

EDITORIAL

FÚTBOL ES FÚTBOL, PERO... FOOTBALL IS FOOTBALL, BUT ...

Fútbol es fútbol, pero... empezamos a mirarlo con otros ojos. No es de extrañar que recién acabada la vorágine de un campeonato mundial de fútbol, el de Rusia, en la editorial de este número de la revista se deje un hueco para hablar de fútbol e innovación.

El uso de los recursos tecnológicos va sorprendiendo menos, a pesar de que su implementación pueda tener efectos evidentes en la propia acción de juego (e.g., con la incorporación del VAR, Video Assistant Referee, en el mundial de Rusia'18 se han triplicado el número de penaltis señalados respecto al que estábamos habituados a tener, y, no precisamente porque los jugadores se hayan vuelto más agresivos). En la era de la información (Memmert y Rein, 2018), los sistemas de seguimiento local, global y/o visual, enfocan el juego de una manera innovadora, inimaginable hace un tiempo (Castellano y Casamichana, 2014). Cada vez menos comportamientos observables escapan al equipo arbitral, pero tampoco a analistas e investigadores, haciendo visibles (mensurables) las relaciones entre jugadores a partir del dato posicional, es decir, distancia que les separa (al estilo de la dimensión oculta de Edward T. Hall), que aun sabiendo de su relevancia en este tipo de duelo colectivo (Parlebas, 2001), han permanecido veladas hasta hace pocos años.

La innovación tecnológica brinda una alternativa de capturar la actividad espaciotemporal de los jugadores, incluso la del balón, con la que aprehender la dinámica y complejidad que supone la disputa de un partido de fútbol (McLean Salmon, Gorman, Read, y Solomon, 2017). La disponibilidad del dato posicional [X,Y] de todos los jugadores, cada hercio o frame [t] del partido, ha dado lugar al despliegue de nuevas variables y a la implementación de nuevas técnicas analíticas, respectivamente. Los niveles de análisis micro, meso y macro (Grehaigne, 1992) que se resolvían habitualmente echando mano, casi exclusivamente, de la observación directa (Anguera, Blanco, Losada, y Hernández-Mendo, 2000) comienzan a registrarse automáticamente a partir del posicionamiento de los jugadores (variables físicas) transformado en comportamientos colectivos de los equipos (variables eco-físicas), tratándolo como es, un superorganismo coadaptado y auto-organizado (Duarte, Araujo, Correia y Davids, 2012a).

Hace casi una década, publiqué (Castellano, 2009) en esta misma revista un artículo donde se concluía que "sólo con 'lentes' que incluyan los aspectos que definen la lógica interna del fútbol estaremos en condiciones de recoger la información que resultará clave en la comprensión del juego que jugadores de uno y otro equipo despliegan sobre el terreno de juego." (pág 51). No hice sino proponer aplicar el método observacional al deporte tomando como referencia los elementos de la lógica interna. Parlebas (1988), a finales de los años 80, definió el fútbol desde el estructuralismo sistémico como una situación motriz donde dos equipos de 11 jugadores con una relación exclusiva y estable, se enfrentan en un espacio común, semi-salvaje y con dimensiones particulares, en la disputa de un balón que les permitirá puntuar tratando de salir victoriosos en un periodo de tiempo finito, si el suprajuego (Parlebas, 1988) no ofrece algo mejor. ¿Cuáles son las implicaciones de su lógica?

Competir en una situación motriz definida por los rasgos pertinentes que conforman su lógica interna, implícitas las consecuencias práxicas, convierte el comportamiento del jugador en equipo-, tempo- y contexto- dependiente. Es equipo-dependiente porque no existe un único procedimiento para resolver la tarea de jugar al fútbol. Cada equipo en cada momento despliega un comportamiento colectivo acorde a lo que le dejan o con su creencia o capacidad de saber qué es lo mejor para él. Es contexto-dependiente debido a las variables contextuales propias de la acción de juego, que se conocen previamente (e.g., tipo de competición, lugar, nivel del oponente...) o las que surgen durante (e.g., goles encajados anotados, amonestaciones, expulsiones, lesiones...), las estratégicas o informacionales (e.g., indicaciones marcadas por el entrenador sobre cómo jugar) y las variables externas (e.g., estado del terreno de juego, climatología, horario...). Todas ellas, en menor o mayor medida, intervienen en la dinámica de un partido de fútbol. Es tempo-dependiente, porque además de dinámico, sus estados cambian continuamente, y de manera concurrente e interdependiente (Van Gelder, 1998), atiende a la no linealidad (mismas causas no tienen los mismos efectos o no son proporcionales a estos, Harbourne y Stergiou, 2009) de los comportamientos individuales y colectivos. Con todo, el abordaje del fútbol implica el reto de atender la complejidad (multidimensional y multinivel), cuyas dimensiones y niveles se rigen por su interdependencia o causalidad circular (Duarte, 2012),

El comportamiento colectivo emerge del acoplamiento de los jugadores con el sistema y se justifica en una integración funcional de los comportamientos individuales en una sinergia colectiva (Araújo y Davids, 2016), cuyas propiedades son: 1) la compresión dimensional (resultado de un menor número de posibilidades o grados de libertad respecto a lo posible del conjunto de los componentes del sistema, resultado de la necesidad de co-adaptarse; 2) la compensación recíproca (alude al proceso por el cual si un elemento no cumple con su función otro(s) elemento(s) debería(n) mostrar los cambios para que su aportación pudiera seguir satisfaciendo los objetivos de la tarea); 3) los vínculos interpersonales (entendida como la forma de vincularse cada individuo al equipo para contribuir al estado de coordinación, distinguiéndose la división de labor y la comunicación entre miembros del sistema y, finalmente; 4) la degeneración o redundancia (representa la idea de que componentes estructuralmente diferentes del sistema pueden desempeñar una función similar – pudiendo no ser idéntica– con respecto al contexto, Araújo y Davids, 2016), permitiendo un número virtualmente ilimitado de diferentes tipos de coordinación de movimiento que conducen al mismo nivel de rendimiento, para las mismas limitaciones o constreñimientos (Schöllhorn, Mayer-Kress, Newell y Michelbrink, 2009). ¿Se pueden medir estas propiedades?

Varias son las métricas, en los niveles micro, meso y macro, que se han implementado para conocer cómo los jugadores-equipos en la interacción del juego despliegan su comportamiento individual-colectivo. Con estas métricas podemos conocer las propiedades de esta sinergia, que será más o menos experta dependiendo del nivel de competencia sociomotriz que muestren los jugadores. La distinción de estos tres niveles (micro, meso y macro) atiende a la necesidad de establecer grados de focalización de la acción, particulares a los niveles de proximidad e inmediatez de una hipotética intervención de los jugadores, sobre el balón o no, si bien todos están interconectados.

Sin lugar a dudas ha sido el micro, el nivel de enfoque más recurrente que puede encontrarse en la literatura académica, orientado a la descripción y explicación de la dimensión condicional de los jugadores en competición (Castellano, Álvarez-Pastor y Bradley, 2014). Excepcionalmente (Yue, Broich, Seifriz y Mester, 2008), a partir de traquear el desplazamiento del jugador, se ha propuesto el concepto de rango principal o major range, con el propósito de describir, por ejemplo, la división de labor en el seno del equipo (Duarte et al., 2012a). Esta variable es definida como el área de actuación predominante (IC95%) de cada individuo. El análisis de las formas de la elipse y los rangos principales proporciona una evaluación cualitativa y cuantitativa de las direcciones principales de los movimientos realizados por cada jugador, su distribución, su ubicación en el campo o respecto al equipo, mostrando esa variabilidad integrada y funcional que convierte los comportamientos aparentemente individuales en realmente colectivos.

Muy por detrás de la condicional está la comportamental. Básicamente comportamientos del jugador con balón (Sarmiento et al., 2017), e.g. pasar, tirar... Algunos se han animado a incluir la interacción a partir de las distancias relativas a sus adversarios directos (Duarte et al., 2012b). Una alternativa de análisis de las acciones con balón (e.g., pase completado), deriva de la Teoría de Redes o Networks Theory (Dutt-Mazumder, Button, Robins, y Bartlett, 2011). El principal objetivo de su abordaje es capturar la estructura de las interacciones entre los jugadores del mismo equipo (Ramos, Lopes y Araújo, 2018). Esta métrica describe, en parte, los vínculos interpersonales que se establecen entre los integrantes del equipo para resolver la fase ofensiva de una tarea sociomotriz como es el fútbol. De manera específica, para describir cuáles son los canales de comunicación que emergen entre jugadores se emplean indicadores que miden la centralidad como degree centrality, betweenness centrality, degree prestige y page rank (Clemente, Silva, Martins, Kalamaras y Mendes, 2016). Todas estas métricas a nivel micro son resultado y causa al mismo tiempo de los comportamientos adaptados funcionalmente a la sinergia del equipo al que pertenecen y la oposición del rival.

A nivel meso, las relaciones jugadores-grupo comienzan a analizarse con interés (Memmert, Lemmink y Sampaio, 2017). Este auge podría estar justificado por el concepto de centro de juego que se propone en el fútbol (e.g., no todos los jugadores están en condiciones de intervenir directamente sobre el balón en un radio de 10 metros), justificándose la necesidad de segmentar el equipo en líneas (Gonçalves, Figueira, Maças y Sampaio, 2014). Estos trabajos destacan el comportamiento de solo una parte del equipo, e.g., la altura a la que se coloca la defensa o la distancia de la defensa respecto al balón (Castellano et al., 2013). También se ha analizado la sincronización de los jugadores dentro de la misma línea del sistema o con respecto al centroide del equipo (Gonçalves et al., 2014). En esta misma línea se ha propuesto medir las distancias entre las líneas sectoriales y sus angulaciones (Clemente, Martins, Couceiro, Mendes y Figueiredo, 2014). Los resultados mostraron que la sincronización entre líneas fue baja, lo cual podría ser testigo de la propiedad compensación recíproca entre las líneas del sistema en la búsqueda de la sinergia funcional del equipo para contrarrestar la acción del rival. Al igual que se propone a nivel micro, a partir de la Tª de Redes se puede analizar la interdependencia entre jugadores en un nivel meso. Indicadores tales como scaled connectivity o clustering coefficient (Clemente et al., 2016), permiten revelar el nivel de conectividad de un jugador con el resto o la existencia de asociaciones entre jugadores que cooperan entre sí, respectivamente.

A nivel macro, se pueden medir las relaciones intra- e inter-equipos (Memmert et al., 2017). Desde la perspectiva intra-equipo, se pueden desvelar las propiedades sinérgicas del equipo a partir de variables como la amplitud y profundidad del equipo (Frencken, De Poel y Lemmink, 2011) que soportan la propiedad de compresión dimensional del posicionamiento de los jugadores para atender a las necesidades del juego en la fase ofensiva y defensiva. Cambios en la disposición de los jugadores en el mismo espacio de juego efectivo del equipo (Gréhaigne, 1992) o modificaciones en su forma, más aplanada o alargada, a partir de la ratio profundidad/amplitud (Folgado et al., 2014) encarnan la propiedad de compensación recíproca. Otras métricas, como el centro geométrico (o centroide, Frencken y Lemmink, 2008) o la compacidad (o stretch index, Silva, Vilar, Davids, Araújo y Garganta, 2016) que revelan medidas de centralidad y dispersidad del equipo, justifican la presencia de las propiedades de vínculos interpersonales y redundancia, entre otras.

La captura del último de los niveles, el inter-equipos, se resuelve con la medición de variables que relacionan a ambos equipos, fundamentalmente, a partir de una ratio o una simple resta. La distancia entre los centroides de ambos equipos (Frencken et al., 2013) serviría de ejemplo. Un valor reducido en esta variable podría vincularse con la hipotética 'cercanía' de ambos equipos, con un acoplamiento. La resta entre amplitudes o superficie que abarca cada equipo también serviría. En esta misma línea, se ha propuesto también la variable separación del equipo (o team separateness, Silva et al., 2014). Se calcula sumando las distancias entre cada jugador y el oponente más cercano, pudiéndose interpretar como el radio de acción libre que existe entre oponentes directos (un valor cercano a 0 indica que todos los jugadores están marcados de cerca, mientras que los valores superiores indican una mayor libertad de movimiento). Finalmente, el espacio de juego efectivo que abarcan ambos equipos excluyendo a los porteros (Fradua et al., 2013) ejemplificaría la propiedad de compresión dimensional con la que las líneas retrasadas de ambos equipos expresen la regla XI, con el propósito de alejar en lo posible a los adversarios de la portería que defienden. También desde el registro de pases completados (dentro de la Tª de Redes) puede derivarse el cálculo de variables como density, heterogeneity, centralization y diameter (Peña y Touchette, 2012) con las que poner de relieve propiedades estructurales del sistema (equipo) en su conjunto.

Todas estas métricas, en cualesquiera de los niveles, permiten evaluar la sinergia colectiva que emerge en la situación motriz particular llamada fútbol. Pueden ser estudiadas de manera sincrónica, a partir del concepto estar en fase (Palut y Zanone, 2005). El análisis de fase relativa se realiza habitualmente aplicando la Transformada de Hilbert expresándose los valores en ángulos. Una vez transformadas las señales se comparan las series temporales y se cuantifica su acoplamiento midiendo la diferencia de fase entre las señales. Los valores cercanos a 0° representan una coordinación de movimiento casi perfecta o patrón en fase (si bien se utiliza un pequeño rango desde -30° a $+30^\circ$) mientras que los valores cercanos a 180° representan patrones sin coordinación (patrón anti-fase). Complementariamente, la continuidad del registro de los comportamientos hace viable poder conocer su evolución diacrónica en el trascurso del juego.

Por otro lado, a nivel diacrónico, en los últimos años, el estudio de la variabilidad en el entorno del rendimiento deportivo (Folgado, Duarte, Fernandes, y Sampaio, 2014), está mostrando su potencial en la explicación de la incerteza de los comportamientos individuales y colectivos. En el marco de los sistemas no lineales, una de estas medidas de variabilidad en los modelos no lineales, la entropía, se ha aplicado para descubrir la probabilidad de que la configuración de un segmento de datos (e.g., comportamientos colectivos) en una serie temporal permita la predicción de la configuración de otro segmento de la serie temporal a una cierta distancia (Harbourne y Stergiou, 2009). Es necesario disponer de una serie temporal para aplicar la técnica de cálculo de la entropía y cuantificar así la estructura de la variabilidad. El valor de salida, oscila habitualmente entre 0 y 2 unidades arbitrarias (Pincus, 1991). En este rango, los valores más cercanos a 0 representarán secuencias de puntos de datos más repetibles, regulares, predecibles y menos caóticas (Yentes et al., 2013). ¿Cuál es la aplicabilidad de este enfoque innovado?

La rápida progresión hacia niveles más avanzados de conocimiento es objetivable. Aunque tímidamente todavía, se ha comenzado a abandonar el nivel básico, el más puramente descriptivo, para adentrarse en proponer explicaciones, predicciones e, incluso, intervenciones en los ámbitos del rendimiento y de la formación a partir de datos posicionales. Se pueden dar nuevas argumentaciones en torno a: cómo la fatiga podría influir más en el comportamiento colectivo que en el rendimiento físico de los equipos (Folgado, Duarte, Marques y Sampaio, 2015); qué comportamientos colectivos anteceden a momentos claves del juego (Bartlett et al., 2012); en qué medida el resultado final de un partido esconde un rendimiento colectivo mejor (Folgado et al., 2018); o, cómo los equipos dependiendo del nivel del oponente adaptan su comportamiento colectivo (Castellano et al., 2013), entre otros muchos ejemplos aplicados al análisis de la competición.

Sin embargo, la distancia entre jugadores no es la única variable que permitirá explicarlo todo, si bien podría ayudar en la exploración 'sostenible' de la efervescencia relacional (Dugas, 2010) acontecida en el juego y que permanecerá inconclusa mientras no sea abordada incluyendo la dimensión semiótica (Marqués y Martínez-Santos, 2015; Oboeuf, Collard, Pruvost y Lech, 2009). En la lógica del fútbol, los compañeros se comunican sin ambigüedades mientras que a los adversarios se les ofrece una propuesta distorsionada (se contra-comunica), en el intento de provocar error en su acción. Tal y como señala Martínez-Santos (2015) los estudios semióticos son caros de ver, probablemente porque todavía se está debatiendo sobre si se utiliza la semiología de corte lingüístico de Ferdinand de Saussure y la propuesta de un modelo diádico del signo, o si, por el contrario, se afronta el problema semiótico desde la filosofía de Charles Sanders Peirce y la consideración triádica (signo, objeto e interpretante) del praxema (Martínez-Santos, 2015).

En cualquier caso, sea binario o terciario el modus operandis con el que desvelar el comportamiento de los jugadores, se fortalecen ciertas premisas. La primera premisa radica en la necesidad de considerar una segunda articulación de los actos motores (Martínez-Santos, 2015), lo cual podría limitar el poder explicativo de los comportamientos colectivos únicamente a partir del registro de lo observable, es decir, del X e Y en un tiempo t del jugador. La segunda, parece oportuno enfocar la descripción y comprensión de la polisemia de los praxemas desde los procesos de interpretación más que desde una semiología de los sistemas de codificación de signos (Martínez-Santos, 2015), es decir, hacerlo desde el interpretador y la información contextual que subyace en la situación motriz donde intervienen los jugadores. ¿Cómo desvelar si no las conductas de finta?, claves del juego enmascarado, protagonista en el nivel prospectivo (During y Bordes, 1998) o alto nivel de competencia futbolística o competencia experta. Queda mucho por hacer. Mientras tanto, veremos hasta donde podemos avanzar con el dato posicional, apostando por la integración de datos cualitativos y cuantitativos que permitan comprender lo que ocurre en un partido de fútbol.

DR. JULEN CASTELLANO PAULIS
PROFESOR DE FÚTBOL
IVEF DEL PAIS VASCO
UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO

Referencias

- Anguera, M. T., Blanco, A., Losada, J. L. y Hernández-Mendo, A. (2000). La metodología observacional en el deporte: conceptos básicos. *Lecturas: EF y Deportes. Revista Digital*, 24, [http://www.efdeportes.com].
- Araújo, D., & Davids, K. (2016). Team Synergies in Sport : Theory and Measures. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-13.
- Bartlett, R., Button, C., Robins, M., Dutt-mazumder, A., & Kennedy, G. (2012). Analysing Team Coordination Patterns from Player Movement Trajectories in Soccer: Methodological Considerations. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(2), 398-424.
- Dugas, E. (2010). Tactiques corporelles et stratégies motrices au cours de duels sportifs. *Staps*, 4(90), 25-35. [https://www.cairn.info/revue-staps-2010-4-page-25.htm].
- During, B., & Bordes, P. (1998). Praxéologie motrice et pédagogie. Paper presented at the IV Seminario Internacional de Praxiología Motriz, Barcelona.
- Castellano, J. (2009). Conocer el pasado del fútbol para cambiar su futuro. *Acción Motriz*, 2, 1-19. [http://www.accionmotriz.com/, fecha de consulta 30 de junio de 2018]
- Castellano, J. y Casamichana, D. (2014). Alternativas en la monitorización de las demandas físicas en fútbol: pasado, presente y futuro. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 404, 41-58.
- Castellano, J., Álvarez-Pastor, D., & Bradley, P. S. (2014). Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco® and Prozone®) to analyse physical performance in elite soccer: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 701-712.
- Clemente, F. M., Martins, F. M. L., Couceiro, M. S., Mendes, R. S., & Figueiredo, A. J. (2014). Developing a football tactical metric to estimate the sectorial lines: A case study. *Lecture Notes in Computer Science*, 8579 LNCS (PART 1), 743-753.
- Clemente, F. M., Silva, F., Martins, F. M. L., Kalamaras, D., & Mendes, R. S. (2016). Performance Analysis Tool for network analysis on team sports: A case study of FIFA Soccer World Cup 2014. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 230(3), 158-170.
- Duarte, R. (2012). Capturing Interpersonal Coordination Processes in Association Football: from Dyads to Collectives. Doctoral Thesis: Universidade Técnica De Lisboa, Lisboa.
- Duarte, R., Araujo, D., Correia, V. y Davids, K. (2012a). Sports teams as superorganisms: Implications of sociobiological models of behaviour for research and practice in team sports performance analysis. *Sports Medicine*, 42(8), 633-642.
- Duarte, R., Araújo, D., Davids, K., Travassos, B., Gazimba, V., & Sampaio, J. (2012b). Interpersonal coordination tendencies shape 1-vs-1 sub-phase performance outcomes in youth soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(9), 871-877.
- Dutt-Mazumder, A., Button, C., Robins, A., & Bartlett, R. (2011). Neural network modelling and dynamical system theory: Are they relevant to study the governing dynamics of association football players? *Sports Medicine*, 41(12), 1003-1017.
- Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O., & Sampaio, J. (2014). Competing with lower level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PLoS ONE*, 9(5). e97145.
- Folgado, H., Duarte, R., Marques, P., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2018). Exploring how movement synchronization is related to match outcome in elite professional football. *Science and Medicine in Football*, https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1431399
- Folgado, H., Duarte, R., Marques, P., & Sampaio, J. (2015). The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1238-1247.
- Folgado, H., Lemmink, K., Frencken, W., & Sampaio, J. (2014). Length, width and centroid distance as measures of teams tactical performance in youth football. *European Journal of Sports Sciences*, 14(1), 487-492.
- Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Fernández-García, A., Ruiz-Ruiz, C., y Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 573-81.
- Frencken, W., De Poel, H. J. y Lemmink, K. A. P. M. (2011). Analysis of game dynamics and related game events in 11 vs 11 soccer. In the 7th World Congress on Science y football (p. 102). Mayo 26-30, Nagoya (Japan).
- Frencken, W., y Lemmink, K. (2008). Team kinematics of small-sided soccer games: A systematic approach. In T. Reilly, y F. Korkusuz (Eds.), *Science and Football VI* (pp. 161-166). Oxon: Routledge Taylor and Francis Group.

- Frencken, W., Van Der Plaats, J., Visscher, C., & Lemmink, K. (2013). Size matters: Pitch dimensions constrain interactive team behaviour in soccer. *Journal of Systems Science and Complexity*, 26(1), 85-93.
- Gonçalves, B. V., Figueira, B. E., Maças, V., & Sampaio, J. (2014). Effect of player position on movement behaviour, physical and physiological performances during an 11-a-side football game. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 191-199.
- Grèhaigne, J.-F. (1992). *L'organisation du jeu en football*. Paris: Actio.
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267-282.
- Marqués, D., & Martínez-Santos, R. (2015). Data Quality Control of an Observational Tool to Analyze Football Semiotricity. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 15(1), 223-232.
- Martínez-Santos, R. (2015). Vers une semiotricité triadique. Comunicación presentada en el 2 Congreso Internationale de Praxéologie Motrice, celebrado el 10 de octubre de 2015. Universidad Hassiba Benboualli. Chlef, Argelia.
- McLean, S., Salmon, P. M., Gorman, A. D., Read, G. J. M., & Solomon, C. (2017). What's in a game? A systems approach to enhancing performance analysis in football. *Plos One*, 12(2), e0172565.
- Memmert, D. & Rein, R. (2018). Match analysis, big data and tactics : current trends in elite soccer. *Dtsch Z Sportmed*, 69, 65-72.
- Memmert, D., Lemmink, K. A. P. M., & Sampaio, J. (2017). Current Approaches to Tactical Performance Analyses in Soccer Using Position Data. *Sports Medicine*, 47(1), 1-10.
- Oboeuf, A., Collard, L., Pruvost, A., & Lech, A. (2009). La prévisibilité au service de l'imprévisibilité. *Réseaux*, 146(4), 1-26.
- Palut, Y. & Zanone P. G. (2005). A dynamical analysis of tennis: Concepts and data. *Journal of Sport Science*, 10(23), 1021-1032.
- Parlebas, P. (1988). *Elementos de sociología del deporte*. Málaga: Junta de Andalucía: Universidad Internacional Deportiva.
- Peña, J. L., & Touchette, H. (2012). A network theory analysis of football strategies. In C. Clanet (ed.), *Sports Physics: Proc. Euromech Physics of Sports Conference* (pp 517-528). <https://arxiv.org/abs/1206.6904>
- Ramos, J., Lopes, R. J., & Araújo, D. (2018). What's next in complex networks? Capturing the concept of attacking play in invasive team sports. *Sports Medicine*, 48(1), 17-28.
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Araújo, D., Davids, K., McRobert, A., & Figueiredo, A. (2018). What Performance Analysts Need to Know About Research Trends in Association Football (2012-2016): A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 799-836.
- Schöllhorn, W. I., Mayer-Kress, G., Newell, K. M., & Michelbrink, M. (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28(3), 319-333.
- Silva, P., Duarte, R., Sampaio, J., Aguiar, P., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2014). Field dimension and skill level constrain team tactical behaviours in small-sided and conditioned games in football. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1888-1896.
- Silva, P., Vilar, L., Davids, K., Araújo, D., & Garganta, J. (2016). Sports teams as complex adaptive systems: manipulating player numbers shapes behaviours during football small-sided games. *SpringerPlus*, 5(1), 1-10.
- Van Gelder, T. (1998). The dynamical hypothesis in cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(5), 615-628.
- Yue, Z., Broich, H., Seifriz, F., & Mester, J. (2008). Mathematical analysis of a soccer game. Part I: Individual and collective behaviors. *Studies in Applied Mathematics*, 121(3), 223-243.

