

# Orquestando un equipo de fútbol

Parte 2: El experimento

**Arlex Oscar Marín García**

Estudiante de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos

**Manfred Müller**

Escritor independiente en Colonia, Alemania

**Markus Müller**

Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

“Fútbol es música”, dijo recientemente el ex futbolista francés Michel Platini en una entrevista otorgada a la revista alemana “11 amigos”. Lo curioso es que, viéndolo con los ojos de un físico, ¡tenemos que darle toda la razón! La comparación con músicos de una orquesta no es descabellada; tanto en una orquesta como en un equipo de fútbol cada uno de los participantes tiene que coordinar sus acciones con las de los otros. Este fenómeno se llama sincronización generalizada: cada uno realiza acciones distintas a las de los demás, pero todos lo hacen en función y en coordinación con equipo. En la primera parte de este artículo, publicado el lunes pasado, 14 de junio, en la página 30 de la Unión



Colocación de audífonos para estimular rítmicamente a los jugadores.

de Morelos (ver la página <http://bit.ly/19p0xiO>), discutimos con cierto detalle los fundamentos matemáticos de este fenómeno con la ayuda de osciladores complejos. Resulta que la sincroniza-

ción generalizada entre osciladores interactuantes ocurre con mayor probabilidad conforme sus frecuencias promedio sean más parecidas. En este caso se establece más fácilmente una rela-

ción funcional entre la dinámica de ambos osciladores. Pero, ¿qué tienen que ver estos osciladores con el fútbol?

Curiosamente, los físicos han logrado describir movimientos re-

petitivos como caminar, correr, girar un brazo, marcar un ritmo acústico con un dedo, etc. a través de ecuaciones diferenciales cuyas soluciones son oscilaciones complejas. Estas oscilaciones no



QUIEN RESULTE RESPONSABLE



Periodismo de  
investigación y crítica  
sin censura.  
¡DENUNCIA!

Tu voz ahora en radio

Lunes, miércoles y viernes 19:00 a 20:00

90.3 FM y 1190 AM

Conducen: Federico Mayorga y Carlos Félix

Tel. 317 6110 Estudio 311 9030

[quienresulteresponsable@hotmail.com](mailto:quienresulteresponsable@hotmail.com)



@qrrtv



Preparación de la cancha antes de iniciar uno de los juegos para medir el efecto de ritmos acústicos en la colectividad del juego de equipos de fútbol.

necesariamente son tan triviales como las de un simple péndulo, sino que pueden ser mucho más variadas, no son necesariamente periódicas e incluso pueden ser caóticas (para una introducción al caos, vea el artículo del Dr. Luis Benet del 31 de diciembre del 2012 publicado en este espacio y accesible en la página <http://bit.ly/1aBn0L7>). ¿Podemos entonces entender movimientos más complejos, como un "dribbling" del Chicharito, en términos de oscilaciones complejas que son soluciones de un sistema de ecuaciones diferenciales probablemente complicado?

Si la respuesta a esta pregunta fuese afirmativa, ¿podríamos entonces mejorar el juego en conjunto, o bien, la colectividad de un equipo, si promoviéramos que las frecuencias de paso de los diferentes jugadores sean más parecidas entre sí? Además de parecer ésta una suposición muy osada, ¿cómo podríamos verificar su validez?

Las investigaciones recientes sobre el cerebro humano podrían sugerir un camino para contestar la segunda pregunta. Resulta ser que las neuronas de la corteza motriz (responsables de originar el movimiento de nuestros músculos) y las de la corteza auditiva (responsables de nuestro sentido del oído) están fuertemente acopladas. Por esta razón, es común que adaptemos automáticamente el ritmo de nuestros pasos a la música que escuchamos al pasar, por ejemplo, frente a algún puesto en la calle, mientras que nunca hemos observado que un elefante, una jirafa o un chimpancé

marquen el ritmo de la música con su pata, independientemente si le tocamos una pieza de Shakira o de Mozart. Los estímulos acústicos pueden fungir como un *marcapasos* para la actividad motriz de los seres humanos. En consecuencia, con estímulos acústicos se podría controlar hasta cierto grado el ritmo de los movimientos de un jugador.

Resumamos las observaciones previas: (1) Los movimientos de seres humanos, ya sean simples, casi-periódicos o caóticos se pueden describir a través de ciertas ecuaciones diferenciales cuyas soluciones son oscilaciones complejas. (2) La sincronización generalizada entre osciladores acoplados es un fenómeno que ocurre más fácilmente cuando sus ritmos son más parecidos entre sí. (3) Los ritmos de movimiento de los seres humanos se pueden controlar a través de estímulos acústicos.

Las observaciones resumidas arriba sugieren que si también fuera posible describir movimientos más complejos como los asociados al fútbol por medio de ecuaciones diferenciales, tal vez sería mejorar el juego en equipo ajustando los ritmos de movimiento a través de estímulos acústicos. Para comprobar o rechazar esta audaz hipótesis se diseñó un experimento en colaboración con dos investigadores de la universidad de Hannover, en Alemania. La fase preparatoria del experimento consistió en *traducir* una serie corta de pasos y contactos con el balón ("dribbling") de cierto delantero africano a una secuencia acústica de percusiones.

Las primeras secuencias eran muy simples y se parecían al ritmo monótono que produce un metrónomo, instrumento usado por los músicos cuando ensayan para conservar el ritmo. Posteriormente se agregaron paso a paso más instrumentos musicales, de manera que el estímulo se convirtió paulatinamente en una melodía compleja pero que respetaba el ritmo del futbolista.

El experimento consistió en enfrentar pares de equipos de 5 jugadores cada uno en juegos consistentes en 3 periodos de diez minutos de duración cada uno en una cancha reducida. En uno de estos periodos no se aplicó estímulo auditivo alguno. En otro periodo, mediante un sistema de audifonos se transmitió a los jugadores de uno de los equipos la secuencia preparada previamente con una cadencia de 140 percusiones por minuto, lo cual constituye un estímulo uniforme, mientras que a los jugadores del equipo contrario se transmitió la misma secuencia, pero con cadencias diferentes para cada jugador (estímulo variado) que iban desde 119 hasta 168 percusiones por minuto. Finalmente, en el otro periodo se intercambiaron los estímulos entre los equipos. Se llevaron a cabo 28 juegos de este tipo entre diferentes equipos y en cada periodo de cada juego se midieron el número de pases, el número de series de pases y el número de contactos con el balón correspondientes a cada equipo. Posteriormente se

analizaron las mediciones estadísticamente.

El objetivo del estudio fue cuantificar el grado de *colectividad* de los equipos jugando en los diferentes modos basado en estas mediciones. Cabe mencionar que la *cronología* de estos periodos se eligió aleatoriamente para evitar que un factor de cansancio de los jugadores pudiera afectar el resultado, es decir, en algunas ocasiones el periodo de silencio fue durante el primer tercio, del juego, pero en otros fue durante el segundo o durante el tercero. Asimismo, la decisión de qué equipo recibía primero el estímulo uniforme y cuál el estímulo variado también se tomó al azar durante cada partido.

El siguiente problema a atacar fue ¿cómo definir estadísticamente la *colectividad* de un equipo de fútbol? Parece ser evidente que un equipo que juega con secuencias rápidas de pases actúa en conjunto. Por ejemplo, la selección de España entusiasma desde hace años a los espectadores de todo mundo con su espectacular ritmo y su variabilidad expresada en rápidos pases. Su juego no se canaliza en atender a uno o dos jugadores "estrellas" sino que cada uno de los protagonistas parece ser igualmente importante. Este equipo es verdaderamente *un colectivo* en el que todos los jugadores actúan en conjunto y cada uno de ellos está involucrado. Entonces, la colectividad se manifiesta en secuencias rápidas de pases en que los jugadores necesitan pocos

contactos con el balón para enviarlo al siguiente compañero.

En base a estas observaciones definimos la colectividad a través del cociente entre el número de pases y el número de contactos. Así, cuantos más contactos con el balón hagan los jugadores antes de pasar el balón a un compañero, menos colectivo, más lento y más individualista será el juego. Por el contrario, mientras menos contactos hagan los jugadores antes de pasar el balón a un compañero, más rápido y colectivo será el juego. En el caso óptimo se requiere sólo un contacto para pasar el balón a un compañero, en cuyo caso, la colectividad definida arriba tomaría su valor máximo.

El análisis de los datos recabados en el experimento descrito anteriormente arrojó un resultado inesperado, sobre todo por su contundencia. Los equipos aumentaron *significativamente* la colectividad de su juego y tendieron a anotar más goles en los periodos de juego en que recibieron un estímulo uniforme, mientras que en aquellos periodos en que recibieron un estímulo variado mostraron su menor colectividad y anotaron menos goles. Es decir, los futbolistas se comportaron como lo haría la solución a complicadas ecuaciones obtenidas en una computadora. Mientras más parecida es la frecuencia de movimiento, mejor se sincronizan las acciones del equipo, por lo cual se juega más colectivamente y es más eficiente el equipo. Eso en sí es un resultado importante, pero abre adicionalmente preguntas de un alcance mucho mayor.

La acción en conjunto de diferentes individuos es una dinámica muy complicada en la que influyen muchos parámetros. Muchos de estos parámetros son de naturaleza psicológica. Por ejemplo, de la simpatía entre dos personas depende no sólo si bailan juntos sino también cómo bailan juntos. Similarmente, si "no hay química entre los jugadores" de un equipo, este suele jugar mal. Por otro lado, hay estudios que muestran que *actuar en conjunto*, así sea moviendo simplemente un dedo de manera sincronizada con otra persona, ¡crea simpatía! Es decir, hay una interrelación bidireccional entre sincronización y sentimientos. Esto conduce a preguntas filosóficas, como ¿hasta qué grado no es solamente nuestro aparato motriz el que podemos describir con fórmulas matemáticas, sino también nuestros estados mentales?

Una versión corta de éste artículo se publicó en el número 45 de la revista *Hypatia* <http://www.hypatia.morelos.gob.mx>