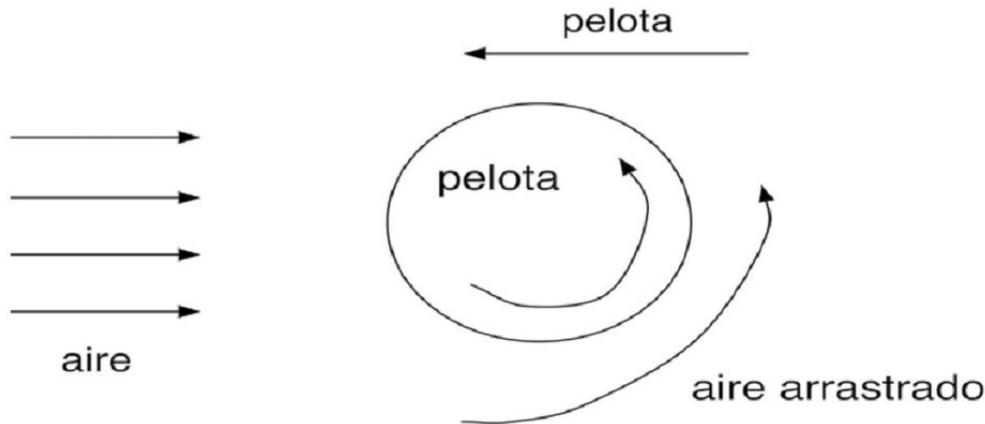


## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx



## Las tres leyes del fútbol (y de lo demás)



**François Leyvraz**  
 Instituto de Ciencias Físicas-UNAM  
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos.

Juan y Valentina se encuentran después de muchos años de no verse. Habían sido compañeros de escuela. Juan destacaba en el deporte y Valentina en física y matemáticas. Ella hace poco terminó su doctorado en física, mientras él trabaja de ejecutivo en una multinacional.

**Juan:** Hola qué gusto en verte! ¿Cómo estás?

**Valentina:** Bien muchas gracias. ¿Y tú?

**Juan:** Mirando mucho fútbol como siempre. Es algo que me apasiona, y con el mundial llegando, con mayor razón.

**Valentina:** Lo recuerdo desde la escuela: jugabas bastante bien.

**Juan:** Ahora ya no, pero me gusta. Ayer vi el partido y hubo algo realmente hermoso en el minuto 74: un tiro de esquina que entró directamente en la portería. Fue una verdadera obra de arte. No me imagino que ustedes los físicos puedan explicar algo semejante.

**Valentina:** Sin duda es una obra de arte. Pero me temo que te equivocas en lo segundo.

**Juan:** ¿Me estás diciendo que podrías explicar como se mueve un balón de fútbol que gira alrededor de su eje? ¿Será con una infinidad de ecuaciones, algo que nadie puede entender?

**Valentina:** Sin ecuaciones, sólo palabras.

**Juan:** Te estoy escuchando.

**Valentina:** Empezamos con algo de que seguramente has escuchado: las tres leyes de Newton.

**Juan:** Sin duda las he oído mencionar. Pero harás muy bien en recordármelas.

**Valentina:** ¡Claro! Las dos primeras se pueden resumir diciendo que la velocidad de un objeto sólo puede cambiar bajo el efecto de una fuerza.

**Juan:** Y ¿qué es una fuerza? No me salgas con que es lo que cambia la velocidad.

**Valentina:** ¡Muy justo! No. Las fuerzas tienen diferentes causas. Por ejemplo, el aire ejerce una fuerza sobre cualquier objeto que se mueve en él. Por esto, un carro que va a 100 km/hora, digamos, y cuyo motor se apaga, pierde poco a poco velocidad: la fuerza que ejerce el aire cambia la velocidad. Cuando dos bolas de billar chocan, también ejercen una fuerza la una sobre la otra.

**Juan:** En otras palabras ¿las fuerzas son algo que se siente si se ejercen sobre uno? ¿La patada, el empujón, la zancadilla son todos ejemplos de fuerzas?

**Valentina:** ¡Exactamente! Y en la zancadilla, si te caes al suelo, te encargas con la fuerza de la gravedad.

**Juan:** Bien. Entonces decimos que las cosas se mueven sin cambiar de velocidad salvo cuando una fuerza lo empuje. Supongo que esto quiere decir que se mueven en línea recta. Porque me parece muy claro que, cuando giro mi carro, se ha de ejercer alguna fuerza sobre él, de la que se encargan las llantas en contac-

to con el asfalto.

**Valentina:** Veo que entiendes muy bien la idea de la fuerza. Ahora la tercera ley: ésta dice que todas las fuerzas actúan de manera simétrica, entre parejas de objetos.

Demos algunos ejemplos. Baila una pareja, pensamos especialmente en un baile rápido. Entonces si, digamos, el hombre ejerce una fuerza sobre la mujer para cambiar su movimiento, inevitablemente hay una fuerza en sentido opuesto ejercida por ella y modificando el movimiento de él. Otro ejemplo: si estoy en una pequeña lancha cerca de la orilla y brinco a la tierra, resulta que la lancha saldrá disparada hacia atrás. Otro aún, sacado de tu deporte favorito: si pateas el balón, tu pie ejerce una fuerza sobre éste, pero viceversa tu pie resiente una fuerza que el balón ejerce sobre él.

**Juan:** Todo esto parece convincente, pero me parece obvio que no es cierto siempre: quien corre, por ejemplo, tiene que obtener su velocidad ejerciendo una fuerza contra el suelo, y no veo nada que se mueva en dirección contraria.

**Valentina:** Este problema tiene solución: si quieres, pensémolos por partes.

Una bola de fútbol puede salir disparada con hasta 200 km/hora. La fuerza que el arquero ejerce sobre el balón cambia la velocidad de éste de 200 km/hora a nada. Esta misma fuerza actúa sobre el arquero. ¿En cuánto cambiará la velocidad del arquero?

**Juan:** Ya veo, en ningún caso el arquero adquiere una velocidad parecida a la del balón. ¿A qué se debe la asimetría? Supondría que se debe al mayor peso del arquero: éste pesa fácilmente 150 veces más que el balón.

**Valentina:** Así es, aunque, por razones técnicas, que mejor paso por alto, los físicos preferimos usar la palabra masa en lugar de peso: las mismas fuerzas actuando en masas distintas, causan un cambio de velocidad que se hace menor cuando la masa es mayor.

**Juan:** A ver si entiendo ¿si una misma fuerza causa un cambio de velocidad de 10 km/hora en una masa de un kilo, causará un cambio de velocidad de 5 km/hora en una masa de dos kilos?

**Valentina:** Exactamente así sucede.

**Juan:** Como las describes, no suenan muy difíciles las tres leyes, y tienen mucho de sentido común.

Y ya creo que entendí lo que pasa con el corredor: la fuerza se da entre el saltador y el suelo, que es como decir la Tierra entera. Y ésta tiene tal masa que no se va cambiar su velocidad ni una pizca.

**Valentina:** Otra vez, aciertas.

**Juan:** Pero, para ser te honesto, suena un poco a cuento chino: dices que la Tierra entera se mueve cuando alguien empieza a correr. Pero es sólo una creencia, nunca lo podrás medir.

**Valentina:** Tienes razón. Pero, cada vez que se pueden medir las fuerzas entre dos cuerpos, hemos visto que resultaban iguales. Así creemos que también sucede cuando no lo podemos verificar.

**Juan:** Suena sensato. Lo que no lo parece es la idea que se mueve la Tierra por influencia de cualquier cosa de las cosas en su superficie. La Tierra representa para mí la idea misma de algo cuyo movimiento es completamente inalterable, algo que nada puede afectar.

**Valentina:** Esto se sale un poco

de lo que hablamos, pero se puede medir, por ejemplo, como el día se hace más corto o más largo por cambios en los vientos según la temporada. Son efectos pequeños, el día cambia en algunos milésimos de segundo, pero se ha medido con relojes de alta precisión.

**Juan:** Así que los vientos sobre la Tierra ¿pueden cambiar la duración del día? ¡Vaya sorpresa! Si esto es cierto, me cuesta un poco menos creer lo demás que dices. Pero regresemos a nuestro balón y a la curva que realiza. Todavía me parece que estamos muy lejos de entenderlo.

**Valentina:** Creo que ya no tanto. Mira este dibujo. ¿Estarás de acuerdo con lo que dice? (Le muestra un dibujo como el que aparece en la Figura 1)

**Juan:** No firmo nada sin leerlo. ¿Qué dice? Ya veo, la pelota se mueve en determinada dirección, y gira en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Esto arrastra el aire a girar por donde lo indica la flecha. El aire entonces termina moviéndose en una dirección que se encuentra a la derecha desde el punto de vista del balón.

Y ahora veo adónde quieres llegar, supongo que el arrastre que el balón ejerce sobre el aire, es una fuerza.

**Valentina:** Sin duda. El aire cambia de dirección, lo que significa que cambió de velocidad. La fuerza de la que hablamos se llama fuerza de arrastre, o de fricción, y es la misma que frenaba al carro con motor apagado del que hablábamos hace poco.

**Juan:** Todo esto me parece muy claro. Ahora creo entender mejor lo que pasa: al igual que en el baile, como el balón desvía al aire a un lado, igualmente queda éste desviado por el aire, pero en el sentido opuesto. Nunca me imaginaba que esto de las leyes de Newton podía resultar tan sencillo, y hasta divertido.

**Valentina:** Como lo dices, las leyes de Newton son sencillas, y al reflexionar un poco, se encuentran en ellas los motivos de tantas cosas que vemos diariamente. La física, en su mayor parte, conecta varias experiencias diarias y hace que la una aclare a la otra.

**Juan:** Te agradezco mucho la explicación. Tengo boletos para el próximo partido de los Pumas ¿te gustaría ir?

**Valentina:** ¡Claro!