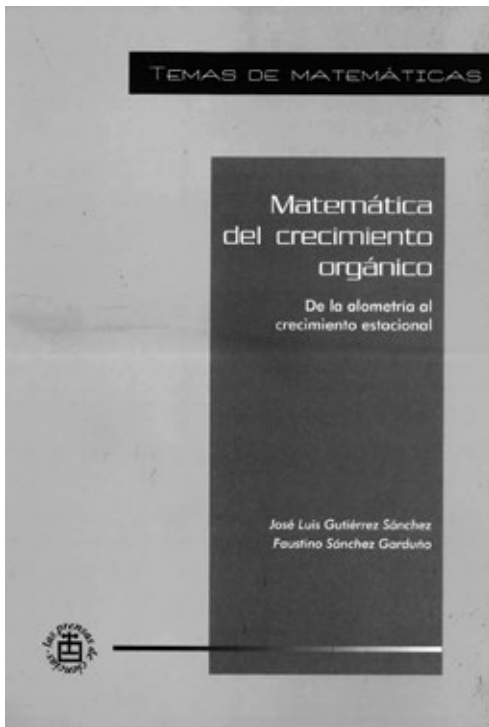


Matemática del crecimiento orgánico. De la alometría al crecimiento estacional

MARÍA ELENA DURÁN LIZARRAGA



*Matemática del crecimiento orgánico.
De la alometría al crecimiento estacional*
José Luis Gutiérrez Sánchez y Faustino Sánchez Garduño
UNAM, Facultad de Ciencias. 2017.

Escribir un libro de matemáticas es un acto de osadía, no porque el sólo hecho de escribir lo es, sino porque se hace en un contexto en el cual se ha favorecido el analfabetismo matemático. Además, tiene una dedicatoria especial para el área de la biología y, ¡ah!, ¡cómo sufrimos los biólogos cuando nos enfrentamos a nuestros planes de estudios, que tienen no sólo cursos sobre «bichitos» y salidas al campo, sino también álgebra y cálculo!

Y, sin embargo, cuando empleamos dichas herramientas para explicar lo visto y colectado en el campo, o los resultados obtenidos de las prácticas, hasta nos entusiasmos con la posibilidad de hablar de modelos matemáticos.

Agradezco, en verdad, a los autores este acto singular, pues en las matemáticas los biólogos encontramos los medios para describir esos hermosos patrones (formas) que nos sorprenden y entusiasman en la naturaleza (los cuales responden a leyes naturales), así como para entenderlos y predecirlos.

Al revisar el índice general, mi curiosidad igualó a mi entusiasmo, pues los capítulos abarcan algunos temas indispensables de los cursos de fisiología, biología celular, nutrición o, incluso, los relativos al manejo de recursos, como pesquerías. Así pues, como docente, encuentro en el texto ejemplos y problemas que resultan útiles para repensar cómo abordar esos temas y llevar a los estudiantes (y docentes) a una comprensión más clara de las leyes naturales mencionadas unos renglones antes.

Me atrevo a decir que los biólogos a quienes nos gusta (apasiona) el tema de la evolución y, sobre todo, que admiramos el trabajo de divulgación realizado durante años por Stephen J. Gould, encontraremos gran satisfacción al revisar esta obra, dedicada a dos grandes personajes que moldearon nuestra manera de estudiar las formas: D'Arcy Wentworth Thompson y Karl Ludwig von Bertalanffy. Aunque alguno argumentara que lo suyo es la historia de la biología, igualmente encontrará en este texto información relevante y contextualizada para entender por qué reconocemos a estos hombres como aquellos que abrieron las puertas para la matematización del pensamiento biológico.

Los dos primeros capítulos están dedicados a la alometría. En el primero la presentan como un concepto fundamental para «el estudio de la variación de las magnitudes en los seres vivos», según los autores, y nos explican las magnitudes (que usamos de manera común para describir las formas) y las relaciones entre ellas. Incluso los lectores cuya formación les permita explicar sin titubeos la diferencia entre masa y peso reconocerán, en su presentación, una manera ágil y elegante de llevarnos de la mano para plantear la relación superficie, masa y tasa metabólica, a fin de explicar fenómenos que conocemos y están presentes en la sabiduría popular: la forma y la función dependen del tamaño del organismo seleccionado (por ejemplo, los animales de mayor tamaño viven más tiempo que los más pequeños).

Hay libros de texto en el área de fisiología animal que no le dedican ni una palabra al tema de la alometría; otros enuncian la ley y, sin mayores preámbulos, abarcan el uso de la fórmula y sus demostraciones, así como las respectivas conclusiones. Los autores reflexionan en torno a la impor-

tancia y el significado biológico de este concepto introduciéndonos a debates relativos a la variación del exponente (de la ecuación alométrica) para la tasa metabólica, que desde finales del siglo XIX enemista a fisiólogos estudiosos del tema. Sobre este debate encontramos referencias en varios libros, tales como *Cómo funcionan los animales* (1972), de Knut Schmidt-Nielsen, y *The Physiological ecology of vertebrates. A view from energetics* (2002), de Brian Keith McNab. Otra vez, los autores nos dejan ver en sus explicaciones una historia aún inconclusa y retomada en el siguiente capítulo.

Todos los que nos regocijamos leyendo *Los viajes de Gulliver* y *Alicia en el país de las maravillas* encontraremos, en el segundo capítulo del libro, insinuaciones de preguntas acerca de la escala que, quizá, también deberían hacerse los cineastas a quienes les encanta encoger o agrandar a niños y animales; en la vida real hay limitantes biomecánicas de acuerdo con el tamaño de los organismos. Incluso, los autores dedican una parte del capítulo a explicar las diferencias entre los organismos cuyas partes del cuerpo mantienen su proporción cuando crecen y aquellos a los cuales les crecen de manera desproporcionada.

¿Quién no ha admirado la belleza de los patrones en las conchas de los caracoles? En este capítulo vemos, paso a paso, la descripción matemática del proceso de crecimiento de estas estructuras, lo cual es hermoso, porque, por un lado, nos deja ver cómo las matemáticas rigen la naturaleza y, por otro, nos permite conocer la visión de Thompson para «reconocer lo esencial por encima de los detalles [...] [e] inferir reglas generales de crecimiento».

Para los que levantaron una ceja ante mi comentario relativo al crecimiento desproporcionado de algunos organismos (in-

cluidos nosotros), les pido considerar las diferencias entre un bebé y un adulto humanos; a diferencia de los adultos, los bebés tienen la cabeza y el tronco grandes, mientras que sus extremidades son cortas, lo que se muestra claramente en la figura 2.1 de la obra.

El asunto de la escala no sólo atañe a la forma externa de los organismos, sino que, por supuesto, presenta retos para el desarrollo de los órganos internos y su adecuado funcionamiento. Tanto los organismos pequeños como los grandes están sujetos a las mismas leyes físicas y matemáticas; así pues, sin importar si se trata de una ameba (un organismo unicelular), de una célula epitelial de los tubos que forman el riñón de una ballena azul, o de los vasos de xilema y floema de una secuoya, el intercambio de gases se llevará a cabo siguiendo la ley de Fick (la cual establece que los fluidos se mueven desde donde están más concentrados hacia donde están menos concentrados con una magnitud proporcional al gradiente de concentración); así pues, el reconocimiento de las estructuras ramificadas autosemejantes, y sus funciones en la distribución y el intercambio de productos a nivel celular (como los gases que difunden de acuerdo con la ley de Fick), han permitido caracterizar a los sistemas que, en espacios restringidos, maximizan la superficie para hacer más eficiente el intercambio de sustancias, o incluso reconocer algunas patologías.

Los ejercicios propuestos por los autores nos obligan a practicar no sólo la aplicación de las diferentes ecuaciones, sino la comprensión de las preguntas y los resultados obtenidos, de forma que es posible para el lector incorporarse a la discusión sobre las diferencias entre la aplicación de la alometría cuando trabajamos en diferentes escalas o sobre los modelos geométricos que pueden ser usados en las descripciones que no requieren estos detalles.

Si entre los lectores hubiera interesados en abundar respecto a la importancia en la escala, el cambio de forma y la evolución, pueden recurrir al libro *Ontogenia y filogenia*, de Stephen Jay Gould, dedicado por completo a este tema, y después de leer la obra que aquí nos atañe lo disfrutarán más, pues podrán resolver los cálculos y entender las reflexiones de Gould.

Una gran ventaja de seguir con cuidado la argumentación de todas las secciones del libro es que, cuando llegamos al capítulo tres, «Crecimiento», retomamos la discutida relación entre éste y el tamaño, pero ahora introduciendo la teoría de sistemas, breve pero didácticamente presentada al enfatizar las características emergentes de los estados de organización. Este capítulo pronto será una lectura obligada para quienes se dediquen a los estudios de producción animal, en particular en pesquerías, ya sean de peces, moluscos o crustáceos. Ya desde la década de 1950, la industria pesquera internacional aplicaba la ecuación de crecimiento de Bertalanffy y, a la fecha, la caracterización de la curva de crecimiento es indispensable en los trabajos de descripción de morfometrías en las poblaciones de las especies en cuestión (también es utilizada en ganadería y para el manejo

de especies vegetales), que, en general, sirven para comparar variables como biomasa o dinámica poblacional (por ejemplo, bajo diferentes condiciones de manejo).

Para los que todavía se quedaron con las cosquillas respecto al coeficiente de alometría para la relación entre tasa metabólica y masa, la última sección del capítulo merece aplausos para los maestros Gutiérrez y Sánchez por proveernos de las matemáticas necesarias para entender los tres tipos metabólicos propuestos por Von Bertalanffy en su publicación *Leyes cuantitativas del metabolismo y crecimiento* (1956), donde se menciona: «No nos entretendremos con la elaboración matemática, sino discutiremos los resultados».

El capítulo cuarto, «Variaciones estacionales», reúne el trabajo desarrollado en torno al crecimiento, ahora considerando la estacionalidad, un fenómeno que los humanos hemos notado desde los albores de nuestra especie y que jugó un papel importante en la domesticación de plantas y animales. Además, tiene evidente relevancia cuando se trata de hablar del crecimiento de especies importantes comercialmente, pero no sólo esto; reconocer si las variaciones estacionales son de carácter endógeno o exógeno ha sido tarea de estudiosos de los ritmos biológicos. Se nos explica el crecimiento en términos tanto de longitud como de masa y, una

vez más, los autores hacen notar tanto la agudeza de Thompson para proponer modelos para el estudio del fenómeno de crecimiento que presenta fluctuaciones temporales, como la extraordinaria capacidad analítica de Von Bertalanffy, la cual lo llevó a postular una ecuación que representa el crecimiento estacional y que es tan usada como su ecuación clásica presentada en el capítulo anterior.

Para finalizar, Gutiérrez y Sánchez presentan dos apéndices («Análisis de la ecuación autónoma» y «Análisis de un sistema no autónomo») con una sucinta introducción a la dinámica no lineal, así como dos apéndices que narran las biografías de los dos científicos que inspiran y a quienes está dedicada la obra, en los cuales destacan cómo estos dos personajes, con vidas diametralmente diferentes, convergen en la historia del desarrollo de las matemáticas en la biología y, además, encabezan un movimiento, retomado por el espíritu de nuestra UACM, comprometido con la formación de profesionistas con sólidas bases científicas y humanísticas y con una visión integradora de la realidad en torno a sus problemas de estudio; que no estén separados de los valores éticos guías de su trabajo; y, como finalizan los autores, que cambien los paradigmas y mantengan viva la esperanza.

