

EMMY NOETHER: El asimétrico viaje de una mujer por las simetrías de la Naturaleza



Cristián Erices
Dr. En Ciencias Físicas

Es incalculable el valor del legado de Emmy Noether para la física. Hoy, cualquier teoría fundamental es definida por simetrías.

Nunca jugué tanto pool como en el verano del 2002. Las ganancias de las apuestas del grupo de amigos se invertían en cerveza y así podíamos pasar la calurosa tarde. Siempre había uno que otro grupo rival de los barrios aledaños. Aún recuerdo un partido cuando aposté contra un muchacho de la cuadra vecina, tanto o quizás mejor que yo. Solamente quedaba la bola 15 esperando que alguno de los dos la echara en la tronera. Era mi turno. Cuando la bola blanca colisiona la 15, la bola 15 queda rebotando entre los cantos de la tronera unas 7 veces. Cada rebote se hizo eterno, y en esa eternidad rezaba para que las leyes de la física me permitieran ganar; pero no. La bola 15 se detiene a escasos milímetros de la tronera, en una posición favorable para que el contrincante ganara el partido. Perdí, me fui derrotado a casa pero pensando: ¿Podrían ser las leyes de la física por un instante o en algún rinconcito distintas?

Mientras chilenos, bolivianos y peruanos se enfrentaban a cañonazos en pleno desierto de Atacama, y en Londres comenzaba a operar la primera planta eléctrica, el mundo recibía a quien fuera una de las mentes más brillantes del siglo XX. El 23 de marzo de 1882, nació en la ciudad bávara de Erlangen, Emmy Noether, hija de un matemático, Max Noether, e Ida Amalia Kaufmann, ambos descendientes de una familia de comerciantes judíos.

Cuando algo tiene la propiedad de verse igual desde distintas perspectivas decimos que aquello goza de una simetría. Una rueda de un auto, por ejemplo, puede ser girada en torno a su eje de simetría, es decir, aun cuando la rueda gira o está quieta, luce similar desde todos los ángulos. Si giramos un cuadrado en ángulo recto en torno a su centro, obtenemos exactamente la misma figura. Una estrella de mar de 5 puntas, puede ser girada en ángulos de 72 grados y se vería de la misma manera. Nosotros mismos tenemos una simetría respecto a un plano que pasa a lo largo de nuestra columna, como si nuestro lado derecho fuera la reflexión en un espejo del lado izquierdo y viceversa. El mismo tipo de simetría tiene la fachada del palacio de la Moneda. Tenemos la tendencia a asociar la simetría a la belleza, pero la simetría es linda en su justa medida. Poca simetría, hace que los objetos se vean desequilibrados; exceso de simetría en cambio los hace parecer repetitivos, sin gracia. En células, frutas, vegetales, animales y un sinfín de organismos modelados por la evolución, la si-

metría parece ser una característica común, y en su justa medida los dota de una belleza única. De hecho, hace poco más de trece mil millones de años, el Universo nunca exhibió tanta simetría a lo largo de su historia como en el Big Bang, donde era una sopa oscura, caliente, homogénea y aburrida.

En su paso por la Universidad de Gotinga, Emmy Noether conoció a Hermann Weyl, uno de los matemáticos más influyentes del siglo XX. A Weyl le debemos la primera definición matemática de una simetría: un sistema cualquiera tiene una simetría si podemos hacer una operación sobre él, de modo que su estado final es idéntico al inicial. El objeto será más simétrico mientras más operaciones podamos hacer. La simetría de nuestro cuerpo o el de la fachada de la Moneda permite solo una operación. Esta operación corresponde a dividir por la mitad mediante un plano imaginario e intercambiar uno de los lados por el otro. El resultado es idéntico al inicial.

En un cuadrado podemos realizar 8 operaciones de simetría. Podemos rotarlo en 90, 180, 270 y 360 grados. Además podemos realizar cuatro reflexiones distintas e independientes: dos de ellas con respecto a rectas que, pasando por el centro, dividen al cuadrado en dos rectángulos idénticos, y otras dos respecto de rectas que pasan por un par de vértices no consecutivos. El mismo ejercicio podemos hacer con una estrella de mar de 5 puntas y obtendríamos 10 operaciones posibles. Es sencillo comprobar que si uno realiza dos de estas operaciones, consecutivamente, siempre se obtiene otra de las aquí descritas. Esto define lo que en matemática se conoce como un grupo y Weyl fue uno de los grandes autores que contribuyeron a construir la poderosa Teoría de Grupos.

La simetría de rotaciones de la rueda de un auto es continua, es decir, la podemos rotar en cualquier ángulo entre 0 y 360 grados y obtenemos lo mismo. Son infinitas posibilidades, tantas como números reales entre 0 y 360, y por lo tanto, no podemos ni siquiera numerarlas. En los ejemplos del cuadrado y la estrella de mar, se habla de simetría discreta porque el número de operaciones es finito.

Si usted analiza cualquier ley física se dará cuenta que estas gozan de simetrías. Por ejemplo, las leyes de Newton ampliamente



utilizadas en ingeniería son las mismas en cualquier parte. Si quisiéramos construir nuestra Facultad en Marte, podemos trasladar la maquinaria necesaria asegurándonos de llevar todas las piezas, y esta funcionará de idéntica forma. Se dice entonces que las leyes de Newton gozan de simetría ante traslaciones espaciales.

En física, las leyes resultan ser simétricas ante traslaciones temporales: no importa si comenzamos a construir el edificio hoy o en dos años, utilizaremos las mismas leyes físicas.

A la edad de 36 años, Emmy Noether publicaría su artículo Problemas de variación invariantes, donde formula uno de los teoremas más lindos y elegantes en la historia de la física-matemática. Dice lo siguiente [1]: por cada simetría continua de un conjunto de leyes físicas, existe una cantidad que se conserva.

Según este teorema, la conservación de la energía por ejemplo, es una consecuencia de la simetría bajo traslaciones temporales de la que hablamos más arriba. Una manera de ilustrar esto es la siguiente.

Supongamos que todos los lunes al mediodía la constante de gravitación universal disminuyera un 15% durante una hora. Además de bajar a mi peso ideal, Enel aprovecharía esa hora para bombear agua a sus represas con un gasto de energía menor a la energía que entregaría al dejar caer la misma cantidad de agua una hora más tarde. ¡Obtendrían energía gratis!, posibilidad que contradice al principio de conservación de la energía. Es decir, en un Universo donde la constante de gravitación universal variara, la energía no se conservaría, pues de acuerdo al teorema de Noether, ésta se conserva sólo si las leyes de la física se mantienen constantes en el tiempo.

Note que con el teorema de Noether, no es necesario invocar un principio sobrenatural ni nada trascendente, tampoco declarar más postulados. El mismo Albert Einstein al estudiar el trabajo de Noether comenta a David Hilbert, director de la tesis doctoral de Weyl [2], "Ayer recibí de la señora Noether un artículo muy interesante. Estoy muy impresionado de que estas cosas puedan ser entendidas de una manera tan general. ¡La vieja guardia de Gotinga debería tomar algunas lecciones de la señora Noether!"

La gran ironía en la vida Emmy Noether es que debió lidiar con una constante asimetría en el trato que recibió en su vida. A principios del siglo pasado, mientras estudiaba en la Universidad de Erlangen, se dictó una norma que prohibía a las mujeres ser parte del alumnado regular. Al mudarse a Gotinga, conoció a los matemáticos más brillantes de la época, y después de graduarse, trabajó durante años sin recibir un peso. Solo después de obtener la fama que su productiva carrera le otorgó, pudo por un tiempo restaurar la simetría que su trato merecía, en el hostil ambiente que el mundo académico dominado por los hombres ofrecía a una mujer.

Cuando el ser mujer dejó de ser un problema, por si fuera poco, una nueva asimetría golpeó su vida. Por el hecho de ser judía en 1933 es expulsada de la universidad según las nuevas reglas de la dictadura nazi. Finalmente se refugia en Estados Unidos, donde es reclutada por el college de mujeres de Bryn Mawr. Aquí enfrentaría la última asimetría de su vida en el año 1882; una muerte a la temprana edad de 53 años, a menos de tres años de su llegada a Pensilvania. La muerte le daría esa simetría constante que en vida jamás consiguió.

Las simetrías constituyen un eje central en la construcción de teorías fundamentales, ya que al dictar sus cantidades conservadas restringe sus posibilidades dinámicas. Si observamos en el mundo microscópico este tipo de simetrías son de una belleza sublime y elegante, que en su manifestación macroscópica, a través del teorema de Noether, dan cuenta de las cantidades conservadas que observamos en la Naturaleza, tales como la carga eléctrica y generalizaciones más sofisticadas que no vamos a detallar acá. No sorprende que Einstein, uno de sus más grandes admiradores rindiera un homenaje en su funeral [2]: "La señora Noether fue el más significativo de los genios matemáticos creativos que hasta ahora se ha producido desde que se estableció la educación superior para mujeres."

Por mucho que yo quisiera que las leyes de la física cambiaran por un segundo en ese rinconcito de la mesa de pool, y me permitieran ganar, ellas son y serán las mismas en toda la mesa, en todas las mesas del local, en todas las mesas del mundo, en todas las esquinas, en todo el Universo. No advertí en ese entonces que mi ingenuo delirio invocaba una de las más importantes expresiones de libertad, creatividad y perseverancia que haya conocido el siglo pasado.

Siempre con una sonrisa materna, Emmy Noether transformó la discriminación, el horror y la muerte, en una de las obras más elegantes y profundas de nuestra historia intelectual. Ella supo tomar las pequeñas oportunidades que le ofrecía el mundo de su época. Tomó las migajas, los caminos más largos y difíciles. Yo, un simple mortal, tomé el camino a casa, derrotado por las simetrías de las leyes de la física. Emmy, inmortal, al mismo tiempo me sonreía en todas partes.

[1] Noether, E. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse. (1918) 235–257.

[2] Rowe, David E. "Emmy Noether-Mathematician Extraordinaire" (2021).



Universidad
Central



PROGRAMA
ADVANCE
ADMISIÓN 2024

ESTRENA TU TEMPORADA CON UNA
NUEVA CARRERA

**INGENIERÍA
COMERCIAL**

MODALIDAD

Online