

# CANTIDADES CONSERVADAS EN EVENTOS DE NUESTRO ENTORNO

*Las cantidades conservadas son propiedades de eventos que no cambian durante el suceso y así pueden ser utilizadas en hechos cotidianos o para propósitos tecnológicos.*

• **Alejandro Riveros Rodríguez**  
*Doctor en Ciencias con mención Física*



*En eventos en los cuales existen cantidades conservadas en general se genera un movimiento repetitivo o se genera una compensación para que la cantidad conservada no se altere, lo cual permite manejar o controlar otras propiedades del suceso para algunos usos cotidianos, por ejemplo para controlar la rapidez con que gira una patinadora, o lograr mayor alcance al regar con una manguera, como también en tecnología por ejemplo para generar movimientos repetitivos en materiales magnéticos en el rango de las frecuencias de los GPS o Wi-Fi.*

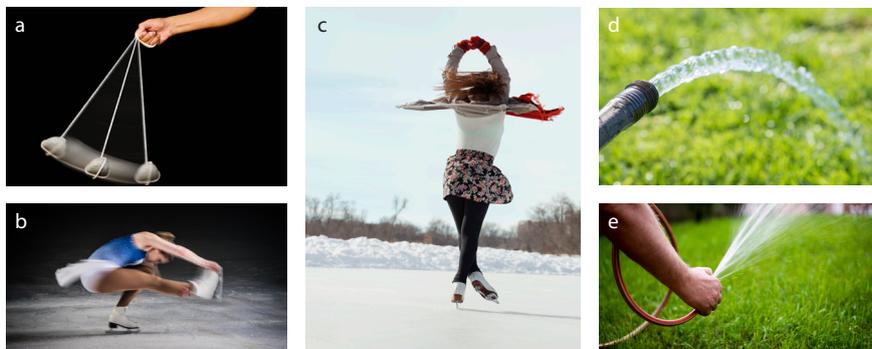
Al escuchar las palabras “cantidades conservadas” probablemente lo podríamos relacionar con números o valores que no cambian, o un conjunto de cosas guardadas que no se deterioran. En otras palabras, podríamos tender a pensar en las cantidades conservadas como valores constantes, por ejemplo, en el número 2 o en el número 3; o bien, en un objeto guardado que no se dañe, como por ejemplo congelar un alimento. Sin embargo, si bien es cierto que las cantidades conservadas no cambian por lo que “no se deterioran”, no se refieren a simples números, como el número 2 o el número 3 o elementos que conservamos.

En realidad, las cantidades conservadas, también llamadas magnitudes conservadas, son propiedades de fenómenos o eventos de la naturaleza pero que no cambian en el tiempo durante el evento, es decir cantidades que no evolucionan, por lo que si fueran medidas en el laboratorio no cambiarían su valor durante todo el evento o suceso. Existen varios sucesos cotidianos en el cual podemos asociar una cantidad conservada, por ejemplo, cuando regamos el jardín de la casa el caudal de agua que sale por la manguera es una cantidad conservada; otro ejemplo que podemos mencionar es el movimiento de un péndulo, mientras el péndulo oscila su energía se conserva, y en el giro de una patinadora sobre hielo el momento

angular de la patinadora se conserva. El caudal, la energía y el momento angular son cantidades o magnitudes que caracterizan los cuerpos. El caudal caracteriza la cantidad de agua que sale por la manguera, la energía es la capacidad que tiene el péndulo para realizar las oscilaciones, mientras que el momento angular caracteriza la cantidad de movimiento de la patinadora mientras gira.

En general, si en un fenómeno algunas de estas cantidades son conservadas se genera un movimiento repetitivo como en la oscilación de un péndulo. En efecto, al conservarse la energía del péndulo, el péndulo tiene siempre la capacidad para oscilar de un extremo a otro extremo, de manera de ir y volver al mismo punto continuamente (Figura 1a). O bien, se genera una compensación para que la cantidad conservada no se altere, por ejemplo, cuando una patinadora sobre hielo abre una pierna y brazo gira con rapidez menor (figura 1b) que cuando recoge la pierna y brazo (Figura 1c), de manera que estos cambios (abrir y cerrar la pierna y brazo) no alteren la conservación del momento angular de la patinadora. Algo similar ocurre para una persona que riega usando una manguera, en efecto si la persona disminuye el orificio por donde sale el agua en la manguera (por ejemplo tapando una parte con un dedo), se generará un aumento en la rapidez de salida del agua, de manera que el caudal de agua no cambie, con lo que podrá regar hasta una distancia mayor (Figura 1 d,e).

Más aún, a cada una de estas cantidades conservadas se le puede asociar alguna simetría en el evento, que corresponde a un cambio que deja invariante el camino o trayectoria de los cuerpos durante el evento. En efecto, simetrías en un giro generan conservación del momento angular; mientras que las simetrías en el tiempo generan conservación de la energía. Esto fue estipulado por la brillante matemática alemana Emmy Noether en un teorema en el año 1915, conocido como teorema de Noether [1]. Cabe destacar el periodo en el cual Emmy Noether enunció este importante teorema, periodo en el cual las mujeres desgraciadamente no tenían fácil acceso a las mismas oportunidades



**Figura 1**

*a) Movimiento repetitivo de un péndulo de un extremo a otro debido a la conservación de la energía. Cuando una patinadora gira sobre su eje con b) una pierna y brazos abiertos gira con menor rapidez que cuando tiene c) las piernas y brazos cerrados debido a la conservación del momento angular, respectivamente). d,e) Debido a la conservación del caudal que sale por una manguera, al disminuir el orificio de salida del agua, el agua alcanza una mayor distancia, para compensar la disminución del área por donde sale el agua, respectivamente).*

que tenían los hombres. Lo que generó que, a pesar de lo brillante de su carrera, no pudiera trabajar en un puesto digno en la universidad.

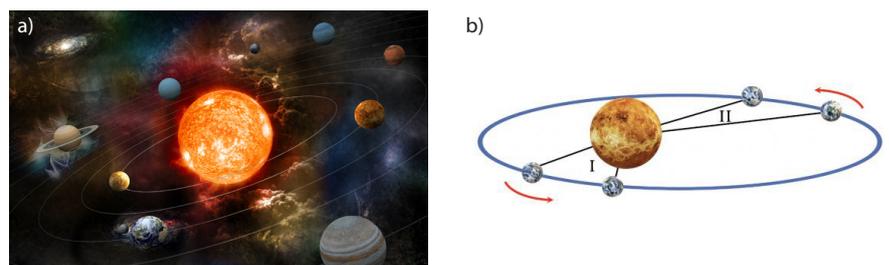
Aunque generalmente tales cantidades conservadas existen cuando analizamos el evento como aislado con el entorno, en muchas ocasiones ayudan a entender y facilitan la descripción de eventos complejos en la naturaleza. Un bonito ejemplo que podemos destacar es el movimiento de un cuerpo celeste, como por ejemplo la Tierra, en torno al Sol (conocido como el problema de Kepler [1]). En efecto, el movimiento de la Tierra en torno al Sol puede ser analizado de muy buena manera, analizando el Sol y la Tierra como un sistema aislado, vale decir, sin tomar en cuenta las interacciones con los otros planetas del sistema solar y sin tomar en cuenta las interacciones con la Luna. En tal descripción, tanto la energía como el momento angular de la Tierra son cantidades conservadas mientras esta se traslada. Es decir, tanto la energía como el momento angular de la Tierra no cambian, aun cuando la Tierra se este moviendo. Estas cantidades conservadas sumadas a la interacción gravitacional entre la Tierra y el Sol generan que la Tierra se mueva en torno al Sol en una órbita elíptica (Figura 2a). En otras palabras, si no se conservaran estas magnitudes físicas, la órbita de la Tierra sería muy distinta e ¡incluso podría colisionar la Tierra con el Sol! ¡afortunadamente existen estas cantidades conservadas!

Recordemos que el teorema de Noether indica que cuando se conserva el momento angular se debe a una simetría en un ángulo respecto a cualquier punto de su órbita. Entonces la región barrida por la órbita de la Tierra en un cierto tiempo debe ser el mismo en cualquier sector de su recorrido (como muestra la Figura 2b). Una consecuencia de esto es que cuando la Tierra está más cerca del Sol (conocido como perihelio) se mueve a una rapidez mayor que cuando se encuentre orbitando en un sector más lejano respecto al Sol (llamado afelio), de manera de recorrer regiones iguales en tiempos iguales durante su movimiento y no alterar el momento angular de la Tierra (conocido como la segunda ley de Kepler [1,2]).

Interesantemente, estas condiciones de conservación se cumplen y existen no solo a escala macro como en los movimientos de los astros, o en fenómenos cotidianos que pueden ser usados, por ejemplo, para controlar la rapidez de giro de la patinadora o la rapidez del agua que sale por una manguera; sino que también pueden ocurrir a escala muy chica como por ejemplo en la escala nanométrica y podría ser usado para entender y controlar fenómenos a nanoescala y utilizarlos en nanotecnología.

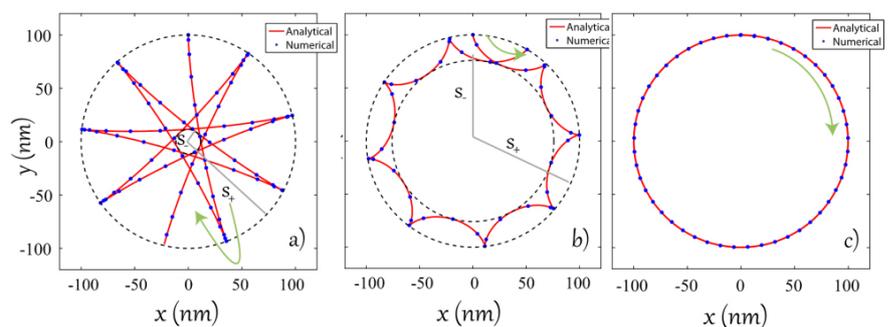
De hecho, recientemente en un trabajo en colaboración entre la Universidad Central y la Universidad de Santiago [3] se mostró que en materiales magnéticos, incluso a tamaños nanométricos, y bajo ciertas condiciones se conserva una cantidad parecida al momento angular para el movimiento de la información magnética del material, lo que permite formar órbitas (caminos) como los mostrados en la figura 3, mientras se mueve la información magnética. Por lo tanto, se podría mover la información magnética repetitivamente a lo largo de los caminos mostrados en esta figura. En otras palabras, en tales condiciones la información magnética se mueve en caminos en torno al centro del material magnético nanométrico, y mientras la información magnética se mueve, se conserva una especie de momento angular. Este movimiento es similar al movimiento elíptico de la Tierra en torno al Sol, pero en una escala muy pequeña, tan pequeña que no puede ser vista por nuestros ojos; pero si puede ser vista usando potentes microscopios. Este movimiento repetitivo de la información magnética en el material magnético es de especial interés si la rapidez del giro de la información magnética genera frecuencias, por ejemplo, en el rango de frecuencia de los GPS y Wi-Fi para su uso en tecnología e informática. Precisamente, en el artículo [4] se muestra que el movimiento giratorio de la información magnética en algunos materiales magnéticos conocidos como ferrimagnetos y en condiciones especiales llega a las frecuencias de las requeridas por las señales GPS y Wi-Fi y, por lo tanto, se podrían utilizar estos dispositivos magnéticos específicos para estos propósitos tecnológicos.

En conclusión, las cantidades conservadas pueden existir en eventos a toda escala, desde lo más pequeño como en el movimiento de la información magnética en materiales magnéticos nanométricos, hasta lo más grande, como en el movimiento de los planetas en torno al Sol. Además, las cantidades conservadas determinan cómo serán los eventos y, junto con facilitar el entendimiento de los eventos, permiten controlar otras propiedades del suceso, que podrían ser usados en hechos cotidianos, o bien en tecnología, por ejemplo, haciendo girar la información magnética a frecuencias de las que emplean los GPS y las señales Wi-Fi.



**Figura 2**

a) La presencia del Sol y la conservación de la energía y momento angular de los planetas permiten que los planetas giren en torno al Sol en caminos elípticos, evitando que los planetas impacten al Sol.  
b) Debido a la conservación del momento angular de la Tierra las regiones I y II barridas por la línea negra que une la Tierra con el Sol son de tamaños iguales para un mismo tiempo transcurrido.



**Figura 3**

Bajo ciertas condiciones, el camino que recorre la información magnética (mostrada por líneas rojas) en materiales magnéticos a tamaños nanométricos no puede sobrepasar los círculos segmentados de manera que se conserven las cantidades conservadas, generando movimientos repetitivos (órbitas) como los mostrados en a, b y c) [3].

## Referencias

- [1] H. Goldstein, C.P. Poole, J.L. Safko. Classical Mechanics. third ed. Addison Wesley (2002).
- [2] R.A. Serway y J. W. Jewett, Física para Ciencias e Ingeniería, Vol1 (2008).
- [3] D.A. Carvajal, A. Riveros and J. Escrib, Results in Physics 19, 103598 (2020).
- [4] S.K. Kim, Y. Tserkovnyak, Applied Physics Letters 111,032401 (2017).