¿Es necesaria la Matemática para la Ciencia?

Joseph C. Várilly

Centro de Investigaciones Matemáticas y Metamatemáticas (CIMM), UCR;

Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, 11501 San José, Costa Rica

25 de mayo del 2008

Resumen

Se medita sobre la relación entre las ciencias naturales y las matemáticas, para contrastar dos posturas filosóficas: si el empleo de recursos matemáticos es meramente coadyuvante, o bien si es parte integra del quehacer científico.

1

Un viejo chiste cuenta que para subir la producción de leche en una finca ganadera, se hace consultas a un ingeniero, un psicólogo y un físico. El ingeniero sugiere rediseñar los cubículos para ordeñar las vacas, con tantos metros cuadrados por vaca, etc., para mayor eficiencia. El psicólogo sugiere pintar los cubículos en verde, etc., para motivar a las vacas. El físico saca una hoja de papel, traza un círculo, y empieza su discurso: "*Imagínese que la vaca es una esfera*" ...

En muchas países de habla hispana, hay academias e instituciones de "ciencias naturales y exactas", donde se entiende "ciencias exactas" como un sinónimo arcaico para las matemáticas. Esta terminología sugiere, por un lado, que la matemática es una ciencia (una posición filosófica muy discutible) y por otro, que las demás ciencias constituyen el estudio de la naturaleza. Se plantea, entonces, si esta clasificación es correcta; o si en todo caso, se puede escindir la matemática y el estudio de la naturaleza en campos independientes.

El pobre físico del cuento no aceptaría tal escisión: para él, las artes matemáticas son una parte íntegra de su profesión. De todas las ciencias propiamente dichas, la física es la que es más cercana a las matemáticas, tanto en teoría como en la práctica. Pero es un fenómeno muy observado en la actualidad que todas las demás ramas (química, botánica, geología, ecología, zoología y disciplinas híbridas como la bioquímica y la biología molecular) sienten la creciente influencia de una matemática cada vez más sofisticada.

2

Un par de ejemplos, de mi propia experiencia. Hace unos 20 años participé brevemente en un equipo interdisciplinario para mejorar los recursos científicos para la pesquería tropical. El equipo que estuvo liderado, como era de esperar, por expertos en biología marina, afrontó dos problemas serios: la escasez de los datos disponibles sobre las poblaciones de peces en aguas tropicales; y la poca utilidad de los modelos de población disponibles, que usaban matrices para modelar el cambio estacional de la pesquería en el Atlántico norte. De ahí surgió la necesidad de modelar estas poblaciones en tiempo continuo (en las aguas tropicales no hay estaciones) con ecuaciones integrales. *Moraleja*: en la práctica actual de la ciencia, las matemáticas son indispensables.

Unos años después, mientras asistí a una conferencia de geometría diferencial en Italia, llegó un bioquímico para hablar de un descubrimiento científico entonces reciente, que fue la base de una nueva loción cosmética contra el envejecimiento de la piel (la *Niosôme* de Lancôme, si la memoria me sirve). El punto principal de su conferencia era que los lípidos que mejor penetraban la corteza celular eran aquellos cuyo balance energético maximizaba un término de curvatura de cuarto orden, dándoles una forma de "ocho"; y que el estudio de tales curvaturas conducía a una esquema práctico de fabricación.

Traigo a colación estos ejemplos porque involucran técnicas matemáticas más sofisticadas que los simples rutinas numéricas y herramientas de cálculo diferencial que suelen identificarse con "matemática aplicada" y porque se aplican a disciplinas biológicas en donde la matemática no suele verse como herramienta crucial. Queda ejemplificado, entonces, que la matemática es al menos útil en toda la ciencia; lo cual aun no demuestra que es necesaria.

3

Volvamos, entonces, a la física, donde mejor se aprecia la huella profunda que deja la matemática. Richard Feynman, en su libro *The Character of Physical Law*,[1] dedica una lección a la relación entre la Matemática y la Física. Hace una distinción entre aquellas leyes de la física en donde su expresión matemática no es más que una forma abreviada de describir fenómenos naturales; y otras, como la ley de Newton sobre la gravitación, que sería imposible reducir a una expresión verbal. La fórmula de Newton,

$$F = G\,\frac{M\,m}{r^2},$$

expresa que la fuerza de atracción gravitatoria F entre dos cuerpos de masas respectivas M y m, separadas por una distancia r, es proporcional al producto de las masas e inversamente proporcionalmente al cuadrado r^2 de la distancia; además, que la constante de proporcionalidad G es lo mismo para cualquier par de cuerpos a cualquier distancia. Esta ley, propuesta por Newton en 1687 y ampliamente verificada desde entonces, explica el *cómo* de la interacción gravitatoria sin explicar el *por qué* de la atracción. Las teorías modernas que hablan del intercambio de partículas denominadas "gravitones" en el fondo no aclaran el mecanismo de dicha atracción. Todo intento de reemplazar esta descripción matemática de la gravedad por una explicación "fenomenológico" has sido vanos, hasta el día de hoy.[2]

La ley gravitatoria de Newton ilustra otra faceta del uso de la matemática en las ciencias. El cuadrado en el denominador r^2 no es una aproximación: la potencia 2 es *exacta*. No se trata de reemplazar r^2 por $r^{2,00001}$ ni por $r^{1,99999}$, aunque los estimados originales de Newton sólo tenían una precisión de un 4 % (hoy en día mejorado a 10^{-12} con mediciones por satélite). Si el exponente de r fuera menor o mayor que 2, se ha calculado que el sistema solar no sería estable. Algo similar ocurre con el electromagnetismo, donde hay una ley similar de atracción y repulsión con un término $1/r^2$: si ese exponente no fuera exactamente 2, como explica James Clerk Maxwell es su tratado sobre el electromagnetismo,[3] no se observaría el conocido fenómeno de que la carga eléctrica en un conductor se concentra en su superficie. Para sacar estas conclusiones acerca

[1] Penguin Books, Londres, 1992; basado en una serie de lecciones filmadas por la BBC en 1965.

[2] Véase, por ejemplo, las lecciones de José Gracia Bondía, "Notes on 'quantum gravity' and noncommutative geometry", en una Escuela de Verano en Holbæk Bay, Dinamarca, del 12 al 16 de mayo del 2008. Incluidas como un capítulo del libro *New Paths Towards Quantum Gravity*, B. Booß-Bavnbek, G. Esposito and M. Lesch, eds., Springer, Berlin, 2010; pp. 3–58.

[3] J. C. Maxwell, *A Treatise on Electromagnetism*, Dover, New York, 1954; reedición del original de 1873.

del término r^2, es necesario hacer un estudio matemático (de cálculo integral), en cuya ausencia no se podría ligar los fenómenos observados (estabilidad en mecánica celeste, concentración de carga eléctrica) con las leyes de atracción.

4

Un tercer aspecto del papel indispensable de la matemática en las ciencias es el fenómeno, poco frecuente pero real, de que la propia estructura matemática de la teoría científica puede dar lugar directamente a descubrimientos importantes. El ejemplo más famoso es quizás la de la ecuación de Dirac (1928) para la ley de movimiento del electrón: Dirac siempre dijo que lo intuía por su elegancia matemática. Su ecuación admitía nuevas soluciones, confirmadas en 1932 con el descubrimiento experimental del positrón.

Desde este golpe de Dirac, los físicos han estado fascinados por la que llaman "la eficacia irrazonable de la matemática en las ciencias". Cito aquí la conclusión del famoso discurso de Wigner con ese título:[4]

> El milagro de la relevancia del lenguaje de las matemáticas para la formulación de las leyes de la física es un don maravilloso que no entendemos ni merecemos. Debemos estar agradecidos por ello y esperar que siga válido en investigaciones futuras y que se extenderá, por nuestro placer aunque quizás también por nuestra perplejidad, a amplias ramas del saber.[5]

[4] E. P. Wigner, *The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences*, Communications on Pure and Applied Mathematics **13** (1960), 1–14.

[5] *En el original*: "The miracle of the appropriateness of the language of mathematics for the formulation of the laws of physics is a wonderful gift which we neither understand nor deserve. We should be grateful for it and hope that it will remain valid in future research and that it will extend, to our pleasure even though perhaps also to our bafflement, to wide branches of learning."