

Metodología de la investigación avanzada: introducción al estudio de los sistemas complejos y sus aplicaciones

Pablo F. Argibay

PARTE 2: BREVE INTRODUCCIÓN HISTÓRICA AL ESTUDIO DEL UNIVERSO: de cómo la visión de un universo-reloj condicionó nuestra actitud científica

En primer lugar existió, realmente, el Caos. Luego Gea, de ancho pecho, sede siempre firme de todos los inmortales que ocupan la cima del nevado Olimpo.

Hesíodo. Teogonía (siglo VIII a. C.)

INTRODUCCIÓN

Evolutivamente, el proceso de encefalización y otros procesos acompañantes han sido determinantes de la actitud cognitiva del hombre hacia los fenómenos de la naturaleza. A lo largo de milenios el animal humano, antes sorprendido, después místico inventor de dioses cuidadosos o vengativos, finalmente descubrió o inventó para la naturaleza comportamientos ordenados, regulares, registrables, predecibles y, en lo posible, explotables. Decíamos en el artículo anterior que existe evidencia de que el hemisferio izquierdo se encargaría de hacer hipótesis y justificar acciones que previamente ya habrían sido iniciadas en otras partes del cerebro. Decíamos también que, a pesar de lo caótico de nuestras percepciones, el cerebro izquierdo se encargaría de “poner” un orden, ficticio, aunque evidentemente con ventajas adaptativas. Pero, vayamos a una apretada, incompleta, sobresimplificada, pero aun así interesante, síntesis de hombres e ideas acerca del universo:¹

- **Los de “Mileto”** (alrededor de 620 a 500 a. C.)

Tales, conocedor de la astronomía babilonia y egipcia, suponía una Tierra inmóvil, cilíndrica o platiforme, suspendida en agua (uno de los elementos principales). La inmovilidad, la simplicidad y el predominio del elemento “agua” caracterizan esta imagen más especulativa que empírica.

Anaximandro va un poco más allá y prácticamente podría considerarse uno de los primeros desarrolladores tecnológicos. Se dice que Anaximandro desarrolló un ingenioso y simple artefacto (una varilla clavada en el suelo perpendicularmente), con el cual calcular diversas variables cronológicas. En cuanto a su visión del universo, la Tierra continúa siendo un “plato”, suspendido equidistantemente de todos los puntos de una esfera, con un cielo de fuego (uno de los elementos principales) y una atmósfera. Completa su visión con una serie concéntrica de esferas correspondientes a la ubicación de las estrellas, la Luna y el Sol. La tendencia a creer en una Tierra estática parecería mantenerse pero, sin embargo, Anaximandro propone un **mecanismo** de ruedas (cuerpos celestes), en giro alrededor de la Tierra. Se me ocurre que su pensamiento es el inicio de la comparación del universo con un mecanismo no aún de relojería, pero sí de engranajes o ruedas. El asunto sigue siendo simple y parecería que, de conocerse la geometría del sistema, se podría prever qué ocurriría con cada componente del sistema en cualquier momento.

Anaxímenes ubica el universo en el aire (uno de los elementos principales). Supone que este “aire” es lo suficientemente denso como para evitar que los planetas y demás elementos caigan sobre la Tierra. El sistema está encerrado en una gran cúpula.

¹ Entendemos que el objetivo de estas monografías no es brindar un conocimiento erudito acerca de los diferentes personajes que han reflexionado más o menos profesionalmente acerca del universo y su complejidad. Antes bien, se pretende dar una mínima síntesis del pensamiento de estos hombres como introducción y disparador acerca del tema de la concepción del universo y su influencia en la visión científica de cada época. Si el lector estuviera interesado en profundizar en los aspectos filosóficos de la concepción del universo, la Editorial Gredos, por ejemplo, ofrece en castellano una colección incomparable. Sus tres volúmenes acerca de “Los filósofos presocráticos” son extraordinarios.

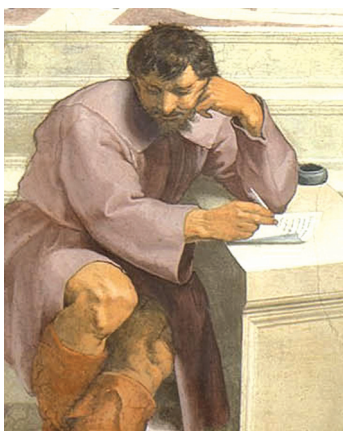
- **Parménides de Elea** (aproximadamente 530 a. C.)



Parménides: fragmento de *La Escuela de Atenas* de Rafael.

Para este gran filósofo, la Tierra ocupa un lugar central. Dicho sea de paso, se sostiene que es el primer pensador en imaginar una Tierra esférica. Alrededor de ella y en diferentes estratos se sitúan el Sol, la Luna, los planetas y estrellas. Se le achaca a Parménides la curiosa concepción (curiosa en cuanto antiintuitiva o, si se quiere, antisensorial) de que no existe el cambio ni existe el movimiento. La perfección debe manifestarse en lo inmutable.

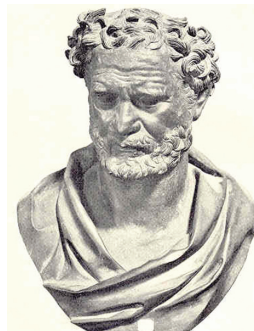
- **Heráclito de Éfeso** (536-470 a. C.)



Heráclito: fragmento de *La Escuela de Atenas* de Rafael.

Se lo ha presentado como el opuesto a Parménides. Heráclito tiene una visión del universo en completo cambio y movimiento permanente. Nada es y todo fluye. Su elemento principal es el fuego representado principalmente por el Sol y las estrellas (¡interesante intuición!). El universo de Heráclito es un movimiento donde no solo la geometría importaría sino además las leyes o principios que rigen el movimiento. El tiempo es un concepto necesario en las ideas heraclitanas.

- **Demócrito de Abdera** (460-370 a. C.)



Demócrito de Abdera (fuente: <http://www.infoescola.com/>)

Este pensador continúa con la idea de un universo en movimiento, un movimiento en el vacío. Pero introduce el concepto de unidad elemental de todo en el “átomo”.

- **El empirismo de Anaxágoras** (alrededor de 500 a. C.)

Se supone que alrededor del año 467, la caída a la Tierra de un meteorito induce en Anaxágoras una de las primeras explicaciones “científicas” de los presocráticos. El razonamiento: si la roca cae de día, proviene del elemento que se ve, el Sol. Por lo tanto, su composición nos podría indicar la composición del Sol. Anaxágoras considera el Sol y la Luna como planetas y los agrupa junto con los cinco planetas observables. Intuyó que la Luna era iluminada por el Sol.

- **Los modelos numéricos de los pitagóricos**

Filolao de Tarento (aproximadamente 450 a. C.), de la escuela de los pitagóricos (Pitágoras de Samos [alrededor de 580 a. C.], daba una importancia fundamental al concepto de número y a la actividad reguladora de la matemática sobre el orden del universo.



Pitágoras: fragmento de *La Escuela de Atenas* de Rafael.

Filolao heredó de Pitágoras la concepción de una Tierra esférica, pero tuvo por sí mismo la intuición genial (aunque no completamente acertada), de un espacio ígneo-céntrico, en el que la Tierra, el Sol, los planetas y la Luna estaban en movimiento alrededor del fuego.

Hasta ahora vemos una evolución de las concepciones del universo desde explicaciones simples y estáticas hasta modelos dinámicos empíricos o numéricos. El ser humano comienza a explicar y tratar de predecir la naturaleza, bases (explicación y predicción) de la actividad científica.

- Las especulaciones de Aristóteles

Aristóteles (384-322 a. C.), filósofo y teorizó acerca de los más variados temas. Para el que aquí nos interesa baste decir que, si bien sus teorías acerca del movimiento y del universo son tan creativas como erróneas, lo sorprendente es que por más de 15 siglos hayan sido aceptadas con escasa revisión crítica.



Aristóteles (derecha), junto a Platón: fragmento de *La Escuela de Atenas* de Rafael.

Para Aristóteles, los planetas —además de moverse continuamente— se moverían en círculos perfectos y concéntricos con centro en la Tierra. Pensaba también que el estado natural de los objetos en la Tierra era el reposo, a menos que una fuerza fuese aplicada sobre ellos. En algún punto, lo anterior es a la vez antropocéntrico e intuitivo, tan intuitivo como la idea de que el movimiento de los objetos terrestres estaba determinado por su composición: las rocas caerían por ser Tierra (serían atraídas hacia su componente principal); por otra parte, el humo subiría por estar compuesto de aire. Podría decirse que, a pesar de lo errada, la de Aristóteles fue la primera teoría acerca de los sistemas en movimiento (dinámicos), tema principal de esta serie de artículos

El Universo científicamente ordenado

Se podría decir que el método experimental nace en el siglo XVI. Galileo (1564-1642), experimentando con objetos tan simples como péndulos, planos inclinados y esferas, contradice siglos de la hegemonía intelectual aristotélica: el reposo no es el estado natural de los cuerpos, los objetos pesados y livianos caen a la misma velocidad en el vacío. Kepler (1571-1630), contemporáneo de Galileo, descubre las órbitas elípticas de los planetas y desarrolla sus leyes. Sin embargo, el antecedente revolucionario acerca de la dinámica en los cielos lo aporta Copérnico (1473-1543), quien describe que el movimiento de los planetas se realiza alrededor del Sol y no de la Tierra.

El genio de Newton y el cambio

Isaac Newton (1642-1727) es quien termina de afirmar la visión moderna del orden, la predictibilidad y la legalidad matemática del universo. Además de formalizar “inercia”, “fuerza” y “acción y reacción”, el genio de Newton descubre la herramienta matemática fundamental para formalizar la dinámica de los cuerpos en movimiento. Más o menos plantea Newton: la velocidad con que cambia una magnitud se determina por la diferencia entre sus valores para dos tiempos sucesivos, y de allí el término “diferencial” de las ecuaciones diferenciales, aplicables a todo proceso que cambia en el tiempo, es decir, de todo sistema dinámico. A partir de Newton, el universo modelo de relojería cambiará la concepción científica del universo hasta nuestros días, salvo algunos cuestionamientos que veremos más adelante. A partir de ahí, se considerara que —conociendo las condiciones iniciales de un sistema y las leyes de la naturaleza relacionadas con el cambio y expresables en ecuaciones— se podrá predecir toda conducta del sistema.

Pierre Simón Laplace (1749-1827) llega a plantear: “Podemos mirar el estado presente del universo como el efecto del pasado y la causa de su futuro. Se podría concebir un intelecto que en cualquier momento dado conociera todas las fuerzas que animan la naturaleza y las posiciones de los seres que la componen; si este intelecto fuera lo suficientemente vasto como para someter los datos a análisis, podría condensar en una simple fórmula el movimiento de los grandes cuerpos del universo y del átomo más ligero; para tal intelecto nada podría ser incierto y el futuro así como el pasado estarían frente a sus ojos”. Visión claramente representativa del universo-reloj totalmente determinista, totalmente predecible.

La dinámica del universo y de los sistemas dinámicos en general quedará planteada en los siguientes términos: “Bajo circunstancias idénticas resultarán siempre cosas idénticas. Y si las circunstancias cambian levemente, el resultado también cambiará en forma proporcionalmente leve”.

Por otra parte, René Descartes (1596-1650) dejaba un paradigma metodológico que también cambiaría la visión de los componentes del universo: analizar, dividir

lo que se examina en sus componentes más simples, para luego recomponerlo en una síntesis que permita comprender el fenómeno con certeza. Desarmar la cosa para entenderla; en definitiva, se considerará que “el todo no es otra cosa que la suma de sus partes”.

En síntesis, la visión del universo como mecanismo de relojería, determinista, ordenado, permeable al análisis y totalmente predecible nos deja la moderna concepción del universo y su abordaje orientado hacia aquellos fenómenos que parecen apartarse de la regla: si bien hay

muchos objetos en el mundo que parecen tener comportamientos irremediamente desordenados, caóticos e impredecibles, se trata solo de algo aparente y, a medida que se vaya perfeccionando el análisis matemático y se descubran las leyes físicas ocultas correspondientes, llegará el día en que ese aparente caos desaparecerá.

En artículos próximos veremos que esta concepción tremendamente optimista y exitosa en casi todos los campos del conocimiento presenta algunos problemas que ameritan consideraciones diferentes.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

- Argibay P. Metodología de la investigación avanzada: Introducción al estudio de los sistemas complejos y sus aplicaciones. Rev. Hosp. Ital. B.Aires 2012;32(1): 45-7.

- Sametband MJ. Entre el orden y el caos: la complejidad. México: Fondo de Cultura Económica; 1999.