



DOSSIER CRÍTICO SOBRE EL LIBRO:
LOS SÓTANOS DEL UNIVERSO

Volumen monográfico de

NATURALEZA Y LIBERTAD

Revista de estudios interdisciplinarios

Número 3

Málaga, 2014

Esta revista es accesible *on-line* en el siguiente portal:

<http://grupo.us.es/naturalezayl>

Naturaleza y Libertad

Revista de estudios interdisciplinarios

Número 3, 2014

ISSN: 2254-96682014

Directores: Juan Arana, Universidad de Sevilla; Juan José Padial, Universidad de Málaga; Francisco Rodríguez Valls, Universidad de Sevilla.

Secretaria: Avelina Cecilia Lafuente, Universidad de Sevilla.

Consejo de Redacción: José Luis González Quirós, Universidad Juan Carlos I, Madrid; Francisco Soler, Universität Dortmund / Universidad de Sevilla; Pedro Jesús Teruel, Universidad CEU Cardenal Herrera; Héctor Velázquez, Universidad Panamericana, México.

Ajuntado a la redacción: Miguel Palomo, Universidad de Sevilla

Consejo Editorial: Mariano Álvarez, Real Academia de Ciencia Morales y Políticas; Allan Franklin, University of Colorado; Michael Heller, Universidad Pontificia de Cracovia; Manfred Stöcker, Universität Bremen; William Stoeger, University of Arizona.

Consejo Asesor: Rafael Andrés Alemañ Berenguer, Universidad de Alicante; Juan Ramón Álvarez, Universidad de León; Luciano Espinosa, Universidad de Salamanca; Miguel Espinoza, Université de Strasbourg; Juan A. García González, Universidad de Málaga; José Manuel Giménez Amaya, Universidad de Navarra; Karim Gherab Martín, Urbana University, Illinois; Martín López Corredoira, Instituto de Astrofísica de Canarias; Alfredo Marcos, Universidad de Valladolid; Javier Monserrat, Universidad Autónoma de Madrid; Leopoldo Prieto, Colegio Mayor San Pablo, Madrid; Ana Rioja, Universidad Complutense, Madrid. Madrid; José Luis González Recio, Universidad Complutense, Madrid; Javier Serrano, TEC Monterrey (México); Hugo Viciano, Université Paris I; Claudia Vanney, Universidad Austral, Buenos Aires; José Domingo Vilaplana, Huelva.

Redacción y Secretaría:

Naturaleza y Libertad. Revista de estudios interdisciplinarios. Departamento de Filosofía y Lógica. Calle Camilo José Cela s.n. E-41018 Sevilla.

Depósito Legal: MA2112-2012

☎ 954.55.77.57 Fax: 954.55.16.78. E-mail: jarana@us.es

ÍNDICE

PRESENTACIÓN7

DOSSIER CRÍTICO SOBRE EL LIBRO *LOS SÓTANOS DEL UNIVERSO*

Juan Arana (U. de Sevilla), <i>El problema de la determinación y el diálogo interdisciplinar</i>	11
Miguel Acosta (U. CEU San Pablo, Madrid), <i>La epistemología del riesgo y la relación ciencia-filosofía</i>	25
Carlos del Ama (Madrid), <i>Reflexiones con ocasión del libro Los sótanos del universo</i>	57
Luciano Espinosa (U. de Salamanca), <i>De los sótanos al ático del universo</i>	93
Gonzalo Génova (U. Carlos III, Madrid), <i>Turing y el rostro del universo</i>	101
Julio A. Gonzalo (U. Autónoma de Madrid), <i>De los sótanos a los confines del universo</i>	111
Juan Meléndez Sánchez (U. Carlos III, Madrid), <i>De riesgos y metáforas</i>	115
Andrés Muñoz Machado (Universidad Politécnica de Madrid), <i>Las matemáticas en Los sótanos del universo</i>	123
Javier Sánchez Cañizares (U. de Navarra), <i>Sótanos del universo, espejos del alma</i>	133
Francisco José Soler Gil (U. de Sevilla), <i>Una filosofía de la naturaleza contracorriente y antisistema</i>	143
Ignacio Sols (U. Complutense, Madrid), <i>Recuperando la causa formal sin abandonar la causa eficiente</i>	151
Juan Arana (U. de Sevilla), <i>Los subsótanos del universo. Materiales para un debate</i>	167

LAS MATEMÁTICAS EN
LOS SÓTANOS DEL UNIVERSO

Andrés Muñoz Machado

Universidad Politécnica de Madrid

Resumen: Los renacentistas afirmaban que el Libro de la Naturaleza está escrito en lenguaje matemático. De entonces a nuestros días, la evolución del conocimiento invita a hacerse algunas preguntas sobre el papel de las Matemáticas en el desarrollo de las Ciencias Experimentales.

Palabras clave: números “ π ”, “ e ”, “ φ ”; relación aurea, investigación operativa, algoritmo, distribución de Gauss, ecuaciones diferenciales, inconsistencia de las proposiciones formales.

Abstract: Renaissance philosophers claimed the Book of the Nature is written in the language of mathematics. Since then, the evolution of knowledge invites to formulate some questions about the role of mathematics in the development of the experimental sciences.

Keywords: Numbers “ π ”, “ e ”, “ φ ”, Golden Ratio, Operation Research, Gaussiam Distribution, Differential Equations, Undecidable Propositions.

Recibido: 20 de marzo de 2013. **Aprobado:** 12 de diciembre de 2013.

Agradezco al Prof. Arana la publicación de su libro *Los sótanos del universo*, que he tenido ocasión de leer en estos últimos días. Ofrece una panorámica completa del problema de la búsqueda de las causas y de sus posibles soluciones, con los comentarios y reflexiones del autor. Es un libro que he encontrado ameno y que, a pesar de la profundidad del tema que trata, es de lectura fácil para los que no estamos demasiado habituados a los términos filosóficos, que obligadamente se emplean. Muestra los problemas

que aquellos que nos dedicamos a la Física y a la Ingeniería les creamos a los filósofos. Es un libro que traba el interés del lector que busca, al término de cada capítulo, los nuevos puntos de vista que se ofrecerán en el siguiente. El Epílogo permite un fácil resumen comparativo, tan necesario en cualquier obra de este tipo. Los comentarios que voy a hacer son algunos de los que han ido surgiendo, de un modo natural, a medida que leía. Voy desarrollándolos a continuación:

1

Ha pasado por ser el Renacimiento la época histórica en la que de un modo u otro se descubre o constata que el “libro de la Naturaleza” puede escribirse en lenguaje matemático. ¿Qué es lo que ha pasado de entonces aquí? ¿Puede decirse en nuestros días que las expresiones matemáticas permiten recoger perfectamente nuestros conocimientos de Física o de Ingeniería y que las variables que las integran permiten establecer relaciones de causa a efecto? O por el contrario, ¿las Matemáticas son más bien un instrumento humano que nos permite acercarnos mucho más a los misterios de la Naturaleza? ¿Son capaces las Matemáticas de nuestros días de representar de una forma elegante, quiero decir mediante fórmulas relativamente sencillas, nuestros conocimientos de la Naturaleza? Parece que la contestación que puede darse es: depende de qué. Es claro que el Álgebra de Boole permite analizar muy bien los circuitos digitales o que el cálculo infinitesimal permite predecir, con notoria precisión, los transitorios de los circuitos electrónicos, o que los números “ π ”, “ e ”, “ φ ” (derivado este último de la relación áurea) están sorprendentemente representados en la Naturaleza.

El número ϕ , por ejemplo, se encuentra en la disposición de los pétalos de la rosa, en la distribución de las pepitas de las flores del girasol o en la aparición de segmentos de espiral logarítmica en la concha del Nautilus o en la trayectoria que recorre un halcón, lanzado a 200/300 km/h, en persecución de su presa, sin apartar su vista de ella. (Aparece también relacionado con la serie de Fibonacci que, de un modo u otro, fue tenida en cuenta por Elliot al establecer sus tesis sobre las cotizaciones de acciones en Bolsa). Sin embargo, las Matemáticas son bastante imprecisas, permítaseme el término, cuando tratan de representar muchos conocimientos en el campo de la Mecánica de Fluidos, o de la Resistencia de Materiales, donde la Tabla o el Cálculo Numérico sustituyen a la fórmula simple.

La situación suele ser aún peor cuando los problemas a resolver forman parte de la denominada “Investigación Operativa”, donde los casos de problemas heurísticos son muy frecuentes y los algoritmos de iteración pueden conducir a un número de etapas con crecimiento exponencial.

Una clasificación de los años 30 del siglo XX, confeccionada en base a trabajos de Turing, divide los problemas de matemáticas en dos grupos: aquellos para los que no puede establecerse ningún algoritmo, y que por lo tanto son irresolubles, y aquellos para los que sí puede hacerse. Dentro de estos últimos distingue entre los que se resuelven mediante algoritmos eficientes en tiempos polinómicos y la de aquellos que solo admiten algoritmos de tiempo exponencial, con enormes dificultades de solución... El problema de los puentes de Königsberg y el de los caminos de Hamilton sirven de ejemplo a ambos casos. Las clases no están cerradas y siempre se espera encontrar algoritmos polinómicos para los problemas de clase exponencial.

¿Supone esto que nuestra herramienta, me refiero a las Matemáticas, ha tocado fondo o que no se ha desarrollado en todo lo posible para completar nuestros conocimientos sobre optimización o sobre cálculo diferencial? Los que dedican su actividad a estos campos, me refiero a la Mecánica de Fluidos o a la aplicación, por ejemplo del método de los elementos finitos en diversas ramas de la técnica, tratan de encontrar soluciones aproximadas, con la convicción de que su resultado nunca será exacto del todo.

En este tipo de situaciones ha sido habitual para el físico y sobre todo para el técnico, señalar como causa aquello que antecede y como efecto lo que resulta, todo ello, dentro de la lectura de una expresión matemática.

2

Un panorama como el que acabo de describir necesita del empleo de procedimientos aproximados, en los que, partiendo del conocimiento de un gran número de datos y de su comportamiento, se pueda llegar mejor a una solución aceptable de cada caso concreto. Este es uno de los orígenes de la introducción de la Estadística en la Ingeniería, desde luego, y supongo que en la Física.

En lugar de establecer una carga de fluencia o rotura eligiendo un número exacto, se puede elegir una cifra que se corresponda con el límite 3σ de una distribución normal construida sobre tablas de datos relativos a carga de rotura de materiales similares. Este modo de obrar nada tiene que ver con la Física de los Cuantos pero introduce el azar en la predicción de un fenómeno físico, como es la rotura de una barra de acero, por ejemplo, o de un bloque de hormigón. Max Planck, en su *A Survey of Physical Theory*, dice lo siguiente:

¿Cómo pueden derivarse leyes prácticas considerando fenómenos cuya causa, actualmente, es completamente desconocida? Al igual que en las Ciencias Sociales, los físicos han aprendido a apreciar la gran importancia de un método completamente diferente al puramente causal y lo han venido aplicando desde la mitad de la última centuria con éxito creciente. Este método es el estadístico y los más recientes avances de la Física Teórica están relacionados con él [...] Estas reglas permiten la predicción de hechos futuros, no con absoluta certeza, pero con una probabilidad que es prácticamente equivalente a la certeza. Las soluciones no serán exactas en todos los detalles, sino solamente en los promedios, pero esto es lo que habitualmente se desea en las aplicaciones.

3

¿Podemos pensar que sea radicalmente distinto el reflexionar sobre un fenómeno elástico utilizando la ley de Hook o una gráfica de laboratorio, que nos permita conocer los límites de fluencia y las cargas de rotura que emplear una distribución de Gauss con parámetros previamente determinados?

Uno de los ejemplos que más me ha gustado del libro es aquel en que el autor emplea la ecuación de una parábola para explicar el concepto de causa formal o esencia. Dice que la ecuación de la curva contiene algo más que una “x” y una “y”, contiene, afirma, mucho más que eso, contiene la naturaleza de la parábola. Poco después, utiliza concepto similar para referirse al comportamiento de haces de rectas.

La pregunta que surge al lector de una manera inmediata es: ¿por qué si la ecuación de una parábola representa la esencia de esa figura geométrica, que bajo ciertas condiciones puede describir un cometa (Ecuación de Binet), la distribución de Gauss no puede representar la esencia de muchos fenómenos naturales con resultados plurimorfos?

Sirva de ejemplo el hecho de que las longitudes de las hojas de un árbol sean distintas pero predecibles dentro de un intervalo, alcanzando una cierta media, un cierta desviación estándar. ¿Por qué escandalizarse ante lo estocástico? Es tan “natural” como la parábola.

Propongo otro ejemplo. Miren ustedes, en Ingeniería era frecuente, y aún se emplea, a pesar de las aportaciones de los métodos de Mantenimiento basados en la fiabilidad, utilizar una distribución, denominada distribución de Weibull, para representar los fenómenos de mortandad y envejecimiento en las máquinas. Esa distribución tiene una expresión matemática análoga a la distribución de Gompertz, que se emplea para predecir las esperanzas de vida en cálculo actuarial. ¿Qué inconveniente tiene aceptar que las distribuciones con esta forma matemática representan de alguna manera la causa envejecimiento? Sus resultados no son menos exactos que los hallados en muchos casos con tablas y gráficos, derivados de los procedimientos de cálculo numérico.

4

La utilización del azar no supone tampoco una solución más subjetiva que el empleo del cálculo diferencial. Digo esto porque Hawking, en su *Historia del Tiempo*, un libro bastante elemental y desde luego bastante inferior al que escribió en aquella misma época Penrose, hace una afirmación que viene al caso.

Lo importante, es que Dios, viene a decir, creó un Universo inicial y luego le puso un conjunto de leyes, que nosotros podemos llegar a conocer, que rigen su desarrollo. El modelo del que habla es muy parecido al de la solución de una ecuación diferencial, representante de la estructura de un

todo, a la que se le imponen unas condiciones de contorno. Además cada condición de contorno diferente podría dar lugar a un Universo distinto. Después, afirma Hawking, “las leyes de la Ciencia, tal y como las conocemos actualmente, contienen muchas cantidades fundamentales [...] que parecen haber sido ajustadas sutilmente para hacer posible el desarrollo de la vida”.

La introducción de las condiciones de contorno supone una intervención por parte de alguien que ha podido a la vez crear el todo y condicionar su solución o evolución.

5

En un análisis tan completo como el del libro que nos ocupa, me ha parecido, sin embargo, no encontrar referencia a la práctica de la correlación. Me explico: la introducción de la Estadística en la técnica, en la Investigación Operativa, ha hecho que en lugar de decirse tal consecuencia tiene esta o aquella causa, se diga que las variables explicadas y la explicativas están correlacionadas pero que no están necesariamente unidas por relaciones causa-efecto.

El párrafo citado de Max Planck hace mención a este hecho. ¿Quiere decirse entonces que más que relaciones causales lo que se está estudiando son relaciones dentro de una estructura, que se modifica de un modo dinámico? Este modo de razonar enriquecería el análisis pero en modo alguno lo invalidaría. La cuestión es ¿entre qué tipo de causas, según la clasificación aristotélica, habría que colocar la mención a la correlación?

La siguiente cuestión es que se utiliza la razón y la razón y la razón para tratar de conocer que hay detrás del maravilloso panorama de la Naturaleza. Pero ¿es la razón la que nos puede permitir llegar al fondo del problema o, por el contrario, los intentos de racionalización han sufrido un desarrollo parecido al de las “Matemáticas exactas”, permítaseme la expresión, de las que hablaba al principio?

Usted cita en su libro al famoso matemático indio Ramanujan y relata alguna de las muchas anécdotas que se cuentan sobre él. Parece que fue Hardy quien lo orientó hacia el cálculo numérico y la mayoría de sus contribuciones las hizo en esta especialidad. Pero, a lo que voy, el problema de Ramanujan es que sus aportaciones se deben a que tenía una dotación especial para las Matemáticas, dotación que no es tener una mayor capacidad de raciocinio sino de aprovechar la imaginación o, quizás en términos platónicos, la interfaz entre nuestra mente y el mundo de las ideas para descubrir, crear o inventar, no sé qué término emplear, las Matemáticas.

El caso de Ramanujan no es ni nuevo, ni sorprendente, por el contrario, es más que común en la Historia de las Ciencias. Por citar algún ejemplo, puede recordarse a Evaristo Galois (1811-1832), un joven muerto con alrededor de 21 años, que escribió cuarenta o cincuenta páginas absolutamente fundamentales en teoría de grupos; o, un caso mucho más humilde, el de Tartaglia, al que la historia nos describe como un tartamudo, de vida poco afortunada, pero que pudo escribir una complicada fórmula para la solución de ciertas ecuaciones de tercer grado.

Los ejemplos son múltiples. María Curie posiblemente nunca hubiera descubierto el radio si Becquerel no hubiera dejado en un cajón, donde guardaba unos trozos de pechblenda, unas placas fotográficas.

¿Cuál es entonces el papel de la razón en la adquisición de nuevo conocimiento? ¿En la identificación de las causas? ¿Es la vía de pensar y pensar la más adecuada para llegar a las últimas causas? ¿Qué papel juegan, por ejemplo, las conclusiones de K. Gödel, a quien Juan Arana solo cita de pasada, acerca de la inconsistencia de las proposiciones formales, según las cuales en cualquier parte, incluso elemental, de la Aritmética existe proposiciones que no pueden ser ni probadas, ni rechazadas dentro del sistema?

7

Considero, y con esto termino que, cuando se trata de encontrar causas últimas, quizás los esfuerzos tendrían más rendimiento si se buscaran otros procedimientos de conocer, entre ellos, de manera primordial, las manifestaciones de Dios en la Historia, la veracidad de las mismas y su contenido. Es lo que las denominadas “religiones del Libro” han propuesto desde tiempo inmemorial. Aceptando la posibilidad e incluso mayor facilidad de adquirir este tipo de conocimiento, la labor del científico parece que debería caracterizarse por dos grandes notas, a las que puede añadirse una tercera. Estas notas son:

La motivación que, en afirmación de Einstein, se encuentra “en sentir la experiencia más hermosa que tenemos a nuestro alcance, que es el misterio”. “Es la emoción fundamental, dice, que está en la cuna del verdadero arte y de la verdadera ciencia”.

El quehacer científico, en busca de un mejor conocimiento de la Naturaleza, objetivo que solo se consigue, en juicio de Lord Kelvin, cuando podemos medir y contar el objeto de nuestro estudio.

La tercera se deriva de jornadas como las que nos reúne hoy y consiste en crear los suficientes problemas a los filósofos como para que de vez en cuando nos escriban un libro como el que comentamos.

Andrés Muñoz Machado
amm1105@telefonica.net