

Guillermo Coronado

## Los pitagóricos: matemática e interpretación de la naturaleza\*

*Sigue, pues, tan viva en la ciencia moderna la fe en la existencia de un núcleo matemático sencillo en todas las leyes naturales, incluso en aquellas que todavía no penetramos, que la sencillez matemática se considera el supremo principio heurístico a que hay que ceñirse al descubrir leyes naturales en todo campo abierto por nuevos experimentos.*

Werner Heisenberg, *Los nuevos fundamentos de la ciencia*<sup>1</sup>

**Abstract.** *This essay deals with the pythagorical tradition which takes mathematics as the key for interpreting the physical nature. Then it deals with the discovery of arithmetical and geometrical relationships, the crisis of incommensurable numbers. Finally, it presents three instances of that pythagorical tradition in Western thought.*

**Resumen.** *Este ensayo plantea la tradición pitagórica que hace de la matemática la clave para la interpretación de la naturaleza física. Luego plantea el descubrimiento de relaciones aritméticas, geométricas, la crisis de los incommensurables. Finalmente, presenta tres instancias de esa influencia pitagórica en el pensamiento occidental.*

Como se desprende de cualquier exposición histórico-doctrinal del pensamiento filosófico de los griegos, las temáticas tratadas por los pitagóricos son muy variadas: oposición entre lo limitado y lo ilimitado, el concepto de respiración cósmica, los números como esencia de las cosas; la transmigración y preexistencia de las almas, la

purificación por medio del ascetismo, ciencia y música, y el concepto de cosmos como orden universal resultante de la armonía de contrarios o matemática<sup>2</sup>. En este ensayo interesa la cuestión de los números y su relación con la naturaleza de las cosas, esto es, la tercera y última de tales temáticas.

En consecuencia, una muy conocida cita de Aristóteles puede ser el punto de partida:

Los así llamados pitagóricos, habiéndose aplicado a las matemáticas, fueron los primeros en hacerlas progresar, y nutridos de ellas, creyeron que su principio fuera el de todas las cosas. Ya que los números por naturaleza, son los primeros en ellas (matemáticas), y les pareció observar en los números semejanzas con los seres y con los fenómenos, mucho más que el fuego o en la tierra o en el agua (por ejemplo, tal determinación de los números les parecía que era la justicia; tal otra, el alma o la razón; aquella otra, la oportunidad, y, por así decir, análogamente toda otra cosa); y como también veían en los números las determinaciones y las proporciones de las armonías; y como, por otra parte, les parecía que toda la naturaleza por lo demás estaba hecha a imagen de los números y que los números son los primeros en la naturaleza, supusieron que los elementos de los números fuesen los elementos de todos los seres, y que el universo entero fuese armonía y número. Y todas las concordancias que podían demostrar en los números y en las armonías con las condiciones y las partes del universo y con su ordenación total, las recogieron y coordinaron.<sup>3</sup>

Antes de continuar con el desarrollo, es necesario recordar las dos actitudes ante la matemática como claves de la interpretación de la naturaleza más importantes en la historia del pensamiento occidental

Por una parte, el enfoque más bien realista, uno de cuyos antecedentes es de corte pitagórico-platónico, pero que no siempre supone un platonismo del mundo de las ideas. Por la otra, una perspectiva de sentido más nominalista, de simple instrumento para formular el conocimiento de dicha naturaleza, esto es, de las matemáticas como el instrumento para expresar el conocimiento de la realidad.

Para los efectos de este ensayo es importante destacar lo siguiente:

1- La matemática es clave de la realidad, puesto que ella posee una estructura de tal índole – la naturaleza es un libro escrito con signos matemáticos y solamente quien sepa matemáticas podrá interpretarla, como en la tesis metodológica planteada por Galileo en *El ensayador* (II *saggiatore*...):

La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante nuestros ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto.<sup>4</sup>

2- La matemática es el lenguaje necesario para expresar las interpretaciones de la naturaleza, las cuales no necesariamente son correlatos unívocos de la misma, sino instrumentos aptos para el cálculo y la predicción instrumentalista que desde Claudio Ptolomeo, pasando por Osiander y Bellarmino, en el contexto astronómico, se proyecta hasta ciertas interpretaciones de las propuestas de Niels Bohr, en el caso más específico de la física contemporánea. Todo ello en el mejor sentido de la tradición del “salvar los fenómenos”.

Retornando al contexto pitagórico planteado por la cita aristotélica, y para no caer en casi insolubles problemas de manejo e interpretación de fuentes doxográficas, en este trabajo se asume el

pitagorismo como un movimiento general, y sin hacer distinciones radicales como las propuestas en el pasado, sin resultados positivos, entre un pitagorismo inicial, propio de Pitágoras, uno medio en el siglo V, o de Filolao, y otro cercano a la Academia de Platón. Por ello, siguiendo a Aristóteles, se hablará de los pitagóricos.

Números y armonías entre números. Números y formas geométricas. Números y armonías en la naturaleza. Tres parejas conceptuales que se deben ampliar, para desarrollar el enfoque propio de la concepción pitagórica de la naturaleza.

Primero: ¿qué se debe entender por número? En terminología moderna números enteros o relaciones entre números enteros, fracciones; por supuesto que no se asume la existencia del cero. En el contexto pitagórico: referencia a un cierto arreglo espacial de unidades físicas o piedrecillas –guijarros–, lo que lleva a un cálculo.

Cuando a un número impar, o si te place más, a uno par, se le agrega una piedrecilla, o bien se le toma de las ya existentes, ¿crees que ese número permanece siendo el mismo?<sup>5</sup>

Con ello se tiene la relación entre números y gnomones, esto es columnas o agregados de unidades.

De manera más alegórica, Eurito, pitagórico del siglo V a.C., muy cercano a Filolao, consideraba como estrategia válida la correlación de guijarros y entidades particulares, tales como *hombre* y *caballo*, según puede desprenderse de un texto aristotélico:

Nada se ha precisado sobre la manera en que los números son las causas de las sustancias y de la existencia - si 1) como límites (a la manera en que las líneas lo son de las magnitudes espaciales); así fijaba Eurito el número de cualquier cosa (de un hombre o de un caballo por ejemplo) imitando las figuras de los seres vivos con guijarros, como los que reducen los números a las formas del triángulo y del cuadrado o 2) porque la armonía es una relación de números...<sup>6</sup>

O bien como se comenta en el texto posteriormente:

Supongamos en gracia al razonamiento, que la definición del hombre es el número 250 y el de la planta el 360. Hecho este supuesto, solía tomar 250 guijarros, verdes, negros y rojos, en una palabra, de todo tipo de colores. Untaba después la pared con asbesto y dibujaba en claroscuro la figura de un hombre o

de una planta; fijaba los guijarros unos en el dibujo del rostro, otros en el de las manos y otros en las demás partes hasta completar el dibujo de un hombre con un número de guijarros igual al de las unidades que, según él, definían al hombre.<sup>7</sup>

Práctica de Eurito que, según referencia de Teofrasto, el gran Arquitas reconocía. Pero que dejaremos de lado por ser demasiado artística o pictórica, para dirigir la mirada a un enfoque más típico, esto es, de figuras geométricas.

Por otro lado, y respondiendo al primer referente de los tópicos pitagóricos, se tiene la relación entre números y lo ilimitado-limitado; lo cual a su vez, tiene relación directa con el concepto pitagórico de números pares e impares. Una referencia de Filolao calza muy bien en este punto. Se ofrece en dos traducciones distintas, y se la acompaña de una representación gráfica.

La naturaleza del mundo advino armónica a partir de ilimitados y limitantes, tanto el universo todo como lo que contiene. La naturaleza se constituye en este Mundo por coajuste de ilimitado y limitado; y así están constituidos el Mundo entero y todas las cosas que en el Mundo se hallan.<sup>8</sup>

```

0
00
000
0000
00000
000000
0000000
00000000
    
```

Si a partir de la mónada o unidad que aparece en el vértice del triángulo se tiende una línea hasta la base del mismo, se puede ver, fácilmente, que pasará sin tocar otras mónadas en los números pares, pero intersectará un factor o piedrecilla en el caso de los impares. En efecto, la línea corta, sin problemas, los arreglos de unidades correspondientes al 2, 4, 6 y 8, pero chocará con un guijarro en el caso del 3, 5 y 7. Se tiene, en consecuencia, la presencia de lo *ilimitado* y lo *limitado*, que corresponde claramente con lo *par* e *impar* (*artios* y *perissos*). Y de nuevo tomando a Filolao como referente, esta oposición entre lo ilimitado y lo limitado es fundamental para la posibilidad de la cognoscibilidad de lo real.

Si todas las cosas fuesen ilimitadas, no habría ni objeto con que comenzar a entender.<sup>9</sup>

O bien, en sentido positivo, los números permiten el conocimiento de las cosas, para reiterar la tesis central del pitagorismo:

Ahora que, en realidad, todo lo cognoscible tiene número, que sin número no habría modo ni de entender ni de conocer cosa alguna...<sup>10</sup>

Por supuesto, en el enfoque pitagórico los números pares e impares juegan un papel muy significativo, como se desprende de la siguiente cita:

Parece que ellos consideran elementos del número el par y el impar, y de ellos, el primero ilimitado y el segundo limitado. El Uno participa de ambos, ya que es par e impar al mismo tiempo, y el número proviene de la unidad.<sup>11</sup>

Pero vuélvase a la pregunta original respecto de los números. Su clarificación requiere otro par de conceptos fundamentales englobados en la siguiente afirmación.

Al principio de la unidad, del ser idéntico e igual... lo llamaron Uno... En cambio, al principio de la diversidad y de la desigualdad, de todo lo que es divisible y mudable y se halla, ora en un estado, ora en otro, lo llamaron dualidad.<sup>12</sup>

Ahora bien, de manera más específica, números son ciertos arreglos aritmético-geométricos que asumiendo como punto de partida la unidad o mónada, y la díada o dualidad, se inician en el número tres, resultante de la conjugación de la unidad y la dualidad. En efecto, el primer número en sentido estricto sería el 3, *número triangular* dada su composición a partir de dos factores representados por ::; a este lo seguiría el 4, que sería un *número cuadrado* pues su arreglo es un cuadrado resultante de dos factores o lados iguales, ::. Por supuesto, se pueden complicar las estructuras y se tienen *números oblongos* o *rectangulares*, esto es, aquellos resultantes de factores desiguales, como en el caso del 6, 8, etc. Todos ellos son arreglos de índole bidimensional. Posteriormente, números más complejos resultantes de tres factores nos darían los sólidos o tridimensionales, entre los que destacan los piramidales y los cúbicos.

Para ser más precisos: los números en cuestión son los *enteros*, o las fracciones de los mismos. En terminología matemática estos números son los *racionales*. Ahora bien, siempre debe tenerse en cuenta que el cero está ausente de los planteamientos pitagóricos dado que el pensamiento griego no produjo dicho concepto. Pero ¿cómo es posible que exista una tal pluralidad de números, y no simplemente una mónada o unidad absoluta? La respuesta radica en la otra tesis pitagórica, enumerada al inicio de este trabajo, la respiración cósmica del vacío. De la doxografía se puede citar:

Dicen también los pitagóricos que existe el vacío, y que es así introducido en el cielo por una respiración del pneuma infinito, y que así el vacío permite distinguir las naturalezas de los cuerpos, por ser el vacío una separación y distinción de las cosas colocadas unas después de las otras, y afirman que esto sucede antes que nada en los números ya que el vacío diferencia la naturaleza de ellos.<sup>13</sup>

Respecto de los bidimensionales se tienen *series*, que se conforman gracias al agregado de nuevos gnómones o columnas-escuadras de unidades a números previos. Así, a partir del 3, el primer número producido por la mónada y la díada, tal como se estableció anteriormente, se pasa al 6, en virtud del procedimiento de agregar una nueva columna al triángulo representativo del tres, que es mayor en una unidad al lado mayor de aquél, esto es, a la dualidad. Tal 6 estaría constituido por un triángulo cuyos componentes son el uno, el dos y el tres. El siguiente número triangular es el 10, que se engendra al agregarse un gnomon de cuatro unidades, es decir, mayor en una unidad al lado mayor de la forma triangular del seis. En virtud de este procedimiento constructivo, que a su vez refleja cierta regularidad, es obvio que los siguientes números triangulares de la serie son el 15, el 21 y el 28, que surgen del agregado de columnas de cinco, seis y siete unidades respectivamente a los esquemas triangulares antecedentes<sup>14</sup>. Cuando se estudia esta serie de números los pitagóricos encontraron estas relaciones o armonías dignas de total admiración. En particular, que cada número triangular sea el resultado de la suma de los  $n$  números enteros que conforman los  $n$  factores o gnómones corres-

pondientes. De manera moderna, tal relación o armonía responde a la fórmula algebraica  $1/2 n(n + 1)$ .

Ahora bien, de la serie de los números triangulares los pitagóricos privilegiaron al que denominaron la *tetractys* y lo convirtieron en símbolo no solamente de sus logros matemáticos, sino de toda su filosofía. Ello queda patente en la siguiente cita de Aecio.

La verdadera naturaleza del número es 10. Todos los griegos y todos los bárbaros cuentan por igual hasta 10 y revierten después a la unidad. Y afirman, de nuevo, [Pitágoras], que el poder interno del número diez radica en el número cuatro, la tetrada y su razón es la siguiente: si se parte de la unidad y se le añaden los números sucesivos hasta cuatro, se forma el número diez; si se excede la tetrada, se excede también el diez. Si p. e., se toma la unidad y se añade el dos, después el tres y luego el cuatro, completan el número diez. De manera que el número por su unidad radica en el número diez, pero en lo referente a su potencialidad en el número cuatro. Por esta razón solían invocar los pitagóricos a la tetrada como su juramento más solemne: "Por el que transmitió a nuestra generación la tetractys, que contiene la fuente y raíz de la naturaleza eterna."<sup>15</sup>

Como expresa el Estagirita, los pitagóricos dieron a algunos números un simbolismo de naturaleza no matemática, por cuanto uno representaba la justicia, otro la oportunidad, el matrimonio, etc. Tales simbolismos no eran fundamentales, sino simplemente resultados de analogías superficiales. Pero podían ir mucho más allá, aplicando estas analogías a problemas científicos más generales. Un ejemplo es la correlación entre el número diez y los cuerpos celestes, que llevó a una propuesta cosmológico-astronómica interesante en sí, puesto que supera el geocentrismo tan ligado a la percepción sensorial común, pero que se desvirtúa en virtud de la postulación de una anti-tierra que debe completar el conjunto de diez cuerpos celestes, para que lo fáctico concuerde con lo teórico postulado.<sup>16</sup>

Por el contrario, y desde una perspectiva positiva, los pitagóricos hicieron el descubrimiento de las relaciones numéricas que se encuentran tras las notas musicales, relaciones que se expresan a partir de los primeros enteros de la serie. Relaciones o intervalos que a partir de la unidad se expresan mediante 3:4, 2:3 y 1:2, correspondiendo a la cuarta, quinta y octava

respectivamente. Un texto de Filolao lo manifiesta adecuadamente:

La extensión (la de una octava, 1:2) de Armonía comprende la cuarta (3:4) y la quinta (2:3); la quinta es mayor en un tono entero (8:9) que la cuarta, porque desde la cuerda ínfima (E, mi) hasta la cuerda media (A, la) va una cuarta, desde la cuerda media a la cuerda nueva (E, mi) una quinta, desde la nueva a la tercera (H, si) una cuarta, desde la cuerda tercera (H, si) hasta la ínfima una quinta. Entre la tercera (H, si) y la media (A, la) hay un tono entero. La cuarta tiene como razón 3:4; la quinta, 2:3; la octava, 1:2. / Así que Armonía se constituye de cinco tonos enteros y dos semitonos; la quinta, de tres tonos enteros y un semitono; la cuarta, de dos tonos y un semitono.<sup>17</sup>

Estas relaciones llevaron a los pitagóricos a investigar la medias proporcionales o progresiones, aunque bien pudo ser al contrario. Las dos primeras, aritmética y geométrica son bastante obvias. La tercera o la armónica se asocia con el pitagorismo de manera radical. Se le puede definir, Porfirio, como aquella progresión en que tres términos se relacionan de tal manera que “cualquiera sea la parte de sí mismo con que el primero excede al segundo, el segundo excede al tercero en la misma proporción del tercero.”

Si se pasa a los números cuadrados, se tiene la serie de los que son resultados de la multiplicación de factores iguales, de ahí su forma cuadrada. Los miembros de la serie son el 4, 9, 16, 25, 36, etc. Por una parte, como se definió antes, cada miembro de la serie es el producto de factores iguales, vgr., el 36 es igual a 6 por 6; por la otra, cada cuadrado de la serie es la suma de los impares a partir de la unidad hasta tal número: así, el 4 es la suma de 1 y 3; el 9 la suma de 1, 3, 5, etc. En esta serie el cuadrado  $n$ -ésimo de un número es la suma de los  $n$ -primeros números impares. Considerada su construcción a partir de cálculos, el cuadrado siguiente se construye agregando un gnomon equivalente a  $2n + 1$ , que lo envuelve. O bien, de manera más general, se tiene que la suma de  $1 + 3 + 5 + \dots + (2n+1) = n$  al cuadrado.<sup>18</sup>

A continuación se deben analizar los números oblongos, que geoméricamente son rectangulares, producto de factores o lados desiguales, ya sea por una unidad o de otra forma, o bien aritméticamente como la suma de cualquier número

de términos de la serie de los pares a partir de la diada. En virtud de ello, se tiene que los oblongos *estrictos* son el 6, 12, 20, 30. En expresión general responde a la relación  $n(n+1)$ .

En este punto, cabe señalar que esos tres tipos de números también presentan relaciones entre sí y que ello provoca perplejidad y admiración. Es claro que un número oblongo es el resultado de la suma de dos números triangulares idénticos; la suma de dos triangulares, a saber, el 15, produce el 30, que es un oblongo resultante del producto de 5 por 6. Por su parte, si se tienen dos números triangulares sucesivos, por ejemplo, el 10 y el 15, se tiene el cuadrado 25. Finalmente, y como muestra de una relación muy compleja se tiene que la suma de ocho números triangulares iguales más la unidad produce un número cuadrado. Sea el triangular el 3, el cuadrado resultante es el 25, esto es ocho veces 3 más uno.

No obstante, todo no resultó tan maravilloso. Ciertos descubrimientos conllevan una seria crisis en la propuesta pitagórica. La diagonal de cuadrado y la altura del equilátero, entre las formas cuadriláteras, por una parte, la relación entre el radio y la circunferencia del círculo, por la otra, los enfrentaron con el hecho de que hay números irracionales (álogos). El hallazgo, que debía permanecer secreto, de la raíz cuadrada del dos y del tres remite a dos magnitudes, que no pueden ser expresadas mediante un número entero ni por una relación –fracción– de ellos. Igual situación se presenta con el número pi. La aritmética se enfrenta a una crisis radical, y por ende el enfoque matemático-filosófico. Los números, pareciera desprenderse, no pueden ser el principio o clave de todas las cosas.

Revelar este terrible hallazgo, según la leyenda pitagórica, llevó al castigo de Hipaso de Metaponto, quien muere en un naufragio por acción de los dioses. Aunque bien pudieron ser compañeros de la fraternidad, defensores del secreto de las enseñanzas filosófico-matemáticas, los causantes de su muerte. Empero, la leyenda no siempre es precisa, y se apunta que fue el develar el descubrimiento del dodecaedro lo que provocó tal castigo. Lo que importa es el significado del descubrimiento.

La aritmética ciertamente entra en crisis, mas no la totalidad del matematismo pitagórico, puesto que la geometría sigue siendo capaz de expresar y relacionar dichos irracionales numéricos. Por ello, la geometría se fortalece e inicia su larga historia como paradigma del pensamiento matemático y las filosofías inspiradas por él. La razón de este predominio se asienta en la posibilidad de dominar tales magnitudes irracionales, gracias a un enfoque geométrico más radical. Ejemplo: la diagonal del cuadrado, irracionalidad de la raíz de dos, gracias a un arreglo espaciogeométrico se ve convertida en lado de un cuadrado, doble del primero que la generó, pero formado a partir de cuatro triángulos, cada uno de ellos, a su vez, isósceles y equivalentes a la mitad del cuadrado inicial. Evidencia de ello aparece posteriormente en los diálogos platónicos *Menón* y *Timeo*. Por su parte, la irracionalidad de la raíz de tres se domina mediante la construcción de un equilátero que, aunque más complejo que el originario que generó tal irracionalidad o altura, gracias a la unión de dos escalenos de lado 1, 2 y raíz de tres, que a su vez se colocan en relación armónico espacial a partir de un centro irradiador, resulta convertida en cantidad racional. Ello también se muestra, con regocijo racional, en la construcción del cuerpo del mundo, en el *Timeo* de Platón.

Para terminar este ensayo es necesario destacar, como dignos de consideración específica, tres grandes momentos del pitagorismo como enfoque matematizante de la naturaleza, correspondientes a la antigüedad clásica, fines del siglo XVI, y el siglo XX:

1- Platón y la cosmología de corte pitagórica del *Timeo*. En efecto, siendo el Mundo un Animal viviente, debe estar conformado por un cuerpo y alma. La constitución del Alma corresponde a un arreglo armónico musical, que no es sino, un esquema matemático (cf. *Timeo*, 35-36)<sup>19</sup>, y que unido al cuerpo produce la unidad de lo viviente.

...De esta manera nacieron, por una parte, el cuerpo visible del Cielo, y por otra parte, invisible, pero partícipe del cálculo y la armonía, el Alma, la más bella de las realidades producidas por el mejor de los seres inteligibles que existen eternamente.

El Alma, pues, formada por la naturaleza de lo Mismo, de la naturaleza de lo Otro y de la tercera substancia. Y, compuesta de la mezcla de estas tres realidades, partida y unificada matemáticamente, se mueve por sí misma en círculo, dando vueltas sobre sí misma. (36e-37a)

Por otra parte, el cuerpo del mundo también responde a una estructura matemática. En este caso, los poliedros y los cuatro elementos de las cosas físicas, responden a una estructuración matemática. Pero por la naturaleza física de lo corpóreo, la estructura no es simplemente resultado de la inteligencia, sino de la persuasión de la necesidad por la inteligencia. La clave para tal persuasión es la armonía matemática. Platón lo expresa claramente:

... Ahora bien, es necesario unir también a nuestras disertaciones lo que nace o es hecho por la acción de la necesidad. En efecto, el nacimiento de este Mundo tuvo lugar por una mezcla de esos dos órdenes, la necesidad y la inteligencia. Con todo, la inteligencia ha dominado la necesidad, ya que ha conseguido persuadirla de que orientara hacia lo mejor la mayoría de las cosas que son engendradas. Y así, por la acción de la necesidad, rendida a la fuerza persuasiva de la sabiduría, se ha formado este Mundo desde los comienzos. (47e-48a)

Y, por lo que respecta a las relaciones numéricas que se hallan en su número, en sus movimientos y en sus demás propiedades, hay que considerar siempre que el Dios, en la medida en que el ser de la necesidad se dejó persuadir espontáneamente, las ha realizado en todo de manera exacta, y así ha armonizado matemáticamente los elementos. (56c)<sup>20</sup>

2- Johannes Kepler y el *Misterio del Cosmos*, de 1596 es otro gran momento en la tradición pitagórica. El problema enfrentado es el número de los planetas en el sistema copernicano, a saber seis, y no los tradicionales siete. La clave de la solución radica en los cinco poliedros regulares como resultado del quehacer de un Dios creador-geómetra.<sup>21</sup> Es decir, convergen la tradición pitagórica y el cristianismo. Kepler lo hace manifiesto cuando escribe:

Es mi intención, lector, demostrar en este pequeño libro que el Creador óptimo Máximo, al crear este mundo móvil y en la disposición de los cielos se atuvo a los cinco cuerpos regulares que han sido tan famosos desde los días de Pitágoras y Platón hasta los nuestros y también que en la función de su naturaleza ajustó su número, sus proporciones y la razón de sus movimientos.

Tenemos orbes mediante el movimiento y cuerpos sólidos mediante número y magnitudes; nada falta sino sólo que digamos con Platón "Dios siempre geometriza" y en esta fábrica de móviles inscribió a los cuerpos sólidos dentro de esferas y a las esferas dentro de sólidos, hasta el punto de que ningún cuerpo sólido quedase sin vestir por dentro y por fuera mediante orbes móviles.

3- Hacia la mitad del siglo XX, Werner Heisenberg reflexiona sobre los fundamentos de la mecánica cuántica, ciencia que él conformó junto con otros teóricos. El resultado de dicha reflexión es el hallazgo de que la inspiración fundamental se puede retraer a las fuentes del pensamiento griego. En particular, la indagación respecto de la naturaleza de la materia plantea ecos pitagóricos. La ecuación fundamental y las estructuras matemáticas dinámicas: ecuaciones diferenciales en lugar de poliedros o estructuras estáticas.

No obstante, si ha tomado de los filósofos antiguos la idea del orden de la naturaleza que la matemática hace inteligible, la ciencia moderna la desarrolla de un modo distinto y, a nuestro juicio, riguroso y válido para todos los tiempos. El campo de las estructuras matemáticas que se ofrecía a la ciencia antigua aún era relativamente restringido, estando constituido sobre todo por formas geométricas que se ponían en relación con los fenómenos. La ciencia griega buscaba, pues, leyes estáticas; el objeto de su estudio eran las trayectorias inmutables que los astros recorren o bien las formas de los átomos, eternos e indestructibles. Pero las leyes a que la indagación antigua llegó por este camino no resistieron la prueba de los métodos experimentales más refinados de siglos posteriores, y la ciencia de los tiempos modernos ha demostrado que, en el mundo real que nos rodea, lo permanente no son las formas geométricas, sino las leyes dinámicas que determinan el origen y extinción del acontecer natural. A partir de Newton, las armonías de los pitagóricos, que todavía Kepler creía encontrar en las órbitas de los astros, la busca la ciencia en la estructura matemática de la ley dinámica, en la ecuación que es fórmula de esta ley.

Este cambio de rumbo representa una realización consecuente del programa de los pitagóricos en cuanto que, con él, la infinita variedad del acontecer natural encuentra su imagen matemática fiel en las infinitas soluciones de una ecuación, como la ecuación diferencial de la mecánica de Newton.<sup>22</sup>

De manera más específica, Heisenberg hace referencia a las ecuaciones de la mecánica cuántica. Pero lo crucial es la conexión con la tradi-

ción pitagórico-platónica. Y no se dispone de espacio para ampliar tal análisis en el contexto cuántico.

Pero de cualquier manera, sí es claro la presencia de esa intuición o descubrimiento fundamental de los pitagóricos: la naturaleza se comprende mediante su estructura matemática.

## Notas

- \* El autor agradece la colaboración del Profesor A. Zamora, del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El trabajo surge del seminario *Problemas de la filosofía presocrática*, Escuela de Filosofía de la Universidad de Costa Rica, segundo ciclo del 2000. Este seminario fue una nueva aventura en el pensamiento griego emprendida conjuntamente con el Profesor Edgar Roy Ramírez.
1. Heisenberg, Werner. *Los nuevos fundamentos de la ciencia*. Santiago de Chile: Editorial Sur y Norte, p. 62.
  2. Siguiendo de cerca la *Historia de la Filosofía*, volumen Primero, de Guillermo Fraile, editada por la Biblioteca de Autores Cristianos.
  3. Aristóteles. *Metafísica*, I, 5, 985. Tomado de Mondolfo, Rodolfo. *El pensamiento antiguo*. Vol. I. Buenos Aires: Editorial Losada, 1964. Se cita como PA.
  4. Galileo. *El ensayador*. Buenos Aires: Aguilar, 1981, p. 63.
  5. Epicarmo, frag. 2. Mondolfo. PA.
  6. Tomado de Kirk y Raven. *Los filósofos Presocráticos*. Madrid: Gredos. 1970. Primera edición. (En inglés corresponde a 1957) Se cita como KR, y debe distinguirse de la segunda edición (inglés 1983, español 1987), que se cita como KRS, dados los cambios significativos en el caso del pitagorismo a cargo de Malcolm Schofield.
  7. KR. Fragmento 403.
  8. KRS, 424. Fr. 1. // García Bacca, David. *Los Presocráticos*. México: FCE. 1984. Se cita como Pres.
  9. García Bacca. Pres.
  10. García Bacca. Pres.
  11. Aristóteles, *Metafísica*, I, 5, 986. PA.
  12. Porfirio, *Vita Pyth.*, 52. PA.
  13. Aristóteles. *Física*, IV, 6, 213. PA.
  14. Representación números triangulares, siguiendo a Sarton: *Historia de la Ciencia*. Buenos Aires: Eudeba, 1965, Vol. I, pp. 252-3.

1

más 2 = 3

más 3 = 6

más 4 = 10

más 5 = 15

más 6 = 21

más 7 = 28

.....

15. Aecio I,3,8. [KR # 280]
16. Los cuerpos celestes, se afirma, son el fuego central, la tierra, la luna, el sol, venus, mercurio, mar-te, júpiter, saturno, y se agrega la antitierra para completar la década. Entre otros lugares, ver *Del cielo*, II, 13 y *Metafísica*, I, 5. En esta última obra dice: "Éstos coordinaban, reuniéndolas, todas las concordancias que podían mostrar en los números y en las armonías con las condiciones y las partes del universo y con el orden completo de éste. Y si faltaba algo, se ingeniaban en obtener que estuviese bien ensamblado todo su sistema. Por ejemplo, como les parecía que la década era cosa perfecta y que comprendía en sí toda la naturaleza de los números, afirman que también los cuerpos en movimiento en el cielo son diez, y puesto que sólo nueve son visibles, añadieron como décimo, la anti-tierra". (PA)

17. García Bacca. *Pres.*

18. Representación números cuadrados (Sarton).

1

más 3 = 4 (2 al cuadrado)

más 5 = 9 (3 al cuadrado)

más 7 = 16 (4 al cuadrado)

más 9 = 25 (5 al cuadrado)

más 11 = 36 (6 al cuadrado)

.....

19. Se cita a partir de Platón. *Timeo*. Traducción del griego, prólogo y notas por Francisco de P. Samaranch. Buenos Aires: Aguilar Argentina. 1971.
20. Para un desarrollo de la estructura matemática de los cuatro elementos, véase mi estudio "Consideraciones acerca de la teoría platónica de los cuatro elementos: su status epistemológico". *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*. Vol XXIII, #58, Dic 1985, 143-150.
21. Para un desarrollo más completo, véase mi "Kepler y el misterio del cosmos", aparecido en *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, #81. Vol XXXIII, Dic 1995. 137-142. Los fragmentos citados se toman de dicho estudio; corresponden a las páginas 65 y 96 de *El secreto del universo*. Pero vale la pena citar una carta del año de 1599:

"Para Dios hay, en el mundo material entero, leyes materiales, números y relaciones de especial excelencia y del mayor orden apropiado... No intentemos, pues, descubrir más del mundo inmaterial y celeste que lo que Dios nos ha revelado. Esas leyes están dentro del ámbito de la comprensión humana; Dios quiso que las reconocieramos al crear-nos según su propia imagen. de manera que pudiéramos participar en sus mismos pensamientos. Porque ¿qué hay en la mente humana, aparte de números y magnitudes? Es solamente esto lo que podemos aprehender de manera adecuada; y si la piedad nos permite decirlo así, nuestro entendimiento es, en este aspecto, del mismo tipo que el divino, por lo menos en la medida en que podemos captar algo de Él en nuestra vida mortal. Solamente los tontos temen que hagamos al hombre divino al decir esto; porque los designios de Dios son impenetrables. pero no lo es su creación material". Kepler, Carta a Herwart von Hohenburg.

22. Heisenberg. *Los nuevos fundamentos de la ciencia*. pp 59-61.

## Bibliografía

- Aristóteles. *Del cielo. Metafísica*.
- Coronado, Guillermo. "Consideraciones acerca de la teoría platónica de los cuatro elementos: su status epistemológico". En *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*. Vol XXIII, #58, Dic 1985, 143-150.
- \_\_\_\_\_. "Kepler y el Misterio del Cosmos". En *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*. #81. Vol XXXIII, Dic 1995. 137-142.
- Fraile, Guillermo. *Historia de la Filosofía*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos, 1965. 1º Vol.
- Galileo. *El ensayador*. Buenos Aires: Aguilar, 1981.
- García Bacca, Juan David. *Los Presocráticos*. México: FCE, 1984.
- Heath. *Greek Mathematics*. N.Y.: Dover, 1963. En especial el capítulo tercero.
- Heisenberg, Werner. *Los nuevos fundamentos de la ciencia*. Santiago de Chile: Editorial Sur y Norte, 1962.
- Hussey, Edward. *The Presocratics*. New York: Charles Scribner's Sons, 1972.
- Kirk y Raven. *Los Filósofos Presocráticos*. Primera Edición. Madrid: Gredos, 1970.
- Kirk, Raven, Schofield. *Los filósofos Presocráticos*. Segunda edición. Madrid: Gredos, 1987.
- Kepler, Johannes. *El secreto del universo*. Madrid: Alianza Editorial, 1992.

- Mondolfo, Rodolfo. *El pensamiento antiguo*. Buenos Aires: Editorial Losada, 1964. Vol I.
- Los Filósofos Presocráticos I*. Madrid: Gredos, 1978.
- Los Filósofos Presocráticos III*. Madrid: Gredos, 1980.
- Platón. *Timeo*. Buenos Aires: Aguilar Argentina, 1971. (Trad. Fco. de P. Samaranch). También *Timeo*. Madrid: Gredos, 1992 (Trad. Francisco Lisi).
- Robin, León. *El pensamiento griego y los orígenes del espíritu científico*. México: UTEHA, 1956.
- Sarton, George. *Historia de la Ciencia*. Buenos Aires: Eudeba, 1965. Vol. I.

*Quando un'azienda produce una legge per rispondere a un problema, la rende "etica" suscitando per la tecnologia, non che essa legge, se veramente rivelata e giustificata, e che sarà utile a spiegare mondo complesso e in perpetua incamminarsi scientifico e filosofica.*

Guillermo Coronado C.  
filosofia@racsaco.cr

G. Hobbes

*La demanda más fundamental de moralidad es, después de todo, que debiéramos ser más o menos racionales como agentes éticamente competentes.*

N. Rescher

*Nos interesa no sólo ser tratados en cuanto personas —cual quiere personas— sino que haya cierto grado ser tratados como las personas particulares que somos.*

O. O'Neill

**Abstract.** This paper deals with the possibilities, limitations, and implications involved in both the practice and concept of informed consent.

**Resumen.** El artículo se ocupa de las posibilidades, limitaciones y exigencias involucradas en la práctica y el concepto de consentimiento informado.

Ver éticamente a la vida supone una auto-referencia trascendente por cuanto no fuerza control racional ni material capacitación a pura contingencia en algunas moralmente máximas. La praxis de una capacidad tal es que de los rasgos que nos caracterizan como seres humanos. El apuro por estar en condiciones de ejercer nuestra plenitud de sujetos éticos ha de estar presente en cualquier intento de intervención bioética o socio-ética que se hiciera, y como tal, nuestra forma parte de una

visión ética que no solo toma en cuenta que es lo que corresponde hacer sino que también integra el cómo nos afecta como sujetos capaces que solemos, qué hacemos y en quién nos transformamos.

La ética para por el reconocimiento mutuo de nuestra condición como sujetos dignos. Se podría llegar a afirmar que hay situaciones que no ver su origen en el reconocimiento que nos damos. Por ello, el reconocimiento como seres humanos —incluyendo de una misma especie— y como personas —objetos racionales y libres— es un paso decisivo en el surgimiento de una actitud ética o de un posicionamiento ético ante la vida.

Permanente es el pensamiento de que reconocemos en cuanto fines tiene mucho de relación con la realidad o de crítica de ésta; hay mucho camino que recorrer para generar la atmósfera en que podemos reconocernos y, por ello, tratarnos como fines. Ser éticamente proactivo a pesar de su encanto, es un gran desafío práctico.