

EL DEPORTE DESDE LA TEORÍA DE SISTEMAS

Sports from systems theory

Rubén Maneiro Dios

RESUMEN: *La investigación en Ciencias Sociales en general, y en el Deporte en particular, ha estado tradicionalmente marcado por la influencia de concepciones mecanicistas y cartesianas. A mediados de siglo, y bajo la influencia de los postulados sistémicos de Bertalanffy en general, y Seirul-lo en particular, la investigación ha dado un giro hacia el análisis de la totalidad, en donde el protagonismo recae en la forma de interacción de los elementos, más que en los elementos mismos. En este artículo se hace un análisis de estas tradiciones científicas hasta llegar al estado actual de la cuestión, en donde el análisis desde la perspectiva sistémica se ha abierto paso y dejado atrás las concepciones analíticas y cartesianas en investigación.*

Palabras clave: *perspectiva cartesiana, análisis sistémicos, deporte, educación.*

ABSTRACT: *Research in Social Sciences in general, and in Sport in particular, has traditionally been marked by the influence of mechanistic and Cartesian conceptions. In the middle of the century, and under the influence of the systemic postulates of Bertalanffy in general, and Seirul-lo in particular, research has taken a turn towards the analysis of the whole, where the focus is on the way in which the elements interact, rather than on the elements themselves. This article analyses these scientific traditions up to the current state of the art, where analysis from a systemic perspective has made its way and left behind analytical and Cartesian conceptions in research.*

Keywords: *Cartesian perspective, systemic analysis, sport, education.*

1. INTRODUCCIÓN

¿Does the flap of a Butterfly's wing in Brazil set off a tornado in Texas?

Lorenz, (1960)

La investigación en Ciencias Sociales en general, y en las Ciencias del Deporte en particular, ha estado tradicionalmente marcada por la influencia de concepciones mecanicistas del ser humano. A pesar de que constantemente se aluda a la necesidad de integrar todos los aspectos de la conducta humana, y se propongan intervenciones desde una perspectiva holista y macroestructural, la estructura conceptual dominante hasta hace pocos años seguía siendo la visión cartesiana (Tabla 1) que concibe a los organismos vivos como máquinas constituidas por diferentes partes.

La concepción del ser humano como una suma de diferentes elementos, sea cual sea la perspectiva desde la que se observe (la Biología, la Química, la Psicología o la conducta motriz) ha sido una constante desde los inicios de la Ciencia moderna. La investigación ha cosechado importantes avances gracias a la concepción cartesiana de los fenómenos. La Biología, la Economía y las Ciencias Sociales en general no han sido ajenos a estos principios, y han bebido de su fuente durante los últimos siglos, y con resultados exitosos.

A pesar de que el debate sigue presente, es plausible aceptar que la Ciencia moderna en Occidente nace con los primeros trabajos de Galileo y Descartes¹. Los principios rectores de la obra de Descartes se asientan sobre cuatro pilares fundamentales (Tabla 1), que sin lugar a dudas han sentado unos cimientos sólidos sobre el proceder científico hasta la fecha, y han permitido un sobresaliente avance en diferentes áreas y campos de la Ciencia a lo largo de los años.

¹ En Oriente, la Filosofía y el método científico tienen sus raíces en las “Cien escuelas de pensamiento” (770 a 221 a C.). Fue conocida como la edad de oro de la Filosofía china, debido a la gran cantidad de pensadores y filósofos que debatieron libremente sobre distintas ideas y pensamientos. Fuente: Unschuld y Tessenow, (2011).

Tabla 1. *Principios de la Duda Metódica de Descartes*

No admitir como verdad nada que no resulte evidente
Dividir cada dificultad en tantas partes posibles y que fueran necesarias (Regla del análisis)
Proceder de lo simple a lo compuesto (Regla de la síntesis)
Realizar enumeraciones tan completas y recuentos tan generales, que se tenga la certeza de no olvidar nada (Regla de la enumeración)

Fuente: Descartes

Mucha de la investigación venidera desde entonces parte de estos cuatro principios. *El Discurso del Método* fue considerado como la carta fundacional de un nuevo método de hacer Ciencia, como una especie de manifiesto programático. “Sacar verdades de donde sea”, recordaba el autor en 1618, cuando afirma haber encontrado el camino que conduce a lo que denominamos como *la verdad*. “Nunca dejar una pregunta sin respuesta”, aplicando los principios de la razón a cualquier materia, no abandonando ningún desafío antes de haberlo disuelto en un sistema de relaciones inteligibles.

No obstante, el enfoque reduccionista de Descartes ha ido perdiendo robustez y su aplicación se ha visto acotada a principios del siglo XX, continuando a lo largo del siglo XXI.

La irrupción de nuevas concepciones metodológicas en el último siglo ha provocado una mutación en la forma de abordar los problemas desde una perspectiva científica. Parafraseando a Kuhn (2001), un cambio de paradigma se abría camino. Los enfoques reduccionistas dejaban paso a una nueva forma de abordar el conocimiento. Lo molecular deja paso a lo molar. La concepción del ser humano en particular, y los organismos en general, como un todo que interactúa con el medio, ha supuesto una alternativa a la hora de abordar los

problemas. Estas teorías ya no se centran en la parcelación del problema en fracciones para delimitar su abordaje, sino que lo enfoca de forma integral centrándose en los principios de su organización.

Una de las teorías que aborda los problemas desde la molaridad es la propuesta por Bertalanffy (1976)², en la obra *Teoría General de los Sistemas*. En ella, afirma que es posible una explicación de los fenómenos a través del análisis de las totalidades, en donde el protagonismo recae en la forma de interactuación de los elementos, más que en los elementos mismos. Afirma que un sistema es un orden dinámico de partes y procesos en interacción mutua^{3,4}.

Es importante destacar que Bertalanffy no es rupturista, o por lo menos no pretende serlo. No rechaza la concepción mecanicista de los problemas. Reconoce el éxito que ha tenido este enfoque a lo largo de los siglos en diversos campos y aplicado a multitud de fenómenos:

“el proceder analítico quiere decir que una entidad investigada es resuelta en partes unidas, a partir de las cuales puede, por tanto, ser constituida o reconstituida, entendiéndose estos procedimientos en sus sentidos tanto material como conceptual” (p.12).

En cambio, en lo que el autor centra sus esfuerzos es en advertir las importantes limitaciones que presentan estos enfoques. Afirma que la aplicación del procedimiento analítico está justificado cuando depende de dos condiciones:

- La primera es que no existan interacciones entre “partes”, o que sean tan débiles que puedan dejarse a un lado.
- La segunda condición es que las relaciones que describan el comportamiento de partes sean lineales⁵

² La versión en inglés se publicó en 1968.

³ “Cualquier sistema vivo, incluido el cuerpo humano, es más que la suma de sus partes” (Punnet, 2012).

⁴ A pesar de que Ludwig Von Bertalanffy concibe su teoría como matemática, diferentes autores la asocian con Filosofía (Aracil, 1986).

⁵ Un fenómeno es lineal si la respuesta es proporcional al estímulo, y se establecen relaciones causales y deterministas.

De este modo, la condición de “aditividad” (una ecuación que describa la conducta del total tiene la misma forma que las ecuaciones que describen la conducta de las partes) únicamente queda satisfecha bajo estas dos premisas.

Sin embargo, tales condiciones no se cumplen (o por lo menos no se cumplen en su totalidad) en las entidades llamadas sistemas, consistentes en partes “en interacción”. Lo define como un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas, que son no lineales y circunscritos a un sistema de “complejidad organizada”, merced a la existencia de interacciones fuertes (Rapoport, 1966, en Bertalanffy, 1976) o interacciones “no triviales” (Simon, 1965, en Bertalanffy, 1976), es decir, no lineales⁶.

El concepto no lineal es especial y complejo en sí mismo. Hace referencia a que puede haber más de una respuesta a un mismo estímulo. Es decir, la capacidad de predecir la conducta resultante es extremadamente difícil, ya que existe una sensibilidad extrema a las condiciones iniciales. Se basa en la impredecibilidad y ausencia de determinismo. La dinámica no lineal es representada principalmente por la teoría del caos⁷ y las ciencias de la complejidad.

Aunque la teoría del caos fue propuesta por el matemático Poincaré en el año 1881⁸, fue con Lorenz (1960, 1963) cuando alcanzó su máximo esplendor. En los primeros años, la teoría fue desarrollada para ser implementada en la búsqueda de explicaciones y respuestas a diferentes fenómenos que ocurren en la naturaleza (como la Meteorología). En el año 1972⁹, en una conferencia de la *American Association for the Advancement of Science*, Lorenz pronuncia la célebre frase que pasaría a la historia de los postulados sistémicos:

⁶ “El problema metodológico de la teoría de los sistemas, es vérselas con cuestiones que, comparadas con las analítico-aditivas de la ciencia clásica, son de naturaleza más general [...]. En las ciencias sociales el concepto de sociedad como suma de individuos a modo de átomos sociales fue sustituido por la inclinación a considerar la sociedad, la economía, la nación, como un todo superordinado a sus partes (Bertalanffy, 1976, p. 31).

⁷ “Donde comienza el caos, la ciencia clásica se detiene (Gleick, 1987, en Longa, 2005).

⁸ Poincaré, H. (1881). *Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle*. *Journal of Mathematics*, 7, 375-442.

⁹ Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_mariposa.

Predictability: ¿Does the flap of a Butterfly's wing in Brazil set off a tornado in Texas?

Lorenz estaba en lo cierto en su teoría, y en los efectos a largo plazo de los sistemas no lineales: un pequeñísimo cambio en un elemento de un sistema, puede afectar en el futuro a la totalidad del sistema mismo. Lo había cotejado en sus predicciones meteorológicas, en donde cambios de variable a priori insignificantes, modificaban drásticamente la predicción del clima a medio y largo plazo (Lorenz, 1960). La pregunta era evidente, ¿era posible extender esta teoría a otros campos?

Un sistema se define como una entidad u organización compleja, compuesta por diferentes elementos que interactúan entre sí (son interdependientes), y que el rendimiento del sistema es mayor que la mera suma de sus partes. El concepto de sistema proviene originalmente de la mecánica clásica.

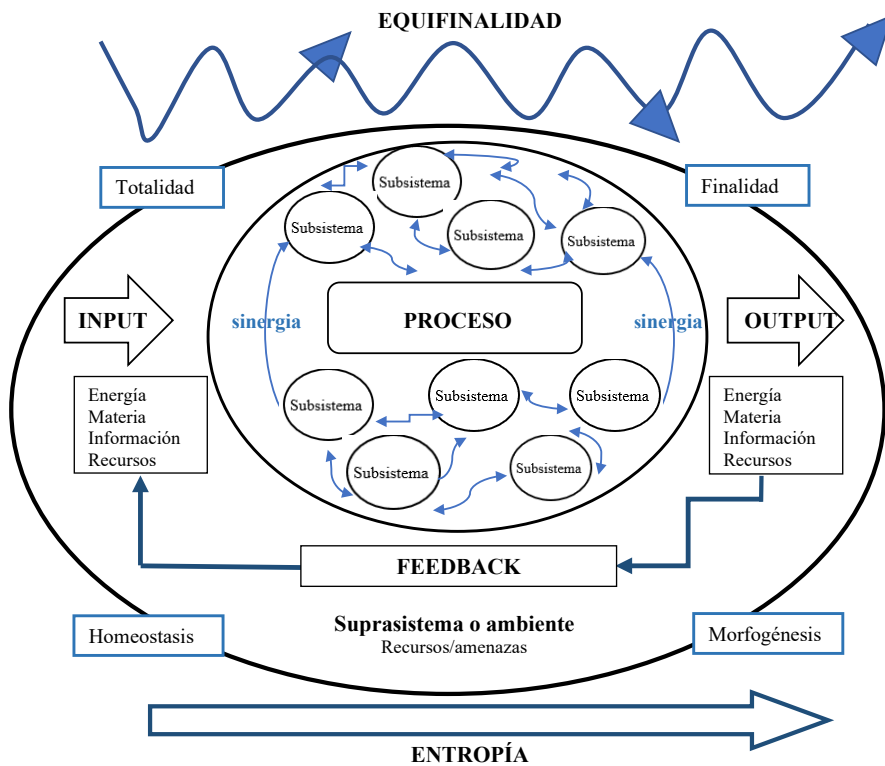
A pesar de que las afirmaciones de Lorenz (1960) y Bertalanffy (1976) caminan en la misma dirección, y es razonable pensar que Bertalanffy bebió de la fuente de Lorenz, o por lo menos tuvo conocimiento de sus ideas, lo cierto es que Bertalanffy no cita a Lorenz ni a su trabajo en su obra.

Bertalanffy diferencia entre sistemas abiertos (Figura 1) y cerrados. Los sistemas cerrados son sistemas físicos aislados del medio circundante, en donde la entropía debe aumentar hasta el máximo, y el proceso se detendrá cuando alcance un estado de equilibrio. El sistema cerrado tiende al estado de distribución más probable, y si se alteran las condiciones iniciales o el proceso, el estado final cambiará también (la tendencia hacia la máxima entropía o la distribución más probable es la tendencia al máximo desorden).

En cambio, los sistemas abiertos son aquellos que necesitan un intercambio energético con el entorno, no alcanzando nunca un estado de equilibrio, y a la vez decrece la entropía. Al contrario que en los sistemas cerrados, los sistemas abiertos pueden alcanzar el mismo estado final partiendo de diferentes condiciones iniciales y

por diferentes caminos¹⁰. Un ejemplo de sistema abierto es el ser humano, o cualquier organismo viviente (el metabolismo es un claro ejemplo de sistema abierto, con diferentes inputs en forma de energía -oxígeno, nutrientes, etc.- y outputs, como el dióxido de carbono).

Figura 1. *Proceso interno de un sistema abierto según Bertalanffy (1976).*



Fuente: elaboración propia, a partir de Bertalanffy, (1976).

De forma paralela a la irrupción de la teoría de sistemas, los primeros cuestionamientos a la perspectiva cartesiana (reduccionismo-

¹⁰ También denominado equifinalidad.

mecanicismo) en las diferentes áreas de conocimiento han surgido a mediados del siglo XX.

El campo de la Biología fue de los primeros que cuestionó la concepción de los seres vivos como una suma de partes, para empezar a enfatizar el holismo y la perspectiva ecológica. Precisamente Bertalanffy, que realizó estudios en Biología¹¹ (además de Filosofía), concibió su teoría para aplicar a esta rama de conocimiento de manera genuina, aunque su fácil adaptabilidad a otros campos, no tardó en expandirse a diferentes áreas de conocimiento.

2. CONCRECIÓN EN EL DEPORTE

Por lo que respecta al Deporte, éste representa una casuística especial. Las ciencias en torno al comportamiento deportivo han tenido un despertar tardío, ya que al contrario que otras ramas como la Física, la Química o la Psicología que tienen siglos de historia, el Deporte todavía está sumergido en una adolescencia científica. Los apenas 80 años de recorrido investigador se han sustentado en diferentes teorías, corrientes y fundamentos metodológicos diferentes, que han servido para asentar los cimientos sobre los que se está actualmente construyendo el *continuum* andamiaje científico.

Desde los primeros trabajos científicos de Reilly y Thomas (1976), basado en los procedimientos cuantitativos en el fútbol (*motion analysis*); y Reep y Benjamin (1968), desde la vertiente cualitativa (*notational análisis*), una gran mayoría de los estudios publicados en el siglo XX han sido conceptualizados bajo la perspectiva mecanicista. Los motivos se pueden encontrar en la falta de una alternativa metodológica, la baja concepción científica del Deporte en aquel entonces, la falta de recursos para llevar a cabo investigación, y por último la fortaleza de los postulados cartesianos.

¹¹ Se pasó de una concepción del organismo vivo como un compuesto de células, con procesos fisiológicos aislados, a un concepto organísmico que no sólo se encarga de los procesos internos, sino también de su organización y orden.

A finales del siglo XX, y principios del siglo XXI se produce una revolución en el abordaje del rendimiento deportivo. Los científicos del Deporte comenzaron a tener en cuenta los principios sistémicos, suponiendo esto un giro copernicano a la forma clásica de abordar el Deporte y el rendimiento.

El cambio de paradigma afectó a todos los deportes en general, pero sobre todo tuvo especial incidencia en los deportes socio motores.

Los deportes socio motores se definen como sistemas abiertos. Mantienen fronteras abiertas con el ambiente externo, con lo que comparte intercambios de energía, recursos, materia o información (seguidores, *mass media*, patrocinadores...). Además, está en continua mutabilidad y crecimiento, al ser un equipo un sistema dinámico en su aspecto funcional¹², así como también en la gestión de su estructura interna (compra-venta de jugadores, ascenso de jugadores desde equipos filiales y un largo etcétera).

Esta teoría tiene un óptimo encaje en el deporte, ya que éste responde a los principios de las concepciones sistémicas:

- 1- Tiene un propósito definido.
- 2- Está formado por elementos.
- 3- Estos elementos crean una estructura deliberada dentro de la cual los miembros realizan su función.

En España, algunos de los primeros trabajos que se acogieron a esta teoría, fueron los de Seirul-lo (1994, 2001, 2003 y 2010), Lago (2000) y Balague, (2005), entre otros. Los trabajos de Seirul-lo, trasladan la teoría de sistemas al Deporte, y propone la metodología de entrenamiento denominada “Entrenamiento Estructurado”. Esta propuesta de entrenamiento concibe al deportista como un todo integrado por diferentes estructuras complejas que se relacionan entre sí (Tarragó, Massafred-Marimón, Seirul-lo y Cos, 2019):

¹² Duarte, Araújo, Correia y Davids (2012), afirman que, por su funcionamiento interno y su grado de sincronización, los deportes colectivos funcionan como *superorganismos*.

- ❖ Estructura cognitiva: se encarga del tratamiento de la información, percepción-acción.
- ❖ Estructura coordinativa: determina el movimiento, la posibilidad de ejecutar el movimiento de la forma que desee.
- ❖ Estructura condicional: es de valor físico; fuerza, velocidad y resistencia; son estimulados cuando la musculatura se contrae en las diferentes órdenes recibidas
- ❖ Estructura socio-afectiva: determinan la afectividad dentro del grupo. Calidad y estabilidad de las relaciones. Sentimientos y afectos.
- ❖ Estructura emotivo-volitiva: está relacionada con los sentimientos propios y los estados de ánimo (niveles de ansiedad, cansancio, estrés, liderazgo, etc.). Identifica, regula y encausa todas las emociones.
- ❖ Estructura creativa-expresiva: relacionada con las relaciones interpersonales que aparecen en competición permiten proyectar el yo personal en la actividad deportiva.
- ❖ Estructura bioenergética: relacionada con las vías energéticas.
- ❖ Estructura mental: Combinación y recombinación de facultades cognitivas que posibilita la autoconciencia y el razonamiento evolutivo de nuestros “mundos interiores”.

Los autores concuerdan que, en el siglo XX, el entrenamiento en el fútbol (y en el resto de deportes), ha estado dominado por la perspectiva cartesiana, es decir, prácticas cuantitativas basadas en ejercicios analíticos en secuencias lineales que tenían por objetivo “construir” jugadores para satisfacer las exigencias del modelo conductista (mente) y mecanicista (cuerpo). En cambio, con las nuevas propuestas sistemáticas abiertas, y no lineales, Seiru-lo afirma:

Desde la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy, el concepto de aprendizaje se transformó en un acto dinámico en el que se producen

complejidad de interacciones y en el que el individuo es el verdadero protagonista (Seirul-lo, 2004, en Morente y Fradua, 2012).

Seirul-lo no habla de preparación física como tal en el Deporte¹³, sino que únicamente existe la mejora del “ser humano deportista”. Esta mejora se produce cuando se valora el interior del deportista, teniendo en cuenta sus necesidades y su voluntad. El entrenamiento debe ser significativo desde el interior, reorganizando su propia visión personal de la experiencia motriz. El jugador es en sí mismo un sistema global, formado por diferentes estructuras, y dentro de otro sistema más grande, como es el equipo. Propone además conceptos muy importantes en la práctica deportiva: variabilidad de la práctica y entrenamiento en especificidad (Lago-Peñas, Martín-Acero, Lalín y Seirul-lo, 2013; Tarragó et al., 2019).

Por otro lado, los trabajos de Lago-Peñas (2000) y Martín-Acero y Lago-Peñas (2005), también se acogen a los postulados sistémicos de Bertalanffy. Afirman que cada equipo deportivo puede ser entendido como un sistema complejo, organizado según una jerarquía de dimensiones, concretadas en sociedades. Hablan de la forma de interacción e interdependencia que se produce entre los elementos que forman parte del sistema (p. 125):

- **Microsistema:** hace referencia a los episodios de duelo individual (1x1), a la dimensión individual, que se producen en el entorno inmediato en el que tiene lugar la participación de cada jugador (elemento del sistema).
- **Mesosistema:** hace referencia a los episodios de duelo parciales entre una parte de los dos sistemas, como diadas (2x2), tríadas (3x3). Es la dimensión parcialmente colectiva, y comprende las interrelaciones entre dos o más entornos inmediatos en los que el deportista participa.

¹³ Seirul-lo, P. y Cappa, A. (2007). En prensa

- **Macrosistema:** hace referencia a los episodios de conflicto dual entre los dos sistemas (equipos), que se enfrentan. Es la dimensión colectiva del sistema.

La existencia de estos niveles de interacción está comenzando a ser cotejada en la literatura científica a nivel microestructural (Duch, Waitzman y Amaral 2010, Maneiro y Amatria, 2018; Maneiro, Amatria y Anguera, 2019; Maneiro, Amatria y Anguera, 2020); mesoestructural (Lago-Peñas y Anguera, 2003; Castellano, 2000; y Garganta 1997); así como también macroestructural (Clemente, Sarmiento, Teoldo, Enes y Lima, 2019), Maneiro, Amatria, Moral y López, 2018; Passos, Araújo, Davids, Gouveia, Serpa y Milho, 2009). Aunque todavía falta mayor evidencia que sustente empíricamente estas propuestas.

Por último, Torrents (2005), basándose en estudios previos (Balague y Torrents, 2000; Balague, 2005) propone el concepto “dinámico” para enfatizar en la evolución y cambio que presenta todo sistema. El organismo humano es en sí mismo un sistema dinámico, con múltiples interacciones entre todos los elementos que integran y conforman el control postural y la competencia motriz humana. Para ello, propone un entrenamiento basado en la variabilidad, y respetando la autoorganización interna de cada individuo que es entrenado. La teoría de los sistemas dinámicos todavía continúa en desarrollo (Hristovsky, Aceski, Balagué, Seifert, Tufekciievsky y Aguirre, 2017).

A nivel internacional también es posible constatar una expansión de la teoría de sistemas y teoría de sistemas complejos en el mundo del Deporte.

Aunque existen estudios retrospectivos desde el control motor (Schmidt, 1975), es posible situar en los estudios de Keith Davids y Tim McGarry la consolidación del tratamiento de los deportes colectivos desde la molaridad y la no linealidad¹⁴. En el trabajo de

¹⁴ Se tiene en cuenta la posible existencia de estudios anteriores en deportes colectivos, como el de Teodorescu (1984), en donde afirmaba que los equipos deportivos representan “un microsistema social complejo y dinámico”.

McGarry y Franks (1996), analizan las interacciones entre los jugadores que forman parte del “sistema” del equipo, demostrando que se comportan como sistemas dinámicos complejos y no-lineales, en donde la interacción entre los sistemas (equipos) es la que determina el comportamiento, adaptándose en función de las situaciones tácticas y espaciales cambiantes. Años más tarde, Lames y McGarry (2007), citando estudios previos (McGarry, Khan y Franks, 1999), afirman:

A game sport is a complex system that consists of at least of two players, with each player possessing many alternatives regarding how to act. Thus a game sport is comprised of subsystems with dynamic interactions among the subsystems. Indeed, dynamical properties are essential considerations for a complex system. In this context, the shared objectives that the two parties are competing for may well be conceived as attractors for the complex system [...]. There would therefore seem to be good reason to consider the merits of dynamical systems theory for the structural modelling of game sports (p.10)

Por otro lado, los primeros trabajos Davids (1988), Davids y Hyford, (1994) y Davids, Hyford y Williams (1994), ayudaron a sentar las bases de la perspectiva ecológica en el mundo del Deporte, y conceptualizar al deportista no como un individuo que actúa aislado del entorno, sino que sus mecanismos conductuales están influenciados y retroalimentados por el entorno. Davids et al., (1994), afirman:

The control mechanism for the actions of a species is neither solely 'within' the organism nor in the environment. An ecological approach describes a living system and its environment as constantly engaged in energy transactions (see Williams et al., 1992, for a fuller description). In sport, a mutually constraining relationship exists between an athlete and the performance environment. The athlete relies on the information in the environment to support the co-ordination of actions in relation to important events, objects and surfaces (Gibson, 1979). Actions then change the structure of the energy distributions within the environment in meaningful ways. (p. 508)

Davids (1988), propuso el concepto de “especificidad variable”. Aludía a la necesidad de respetar lo máximo posible las circunstancias originales en las cuales se desarrolla la conducta.

Sin embargo, Davids no sólo alertaba de la necesidad de tener en cuenta la influencia externa como variable moduladora del desempeño del deportista, sino que ponía el foco en la sinergia, es decir, la capacidad de un individuo para influir en las conductas de los compañeros cercanos, y viceversa (Davids, Hristovski, Araújo, Balagué, Button y Passos, 2014). La perspectiva de la dinámica ecológica busca predecir las condiciones bajo las cuales los individuos pueden coordinar mejor los movimientos con otros, y qué características de una situación pueden facilitar o perturbar la coordinación interpersonal a la hora de completar una tarea motora. Esto afirmaba en 2013:

The integrated levels interact at different scales during performance: From molecular and cellular levels to physiological subsystems, athletes, and coaches, members of a team or team opponents, giving a global and coherent vision of sport related behaviour. Techniques, tactics, physical capacities, decisions, thinking, or physiological processes, creativity, or social dynamics (as fans violence) are no longer treated as isolated or independent aspects but have interdependencies and common traits (Balague, Torrents, Hristovski, Davids y Araújo, 2013, p. 6).

Bajo la luz de esta nueva perspectiva, han aparecido nuevas formas de abordar el estudio de la interacción. La Ciencia en torno al Deporte comienza a tender puentes con otras ramas del conocimiento, valiéndose de instrumentos y herramientas que a priori antes poco o nada tenían que ver con su ámbito de conocimiento, pero ahora se volvían atractivas y potencialmente válidas debido a su versatilidad para adaptarse a diferentes contextos.

Sentadas las bases de la concepción del Deporte como un sistema dinámico, y con un encaje idóneo en la arquitectura de la teoría de sistemas de Bertalanffy (1976), gran parte de la comunidad científica internacional se ha acogido a esta nueva forma de abordar los “problemas prometedores” (Popper, 1991). Han sido muchos los estudios que han enfocado el diseño de sus investigaciones teniendo en cuenta

la molaridad que representa el equipo (o el deportista), la dinámica no lineal de sus procesos, la sinergia de las relaciones interindividuales, la influencia del ambiente y la entropía inherente:

- 1- Las interacciones que se producen durante el acoplamiento entre elementos oscilantes en un sistema colectivo producen características dinámicas que describen las interacciones en los equipos deportivos (McGarry, 2009).
- 2- Es necesaria una buena coordinación entre las acciones de los miembros de un mismo equipo para conseguir una ventaja respecto al equipo contrario (Riera, 2005).
- 3- Las tendencias de coordinación interpersonal en un sistema adaptativo no surgen únicamente de la organización cognitiva o neuronal de los individuos, sino también de la forma en que interactúan los elementos del organismo (Santos et al., 2018).
- 4- Existe evidencia que sugiere que la coordinación interpersonal puede surgir de manera subconsciente (Stevens, 1976, en Santos et al., 2018).
- 5- El rendimiento en deportes de equipo se entiende como el resultado de las relaciones interpersonales entre compañeros de equipo y oponentes y, en consecuencia, tales interacciones deben considerarse inseparables para el análisis de las conductas (Bourbousson et al., 2010, en Santos et al., 2018).
- 6- Un equipo de fútbol puede concebirse como un sistema complejo cuyos elementos interrelacionados generan una gran variedad de patrones a una escala macro. Las estructuras dinámicas emergentes deben contemplarse en su totalidad (Passos et al., 2016).
- 7- Al igual que en la Biología, en los deportes de equipo los individuos basan sus decisiones en fuentes de información adquiridas localmente, como el posicionamiento relativo, la dirección del movimiento o el cambio de dirección del movimiento de los compañeros que operan en el sistema (Krause y Ruxton, 2010, en Duarte et al., 2012).

- 8- Cada individuo en un grupo es diferente en términos de herencia genética, experiencia previa y roles específicos en el grupo. Es ampliamente aceptado que la variación interindividual es un proceso valioso que puede llevar a la variabilidad del sistema y producir un suministro continuo de nuevas soluciones a los desafíos que se presentan entre los grupos (Sumpter, 2016).
- 9- La realidad de los deportes de equipo está muy lejos de poseer una extensa clase de estados iniciales, característica del caos, ya que en todos estos deportes se inician los episodios de conflicto dual a partir de un estado inicial especial de equilibrio inestable (atacar-defender, iniciativa-expectativa, posesión-no posesión del móvil) (Martín-Acero y Lago-Peñas, 2005).
- 10- La especialización funcional, y la integración funcional son propiedades de los sistemas biológicos que han llevado a algunos científicos a abogar por que los grupos altamente coordinados se comportan como “superorganismos”, ya que los individuos que poseen altos niveles de variabilidad interindividual pueden cooperar juntos y realizar su labor como una sola entidad social (Duarte et al., 2012).
- 11- Las interacciones entre los agentes en los equipos deportivos, definidas como sistemas sociales colectivos, revelan principios subyacentes comunes. En este sentido, las interacciones emergentes entre jugadores de un equipo se sustentan en intercambio de flujo informativo (Araújo y Davids, 2016).
- 12- Las acciones de los organismos individuales (por ejemplo, los jugadores de un equipo), se restringen y se ven limitadas por las acciones de organismos vecinos (compañeros y oponentes). La coordinación y la reorganización de estas interacciones se producen a través de procesos de retroalimentación controlados externamente y sostenidos por el intercambio continuo de información entre los individuos del grupo (Krause y Ruxton, 2010, en Duarte et al., 2012).

- 13-El comportamiento del jugador se produce en interacción, con lo que su actuación pierde contacto con sus iniciales intenciones, incluso a pasar por críticos momentos donde la propia conducta en interacción (cambios provocados por la misma) impide alcanzar los objetivos. (Martín-Acero y Lago-Peñas, 2006).
- 14-La eficacia de un equipo podría aumentar cuando todos los jugadores compartan y pongan en práctica una representación mental sofisticada, global y completa de un contexto de rendimiento de una acción colectiva. La falta de coordinación entre las intenciones de los intérpretes individuales y las del grupo implica que aún no se ha logrado un rendimiento colectivo compartido (Eccles, 2010).
- 15-Los individuos no evolucionan pasivamente para encajar en un entorno preexistente. Más bien, los individuos y sus entornos co-evolucionan activamente, y la modificación del entorno de cada individuo tiene un papel constitutivo en este proceso de coevolución (Withagen y van Wermeskerken, 2010).
- 16-Los procesos de coordinación que caracterizan a una sinergia no se basan en una cooperatividad de componentes estructurales, sino en la cooperatividad de sus roles funcionales (Duarte et al., 2012).
- 17-Desde la dinámica ecológica de los deportes de equipo se ha intentado explicar cómo las interacciones entre los jugadores y la información del entorno limitan el surgimiento de patrones de estabilidad, variabilidad y transiciones a estados organizativos (Duarte et al., 2012).
- 18-En los deportes de equipo, la acción se construye colectivamente mediante la interacción de los deportistas que participan en cada uno de los actos molares que la componen. La implicación de los participantes no se limita a un único entorno inmediato; su comportamiento se ve afectado por hechos que ocurren en escenarios en los que ni siquiera se hayan presentes. La actividad intencional de cada deportista

dispone en los diferentes episodios del juego no se corresponde necesariamente con las conductas motrices que percibe un observador externo (Simon, 1979, en Martín-Acero y Lago-Peñas, 2006).

- 19-Los deportes de equipo se comportan como sistemas complejos. Los jugadores interactúan continuamente durante el juego y exhiben patrones de interacción que pueden identificarse e investigarse tanto a nivel individual como colectivo (Fonseca, Milho, Travassos y Araújo, 2012).
- 20-El todo puede abarcar y trascender las partes, pero las partes no tienen nada del todo (Ingold, 2015, en Duarte et al., 2012).
- 21-La flexibilidad no es una pérdida de estabilidad, sino que es un signo de adaptabilidad (es decir, una adaptación perceptiva y motriz a las restricciones de interacción), para facilitar cambios en los patrones de coordinación y al mismo tiempo mantener la estructura funcional (Seifert, Komar, Araújo y Davids, 2016).
- 22-La correcta aplicación del paradigma de la complejidad significará un gran salto en la comprensión de los deportes de equipo, en la elaboración de su teoría del rendimiento en competición, y por tanto en la mejor adecuación de su entrenamiento y desarrollo metodológico (Martín-Acero y Lago-Peñas, 2006).
- 23-Los niveles integrados interactúan a diferentes escalas durante el rendimiento: desde niveles moleculares y celulares a sistemas fisiológicos y de rendimiento (Balagué et al., 2013).

En definitiva, la Teoría de Sistemas, y la Teoría de Sistemas Complejos, son una potente herramienta que abre una puerta a una nueva alternativa a la hora de abordar el estudio no sólo del Deporte, sino de cualquier entidad que esté en interacción.

Su propuesta en 1976 ha abierto una ventana conceptual y procedimental a su aplicación a diversas disciplinas como la Medicina, la Política, la Sociología o la Fisiología humana.

A pesar de que sus principios son ambiciosos, y su acogida por parte de la comunidad científica ha sido positiva y alentadora, la Teoría General de Sistemas todavía necesita tiempo para alcanzar una consolidación definitiva.

El reto es trasladar de manera definitiva la teoría a la demostración empírica, consolidando científicamente sus postulados en las diferentes ramas del saber, y con la aspiración de sentar las bases de una futura *Ley General de Sistemas*.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aracil, J. (1986). *Máquinas, sistemas y modelos. Un ensayo sobre sistemática*. Madrid: Tecnos.
- Araújo, D., y Davids, K. (2016). Team synergies in sport: theory y measures. *Frontiers in Psychology*, 7, 1449.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01449>
- Balagué, N. (2005). La interacción atleta-entrenador desde la perspectiva de los sistemas dinámicos complejos. *Red: Revista de Entrenamiento Deportivo*, 19(3), 21-29.
- Balagué, N. y Torrents, C. (2000). Nuevas tendencias en entrenamiento deportivo: perspectiva de la teoría de los sistemas dinámicos. *Red: Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14(3), 17-21.
- Bertalanffy, V. L. (1976). *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Castellano, J. (2000). *Observación y análisis de la acción de juego en el fútbol* [tesis doctoral]. Universidad del País Vasco. Euskadi.
- Clemente, F., Sarmiento, H., Teoldo, I., Enes, A., y Lima, R. (2019). Variability of technical actions during Small-Sided Games in young soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 69, 201–212. DOI: 10.2478/hukin-2019-0013
- Davids, K. (1988). Ecological Validity in Understying Sport Performance: Some Problems of Definition. *Quest*, 40(2), 126–136. DOI:10.1080/00336297.1988.10483894.
- Davids, K. y Hyford, C.H. (1994). Perception y action in sport: The theories behind the practice. *Coaching Focus*, 26, 3-5.
- Davids, K., Hristovski, R., Araújo, D., Balagué, N., Button, C., y Passos, P. (Eds.) (2014). *Complex systems in sport*. London: Routledge.

- Davids, K., Hyford, C. y Williams, M. (1994). The natural physical alternative to cognitive theories of motor behaviour: ¿an invitation for interdisciplinary research in sports science? *Journal of Sports Sciences*, 12, 495-528.
- Duarte, R., Araújo, D., Correia, V., y Davids, K. (2012). Sports teams as superorganisms. *Sports Medicine*, 42(8), 633-642.
- Duch J, Waitzman JS, Amaral, L. (2010) Quantifying the Performance of Individual Players in a Team Activity. *PLoS ONE* 5(6): e10937. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010937>
- Eccles, D. (2010). The coordination of labour in sports teams. *International Review of Sport & Exercise Psychology*, 3(2), 154-170.
- Fonseca, S., Milho, J., Travassos, B., y Araújo, D. (2012). Spatial dynamics of team sports exposed by Voronoi diagrams. *Human Movement Science*, 31(6), 1652-1659.
- Garganta, J. (1997). *Modelação táctica do jogo de Futebol. Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento* [tesis doctoral]. Universidad de Oporto. Oporto
- Hristovsky, R., Aceski, A., Balagué, N., Seifert, L., Tufekcievsky, A. y Aguirre, C. (2017). Structure y dynamics in European sports science textual contents: Analysis of ECSS abstracts (1996-2014). *European Journal of Sport Science*, 17(1), 19-29. DOI:10.1080/17461391.2016.1207709
- Kuhn, T. (2001). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo Económico.
- Lago Peñas, C., & Anguera Argilaga, M. T. (2003). Utilización del análisis secuencial en el estudio de las interacciones entre jugadores en el fútbol de rendimiento. *Revista de psicología del deporte*, 12(1), 0027-37.
- Lago-Peñas, C. (2000). *La acción motriz en los deportes de equipo de espacio común y participación simultánea* [tesis doctoral]. Universidade da Coruña: A Coruña
- Lago-Peñas, C., Martín-Acero, R., Lalín, C., y Seirullo, F. (2013). Causas objetivas de planificación en DSEQ (II): La Microestructura (Microciclos). *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 27(2). Recuperado de <https://revista-deentrenamientodeportivo.com/articulo/causas-objetivas-de-planificacion-en-dseq-ii-la-microestructura-microciclos1599-sa-Y57cfb272330d8/>
- Lames, M., y McGarry, T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 62-79.
- Longa, V. M. (2005). Filosofía de la Ciencia y ciencia no lineal. *Teorema: Revista internacional de filosofía*, 19-33.

- Lorenz, E. N. (1960). Maximum simplification of the Dynamic equations. *Tellus*, 12, 243-254.
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20(2), 130-141.
- Maneiro, R., Amatria, M., & Anguera, M. T. (2020). Diachronic analysis application for the detection of soccer performance standards: a case study. *International Journal of Computer Science in Sport*, 19(2), 77-109.
- Maneiro, R., Amatria, M., Moral, J.E., y López, S. (2018). Análisis observacional de las relaciones interlíneas de la Selección Española de Fútbol, mediante coordenadas polares. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 18(2), 18-32.
- Maneiro, R., y Amatria, M. (2018) Polar Coordinate Analysis of Relationships With Teammates, Areas of the Pitch, y Dynamic Play in Soccer: A Study of Xabi Alonso. *Frontiers in Psychology*, 9:389. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00389
- Maneiro, R. (2021). Aproximación mixed methods en deportes colectivos desde técnicas estadísticas robustas [Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Barcelona]. Barcelona
- Martín-Acero, R. y Lago-Peñas, C. (2005). *Deportes de equipo: comprender la complejidad para elevar el rendimiento*. Barcelona: INDE.
- McGarry T., y Franks, I. M. (1996). In search of invariant athletic behaviour in sport: an example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 14(5), 445-456.
- McGarry, T. (2009). Applied y theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues y challenges. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 128-140.
- McGarry, T., Khan, M.A. y Franks, I.M. (1999). On the presence y absence of behavioural traits in sport: an example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 17, 297-311.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., Gouveia, L., Serpa, S., Milho, J., et al (2009). Interpersonal pattern dynamics y adaptive behavior in multiagent Neurobiological systems: Conceptual model y data. *Journal of Motor Behavior*, 41, 445-459.
- Poincaré, H. (1881). Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle. *Journal of Mathematics*, 7, 375-442
- Popper, K. R. (1991). *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Paidós Ibérica.
- Punset, E. (2012). *Adaptarse a la marea: Cómo tener éxito gracias a la selección natural*. España: Planeta.

- Reep, C., y Benjamin, B. (1968). Skill y chance in association football. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 131(4), 581-585.
- Reilly, T. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Human Movement Studies*, 2, 87-97.
- Riera, J. (2005) *Habilidades en el Deporte*. Barcelona: Inde.
- Santos, R., Duarte, R., Davids, K., y Teoldo, I. (2018). Interpersonal coordination in soccer: interpreting literature to enhance the representativeness of task design, from dyads to teams. *Frontiers in Psychology*, 9, 2550.
- Schmidt, R. A. (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Seifert, L., Komar, J., Araújo, D., y Davids, K. (2016). Neurobiological degeneracy: A key property for functional adaptations of perception y action to constraints. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 69, 159-165.
- Seirul·lo, F. (2003). *Sistemas Dinámicos y Rendimiento en Deportes de Equipo*. 1st Meeting of Complex Systems y Sport. INEFC-Barcelona.
- Seirul·lo, F. (1994). *Preparación física aplicada a los deportes colectivos: Balonmano*. Santiago de Compostela: Lea.
- Seirul·lo, F. (2001). Entrevista de metodología y planificación. *Training Fútbol*, 65, 8-17.
- Seirul·lo, F. (2010). Estructura socioafectiva. Documento INEFC – Barcelona. Tomado de: http://www.motricidadhumana.com/estructura_socioafectiva_doc_seirul_lo_Outline_drn.pdf
- Sumpter, D. (2016). *Fútbol y matemáticas*. Barcelona: Ariel.
- Tarragó, R., Massafred-Marimón, M., Seirul·lo, F., y Cos, F. (2019). Training in Team Sports: Structured Training in the FCB. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 103-114. DOI:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.08
- Torrents, C. (2005). *Teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo*. [tesis doctoral]. Universitat de Barcelona: Barcelona.
- Withagen, R., y van Wermeskerken, M. (2010). The role of affordances in the evolutionary process reconsidered: A niche construction perspective. *Theory & Psychology*, 20(4), 489-510.