

Los sorprendentes Fluidos No-Newtonianos



Leticia Robles Saucedo
le_robles@uap.uaz.edu.mx

Acreditación: Unidad Académica Preparatoria Plantel 2.
LGACs que trabaja: Química y Ecología, Proyecto principal: Ecología y Estructura y funcionamiento de factores abióticos.

Luis Carlos Ortiz Dosal
ortiz.dosal@uaz.edu.mx

Acreditación: Universidad Autónoma de Zacatecas, Maestría en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.
LGACs que trabaja: Nanomateriales, caracterización de materiales, materia blanda.
Proyecto principal: Inmunoensayos ópticos y electrónicos.

¿Donde quiera que mires siempre habrá algo que ver!

Todos los días nos encontramos con materiales y sustancias con propiedades únicas e interesantes que tal vez por la cotidianidad las pasamos por alto. Un ejemplo de dichas sustancias son los fluidos no newtonianos. Sin duda el lector habrá observado que cuando destapa un envase de pasta dental dicha pasta no sale del envase a menos que uno lo apriete para ponerlo en el cepillo, o tal vez se haya preguntado mientras pintaba su casa o sus uñas porque la pintura fluye al ser aplicada con la brocha pero en la pared y las uñas se queda "quieta". O el caso contrario, al preparar un pastel y utilizar fécula de maíz con agua esta se comporta como un sólido si se golpea rápidamente, pero fluye si se toca lentamente; tal como en algunas películas donde aparecen animas movilizadas estas parecen ser sólidas pero cuando se les aplica una fuerza, por ejemplo el peso de una persona que camine sobre ellas, se vuelven líquidas. La respuesta a estas observaciones es que se trata de fluidos no newtonianos. A continuación, explicaremos que son y porque se comportan de esta manera.

Artículos y Reportajes



Primero algunos conceptos básicos.

Toda la materia que vemos a diario se encuentra en uno de los siguientes estados de agregación: sólido, líquido, gaseoso y plasma. Existen también algunos que no se forman de manera natural en nuestro entorno como el condensado de Bose-Einstein. La diferencia entre estos estados es la fuerza con la que se atraen los átomos o moléculas que los componen (fuerzas de cohesión). De estos cuatro estados, tres, son fluidos: líquido, gas y plasma; es decir, cuando se aplica una fuerza sobre ellos las partículas que los componen pueden moverse. A este cambio de posición al ser sometidos a una fuerza, se le conoce como fluir. Pero entonces, ¿por qué la miel fluye con menos facilidad que el agua?

La respuesta, se debe a la fuerza de fricción entre las capas del fluido en movimiento, a la medida de esta fuerza de fricción es la viscosidad; es decir, la resistencia que opone una sustancia a fluir: mientras más viscosa sea una sustancia se requiere más energía para hacerla fluir, ya que una mayor cantidad de energía se perderá por fricción. A la ciencia que estudia cómo fluye la materia se le conoce como reología. Esta fricción se debe a las características estructurales de las partículas que componen a estos fluidos, compuestos por ejemplo de polímeros los cuales serán más viscosos ya que las cadenas que los constituyen tendrán más resistencia a fluir que un líquido más simple como el agua.

Fluidos newtonianos y no newtonianos

Ahora que hemos definido que es la viscosidad podemos clasificar a los fluidos entre newtonianos y no newtonianos. Los primeros tienen un valor constante de viscosidad y cuando se les aplica un esfuerzo de deformación, dicha viscosidad, es lineal, es decir, a medida que se aumenta el esfuerzo, fluirán a mayor velocidad, tal y como se muestra en la Figura 1. La línea en rojo representa a un fluido newtoniano el cual tiene una relación lineal entre el esfuerzo o deformación, y la velocidad a la cual fluye. Un ejemplo de un fluido newtoniano es el agua, si pensamos en agua agitándose en un vaso la velocidad con la que fluye varía linealmente con la fuerza con la que se está agitando.

Otros ejemplos de fluidos que tienen este comportamiento son el aire, la gasolina y el alcohol etílico. Los fluidos no newtonianos en cambio, tienen una viscosidad que no es constante y esta varía con la temperatura y la fuerza que se les aplique. Algunos ejemplos de fluidos no newtonianos, son: la leche, el lodo, la plastilina y la masa para hacer pan. Es importante señalar que estos comportamientos tienen que ver con cómo se mueven las partículas que conforman el fluido bajo una fuerza mecánica. Los fluidos no newtonianos pueden clasificarse según su comportamiento como se explica a continuación.

Artículos y Reportajes



Fluidos con viscosidad dependiente del esfuerzo aplicado

Existen fluidos cuya viscosidad no cambia con la duración del esfuerzo aplicado sino con la intensidad de este. Los fluidos dilatantes son aquellos cuya viscosidad aumenta al incrementar el esfuerzo que se les aplica, como se muestra en la curva verde de la Figura 1. Tal es el caso de la fécula de maíz en agua: una persona puede saltar sobre la fécula de maíz y parecerá que es sólida, pero si deja de saltar se hundirá como si estuviera parado en un líquido. El caso contrario son los fluidos cuya viscosidad disminuye al aumentar el esfuerzo. A estos fluidos se les conoce como pseudoplásticos, representados en la Figura 1 por la curva rosa. Algunos ejemplos, son: los ya mencionados barniz de uñas y pintura para casas, la salsa catsup, la sangre. Entre los fluidos cuya viscosidad depende del esfuerzo aplicado, encontramos los plásticos y pseudoplásticos de Bingham (curva azul y línea morada en la Figura 1), que deben su nombre al matemático que propuso el modelo de su comportamiento, Eugene C. Bingham, los cuales no fluyen hasta que se alcanza un valor inicial de esfuerzo por lo que a bajos esfuerzos, se comportan como sólidos y a altos, como fluidos. El ejemplo más claro de un plástico de Bingham es, como ya se anotó, la pasta de dientes, la cual requiere que se apriete el envase con cierta fuerza para comenzar a fluir. Otros ejemplos son la mayonesa, la mostaza y el chocolate.

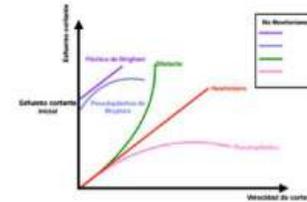


Figura 1. Viscosidades de fluidos newtonianos y no newtonianos de acuerdo al esfuerzo o deformación aplicada y a su velocidad para fluir. La línea roja representa un fluido newtoniano cuya viscosidad permanece constante a medida que aumentan el esfuerzo y la velocidad. La curva verde representa a un fluido no newtoniano dilatante cuya viscosidad aumenta al aumentar el esfuerzo que se le aplica. La curva rosa es la viscosidad de un fluido no newtoniano pseudoplástico que disminuye a medida que aumenta el esfuerzo de deformación. La línea morada y la curva azul representan las viscosidades de un plástico y pseudoplástico de Bingham, respectivamente, las cuales requieren un valor inicial de esfuerzo para empezar a fluir.



Fluidos con viscosidad dependiente del tiempo

Como su nombre lo indica, en este tipo de fluidos no newtonianos la viscosidad cambia en función del tiempo. Se denominan fluidos tixotrópicos a los que mientras más tiempo estén sometidos a un esfuerzo, menor es su viscosidad aparente, como se muestra en la Figura 2 con la curva amarilla. Nos daremos cuenta que mientras más lo untamos, fluirá con mayor facilidad. Algunos ejemplos son: el yogurt, la gelatina y la crema de cacahuete. El caso contrario a este comportamiento es el de los fluidos reopécticos, los cuales son muy raros y su viscosidad aumenta a medida que aumenta el tiempo que están bajo un esfuerzo (curva naranja en la Figura 2). El ejemplo más común de este tipo de comportamiento, es la tinta de las impresoras y el yeso.

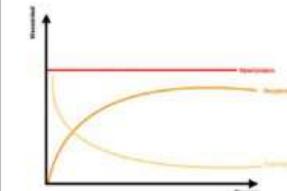


Figura 2. Fluidos no newtonianos tixotrópicos (curva amarilla) y reopécticos (curva naranja). Los primeros se caracterizan por disminuir su viscosidad mientras más tiempo están sometidos a un esfuerzo. Los reopécticos por el contrario, su viscosidad aumenta al aumentar el tiempo de exposición al esfuerzo. La línea roja representa la viscosidad para un fluido newtoniano.



Aplicaciones

Además de la importancia que tienen comercialmente los ejemplos de fluidos no newtonianos descritos anteriormente, sus propiedades pueden ser aprovechadas de forma innovadora. A continuación, se describen algunas de estas aplicaciones. Los fluidos dilatantes permitieron el desarrollo de la armadura líquida [1] ya que se comportarán como un sólido al recibir el impacto de un proyectil. Esta tecnología se está utilizando para aplicaciones deportivas tales como cascos de fútbol americano y otros deportes reduciendo el impacto a más de la mitad que la espuma utilizada hasta ahora en dichas aplicaciones [2]. También se utilizan en algunas fundas protectoras de teléfonos celulares, para reducir el daño que sufren al tirarlos. En general, los dilatantes admiten trabajar en diseños donde se permite la flexibilidad a baja velocidad y se eviten los impactos a alta velocidad. Es importante señalar que todos los polímeros que se pueden reciclar tienen un comportamiento no newtoniano cuando están fundidos, por lo que a nivel industrial se utilizan cotidianamente. Incluso en nuestros autos, el líquido de la transmisión disminuye su viscosidad si aumenta la temperatura y el etilenglicol, que es la base del líquido del radiador, cambia su viscosidad con la presión. Podemos concluir que muchos de los productos que utilizamos a diario son fluidos no newtonianos, estudiados en la actualidad para aprovechar su comportamiento sorprendente.

Referencias

- Atherton K. D. (3 de abril de 2015). *Poland developing liquid armor*. <https://www.popsci.com/poland-develops-liquid-armor/>
- Joran, D. y Irlinton, B. (4 de abril de 2017). *'Orange gel' is used in armor for soldiers and football players*. <https://edition.cnn.com/2017/03/27/tech/d3n-orange-gel/index.html>