *Jámblico. Vida pitagórica*, Madrid: Gredos.
- Prigogine, I. (1991). *El nacimiento del tiempo*, Barcelona, Tusquets. Trad. J. M<sup>a</sup> Pons.
- Puertas Castaños, M<sup>a</sup> L. (1991-1996). *Euclides. Elementos*, Madrid: Gredos. Intr., L. Vega.
- Pynchon, T. (1992). *Un lento aprendizaje*, Barcelona, Tusquets.
- Pynchon, T. (1994). *La subasta del lote 49*, Barcelona, Tusquets.
- Pynchon, T. (2008). *Mason y Dixon*, Barcelona, Tusquets.
- Ramos Jurado, E. (1991). *Jámblico. Vida Pitagórica*, Madrid: Etnos.
- Ridgeway, W. (1896): "What led Pythagoras to the doctrine that the world was built of numbers?", *The Classical Review*, vol. 10, n<sup>o</sup> 2, pp. 92-95.
- Sallis, J. (1999). *Chorology. On beginning in Plato's Timaeus*, Indiana Univ. Press.
- Santa Cruz, M<sup>a</sup> I.; Vallejo Campos, A.; Cordero, N. L. (1988). *Platón. Diálogos. V. Parménides. Teeteto. Sofista. Político*, Madrid: Gredos.
- Sanz Hermida, J. M<sup>a</sup>. (1999). *Los seis libros primeros de la Geometría de Euclides: traducidos en lengua española por Rodrigo Çamorano.../*, Salamanca, Univ.
- Serrano Cantarín, R. y Díaz de Cerio Díez, M. (2012). *Platón. Timeo*, Madrid: CSIC.
- Sutton, D. (2004). *Sólidos platónicos y arquimedianos*, Barcelona, Oniro.
- Taylor, A. E. (1928). *A commentary on Plato's Timaeus*, Oxford, Clarendon Press.
- Taylor, T. (1961). *The Philosophical and Mathematical Commentaries of Proclus on the first book of Euclid's Elements*, London, Payne.

- VVAA. (2001): “Self-assembly of regular hollow icosahedra in salt-free catanionic solutions”, *Nature* n° 411 (junio), pp. 672-675.
- Velásquez, Ó. (2003). *Platón. Timeo*, Santiago de Chile, Univ. Católica de Chile.
- Vera, F. (1970). *Los Elementos de Euclides*, Madrid: Aguilar.
- Vlastos G. (1975). *Plato’s universe*, Oxford, Whashington Press.
- Zamora, J. M. (2005): “El problema del `quinto cuerpo´: Plotino crítico de Aristóteles (*De caelo* I, 2-3)”, *Philosophica. Aristoteles em contexto*. Lisboa 26, pp. 153-173.
- Zamora Calvo, J. M. (2010). *El Timeo de Platón*, Madrid: Abada. Notas y apéndices, L. Brisson.
- Zaragoza, J. y Gómez Cardó, P. (1992). *Platón. Diálogos. VII. Dudosos, apócrifos y cartas*, Madrid: Gredos.