

# DARWINISMO Y MATEMATICAS

**Elena AUSEJO MARTINEZ**  
**Mariano HORMIGON BLANQUEZ**

Seminario de Historia de la Ciencia  
y de la Técnica de Aragón.

Zaragoza.

## 1. INTRODUCCION

La clasificación positivista de las Ciencias ha supuesto históricamente la erección de barreras intuitivas entre las diferentes disciplinas que las ha presentado como estancas y separadas. Así, las Matemáticas y la Biología han permanecido supuestamente alejadas no sólo a nivel de conciencia vulgar sino incluso en los mismos medios científicos.

A lo largo de la historia esto ha sido una constante. La pesada carga de la ciencia griega ha significado hasta el siglo XIX unos compases de desarrollo marcadamente diferenciados entre los fenómenos biológicos y las proposiciones matemáticas. Las ideas de perfección e imperfección, de mutabilidad e inmutabilidad, entre otras, han contribuido al mantenimiento de esa situación.

Pero en el siglo XIX algo notable ocurre en todo el Universo científico que hermana o por lo menos familiariza unas ciencias y otras. Y ese fenómeno también se produce en los respectivos dominios de la Biología y de las Matemáticas.

Otra imagen vulgar de los científicos modernos impulsa de una manera excesivamente intuitiva a considerar a las personas como exclusivamente preocupadas por su menester investigador, aisladas de cualquier evento no relacionado con su parcela exclusiva. Y las cosas no van por ahí porque las grandes rupturas paradigmáticas siempre influyen —y de manera notable— en todas las manifestaciones del pensamiento científico.

Desde el punto de vista de esta comunicación, en el siglo XIX se produjeron cambios suficientemente notables que significaron tanto en Matemáticas como en Biología una influencia claramente perceptible en las ciencias respectivas.

## 2. EL CAMINO DE LA SIMPLIFICACION

La Ciencia ilustrada es erudita. Los paradigmas matemático y biológico del XVIII se caracterizan por la articulación extensiva de sus saberes en atención el análisis pormenorizado de los fenómenos singulares. Cada ente matemático y cada significativo biológico se entiende como un universo estanco que se estudia —las más de las veces— metafísicamente sin alumbrar apenas conexiones de generación y de parentesco. Incluso la potente premonición de las proyecciones de Desargues, o las especulaciones de Brianchon un siglo después, quedan aisladas en el contexto general de la Ciencia. Las clasificaciones biológicas del XVIII no van a hacer nada para superar la estancamiento de una ciencia primitiva que al contrario que la realidad y la vida separa los conocimientos en lugar de relacionarlos.

Unos cuerpos científicos de esas características son terriblemente complejos y de difícil asimilación. En términos de estrategia investigadora se puede decir que son poco operativos. Y, aunque el presente de indicativo está escrito con toda intención, incluso en una época en que la memoria colectiva —y operativa— crece sin cesar por medios electrónicos, es obvio que las dificultades de manejo eran muchísimo mayores en tiempos pasados, por ejemplo, a comienzos del siglo XIX.

Quizás esta angustia impotente por conocer el conjunto sea el motivo por el que Claude Bernard —y no sólo él— llegase a decir que “la esencia de las cosas nos será siempre ignorada: no podemos conocer sino las relaciones entre las cosas”<sup>1</sup>. En Matemáticas a pesar de su mayor grado de elaboración la situación es semejante. La mina geométrica se agota escribe Lagrange a D’Alembert en 1781. También en un movimiento angustioso muchos matemáticos del siglo buscarán características más o menos superfluas en todos los entes clásicos: curvas, polígonos, números son intelectualmente estrujados buscando puntos curiosos, características pintorescas, nombres diversos. A modo de ejemplo se puede decir que ya a comienzos del siglo XX se seguirá buscando institucionalmente en España la redacción de un catálogo de curvas<sup>2</sup> todavía utilizado en nuestros días para martirio de algunos alumnos de los primeros cursos universitarios de Geometría.

La progresiva extensión y complejidad del conocimiento está en las raíces de una necesaria reflexión metodológica interna. Una reflexión de talle copernicano que de tanto en tanto surge para simplificar la Ciencia tras la conclusión de que la Naturaleza y la vida no pueden ser tan enrevesadas.

En Matemáticas, el proceso a lo largo del siglo XIX se aprecia de forma bastante nítida. Aunque la contaminación intelectual impide observar un Paradigma puro y la plétora de singularidades temáticas dificulta el camino de progreso de las grandes teorías de ordenación y simplificación, la implantación sucesiva de conceptos generales es creciente.

De alguna manera podría decirse que de los tres troncos del Paradigma clásico: la Aritmética, la Geometría y el Álgebra, van a surgir las herramientas ordenadoras y los conceptos primarios con los que se van a construir todas las Matemáticas del siglo XX.

También los matemáticos reconocen que no conduce a ninguna parte la exhaustiva investigación de entes particulares. El siglo XIX —en un proceso común a la totalidad de las Ciencias— es el siglo de la generalización y de la búsqueda de leyes ajenas a la voluntad (de personas humanas o divinas). Leyes que se cumplan pese a quien pese y que permitan determinar el futuro e interpretar el pasado de manera sucesivamente más fiable y ajustada a la realidad.

En esa búsqueda de la generalización se va produciendo la proximidad metodológica entre las diferentes ciencias y particularmente entre Matemáticas y Biología.

### 3. LA SELECCION NATURAL

La *selección natural* es el aporte agudo y simplificador de Darwin en el maremagnum de los taxones del período ilustrado. Significa encontrar una ley objetiva que permita ordenar de manera plausible y razonable un área aparentemente tan caótica como la de la vida. Con los conceptos de especie y selección natural la Biología se estructura y adquiere una potencia predictora, hasta entonces constreñida en el terreno de la intuición o de la adivinación<sup>3</sup>. Estos elementos continúan y profusamente estudiados significan el cambio de calidad decisivo para las Ciencias Biológicas. ¿Tienen su parangón en Matemáticas? ¿Se produce en Matemáticas un proceso similar de estructuración y ordenación? Evidentemente, sí. El camino de generalización, junto a los notables espacios abiertos por los nuevos descubrimientos, va a imponer necesariamente una clase de selección natural de teorías. En los Paradigmas anteriores las Matemáticas crecían por yuxtaposición, procurando conservar todos los hallazgos en el seno de un cuerpo de doctrina homogéneo y sin privilegios; pero los cataclismos conceptuales del

XIX impondrán dos tesis incontestables. Por una parte, se admitirá —no sin reticencias— la libertad absoluta de investigar<sup>4</sup> en cualquier campo y en cualquier tema; por otra, el veredicto de la comunidad matemática actuará como mecanismo de selección dentro del conjunto de conocimientos. En este mismo orden de ideas se podría decir que también en Matemáticas hay un afán concreto de escudriñar los orígenes internos de las Matemáticas. Desde perspectivas aparentemente diversas como la Geometría o la Aritmética se pretende unificar la metodología y simplificar los procesos. Kronecker clama por establecer el cimiento genuino de las Matemáticas en el número natural, los logicistas buscarán con denuedo un sistema de axiomas que soporte toda la Aritmética y los formalistas conseguirán éxitos relevantes con la unificación de la Geometría.

Si el darwinismo en Biología rompió todos los esquemas del creacionismo ciego y abrió horizontes insospechados a la investigación biológica, el Paradigma Hilbertiano hizo lo propio en el terreno de las Matemáticas al truncar la idea clásica de espacio y al establecer unos dominios naturales fuera de las coordenadas tradicionales de pensamiento de lo que se consideraba Naturaleza.

#### 4. LA ESCUELA BIOMETRICA

Pero todo lo anterior podría no ser más que una mera especulación intelectual que podría adornarse con infinidad de citas, si no se hubiera dado un desarrollo genuino de las Matemáticas bajo el impulso del darwinismo y viceversa.

La Historia de la Estadística, una de las más jóvenes ramas de las Matemáticas y, por ello, con resultados de más impacto, tiene dos períodos sobresalientes sobre los demás. Son los de 1890-1905 y 1915-1930. En ambos lapsos de tiempo los avances se produjeron al intentar dar respuesta a problemas reales presentados por la Biología. En el primero de los períodos señalados estos problemas fueron la teoría de la herencia y la evolución. En 1915-30 fue la experimentación agrícola.

Por lo que respecta a esta comunicación vamos a ceñirnos al primero de los dos intervalos de tiempo. Hoy no es ningún enigma que, con sus excepciones, el darwinismo se extendió con bastante celeridad entre los biólogos, entre los que se formaron dos corrientes: una de influencia alemana, dedicada principalmente a estudios de Morfología Comparada y Embriología,

y otra, inglesa, caracterizada por el interés por los problemas de tipo ecológico, biogeográfico y bioestadístico. Esta escuela contó con un antecedente continental, el belga Quetelet, que escribió esa profunda idea que debería hacernos reflexionar constantemente a los Matemáticos: “La urna a la que interrogamos es la Naturaleza”<sup>15</sup>.

En la segunda mitad del siglo XIX se crea en Inglaterra, bajo la influencia directa de la obra de Darwin, la que se ha llamado “Escuela biométrica inglesa”, de la que Francis Galton (1822-1911) puede considerarse el fundador y Walter Frank Raphael Weldon (1860-1906) y Karl Pearson (1857-1936) sus más destacados miembros. El término “biometría”, ciencia de la medida de la vida, fue acuñado por Weldon y Pearson hacia 1900. El programa de la Escuela Biométrica puede resumirse en la aplicación de los métodos estadísticos a la Biología, y su desarrollo está muy ligado a la biografía personal de sus más destacados componentes.

Fue la publicación de la obra de Darwin 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 variabilidad en su estudio de la regresión y correlación de las medidas. Hacia 1877 ya había llegado a la ley de regresión y a la forma del error normal de cálculo. En *Family likeness in stature* (1877) y en *Natural Inheritance*, su obra más importante, publicada en 1889, se aprecia claramente la idea fundamental de la metodología de Galton, 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 aplicada a todas las formas vivientes y empezó a intuir su “Ley de Herencia Ancestral”, generalizada y precisada más tarde por Pearson en forma de regresión múltiple. Es enormemente significativa en la historia de la ciencia su creencia de que todo es virtualmente cuantificable.

Sus investigaciones le llevaron a promover la Eugenesia (término acuñado en 1883), llegando a ocupar una cátedra de esta disciplina en el University College de Londres.

El caso de Weldon es ligeramente distinto. Tras licenciarse en Zoología en 1882 es cuando se va produciendo una evolución en su pensamiento. Como la mayoría de los jóvenes de su época, Weldon comienza siendo un darwinista entusiasta, al que la teoría de la evolución ofrece 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 hipó-

tesis de trabajo en la que hay que completar las pruebas que Darwin tan sólo señaló. Y es entonces cuando al comprobar que la vieja Metodología utilizada por los líderes —académicos— de la Biología ya no puede proporcionar progresos notables, se vuelve en dirección a la Estadística y piensa en la distribución de las variaciones y la correlación de los caracteres orgánicos.

A este propósito Pearson escribió en *Walter Frank Raphael Weldon 1860-1906 Biometrika V (1906) pág. 30:*

*Acceptance of each stage of biometric theory could only be won from Weldon by a tough battle; it had first to justify its necessity, and next to justify its mathematical correctness. He was not drawn into actuarial work by its sympathies or his friendships, he was «driven» into it by the looseness he discerned in much biological reasoning; he felt an «impasse» which could only be surmounted by the stringency of mathematical logic.*

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

*a) The establishment for a new set of adult characters leading to the evolution has always been accompanied by the evolution of a new set of larval characters leading to the formation of a larval type peculiar to the newly established family, the two sets of characters having as yet no demonstrable connection one with the other. b) The evolution of the adult and that of the larval characters peculiar to a group advance «pari passu» one with the other, so that a given degree of specialisation of adult characters on the part of a given species implies the possession of a larva having a corresponding degree of specialisation and «vice versa»<sup>6</sup>.*

Y como subraya el mismo Weldon en el editorial de presentación de la revista *Biometrika*<sup>7</sup> de 1901:

*The starting point of Darwin's theory of evolution is precisely the existence of those differences between individual members of a race or species which morphologists for the most part rightly neglect. The first condition necessary, in order that any process of Natural Selection may begin among a race, or species, is the existence of differences among its members; and the first step in an enquiry into the possible effect of a selective process upon any character of a race must be an estimate of the frequency with which individuals, exhibiting any degree of abnormality with respect to the character, occur. The unit, with which such an enquiry must deal, is not an individual but a race, or a statistically representative sample of the race; and the result must take the form of a numerical statement, showing the relative frequency with which various kinds of individuals composing the race occur<sup>8</sup>.*

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 aquí 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 como 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 el *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 perseguía la búsqueda de una medida numérica de las especies, algo que fuera constante para todas las razas locales. En realidad no lo consiguió, pero ello condujo a la realización de investigaciones y cálculos exhaustivos de gran precisión sobre la correlación en el hombre, animales y plantas, que suministraron ideas muy claras sobre la interrelación de los caracteres orgánicos. En palabras del propio Weldon:

*A large series of such specific constants would give an altogether new kind of knowledge of the physiological connexion between the various organs of animals; while a study of those relations which remain constant through large groups of species would give an idea, attainable in no other way, of the functional correlations between various organs which have led to the establishment of the great sub-divisions of the animal kingdom.*<sup>9</sup>

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, 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 traía a la psicología, a la antropología, a la medicina y a la sociología, en gran parte, dentro del campo del tratamiento matemático”.

“Fue Galton, sigue diciendo Pearson, 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”.<sup>10</sup>

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 para la descripción matemática de los fenómenos naturales, desarrolló la teoría de la correlación aplicada a los problemas de herencia y evolución y creó, en la teoría de las observaciones, la prueba del  $X^2$  para la bondad del ajuste.

En su trabajo *Contributions to the Mathematical Theory of Evolution* tiene como objetivo el ensayo de la “ley de Herencia Ancestral” de Galton y el desarrollo de una teoría sobre la influencia de la selección en la correlación y variabilidad de los órganos.

Participó en la polémica del mendelismo. Tras sus inicios, muy duros, se vio que las mediciones conseguidas por los biómetras estaban de acuerdo con las leyes de Mendel y que éstas suministraban una explicación completa de las leyes empíricas descubiertas. Basta considerar las mediciones como resultantes de la adición de gran número de factores mendelianos, lo que hoy se llama “Análisis factorial”. Así se ve que las leyes son aproximadamente de la forma de Laplace-Gauss y que el valor experimental de los coeficientes de correlación se explica por la comunidad de los factores mendelianos.

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 que propugnaban, en parte debido al entusiasmo con que éstas eran defendidas por todos los miembros de la escuela, y sobre todo, por Karl Pearson, personalidad siempre polémica y combativa.

Weldon fue elegido Fellow de la Royal Society en 1890 y Karl Pearson en 1896, concediéndosele la “Darwin medal” dos años más tarde. Muchos de los trabajos de ambos están recogidos en las *Philosophical transactions*.

En 1893 se constituyó el “Comité para realizar investigaciones estadísticas sobre las características medibles de animales y plantas” dentro de la Royal Society, con Galton como presidente y Weldon de Secretario, que siguió así hasta 1897, en que 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. Lankester, M. Masters, K. Pearson, O. Salvin, y Thiselton-Pyer. Tras las dos primeras publicaciones dimitieron del Comité en 1899 los biometristas. Weldon diría que 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 esa afir-

mación, pero la mayoría de los biólogos no".<sup>11</sup> Karl Pearson denunciaba que el que la teoría darwinista pudiera ser demostrada estadísticamente había levantado y levantaba hostilidades en hombres de toda clase y condición.<sup>12</sup>

Este cambio de actitud de la Royal Society condujo directamente a la fundación de Biometrika "un periódico dedicado a la consideración de los efectos de la herencia y el medio ambiente" y del Laboratorio Biométrico (y Eugenésico de Galton) donde se instruía en los nuevos métodos a estudiantes postgraduados, para aplicaciones diversas (incluso trabajos de guerra), con subvenciones de la Worshipful Company of Drapers.

De todos los componentes de la Escuela Biométrica ha sido Karl Pearson, en sus obras *Grammar of Science* y *Ethic of Freethought* el que ha dejado expuesta más claramente su teoría de la ciencia. En ella se aprecia claramente la influencia del pensamiento darwinista no sólo por su constante alusión a la doctrina 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.

Pearson puede ser considerado como uno de los fundadores de la escuela del positivismo lógico. De él, que se dice que escribía su nombre con k en homenaje a Karl Marx, dirá Lenin que su filosofía supera a la de Mach "en integridad y consistencia", a pesar de que lo considera un enemigo "conciencioso y escrupuloso" del materialismo<sup>13</sup>.

Su crítica a la teoría de la mutación procede de la importancia que Pearson dio a la gradación, es decir, al crecimiento gradual y progresivo, a la evolución sin revolución, como ley de la Historia de la Naturaleza.

La Ciencia es para Karl 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 la fórmulas más simples y al mismo tiempo más comprensibles que sea posible 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 es definida como el enunciado más breve posible de las categorías más amplias posibles de sucesiones entre fenómenos.

## 5. LAS TEORIAS MATEMATICAS DE LA LUCHA POR LA VIDA

En 1931 apareció en *Cahiers Scientifiques* el libro del matemático italiano Vito Volterra *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie* <sup>14</sup>. El libro tenía un origen próximo: las conferencias dadas por Volterra en el Instituto Henry Poincaré en el curso 1928-29, donde había sido invitado por Borel. Sin embargo, el verdadero arranque de estas lecciones se sitúa en 1925, año en el que Volterra fue instado por su yerno U. d'Ancona a estudiar matemáticamente las variaciones que tenían lugar en las Asociaciones Biológicas.<sup>15</sup>

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 de Volterra terminaba con un capítulo redactado por D'Ancona <sup>16</sup> en el que establecía 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:

*Déjà Darwin dans son " Origine des espèces par sélection naturelle" place parmi les facteurs les plus importantes de l'évolution des espèces animales la lutte pour l'existence, qui consiste précisément dans la concurrence entre les individus des diverses espèces, surtout pour se nourrir. Darwin fait remarquer que l'accroissement d'une espèce ne dépend pas seulement de la nourriture qui est à sa disposition, mais qu'il dépend aussi de la possibilité d'être la proie d'autres espèces. C'est pourquoi tout ce qui fait diminuer les espèces qui se nourrissent des autres contribue à l'accroissement de celles-ci. Il donne l'exemple de la chasse qui est quelquefois favorable à l'augmentation du gibier parce qu'elle détruit les oiseaux de proie.*<sup>17</sup>

La referencia es tan explícita que no cabe la menor duda de la conexión darwinista de esta línea matemática 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 coe-

xistencia 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 Odon de Buen sobre las especies marinas emigrantes.<sup>18</sup>

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 de la utilización del 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 construye 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.

Como se ha dicho más arriba, el darwinismo es la base teórica desde la que se observan las situaciones y se plantean las hipótesis.

## 6. CONCLUSION

Los tres aspectos explicitados para estudiar la influencia del darwinismo en las Matemáticas no son más que una muestra —aunque significativa— no exhaustiva del fenómeno. La tesis que en esta comunicación se defiende es que no existen paradigmas científicos aislados y que cuando se produce una quiebra conceptual como la que supuso el darwinismo en Biología todo el cuerpo de doctrina científico se ve afectado por la crisis y sus implicaciones alcanzan a cualquier dominio del pensamiento, a veces, de manera contradictoria. Como conclusión cabe sostener, por tanto, que la interinfluencia de los paradigmas es una fuerza motriz impulsora de la interdisciplinariedad, y el estudio de esas interdependencias uno de los más poderosos alicientes de la Historia de la Ciencia.

## NOTAS

\* Agradecemos al Dr. Rodríguez Vidal del Seminario de Historia de las Matemáticas de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, a la Dra. Franci de la Universidad de Siena y al Dr. Israel del Instituto Matemático Guido Castelnuovo de la Universidad de Roma la ayuda otorgada para la realización de este trabajo.

1 Citado por RODRIGUEZ VIDAL (1963) *Interpretación Matemática de los fenómenos biológicos*. Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Zaragoza, pág. 11.

2 VARGAS Y AGUIRRE, Joaquín de (1908) *Catálogo General de curvas*. Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo XVI. Comprende sumariamente la historia, ecuación, forma y propiedades y bibliografía de todas las curvas de denominación especial. Madrid.

3 No sobra resaltar que un proceso similar tuvo lugar en la Física en el siglo XVII.

4 Cantor llegó a escribir la ya famosa frase de que la esencia de las Matemáticas es su libertad.

5 Véase DARMOIS, G. (1973) *Probabilidades y Estadísticas*, En: TATON et «al»: *Historia General de las Ciencias*, III, Destino, Barcelona. Págs. 98-115.

6 PEARSON, Karl (1906) Walter Frank Raphael Weldon 1860-1906. *Biometrika* V, pág. 1-52.

7 Llama la atención que los progresistas ingleses de la Escuela Biométrica rindieran un culto a la letra k en homenaje al pensamiento progresista alemán. En fechas más recientes los contestatarios norteamericanos asimilaban la utilización de la k al neonazismo. Véase Rubbin (1971) *Do it*, Seuil, Paris.

8 WELDON, Walter Frank Raphael (1901) *Biometrika* I.

9 WELDON, Walter Frank Raphael. *Royal Society Proceedings*. Vol. LI, pág. 11.

10 Speeches delivered at a dinner held in University College, London, in Honour of Professor Karl Pearson, 23 April 1934. Impresa privadamente en la Cambridge University Press (1934).

11 Citado por KARL PEARSON (1906) *Walter Frank Raphael Weldon 1860-1906*. *Biometrika* V, págs. 1-52.

12 PEARSON, Karl (1906) *Walter Frank Raphael Weldon 1860-1906*. *Biometrika* V, págs. 1-52.

13 Citado por J.B.S. HALDANE en Karl PEARSON 1857-1957. *A Centenary Lecture delivered at University College London*. *Biometrika*, 44, págs. 303-13, 1957.

14 VOLTERRA, Vito (1931) *Leçons sur la Théorie Mathématique de la lutte pour la vie*. Cahiers Scientifiques, Gauthier-Villars, Paris.

15 La personalidad y la obra de Volterra estan siendo estudiadas con particular detenimiento y acierto por el Dr. Giorgio Israel del Instituto Matemático Guido Castelnuovo de la Universidad de Roma.

16 VOLTERRA, V. (1931) págs. 197-210.

17 VOLTERRA, V. (1931) pág. 202.

18 VOLTERRA, V. (1931) pág. 209.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 DARWIN, Charles (1859) *The Origin of Species by means of Natural Selection or preservation of favoured races in the struggle for life*. Penguin Books. Harmondsworth (England), 1968.
- 2 GALTON, Francis (1889) *Family Likeness in Stature*. Proc. Roy. soc. 40, 42-73.
- 3 GALTON, Francis (1889) *Natural Inheritance*. London: Macmillan an Co.
- 4 HORMIGON, Mariano (1980) *Paradigmas y Matemáticas*. VI Jornadas Hispano-Lusas de Matemáticas. San Feliú de Guixòls, 1980. Publicacions de la Secció de Matematiques de la U. A. Barcelona, n° 20, Septiembre 1980, págs. 51-54.
- 5 ISRAEL, Giorgio (1982) *Volterra Archive at the Accademia Nazionale dei Lincei, Historia Mathematica*, 9, 229-283.
- 6 ISRAEL, Giorgio (1980) *Le due vie della matematica italiana nel novecento*. Convegno «Recasting of Science between the two world wars». Rome-Firenze, págs. 45-78.
- 7 PEARSON, E. S. (1948) Pearson, creador de la Estadística Aplicada. Editora Espasa-Calpe Argentina, S.A. Buenos Aires.
- 8 PEARSON, E. S. (1965) *Some incidents in the early history of Biometry and Statistics 1890-94*. Biometrika, 52, págs. 3-18.
- 9 PEARSON, E. S. (1967) *Some reflexions on continuity development of mathematical statistics, 1885-1920*. Biometrika, 54, págs. 341-55.
- 10 PEARSON, E. S., KENDALL, M. A. (1970) *Studies in the History of Statistics and Probability*. Griffin. Londres.
- 11 PEARSON, Karl (1906) *Walter Frank Raphael Weldon, 1860-1906*. Biometrika, 5, págs. 1-52.
- 12 PEARSON, Karl (1920) *Notes on teh history of correlation*. Biometrika, 13, págs. 25-45.
- 13 PEARSON, Karl. *The Life, Letters and Labours of Francis Galton*, Cambridge University Press, I (1914), II, (1924), III A y B (1930).
- 14 PEARSON, Karl (1895) *Contributions to the mathematical theory of evolution. II. Skew variation in homogeneous material*. Phil. Trans. A 186, 343-414.
- 15 PEARSON, Karl (1896) *Mathematical contributions to the theory of evolution. III . Regression, Heredity and Panmixia*. Phil. Trans. A 187, 253-318.
- 16 PEARSON, Karl (1898) *Mathematical contributions to the theory of evolution. On the law of ancestral heredity*. Proc. Roy. Soc. 62, 386-412.
- 17 PEARSON, Karl (1903) *The law of ancestral heredity*. Biometrika 2, 211-29.
- 18 PEARSON, Karl (1904) *Mathematical contributions to the theory od evolution. XII. On a generalised theory of alternativa inheritance, with special reference to Mendel's laws*. Phil. Trans. A. 203, 53-86.
- 19 PEARSON, Karl (1908) *On a determinantal theory of inheritance, from notes and suggestions by the late W.F.R. Weldon*. Biometrika, 6, 80-93.
- 20 PEARSON, Karl (1888) *The Ethic of Freethought, a selection of Essays and Lectures*. London: T. Fisher Unwin. Republished (1901) by A. and C. Black.
- 21 PEARSON, Karl (1892) *The Grammar of Science*. London: Walter Scott. (1990, 1911), with editions republished By A. and C. Black. (1937), first edition republished in Everyman Library (n° 939) by J.M. Dent and Sons Ltd.

22 WELDON, W. F. R. (1890) *The variations occurring in certain Decapod Crustacea. I.* Crangon Vulgaris. Proc. Roy. Soc. 47, 445-53.

23 WELDON, W. F. R. (1892) *Certain corelated variations in Crangon Vulgaris.* Roc. Roy. Soc. 51, 2-21.

24 WELDON, W. F. R. (1893) *On certain correlated variations in Carcinus Moenas.* Proc. Roy. Soc. 54, 318-29.

25 *Compte Rendue du deuxième Congrès des Mathématiciens tenu à Paris, août 1900.* Gauthier-Villars, Paris, 1902.