



MATEMÁTICA DEL CRECIMIENTO ORGÁNICO.

José Luis Gutiérrez Sánchez y Faustino Sánchez Garduño. Facultad de Ciencias, UNAM. 2017. 332 p.

Hace años, casi cuando terminaba el siglo pasado, José Luis Gutiérrez Sánchez y Faustino Sánchez Garduño dieron a la imprenta *Matemáticas para las ciencias naturales*. Esa obra —concebida como una guía para cursos introductorios de licenciatura y posgrado, sobre todo de ciencias de la vida— se centra en el hecho de que la matemática es, entre muchas otras cosas pero primordialmente, un método de investigación de gran alcance en cualquier rama del conocimiento.

Matemáticas para las ciencias naturales consigue interesar a los estudiosos de las disciplinas más relacionadas con

la biología —por ejemplo, medicina, veterinaria y ecología— en el conocimiento de la matemática. A su vez, a quienes, de suyo, tienen ya ese interés —ingenieros, físicos, químicos, matemáticos— les amplía el horizonte de posibilidades de colaboración con otras ramas del conocimiento, sobre la base de un método común. Aquella publicación destaca por su originalidad, la elegancia de su escritura y porque vino a llenar un hueco en la literatura científica en lengua castellana.

Ahora, casi diecisiete años después, los autores nos obsesaban un nuevo texto que conserva y refuerza las virtudes del primero: *Matemática del crecimiento orgánico*. Diecisiete años le tomó a Víctor Hugo escribir *Los miserables* y el resultado, todos lo sabemos, es una de las grandes obras de la literatura universal. Si ese lapso es necesario para concebir, imaginar, estructurar y llevar al papel una obra monumental, no podemos sino congratularnos de que José Luis y Faustino hayan demorado tanto en publicar su segundo libro.

Me parece conveniente empezar por esclarecer un equívoco posible: en microeconomía, el “crecimiento orgánico” es el que se genera de manera intrínseca dentro de una empre-

sa, sin recurrir a la adquisición de otras. Si bien una empresa podría considerarse un ser vivo, el crecimiento tratado aquí es el biológico en sentido estricto; es decir, el de los organismos cuyo tamaño —merced al desarrollo propio o las condiciones del medio— aumenta o disminuye a lo largo de su vida. Dicho esto, vale la pena centrarse en lo que es y lo que no es este libro.

Hasta hace poco, las imágenes emblemáticas de un biólogo eran la del naturalista que, con paciencia, empeño y espíritu de sacrificio, recorría selvas y sabanas observando y recolectando plantas y animales; o bien, la de un científico de immaculada bata blanca, en un laboratorio poblado de tubos de vidrio y retortas burbujeantes. En ambos casos, su relación con la matemática solía ser, en el mejor de los casos, marginal.

En nuestros días la realidad es más complicada, si bien aún sobreviven aquellas formas de hacer biología, los años recientes vieron aparecer biocientíficos que con papel y lápiz, o mediante la computadora —versión moderna de aquellos adminículos indispensables— se han ido acercando a la matemática. Efectivamente, la biología teórica y la bioinformática son ya ramas legítimas y bien constituidas de las ciencias de





la vida. Además, tanto la labor del naturalista como la del experimental dependen, cada vez más, tanto de la estadística como del cómputo.

En cualquier libro o manual de biología general se describen las ramas que la constituyen; aunque toda partición entraña una buena dosis de arbitrariedad, demos por buena cualquiera de las propuestas. Desde mi punto de vista, puede afirmarse contundentemente que no hay una sola de estas ramas que no se haya matematizado en mayor o en menor grado.

Aparte de los casos obvios a los que me he referido, subdisciplinas tan aparentemente lejanas de la matemática como la botánica o la histología, han debido echar mano de ella para su desarrollo, y ni qué decir de la biología de poblaciones o de la genética. Así, la comunidad biológica ha ido descubriendo cómo la, otrora, considerada intrusión de la matemática en sus áreas de trabajo, le ha permitido adaptar el método de las ciencias físicas a los suyos propios; y ampliar, con ello, la perspectiva epistémica de ambas.

Las cada vez más frecuentes situaciones en las que la matemática sirve a las ciencias de la vida, y la creciente reorientación de éstas hacia la primera, hace de las tantas veces repetida metáfora de “establecer puentes entre las

ciencias exactas y las naturales” algo no sólo superado sino, al cabo, indeseable, de entrada, la división entre ciencias exactas y naturales es artificial e ideológica, y eso del tendido de puentes da por hecho que las orillas, aunque se comuniquen, están fatalmente condenadas a seguir separadas; más que puentes, lo necesario es acercar los extremos, borrar las fronteras y rellenar las brechas que los separan.

En ese empeño, *Matemática del crecimiento orgánico* lleva a los lectores paso a paso, y de la mano, por el camino de la construcción de modelos que parten del conocimiento biológico y se traducen en ecuaciones o relaciones dinámicas. En el laberinto de la diversidad biológica, el hilo conductor es la búsqueda de principios de interacción suficientemente simples y generales, de los cuales deducir relaciones entre distintas magnitudes.

Así, la ley de alometría se discute en el primer capítulo, como una consecuencia de postular que las tasas relativas de variación de dos magnitudes corporales son proporcionales; de la ecuación diferencial que traduce el postulado se tiene, entonces, que una de las magnitudes es una función potencial de la otra; y esto permite comprender la unidad esencial de la vida porque de las musarañas a las ballenas azules y de

las bacterias a las inmensas secuoyas, la dinámica de los procesos metabólicos es la misma.

En *On Growth and Form*, su *opera magna*, el ilustre D'Arcy Thompson muestra el camino que siguen nuestros autores en el capítulo segundo. Ahí discuten las consecuencias de los distintos tipos de semejanza física y geometría en el crecimiento y la forma de los seres vivos; especialmente, en los organismos pertenecientes al reino animal, pero no sólo de ellos. Consideran, entonces, las isometrías lineal y espiral, la semejanza elástica y la autosemejanza de las estructuras ramificadas; de ésta, por cierto, se deduce en el texto la solución de una antigua disputa en torno al valor de un parámetro de enorme importancia en fisiología animal: el del exponente de alometría de la dependencia funcional entre la masa corporal y la tasa metabólica.

En el tercer capítulo, Faustino y José Luis explican detalladamente cómo se plantean y resuelven las ecuaciones diferenciales de von Bertalanffy, quien las propuso en sus *Kritische Theorie der Formbildung* (1928) y *Theoretische Biologie* (1932), al aplicar los métodos de la matemática de su tiempo al modelar el crecimiento longitudinal y de la masa corporal, a partir de hipótesis simples sobre los procesos metabólicos que ocurren a nivel celular y se



manifiestan macroscópicamente.

A lo largo de todo el libro, se presentan ejemplos específicos con datos de campo o de laboratorio, para mostrar cómo los modelos proveen descripciones plausibles de la variación de las magnitudes corporales entre sí, o de éstas como función de la edad. Es notable el contraste entre las representaciones resultantes de la modelación matemática, en donde cada parámetro tiene una interpretación fenomenológica clara, constatable mediante experimentación independiente y los ajustes estadísticos comunes, en los cuales el objetivo más importante es lograr que las diferencias entre valores observados y valores calculados sean las menores posibles, pe-

ro cuyos parámetros carecen de significado biológico.


Sentadas las bases, la conexión entre metabolismo y crecimiento da dos frutos: en la última sección del tercer capítulo, se revisa la propuesta bertalanffiana de taxonomía de los organismos del reino animal, según si la respiración de los mismos (es decir, su tasa metabólica) es proporcional o no a su superficie corporal y, en el cuarto capítulo, se desarrollan los modelos dinámicos de crecimiento con variaciones estacionales. Ambos casos son notables porque muestran, con claridad, cómo el método de investigación inherente a la matemática permite descubrir y representar aspectos de los fenómenos y procesos que, sin su concurrencia, serían inaccesibles o de muy difícil comprensión.

Esta obra viene a cumplir una función de gran importancia: no es un libro de matemáticas "aplicadas" a la biología, lo que podría implicar una relación de subordinación entre ambas disciplinas; no es un manual de métodos y recetas para la solución de problemas estadís-

ticos en biología del crecimiento, tampoco es un texto para un curso específico. ¿Qué es, entonces? Es un libro de gran utilidad tanto intelectual como pedagógica para cualquier persona con la inquietud de aprender acerca de las leyes de la naturaleza; es decir, de la ciencia. "Ciencia", así como todo, sin mofes ni adjetivos. Es un libro accesible a todo público con una formación superior a la educación media y, además, sumamente disfrutable por la sencillez y elegancia de su lenguaje.

Nada de esto debe sorprendernos, pues los autores se han formado bajo la influencia intelectual de grandes personajes de la historia de la ciencia. En sendos apéndices, nos regalan los mejores ensayos biográficos que he leído sobre D'Arcy Wentworth Thompson y Ludwing von Bertalanffy. En un arrebato, si no fuese porque la obra entera lo vale, el sólo conocer la vida de estos dos señores, precursores de la biología matemática de nuestros días, sería suficiente para recomendar la lectura de este libro a los estudiosos de todos los campos del conocimiento.

En resumen, *Matemáticas del crecimiento orgánico* es un libro de lectura obligada para cualquier científico que se interese en el origen y evolución de las formas en biología; pero no sólo para ellos, porque es un libro de biología matematizada y, como los mismos autores dicen, sus enseñanzas valen y son igualmente importantes "en la investigación científica en su más amplio sentido" y se basan en "identificar en la matemática un método de investigación poderoso y elegante".

Para encontrar el encomio de la paciencia, aunque no soy cristiano, apelo a la *Epístola a los gálatas* de Pablo de Tarso fruto del Espíritu Santo; en ella, Pablo postula ésa como a la virtud que debe contraponerse al horrible pecado capital de la ira porque, sólo haciendo acopio de paciencia, puede soportarse la provocación del retraso, extremo desde mi heterodoxo e incrédulo punto de vista, que ha significado esperar tanto para ver concluida la obra que tenemos en las manos. 

(Texto del Prólogo)



Pedro Miramontes
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México.

IMÁGENES
Patricia Lagarde (www.patricialagarde.com).