



CONCEPCIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LA MATEMÁTICA BIOLÓGICA EVOLUTIVA

Torres López Alexaivy¹, Lugo Jiménez Abdul Abner²

¹ Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Barquisimeto, Venezuela alexavatl@hotmail.com ² Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña, República Dominicana. Recinto Félix Evaristo abdul.lugo@isfodosu.edu.do

ASA/EN 2020-16

Recibido: 13-07-2020

Aceptado: 31-07-2020

RESUMEN

Desde el desarrollo de la cultura occidental, se viene utilizando a la matemática en otras áreas del quehacer científico. La Matemática Biológica como disciplina, integra las herramientas y potencialidades de la matemática a las ciencias de la vida, dando cimiento epistémico a sus bases teóricas. El presente ensayo, realiza un breve estado del arte sobre la asociación epistemológica que las une e incluso las hace insolubles, permitiendo que ambas generen los métodos necesarios para explicar los procesos de la vida, los mecanismos de la herencia y la manera en la que esta evoluciona. La modelización matemática, ecuaciones diferenciales y el uso del computador se presentan como bondades que desde la matemática dan sustento disciplinar a las ciencias de la vida.

Palabras clave: Matemática Biológica, modelado matemático, Genética, evolución.



EPISTEMOLOGICAL CONCEPTION OF EVOLUTIONARY BIOLOGICAL MATHEMATICS

ABSTRAC

Since the development of Western culture, mathematics has been used in other areas of scientific work. Biological Mathematics as a discipline integrates the tools and potential of mathematics in the life sciences, giving an epistemic basis to its theoretical bases. This essay makes a brief state of the art on the epistemological association that unites them and even makes them indissoluble, allowing both to generate the necessary methods to explain the processes of life, the mechanisms of inheritance and the way in which this evolves. Mathematical modelling, differential equations, and computer use are presented as benefits that mathematics provides disciplinary support to the life sciences.

Keywords: Biological mathematics, mathematical modelling, genetics, evolution.



INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre comenzó a generar procesos de aprendizaje complejos, fue perfeccionando los métodos de observación, clasificación, experimentación. A pesar de que en ese primer momento no contaban con esa terminología específica, ya se realizaban de manera empírica. La matemática como ciencia compleja, exacta y lógica, se nos presenta como apoyo fundamental, desde el surgimiento de la cultura occidental, en todos los campos de la vida humana, y si hablamos de conocimiento, nos encontramos ante una simbiosis epistemológica firme que ha sentado los cimientos del saber positivista.

La Biología, encargada del estudio de la vida, se asienta en las ciencias exactas para soportar las contribuciones científicas que la fundamentan y convertirlos en teorías comprobables. Es así como, desde el inicio de la vida, hasta los momentos actuales, se han establecido estudios complejos que demuestran los procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren

en los seres vivos y que son representados a través de números y resultados.

En el campo de la Biología Evolutiva, la transformación de la vida ha tratado de ser explicada a través de diversas hipótesis y teorías que al transcurrir del tiempo están siendo desplazadas por los hallazgos científicos alcanzados hasta ahora, debido al uso de la tecnología; Un ejemplo de ello lo vemos en el modelo de coacervación de Oparin, quien presenta todo un esquema minucioso y rudimentario de los posibles elementos moleculares, que ha sido mejor detallado por los científicos actuales, quienes reconstruyen una visión más meticulosa de los elementos químicos que formaban parte del caldo primitivo y de los primeros protobiontes. Vemos entonces que, aquellas ideas sobre generación espontánea, creacionismo o catastrofismo se dejan entrever como postulados subjetivos sin ningún rigor científico.

De acuerdo con Azuejo (2009, p. 14) las primeras relaciones que se generan entre las matemáticas y la Biología -en este caso evolutiva- vienen del siglo XIX luego de la presentación a la comunidad



científica de la Teoría de la selección natural, donde se establecen los procesos que han dado origen a la diversidad biológica. De esta manera, los estudios de selección natural junto a sus tipos, han sido representados de manera estadística o biométrica, y esto tiene que ver mucho con las proyecciones de Malthus (1978) quien en su obra "Essay on the principle of population" establece que, mientras las poblaciones se extienden de forma logarítmica, la necesidad de recursos lo hace de forma aritmética; situación que exige una mayor demanda de estos. Para Lugo (2018, p. 1) "Malthus predijo el desastre, ya que no era posible aumentar el suministro de alimentos para mantener el ritmo de crecimiento de la población a una tasa de crecimiento per cápita positiva constante".

Es así como, en sus modalidades direccional, estabilizante y disruptiva, la selección natural muestra hipotéticos casos que conllevan hacia el análisis de los procesos responsables de la existencia de ciertos caracteres de una especie. Estas ideas concuerdan con las de Freeman y Herron (2002, p.57) quienes plantean que,

aunque la selección natural se puede explicar de una manera precisa, comprobarla realizando estudios en poblaciones naturales, es sumamente difícil, lo que conlleva a utilizar el razonamiento estadístico. Esto implica generar situaciones hipotéticas que permitan visualizar el cambio en la distribución de los caracteres genéticos.

No es en vano entonces que, Charles Darwin (1859) haya tardado años para estudiar las poblaciones de pinzones, las aves de las Islas Galápagos, quienes muestran notables diferencia en sus picos de acuerdo a la ubicación geográfica y el estilo de alimentación. La observación profunda en el campo, sumado a los registros y estudios estadísticos contribuyeron a la formulación de una teoría sólida que aún se mantiene vigente.

Parten de esta teoría entonces, la búsqueda de modelos para explicar los procesos biológicos y evolutivos. Se debe destacar que, cuando Darwin (Ob. Cit) postula la teoría de la selección natural, los conocimientos genéticos eran despreciables, lo que direccionó a que en



un primer momento sus cuestionamientos teóricos fueran puestos a pruebas.

La Matemática Biológica como concepto y cimiento epistemológico

La Biología Matemática, de acuerdo con Pacheco (2000, p. 173) “Consiste en utilizar la potencia de las herramientas y métodos de las matemáticas, en la exploración del mundo de lo viviente”. El autor, establece una línea de tiempo histórica y trascendental en la cual subyace cada avance alcanzado en esta fusión disciplinar, y donde se resalta la aparición desde los tiempos más remotos de la cultura occidental, de la matemática como disciplina, en contraposición a las ciencias de la vida, que sólo registra 200 años de existencia.

Los planteamientos anteriores concuerdan con los Cañada (1991, p.2) quien, al relacionar ambas disciplinas, mantiene que, una básica, aunque adecuada formación matemática, ayuda al Biólogo a entender algunas leyes y dogmas de la Biología.

En sus escritos, el autor ya mencionado establece una posible

divergencia disciplinar, durante los inicios de la Biología, pues sus aportes algo divagantes, artesanales y algunos no comprobables, la alejan en un primer momento de las ciencias exactas, quienes para ese entonces se visualizaban muy abstractas y desviadas de aplicaciones inmediatas. Fue hasta los primeros trabajos de Willian Harvey que se consiguen solapar, pues el investigador al estudiar la Fisiología de la circulación, ordenó, clasificó y sistematizó los procesos haciendo uso de las herramientas matemáticas desarrolladas en la época.

La consolidación de la Biología como ciencia, conseguida por Jean Lamarck y los primeros estudios fundamentados en modelos poblacionales, ejecutados por Thomas Malthus (ob. Cit) posteriormente utilizados por Darwin (Ob. Cit) para el afianzamiento de sus premisas teóricas, dejan ver el inicio de esta simbiosis en el campo evolutivo y genético, desde la aparición de los modelados poblacionales que, hasta ahora han contribuido con la aproximación de resultados a los esperados en condiciones naturales.



De acuerdo con Dobzhansky (1980, p. 482) los postulados de Darwin, se fortalecieron con la adopción del método hipotético- deductivo, asumido desde su regreso del Archipiélago ecuatoriano. Sus notas y apuntes señalan que luego de sus observaciones ya traía consigo los bloques conceptuales que darían lugar a su teoría. Este postulado, más cimentado que la hipótesis de Lamarck, se fundamentaba en modelos y observaciones hechas en el campo.

En palabras de Azuejo (2009, p. 14) los escritos de Darwin, escasos de conocimiento genético, fueron el estimulante para Francis Galton, quien integra a las ciencias biológicas la estadística como metodología idónea para ejecutar los análisis de variabilidad. fundamentado en la regresión y la correlación de medidas, se marca el inicio de esta simbiosis epistemológica.

Los aportes anteriores asoman dos importantes premisas en la consolidación conceptual, la adopción del método científico, fundamentado en el método hipotético-deductivo y su registro

experimental utilizando la biometría, la regresión y correlación, elementos sumamente necesarios para demostrar la confiabilidad de los postulados teóricos generados en la línea biológica evolutiva y genética.

De la Selección Natural a los modelos genéticos y poblacionales

Los estudios del ADN, los modelos poblacionales y los diversos tipos de selección natural, constituyen una muestra poderosa que, nos invita a confirmar la simbiosis epistemológica que envuelve la Matemática Biológica. La Evolución como disciplina, pudiese ser aún más controvertida de no sostenerse en ecuaciones diferenciales, la modelización matemática e incluso el uso del computador para predecir comportamientos de frecuencias alélicas.

El modelo matemático como proceso y estrategia

Estudiar algunos conceptos elementales para la evolución y la genética, llevarían muchos años, si se trabajasen en sistemas naturales. Es por eso que se hacen modelos, con ciertas condiciones que, puedan ser proyectados y



comprobados, con frecuencias o resultados muy cercanos a los que ocurrirían en la vida real.

De esta manera, unidades teóricas como la genética de poblaciones, las mutaciones, los tipos de selección natural, la evolución viral, el éxito reproductivo, la aptitud darwiniana, fuentes de variabilidad, los comportamientos poblacionales, entre otros, son trabajados en muchas ocasiones con modelos hipotéticos.

Se hace importante acotar que, para realizar modelos biológicos se requieren de ciertas condiciones, que se corresponden con las ideas planteadas por Lugo (2018, p.1)

“Desde un punto de vista académico, para abordar un proceso de modelado, es necesario de tener un background matemático por lo menos básico, con esto me refiero a tener conocimientos de cálculo diferencial e integral, así como tener claras sus interpretaciones físicas y geométricas de los conceptos básicos como, por ejemplo, el concepto de derivada, límite e integración, de la misma manera algunos antecedentes

en ecuaciones diferenciales elementales y un poco de teoría matricial”.

¿Cómo se puede definir un modelo matemático?

En palabras de Lombardero (2014, p. 35) “Un modelo matemático es una síntesis de la realidad (en este caso de una realidad biológica) que nos ayuda a entenderla. Se trata de traducir aspectos de la naturaleza al lenguaje matemático”.

Similar a esta definición, Pérez y González (2017, p. 4) describen a un modelo como una representación cuyo comportamiento se ejecuta de forma análoga a la realidad o contexto que pretende caracterizar, analizar, estudiar y predecir. De acuerdo a esta premisa, la relación entre el modelo y el contexto o realidad, no se basa en la verdad, sino en el ajuste.

Un modelo en esta disciplina, consiste en la construcción de contextos, bien planificados y con objetivos claros, que idealiza situaciones de un ambiente natural, para proyectar el comportamiento de una población o cumulo de genes, entre



otros elementos. De estos derivan un sistema de ecuaciones, que servirán para obtener registros cuantitativos que permiten sacar conclusiones sobre el fenómeno que se esté analizando.

La Matemática Biológica entonces, se nos presenta como una dualidad disciplinar, que esta revestida de mucha lógica, sumergida en imaginación, visión y dominio del conocimiento biológico. Por tal razón, a la hora de diseñarlos, el ensayo y error es parte del proceso, hasta que se logren alcanzar los objetivos proyectados.

Muchas veces se piensa que un libro de Biología evolutiva se encuentra repleto de largos textos, más la realidad al revisarlos nos dice que, entre sus páginas trasciende un mundo creado con situaciones adaptadas para realizar un buen análisis evolutivo. Sólo de esta manera, y sumado a los registros y hallazgos que se han hecho directamente de la naturaleza, la Evolución como ciencia ha encontrado sustentabilidad teórica.

En palabras de Pérez y González (2017, p. 1)

“Los modelos de la Biología Evolutiva, además de ser centrales para la Biología misma, lo son para permitir tomar decisiones fundamentadas en los tópicos anteriormente mencionados, entre muchos otros. Es por eso que su aprendizaje es central para la educación científica de cualquier ciudadano crítico”.

Pero, no sólo parece beneficiarse la Biología de esta simbiosis disciplinar, sino que, las matemáticas se ven en la necesidad de desarrollar nuevas teorías y procedimientos capaces de resolver problemas biológicos complejos. Entre los primeros modelos resalta el de Thomas Malthus (ob. Cit), que como se indicó anteriormente sirvió de base para apoyar uno de los postulados de la teoría de Darwin. Estas ecuaciones Malthusianas han sido de gran valor para los estudios poblacionales sencillos. Además, resalta Verhulst (1838) quien, en base a ecuaciones logísticas, también construyó modelos poblacionales.

En cuanto a la Matemática Biológica compleja, resaltan los trabajos de Alan Turing, quien integró a esta disciplina, la



modelización matemática, el uso de las ecuaciones diferenciales y la computadora, como herramienta esencial. Se puede observar como partiendo de procedimientos sencillos como los de Malthus (ob. Cit) y Verhulst (ob. Cit.) se avanza hacia la adopción de tecnología y las ecuaciones diferenciales, cada vez más avanzadas. Estos modelos han contribuido a conocer las maneras en las que ocurre el crecimiento de las poblaciones biológicas, la evolución de epidemias como la del VIH, las frecuencias alélicas asociadas a las fuentes de variabilidad, entre otros elementos.

Las ecuaciones diferenciales y los modelos matemáticos diseñados por computadoras.

Las expresiones matemáticas son esenciales cuando se modelizan procesos o sistemas biológicos, y las empleadas con mayor proporción son las ecuaciones diferenciales.

En palabras de Rojas (2014, p. 7)

“Las leyes del universo están, en gran parte, escritas en el lenguaje de las matemáticas. El Álgebra es suficiente para resolver muchos de los problemas

estáticos, pero los fenómenos naturales más interesantes implican cambios y se describen mejor mediante ecuaciones que relacionen cantidades variables”.

Sobre las ecuaciones diferenciales, Lombardero (2014, p. 31) plantea que:

“La característica principal que experimenta un proceso biológico $f(t)$ es que evoluciona con el tiempo. Y el significado matemático de la derivada $f'(t)$ es fundamentalmente el cambio de $f(t)$ en función del tiempo. Así, una ecuación en la que aparezcan derivadas de la función estudiada se convierte en la forma natural de simbolizar un sistema cambiante”.

Se puede decir entonces que, un modelo debe reflejarse a través de ecuaciones, que permitan evaluar una variable en el tiempo, de manera que logren reflejar la evolución de ese sistema biológico o poblacional en estudio. Las ecuaciones permiten cuantificar las variables y de los resultados dependerán las predicciones que se hacen al fenómeno en estudio.

El desarrollo tecnológico actual viene facilitando esta tarea al matemático, pues



el perfeccionamiento de softwares específicos ha consolidado esta simbiosis epistemológica entre la Matemática y la Biología, lo que las refuerza a nivel disciplinar. Gracias a estas herramientas, las teorías evolutivas y genéticas, dejan de verse ante la ciencia, como meras suposiciones, y se visualizan como sucesos que realmente pueden efectuarse en un ambiente natural.

En su obra “Jugando a la Evolución en el ordenador” Lahoz (2008) fundamentado en el paradigma constructivista, presenta diversos experimentos de simulación que ponen a prueba algunos postulados evolutivos y estudios poblacionales. Se puede ver entonces el aporte que hace la tecnología, quien gracias a la sincronización con paquetes y ecuaciones matemáticas permiten evaluar de una manera didáctica y específica la evolución de un sistema o la veracidad de una teoría. Estas ideas concuerdan con Lombardero (2014, p. 34) cuando asegura que “En las últimas tres décadas el avance de la computación y el hallazgo de nuevos métodos de cálculo han motivado que los

biomatemáticos sean mucho más optimistas y ambiciosos”.

REFLEXIONES FINALES

¿Hacia dónde va la Matemática Biológica?

Definitivamente ambas ciencias pueden ser vistas como una simbiosis epistemológica que subyace a la otra, y que al pasar del tiempo ha ido mejorando consistentemente en cuanto a sus procesos. Los estudios en esta área cada vez se especializan más y ya no sólo se explicarán a través de modelos y ecuaciones. Cada día se suman nuevos hallazgos y nuevos retos, tal es el caso de la Teoría de los nudos, cuyo propósito es explicar y estructurar la manera en que se anuda la molécula de ADN, nuestra base hereditaria ¿Cómo lo haría un matemático? Seguramente el tiempo lo dirá.

Lo cierto es que, tal como lo plantea Lombardero (2014, p. 34) “Encontramos la Matemática más actual al observar que plantas, pulmones y vasos sanguíneos desarrollan estructuras fractales. Pero



también nos tropezamos con la arcaica Geometría Euclídea cuando advertimos que la mayoría de los virus tienen forma de icosaedro o de icosaedro truncado”. La vida, es definitivamente el producto de un diseño y una sincronía perfecta, que sin duda alguna se explica bajo el lenguaje de los números y las formas.

Se ha visto a lo largo del desarrollo del ensayo como ambas ciencias convergen en una disciplina que se consolida una a la otra. Esto nos recuerda al principio Hologramático de Edgar Morín (2005) cuando nos habla que el todo no es más que la suma de sus partes. La vida definitivamente responde a un diseño perfecto, que ha evolucionado de una manera sinérgica gracias a múltiples factores que solo pueden ser explicados desde los modelos, las ecuaciones y la ayuda de herramientas tecnológicas para tal fin.

Los trabajos de Lamarck, Malthus, Darwin, Turing, entre otros, a través de sus bloques teóricos demostrables, establecen una línea del tiempo que permite evaluar la manera en la que se consolida cada día

más esta disciplina, comportándose como un pegamento conceptual que da fuerza a un componente teórico importante cuando se trata de explicar los procesos de la vida.

REFERENCIAS

- Ausejo, E. (2009). *Darwinismo y Matemáticas*. [En línea]. Disponible en http://www.sinewton.org/numeros/numeros/71/Darwin_01.pdf [Consulta: 10 junio de 2020].
- Cañada, A. (1991). De las matemáticas para biólogos a la biología matemática: un punto de vista particular a través del análisis matemático y la dinámica de poblaciones. [En línea] Disponible en <http://www.ugr.es/~acanada/investigacion/jaen99.pdf> [Consulta: 10 junio de 2020].
- Darwin, C. (1859). *El origen de las especies*. Londres: E-artnow
- Dobzhansky, T., Ayala, F. (1980). *Evolución*. Barcelona: Ediciones Omega
- Freeman, S., Herron, J. (2002) *Análisis Evolutivo*. Madrid: Pearson Educación
- Lahox, R. (2008). *¿Juega Darwin A Los Dados? Simulando La Evolución En El Ordenador*. Ediciones Morata



- Lombardero, A. (2014). Un vistazo a la Biomatemática. [En línea]. Disponible en http://www.sinewton.org/numeros/numeros/86/Articulos_02.pdf [Consulta: 10 junio de 2020].
- Lugo, A. (2018) *La Biología y las Matemáticas*. [En línea]. Disponible en <https://steemit.com/steemstem/@abdulmath/la-biologia-y-las-matematicas> [Consulta: 13 mayo de 2020].
- Lugo, A. (2018). *Modelos Continuos de Población / El modelo Crecimiento exponencial y El Modelo Logístico de Población* [En línea]. Disponible en <https://steemit.com/steemstem/@abdulmath/modelos-continuos-de-poblacion-or-el-modelo-crecimiento-exponencial-y-el-modelo-logistico-de-poblacion> [Consulta: 13 mayo de 2020].
- Malthus. T. (1978) *Essay on the principie of population*. London: Electronic Scholarly Publishing Project
- Morín, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. España: Editorial Gedisa.
- Pacheco, J. (2000). *¿Qué es la biología matemática?* [En línea]. Disponible en <http://www.sinewton.org/numeros/numeros/43-44/Articulo35.pdf>. [Consulta: 10 junio de 2020].
- Pérez, G., González. (2018). *Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos*. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/322940697> [Consulta: 10 junio de 2020].
- Rojas, V. (2014). *Ecuaciones diferenciales no lineales y sus aplicaciones a la ecología*. [En línea]. Disponible en <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/890/107.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta: 10 junio de 2020].
- Verhulst, P. (1838). *Principie of Population*. Bruxelas: Societé Belge.