

INTERRELACIONES MATEMATICA BIOLOGIA

Jairo Alvarez G.
Héctor J. Martínez R.
Jorge Rodríguez B.
Profesores Dpto. de Matemática
Universidad de Valle.

Tomado del libro
Metodología para estudiar
La Componente Matemática
de un plan de estudios

Si se analiza la literatura científica contemporánea más avanzada en áreas bdercas de la Biología tales como: Ecología y Sistemática, Comportamiento y Neurobiología, Genética y Desarrollo, Fisiología, Bioquímica, Biología celular y molecular, sorprende la intensa actividad matemática asociada al desarrollo científico de estas áreas y el alto nivel matemático que, con mucha frecuencia, alcanzan sus trabajos de investigación.

Estos procesos de matematización en diferentes áreas de las ciencias biológicas son tan evidentes y tan importantes, desde el punto de vista biológico como matemático, que se ha acuñado el nombre de Biomatemática para designar la producción matemática ligada explícitamente a la solución de problemas biológicos, a la vez que han proliferado, a nivel mundial, las revistas matemáticas dedicadas a publicar dicha producción. Esta producción matemática toca prácticamente todas sus ramas, pero de manera especial, las ecuaciones diferenciales, la teoría de probabilidad y estadística, y al decir de N. Bailey, busca realizar para la Biología y la Medicina lo que la Física Matemática ha realizado para la física.

Las tendencias matematizadoras en la Biología han suscitado, sin duda, numerosos debates sobre el papel que la Matemática está jugando, o puede jugar, en el desarrollo del conocimiento biológico. No obstante este debate, la consolidación de este proceso es cada vez más evidente y, aunque con lentitud, empieza a reflejarse, cada vez con mayor fuerza, en la docencia de la Biología tanto a nivel de posgrado como de pregrado. No es aventurado afirmar, por lo tanto, que la situación actual de la Matemática en el curriculum en las carreras de Biología es de transición.

Ante la realidad anterior, las voces de alerta que hoy se oyen contra el uso de las Matemáticas en la Biología y la inutilidad de idealizar situaciones, simplificándolas para alcanzar su análisis matemático, parecen reproducir las críticas que en su momento, se levantaron contra los experimentos ideales de Galileo.

La matematización de la Biología responde a dos procesos diferentes que son interactivos y que se reflejan explícitamente; como se ha visto, en el contenido matemático de uso del plan de estudios de Biología. De un lado tiene que ver con el papel creciente de la Física y la Química en la fundamentación del conocimiento biológico, el cual hereda el alto contenido matemático de estas disciplinas. Es éste el caso específico de áreas tales como la Neurobiología, la Biología celular y molecular, la Bioquímica, etc.

De manera más directa, este proceso responde al mayor nivel de abstracción y precisión conceptual, que se va alcanzando en diferentes ramas de la Biología, que han permitido utilizar modelos matemáticos cuyos aportes son importantes, no tanto de predecir, como para identificar propiedades y variables fundamentales en el estudio de fenómenos y sistemas biológicos y para orientar la investigación biológica asociada al estudio de tales sistemas. Tal como dice Mainard Smith en "Mathematical Ideas in Biology". (Cambridge University Press), otra de las ventajas de intentar una formulación matemática es que ayuda a clarificar cuáles propiedades de las componentes de un sistema deben ser conocidas si se aspira a predecir su comportamiento, en otras palabras, nos dice, qué es lo que debe medirse.

Se pueden mencionar, en el contexto del plan de estudios, dos áreas de mucha importancia en la formación de cualquier biólogo. Está el área de Genética, y más específicamente Genética de Poblaciones, en la cual a partir de trabajos como los de Fisher, Haldane y Wright, en la década del 20, se ha logrado desarrollar un conocimiento científico que ha involucrado una formulación matemática al estilo de ciencias como la Física.

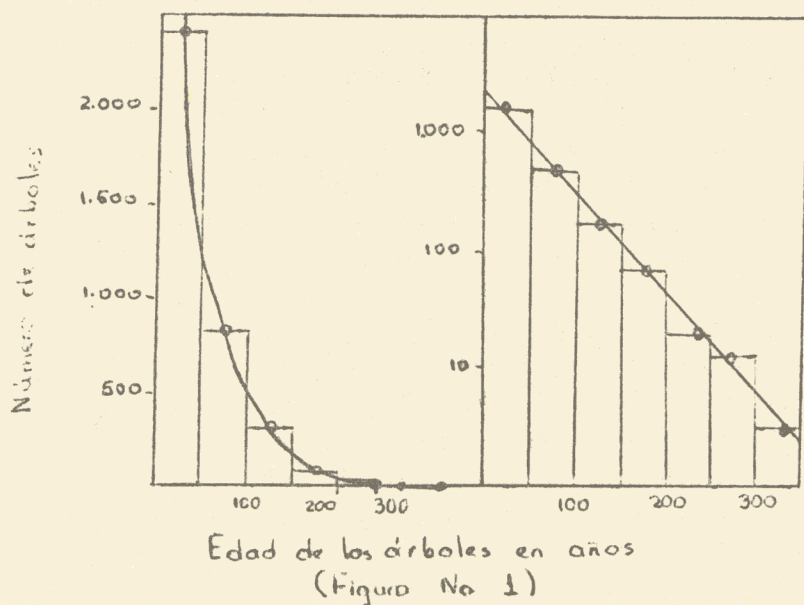
La otra rama de la Biología que se puede mencionar es la Ecología la cual ha estado viviendo un creciente proceso de matematización a partir de los trabajos de Lotka Volterra en 1925.

El papel que juega la matemática en la Biología no es diferente, en principio, del que juega en cualquier otra rama de las Ciencias Naturales.

A nivel de lo experimental cumple, primero que todo, un papel descriptivo. La matemática a través de sus técnicas geométricas y analíticas permite representar y manipular información que de otra manera es difícil de sistematizar poniendo, a la vez, al descubierto relaciones y características importantes del fenómeno que son inaccesibles a través de una descripción basada en el lenguaje ordinario.

Un ejemplo simple permite ilustrar, bastante bien este tipo de función primaria que cumple la matemática, como lenguaje, en el desarrollo de las ciencias naturales, y en particular de la Biología, es el siguiente tomado del libro *Communities and Ecosystems*, de Robert Whittaker (Mac Millan, segunda edición).

En un bosque maduro de robles y coníferas se enumeran robles blancos, determinando sus edades mediante perforación de agujeros en el tronco que van hasta su centro. La densidad de la especie es de 20.7 árboles con diámetros mayores de 15 cms. por hectárea. Sus registros son agrupados por edades en períodos de 50 años. Si el número de árboles en cada grupo se considera concentrado en su edad promedio, esto es en 25, 75, 125, etc., y se representa "número de árboles" en términos de "edad promedio", se obtienen las curvas que aparecen en la figura No. 1



Ambas curvas describen la relación edad-número de árboles, aunque de manera diferente. El segundo gráfico recurre a la técnica de "linealización", muy utilizada en el tratamiento de datos experimentales y que consiste en transformar las variables observadas, para obtener una gráfica experimental que sea una línea recta. En este caso se utiliza una escala logarítmica para representar "número de árboles". Fuera de la simplicidad que se logra en la representación de los datos y trazado de la curva, esta técnica permite pasar a una expresión matemática, que liga ambas variables, pudiéndose identificar analíticamente, una función matemática que permite representar los datos experimentales.

Este paso constituye un salto importante en el análisis de la relación empírica estudiada pues, a partir del modelo de variación o función matemática identificada, es posible explorar propiedades suyas que no son obvias en una simple descripción gráfica o tabular.

En el caso que nos ocupa, la línea recta que aparece en la segunda gráfica indica que se trata de una variación de tipo exponencial y que, por tratarse de variables discretas, el modelo que permite describir el número de árboles, en términos de la edad, es una progresión geométrica.

La propiedad básica de este modelo, que se deduce de su estudio puramente matemático, indica que la fracción de árboles que desaparece (rata de mortalidad) de un grupo de edad a otro es prácticamente constante y es aproximadamente de 34% cada 50 años.

Se puede ver, también, la estabilidad de la población pues para cada grupo de edad el número de árboles que ingresa a él es igual al número de los que mueren en él y en los subsiguientes grupos (hasta una edad de 400 años), lo cual es una propiedad demostrable del modelo matemático de variación definido por una progresión geométrica.

La simple representación matemática, geométrica o algebraica, a pesar de lo elemental que ella pueda parecer, se apoya en un proceso de análisis y abstracción. Ella supone la identificación de variables importantes para el estudio de los diferentes fenómenos y contribuye a abrirle paso a un segundo nivel en el proceso de matematización. Este segundo nivel está caracterizado por el surgimiento de modelos y conceptos matemáticos, ligados íntimamente al cuerpo mismo del conocimiento científico.

La conocida ley de Hardy-Weinberger, desarrollada independientemente por el matemático G. H. Hardy y el biólogo alemán Weinberger en 1908 y considerada como una ley fundamental en genética de poblaciones, puede servir para ilustrar esta simbiosis de la matemática con la investigación en la configuración del método científico en las ciencias naturales. Esta ley que tiene sus orígenes en las teorías mendelianas adquiere toda su generalidad y alcances mediante su formulación matemática, que se base en los conceptos de "probabilidad", "independencia estocástica" y a resultados básicos del álgebra de probabilidades.

El papel de la matemática en el desarrollo del conocimiento científico tiene limitaciones que es necesario reconocer. Estas limitaciones son más evidentes en el caso de la Biología, en la cual la complejidad científica es mayor que en ciencias como la Física y la Química, y frente a la cual el desarrollo matemático parece aun elemental e inadecuado.

En este contexto resultan pertinentes los planteamientos siguientes de Norman Bailey que aparecen en "The Mathematical approach to Biology and Medicine."

"Es en situaciones como éstas, en las cuales, aún con el lenguaje ordinario, a la mente humana le queda difícil aprehender las enormes complejidades y ramificaciones del problema bajo estudio, que los practicantes de las ciencias no exactas (incluyendo, por supuesto, la Biología y la Medicina) suelen afirmar que el análisis matemático es inadecuado, engañoso o imposible y que por lo tanto es mejor evitarlo. Aunque hay algo de sustancia detrás de esta objeción, que la matemática existente puede ser inadecuada, a la larga casi lo opuesto es verdad. Si un problema introduce un gran número de factores importantes e interdependientes, cada uno de ellos sujeto a un grado apreciable de variabilidad, es solo a través del uso adecuado de los métodos estadísticos que las tendencias de mediciones correlacionadas pueden ser dilucidadas, interpretadas y posteriormente investigadas de una manera precisa".

Estas afirmaciones nos llevan a considerar otro aspecto sobre el papel que cumple la matemática en el desarrollo del conocimiento biológico y que no aparece explícito en los dos niveles que hemos considerado previamente. Este aspecto toca con el papel de la Estadística cuya importancia se hace evidente en el contenido matemático de uso

del plan de estudios.

Se puede afirmar que Probabilidad y Estadística son disciplinas interdependientes que responden a momentos de análisis diferentes de un mismo proceso de conocimiento.

Más aún, que las técnicas estadísticas adquieren importancia allí donde la variabilidad y complejidad de los fenómenos, asociados a la ausencia o desconocimiento de leyes determinísticas dan preponderancia a la probabilidad como herramienta matemática. Esta es, sin duda, una situación común en el estudio de los fenómenos biológicos. Si tomamos el problema, aparentemente simple, de estudiar las variaciones de peso con la edad, de una especie determinada, la primera dificultad que encontramos es la gran variabilidad que puede presentar el peso de un animal a una edad determinada. Probablemente, si se consideran pesos promedios, tomados sobre un número alto de observaciones, sea posible encontrar una relación funcional que describa el aumento de peso con la edad, pero el uso adecuado de esta información requiere tener en cuenta las probables variaciones que puede presentar un individuo de la especie frente al valor que predice dicha relación.

Una distribución de tipo probabilístico puede ser la forma más eficiente de medir dicha variabilidad.

El análisis está orientado a inferir, a partir de datos experimentales, cual es el tipo de distribución probabilística que mejor puede describir la variabilidad aleatoria de la variable observada, los valores de los parámetros de distribuciones de tipo conocido, la significancia de los resultados obtenidos. (Inferencia estadística). Está referido también, tal como se señala en los planteamientos de Bailey, a diseñar experimentos que permitan aclarar correlaciones, necesarias en la comparación de métodos de mejoramiento genético, tratamiento de drogas, etc. (Análisis de varianza). En resumen, la importancia y papel de la Estadística en la Biología, y en diferentes ramas de conocimiento científico, se entiende por su función de mediación entre el desarrollo de modelos e hipótesis matemáticas, de tipo probabilístico principalmente, y su validación frente a los datos que presenta la experiencia.

Las consideraciones anteriores permiten llegar a las conclusiones siguientes, de importancia en el diseño y desarrollo de la componente matemática del plan de estudio de Biología.

A pesar de las limitaciones que se pueden advertir en la matemática actual frente a los complejos problemas que plantea el desarrollo del conocimiento biológico, la tendencia actual a todos los niveles, investigativo y docente, es a acentuar la importancia de la matemática en la Biología, proceso que a su vez viene afectando el desarrollo de algunas de sus áreas.

El diseño y desarrollo futuro de la componente matemática del plan de estudios de Biología no puede sustraerse a esta realidad. Los objetivos de una formación matemática que capacite al estudiante para:

- 1- Entender el creciente papel de la matemática en la Biología.
- 2- Asimilar la literatura contemporánea en este sentido en su nivel de formación.
- 3- Comprender y asimilar el contenido matemático de uso del plan de estudios,

no pueden ser ajenos a la formación científica que debe adquirir el estudiante de Biología.

El objetivo anterior no puede alcanzarse si se considera la componente matemática del plan como un simple conjunto de recetas. Su diseño y desarrollo requiere de una adecuada fundamentación matemática teniendo en cuenta su contexto disciplinario.

Galig. / SVC