

Darwinismo y Matemáticas

Elena Ausejo (Universidad de Zaragoza)

Fecha de recepción: 13 de junio de 2009
Artículo solicitado al autor por la revista

Resumen En este trabajo se estudian las primeras interacciones entre matemáticas y biología, que se producen en el último tercio del siglo XIX a propósito de la formulación por Darwin de la teoría de la selección natural, una concepción general explicativa del origen de las especies que pronto fue objeto de interés matemático, tanto desde el punto de vista de la entonces joven estadística como desde el del más sólido análisis matemático.

Palabras clave Matemáticas, biología, darwinismo, estadística, biometría, Pearson, Volterra, Siglo XIX-XX.

Abstract This paper explores the first interactions between mathematics and biology, which occurred in the last third of the nineteenth century within the framework of the formulation of Darwin's theory of natural selection, a general concept explaining the origin of species that soon became an object of mathematical interest, both from the standpoint of the at that time young statistics as well as of the strongest mathematical analysis.

Keywords Mathematics, Biology, Darwinism, Statistics, Biometry, Pearson, Volterra, 19th-20th Centuries.

1. Introducción

Desde una perspectiva general puede afirmarse con rotundidad que el nacimiento del conjunto de saberes que reconocemos bajo el epígrafe de *ciencia moderna*, que podemos ubicar cronológicamente a partir de la Revolución Científica del siglo XVII, se fundamenta sólidamente sobre los pilares de la experimentación y la matematización sucesiva de los diversos troncos y disciplinas científicas, hasta el punto de que estas ramas del saber adquieren el calificativo —el *grado*, la *categoría* incluso— de científicas precisamente en función de su base experimental y su formulación matemática.

Pionera en la adopción exitosa de este sistema de certificación de veracidad basado en la combinación de formulación matemática y comprobación experimental fue la física —mecánica y óptica a lo largo de los siglos XVII y XVIII, electricidad, magnetismo y termodinámica a lo largo del XIX—. También la química buscó con denuedo a lo largo del siglo XIX, desde la hipótesis atómica de Dalton hasta el establecimiento de los conceptos de valencia y estructura, un sistema cuantitativo que permitiera la descripción matemática de sus espectaculares resultados experimentales.

Por otra parte, es característica destacada de la ciencia del siglo XIX su aspiración de generalización, entendida ésta como la búsqueda de conceptos y leyes generales, preferentemente



matemáticas, que permitan predecir el futuro e interpretar el pasado y el presente de la manera más objetiva y fiable posible en su ajuste a la realidad experimental.

Es en este doble contexto de matematización y generalización donde hay que situar las primeras interacciones entre matemáticas y biología, que se producen en el último tercio del siglo XIX a propósito de la formulación por Darwin de la teoría de la selección natural, una concepción general explicativa del origen de las especies que pronto fue objeto de interés matemático, tanto desde el punto de vista de la entonces joven estadística como desde el del más sólido análisis matemático.

2. La Escuela Biométrica

En la segunda mitad del siglo XIX surge en Inglaterra, bajo la influencia directa de la obra de Darwin, la llamada *Escuela biométrica* inglesa, de la que Francis Galton (1822-1911) puede ser considerado fundador, con Walter Frank Raphael Weldon (1860-1906) y Karl Pearson (1857-1936) como más destacados miembros. El término *biometría*, ciencia de la medida de la vida, fue acuñado por Weldon y Pearson hacia 1900, y el programa de la Escuela Biométrica, cuyo desarrollo está enormemente ligado a la biografía personal de sus más destacados miembros, puede resumirse en la aplicación de los métodos estadísticos a la biología.

Fue precisamente la publicación de la obra de Darwin (1859) y la insuficiencia de sus teorías genéticas lo que animó a Galton, primo de Darwin, a tratar de resolver los problemas de la herencia. Su mayor contribución a la biología es la aplicación de la metodología estadística al análisis de la variación biológica, así como el análisis de la variabilidad en su estudio de la regresión y la correlación de las medidas. Hacia 1877 ya había llegado a la ley de regresión y a la forma del error normal de cálculo. Tanto en *Family Likeness in Stature* (1886) como en *Natural Inheritance* (1889), su obra más importante, se aprecia claramente la idea fundamental de su metodología, a saber, que el investigador encuentra y mide magnitudes que no son independientes. Así, en 1888 llega a la concepción del coeficiente de correlación como medida de la intensidad de relación entre dos caracteres, susceptible de ser aplicado a todas las formas vivientes, y empieza a intuir su *Ley de Herencia Ancestral*, generalizada y precisada posteriormente por Pearson en forma de regresión múltiple. Es enormemente significativa en la historia de la ciencia su creencia de que todo es virtualmente cuantificable. Por otra parte, sus investigaciones le llevaron a promover la eugenesia — término acuñado en 1883—, llegando a dejar en herencia un legado al University College de Londres para la creación de la primera cátedra de esta disciplina.

El caso de Weldon es ligeramente distinto. La evolución de su pensamiento comienza a producirse tras su licenciatura en zoología en 1882. Como la mayoría de los jóvenes de su época, comienza siendo un darwinista entusiasta, al que la teoría de la evolución proporciona una visión de la vida distinta, en la que todos los elementos forman un universo conectado. Sin embargo, advierte que el esquema de Darwin no es más que una hipótesis de trabajo en la que hay que completar las pruebas que Darwin tan sólo señaló. Y es entonces, al comprobar que la vieja metodología utilizada por los líderes académicos de la biología ya no puede proporcionar progresos notables, cuando se vuelve en dirección a la estadística y piensa en la distribución de las variaciones y en la correlación de los caracteres orgánicos.

A este respecto Pearson (1906, p. 30) escribió:

Sólo podía conseguirse la aceptación de cada paso de la teoría biométrica por Weldon tras una dura batalla de resistencia; primero había que justificar su necesidad, y luego justificar su corrección matemática. No fue atraído al trabajo actuarial por sus simpatías o amistades, fue “conducido” a él por la

imprecisión que discernía en mucho del razonamiento biológico; sintió un “impase” que sólo podía ser superado por el rigor de la lógica matemática.

Así, sigue Pearson, los problemas que se plantea son de la siguiente naturaleza:

a) El establecimiento de un nuevo conjunto de caracteres adultos tendentes a la evolución ha estado siempre acompañado por la evolución de un nuevo conjunto de caracteres larvales tendentes a la formación de un tipo larvar peculiar de la nueva familia establecida, sin que ambos conjuntos de caracteres tengan aún conexión demostrable. b) La evolución del adulto y la de los caracteres larvales típicos de un grupo avanzan “pari passu”, de manera que un determinado grado de especialización de los caracteres adultos por parte de una especie dada implica la posesión de una larva con el correspondiente grado de especialización y “viceversa”.

Y como subraya el mismo Weldon en el editorial de presentación de la revista *Biometrika* en 1901:

El punto de partida de la teoría de la evolución de Darwin es precisamente la existencia de esas diferencias entre miembros individuales de una raza o especie que los morfólogos por lo general desdeñan. La primera condición necesaria para que comience cualquier proceso de Selección Natural en una raza o especie es la existencia de diferencias entre sus miembros; y el primer paso en una investigación sobre el posible efecto de un proceso selectivo sobre cualquier carácter de una raza debe ser una estimación de la frecuencia con la que aparecen individuos que muestran cualquier grado de anomalía con respecto al carácter. La unidad con la que tal investigación debe tratar no es un individuo sino la raza, o una muestra estadísticamente representativa de la raza; y el resultado debe tomar forma de enunciado numérico, mostrando la frecuencia relativa con la que las diferentes clases de individuos que componen la raza aparecen.

Aunque su primer encuentro con Galton se produjo en 1880, no fue hasta la lectura de *Natural Inheritance* cuando Weldon supo cómo medir las frecuencias de las desviaciones respecto del tipo. De ahí pasó a ver cómo afectaba la selección a la distribución, cómo se podía medir la intensidad de la selección, cuál era la influencia de la selección en la correlación, qué relación había entre los órganos de un mismo individuo y cómo era esto afectado —si lo era— por el establecimiento de razas locales o por el proceso de diferenciación de especies. En 1890 Weldon demostró, tras sus mediciones en *Decapod Crustacea*, que la distribución de las variaciones era casi la misma que la obtenida por Quetelet y Galton para el hombre (ley gaussiana). Era la primera vez que los métodos estadísticos se aplicaban en biología y la primera vez que se obtuvieron coeficientes de correlación orgánica. Galton leyó esta memoria como referee y a partir de ese momento la relación entre los dos científicos fue continua.

Weldon buscaba una medida numérica de las especies, algo que fuera constante para todas las razas locales. En realidad no lo consiguió, pero su trabajo supuso la realización de investigaciones y cálculos exhaustivos de gran precisión sobre la correlación en seres humanos, animales y plantas que suministraron ideas muy claras sobre la interrelación de los caracteres orgánicos. En palabras del propio Weldon (1892, p. 11):

Una larga serie de tales constantes específicas daría un nueva clase de conocimiento de la conexión fisiológica entre los diversos órganos de los animales; mientras que un estudio de aquellas relaciones que permanecen constantes en grandes grupos de especies daría una idea, inalcanzable por



cualquier otro medio, de las correlaciones funcionales entre diversos órganos que han llevado al establecimiento de las grandes subdivisiones del reino animal.

El tercer protagonista de la Escuela Biométrica fue Karl Pearson, matemático de amplia formación humanística y filosófica. Fue su encuentro con Weldon, que necesitaba de un matemático capacitado para sus investigaciones, y la lectura del *Natural Inheritance* de Galton lo que le llevó a la biometría. Para Pearson (1906), la obra de Galton

Significaba que había una categoría más amplia que la causalidad, a saber, la correlación, de la cual la causalidad era sólo el límite, y que esta nueva concepción de la correlación ponía a la psicología, a la antropología, a la medicina y a la sociología, en gran parte, dentro del campo del tratamiento matemático.

Fue Galton quien primero me liberó de mi prejuicio de que las matemáticas sólo podían ser aplicadas a fenómenos naturales dentro de la categoría de la causalidad. Había aquí por primera vez una posibilidad, no quiero decir una certeza, de alcanzar conocimientos —tan válidos como se creía entonces que lo eran los conocimientos físicos— en el campo de las formas vivientes y, sobre todo, en el campo de la conducta humana.

Buscando una teoría consistente de la evolución ideó métodos indispensables para cualquier aplicación seria de la estadística a cualquier problema. Creó el método de los momentos y el sistema de curvas de frecuencias, tan extensamente usado en la descripción matemática de los fenómenos naturales, desarrolló la teoría de la correlación aplicada a los problemas de herencia y evolución, creó, en la teoría de la observación, la prueba del χ^2 para la bondad del ajuste (1900) y acuñó el término desviación estándar (1893).

Parte de sus mejores resultados biométricos se encuentran en *Contributions to the Mathematical Theory of Evolution*, una serie de 18 artículos escritos entre 1893 y 1912 cuya publicación se inicia en *las Philosophical Transactions of the Royal Society* en 1894, donde se aplica al estudio de la Ley de Herencia Ancestral de Galton y al desarrollo de una teoría sobre la influencia de la selección en la correlación y variabilidad de los órganos.

No obstante, la escuela biométrica se enzarzó en una dura polémica con el mendelismo hasta que pudo comprobarse que sus mediciones concordaban con las leyes de Mendel y que éstas, a su vez, suministraban una explicación completa de las leyes empíricas descubiertas. Bastaba considerar las mediciones como resultantes de la adición de un gran número de factores mendelianos, lo que hoy se denomina análisis factorial. Así se ve que las leyes son aproximadamente de la forma Laplace-Gauss y que el valor experimental de los coeficientes de correlación se explica por la comunidad de factores mendelianos.

La polémica sobre el mendelismo no fue un caso aislado. Las relaciones de la escuela biométrica con la sociedad científica de su tiempo fueron muchas veces tirantes, en parte debido a la novedad de las ideas y métodos propugnados, en parte debido al entusiasmo militante con que éstos eran defendidos por todos los miembros de la escuela, especialmente por Karl Pearson, personalidad siempre polémica y combativa.

En un principio la aceptación de la Royal Society se manifestó en la elección como *fellow* de Weldon en 1890 y de Pearson en 1896. A este último se le concedería la Medalla Darwin dos años más tarde, y muchos de los trabajos de ambos están recogidos en las *Philosophical Transactions*. Además, en 1893 se constituyó en el seno de la Royal Society un Comité para la realización de

investigaciones estadísticas sobre las características medibles de animales y plantas, con Galton como presidente y Weldon como secretario, que en 1897 añadió a sus objetivos la investigación precisa de la variación, herencia, selección y otros fenómenos relacionados con la evolución. Entre sus miembros cabe destacar a W. Bateson, S.H. Burbury, F.D. Godman, W. Heape, E.R. Lancaster, M. Masters, K. Pearson, O. Salvin y Thiselton-Pyer. Sin embargo, tras las dos primeras publicaciones los biometristas dimitieron del Comité en 1899. Karl Pearson denunciaba que el hecho de que la teoría darwinista pudiera ser demostrada estadísticamente había levantado y levantaba hostilidades en hombres de toda clase y condición y Weldon declaraba (Pearson, 1906):

La afirmación de que los números no significan nada y no existen en la naturaleza es algo muy serio que debe ser combatido. La mayor parte de la gente ha superado esta afirmación, pero la mayoría de los biólogos no.

Este cambio de actitud de la Royal Society condujo directamente a la fundación, en 1901, de *Biometrika*, revista para el estudio estadístico de los problemas biológicos, y en 1903, con el patrocinio de la Worshipful Company of Drapers, del Laboratorio Biométrico, donde se instruía en los nuevos métodos a estudiantes postgraduados en aplicaciones diversas (incluso bélicas). Además, en 1907 Pearson se hizo cargo de la Eugenics Record Office de Galton, desde entonces Francis Galton Laboratory of National Eugenics. Con el legado de Galton, fallecido en 1911, se creó en el University College London una Cátedra de Eugenesia, que fue ocupada por Pearson, y un Departamento de Estadística Aplicada, el primer departamento de estadística del mundo, también bajo la dirección de Pearson, al que fueron incorporados ambos laboratorios.

De todos los componentes de la Escuela Biométrica, fue Karl Pearson, en sus obras *Grammar of Science* (1892) y *Ethic of Freethought* (1888), quien dejó más claramente expuesta su teoría de la ciencia. En ella se aprecia claramente la influencia del pensamiento darwinista, no sólo por su constante alusión a la teoría de la gradación (mediante la que los biometristas establecen que la evolución no ha sido a saltos, sino por selección continua de la variación favorable de la distribución de la descendencia), sino también por su concepción de la relación e interconexión que existe entre todas las ramas y elementos de la ciencia y por su visión de la estructuración interna de las teorías científicas según un proceso de absorción de leyes particulares por una más general.

Pese a su interés por el socialismo y sus lecturas de Marx —en cuyo homenaje, al parecer, escribió su nombre con K desde 1884—, Lenin lo identificará como un enemigo concienzudo y escrupuloso del materialismo, aunque su filosofía supera a la de Mach en integridad y consistencia (Haldane, 1957). En definitiva, un positivista en su oposición a la mutación en defensa del crecimiento gradual y progresivo, de la evolución sin revolución como ley de la historia de la naturaleza. La ciencia es para Pearson la descripción del cómo, no del por qué. El material de la ciencia es el complejo de sensaciones que denominamos fenómenos y su objeto es la expresión en las fórmulas más simples a la vez que más comprensibles de las relaciones y sucesiones observadas entre fenómenos. Por otra parte, estos fenómenos son definidos como grupos de sensaciones o cosas susceptibles de ser sentidas y la ley científica como el enunciado más breve posible de las categorías más amplias posibles de sucesiones entre fenómenos.

3. La Teoría Matemática de la lucha por la vida

En 1931 apareció en la colección *Cahiers Scientifiques* el libro del matemático italiano Vito Volterra (1860-1940) *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*. El origen inmediato de la obra se situaba en las conferencias impartidas por Volterra en el Instituto Henry Poincaré de Paris en el curso 1928-29, por invitación de Émile Borel (1871-1956), pero el verdadero arranque de estas lecciones se remontaba a 1925, año en el que Volterra había sido instado por su yerno, Umberto



d'Ancona (1896-1964), a estudiar matemáticamente las variaciones que tenían lugar en las asociaciones biológicas.

La obra de Volterra se establece en torno a los problemas que se plantean en una colectividad en la que se enfrentan dos o más grupos de individuos, de forma que las ganancias de unos y las pérdidas de otros puedan cuantificarse.

El libro termina con un capítulo redactado por D'Ancona (Volterra, 1931, pp.197-210) en el que se presenta una panorámica histórico-bibliográfica sobre el tema de referencia. Este soporte general al poderoso aparato matemático de Volterra permite diseñar el primer cuadro de influencias de los problemas de la lucha por la vida. Es en este capítulo en el que se sitúa clarísimamente la referencia a Darwin y a su *Origen de las especies por selección natural* citando textualmente al biólogo inglés para señalar la importancia que la lucha por la vida tiene en la selección natural (Volterra, 1931, p. 202):

Ya Darwin en su "Origen de las especies por selección natural" sitúa entre los factores más importantes de la evolución de las especies animales la lucha por la existencia, que consiste precisamente en la competencia entre los individuos de diversas especies, sobre todo para alimentarse. Darwin hace notar que el crecimiento de una especie no depende sólo del alimento que está a su disposición, sino también de la posibilidad de ser la presa de otras especies. Es por ello que todo lo que hace disminuir a las especies que se alimentan de otras contribuye al crecimiento de éstas. Pone el ejemplo de la caza, que es a veces favorable al aumento de la especie porque acaba con las aves de presa.

La referencia es tan explícita que no cabe la menor duda de la conexión darwinista de esta línea de trabajo. D'Ancona pasa revista a las investigaciones que los zoólogos han realizado sobre los problemas de asociación biológica, poniendo énfasis en el hecho de que la mayor parte de los trabajos de experimentación giren en torno a la influencia que los cambios del medio tienen respecto al desarrollo de las especies. Pero, como se destaca en el texto, la importancia intrínseca de los trabajos de Volterra radica en el hecho de demostrar que la mera coexistencia de especies influye en la existencia de fluctuaciones aunque el medio permanezca invariable. En el párrafo sobre la existencia de fluctuaciones periódicas e irregularidades de las especies coexistentes se hace referencia explícita, entre otros, a los trabajos de Odón de Buen (1863-1939) sobre las especies marinas emigrantes (Volterra, 1931, p. 209).

La obra de Volterra se inscribe plenamente en el terreno de las aplicaciones de las matemáticas a la biología, hasta entonces restringida al campo de la bioestadística y el cálculo de probabilidades. Lo nuevo en los trabajos de Volterra es la utilización de la poderosa herramienta del cálculo infinitesimal. La metodología es la habitual en los trabajos de aplicación: en primer lugar se delimitan una serie de hipótesis de encuadre del problema relativas al medio y a los individuos, se construyen las funciones que describen la situación, se plantean las ecuaciones y se estudian. En ese sentido, aunque el lenguaje conserva constantemente referencias biológicas, el desarrollo del libro es estrictamente matemático. Donde surge toda la riqueza del estudio interdisciplinar es precisamente en la resolución, discusión e interpretación de las ecuaciones planteadas, porque las propiedades matemáticas deben tener —también bajo hipótesis— significado biológico. Y, como ya se ha mencionado, el darwinismo es la base teórica desde la que se observan las situaciones y se plantean las hipótesis.

4. Conclusiones

Las vías de matematización de la biología que se iniciaron a propósito del darwinismo se han desarrollado con fuerza a lo largo del siglo XX bajo la denominación de biología matemática, biología teórica o biomatemática, una disciplina que avanza en términos de modelización, bioinformática y biocomputación y se aplica no sólo en biología, sino también en medicina y biotecnología.

Así, del camino iniciado por Volterra surgió la dinámica de poblaciones, que se solapa con la epidemiología matemática y se ha visto completada en los últimos treinta años por la teoría de juegos evolucionista de John Maynard Smith (1920-2004).

Paralelamente, la biometría se convirtió en bioestadística una vez resuelta en los años 30 la polémica entre biometristas y genetistas en los términos de la teoría evolutiva sintética o síntesis evolutiva moderna, de la que es elemento esencial la genética de poblaciones. Entre sus principales fundadores cabe citar a Ronald A. Fisher (1890-1962), que desarrolló diferentes métodos estadísticos básicos en *The Genetical Theory of Natural Selection* (1930); Sewall G. Wright (1889-1988), que usó la estadística en el desarrollo de la moderna genética de poblaciones en *Evolution in Mendelian Populations* (1931); y la obra de J.B.S. Haldane (1892-1964) *The Causes of Evolution* (1932), que restableció la selección natural como primer mecanismo evolutivo explicándola en términos de consecuencias matemáticas de la genética mendeliana. De esta manera la biología evolucionista y la genética convergieron en un todo consistente y coherente cuantitativamente modelizado.

Bibliografía

- Darwin, Ch. (1859). *The Origin of Species by means of Natural Selection or preservation of favoured races in the struggle for life*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Fisher, R.A. (1930). *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon.
- Galton, F. (1886). Family Likeness in Stature. *Proceedings Royal Society*, 40, 42-63.
- Galton, F. (1889). *Natural Inheritance*. London: Macmillan & Co.
- Haldane, J.B.S. (1932). *The Causes of Evolution*. London: Longmans, Green & Co., and New York: Harper Brothers.
- Haldane, J.B.S. (1957). Karl Pearson 1857-1957. A Centenary Lecture delivered at University College London. *Biometrika*, 44, 303-313.
- Pearson, K. (1892). *The Grammar of Science*. London: Walter Scott.
- Pearson, K. (1888). *The Ethic of Freethought, a selection of Essays and Lectures*. London: T. Fisher Unwin.
- Pearson, K. (1906). Walter Frank Raphael Weldon 1860-1906. *Biometrika*, V, 1-52.
- Volterra, V. (1931). *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*. Paris: Gauthier-Villars.
- Weldon, W.F.R. (1892). Certain correlated variations in Crangon Vulgaris. *Proceedings Royal Society*, 51, 2-21.
- Wright, S.G. (1931). Evolution in Mendelian Populations. *Genetics*, 16, 97-159.

Elena Ausejo, Doctora en Ciencias Matemáticas, es Profesora de Historia de la Ciencia en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, Directora de LLULL, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas y Secretaria de la Comisión Internacional de Historia de las Matemáticas.

Dirección electrónica: ichs@unizar.es

