

Módulo 1. Historia y evolución de *sports analytics*

1.1. Introducción

El objetivo de este módulo será conocer los primeros fundamentos del análisis del deporte para introducirlo y motivarlo en el nuevo mundo del *sports analytics*. A la vez, queremos despertar en usted un espíritu crítico sobre las oportunidades y posibilidades que tiene esta tecnología y, sobre todo, que no os metan un gol. ¿Qué quiere decir esto? Veremos que *sports analytics* existe ya desde hace tiempo en el mundo profesional, veremos su gran evolución y cambios ocurridos en los últimos años, conoceremos información actualizada de expertos a tener presente en este ámbito y presentaremos las ideas introductorias para quienes son nuevos en este campo de estudio.

Actualmente conocemos muchas cosas que se han dicho en el mundo del fútbol, pero en ocasiones no tenemos toda o suficiente información. En la industria del deporte se suele abusar del término *big data* y se olvida de lo más importante: de dónde vienen estos datos y si realmente hay algún problema o intención de querer utilizarlos. El vídeo refleja la importancia del proceso que conlleva el método científico y lo que se puede aprender de él. El método científico es un ciclo que, antes de afirmar cualquier opinión o creencia, nos hace pensar en su proceso: desde que se formula un problema (con su hipótesis), se lleva a cabo un plan, pensar en el tipo de recolección de datos e información que hay disponible, se realiza un análisis y, posteriormente, se realiza la comunicación e interpretación sobre el problema inicial.

1.2. El fenómeno del *sports analytics*

La evolución del deporte en los últimos años ha sido importante y, como sabemos, ha dado lugar a una gran expectación, a un importante impacto económico, de salud, transferencia de industria. También ha generado una nueva área de conocimiento como e impulsó la creación de centros del conocimiento e innovación deportiva, como Barça Innovation Hub.

Actualmente, el deporte está controlado por medio de una amplísima gama de registros que analizan entornos muy variados: desde la fisiología del ejercicio, la psicología, el

marketing, la medicina hasta los modernos sistemas digitales de análisis de los rendimientos durante la competición.

En este momento el reto del conocimiento no está en el incremento del tipo de registros que se pueden generar y utilizar (que, seguro aumentará de forma paralela al progreso tecnológico), sino que vendrá como consecuencia de la correcta selección de los registros que sean más acurados y relevantes para los usuarios expertos. También será importante la adaptación y evolución de la creación de nuevos equipos multidisciplinares (que integran ciencias como las matemáticas, estadística, física, filosofía, computación, entre otras), que estén familiarizados con el contexto del mundo del deporte, que aporten un mayor conocimiento y ayuden a resolver los problemas prácticos a corto, medio y largo plazo.

La comunidad del deporte más cercana al ámbito científico tiene claro que el tratamiento estadístico y matemático de esta enorme cantidad de datos que se producen en la actualidad está abriendo una nueva área de conocimiento y de negocio. Hemos pasado de anotar los registros que vemos en un partido de fútbol o baloncesto (análisis notacional) a poder obtener una gran gama de registros procedentes de tecnologías cada vez más sofisticadas.

En resumen, disponemos de mayor tecnología a nuestro alcance, lo que se traduce en muchos más datos, pero nos falta tomar mejores decisiones a partir de adecuados modelos y análisis estadísticos. Aquí se emplea lo que el estadístico Frank Harrell llama el *statistical thinking*.

Actualmente, oímos hablar mucho más de estadística (o *analytics*) en el deporte que hace unos años. La estadística deportiva es más popularmente conocida con el término **análisis del deporte** (*sports analytics*, en inglés). Los conocidos perfiles de *sports analyst* son más utilizados en Estados Unidos (US) y el término *performance analyst*, en países del Reino Unido (UK). Pero ¿qué es realmente el *sports analytics*? Luego de completar este y los siguientes módulos podremos contestar esta pregunta, pero *sports analytics* nos lleva actualmente a pensar en el interés por el análisis de datos que tienen los miembros de un mismo staff (por ejemplo el entrenador, analista, médico, fisioterapeuta, preparador físico, etc.) “gracias a la película de *Moneyball*, las constantes innovaciones tecnológicas disponibles actualmente, conferencias de la industria del análisis del deporte como el Sloan, o conferencias científicas y trabajos recientes de científicos de datos del deporte” (Casals, 2018, <https://barcainnovationhub.com/es/bioestadistica-ciencias-del-deporte/>).

El fenómeno del *sports analytics* no es una actividad individual. Desde el punto de vista del negocio tendimos a buscar a un jugador o un analista o científico de datos “superestrella” en nuestro equipo. De todas formas, muchas veces olvidamos que lo más

importante es construir un equipo multidisciplinar donde se consideren también otras disciplinas que engloba esta tarea como son las ciencias del deporte, ciencias del comportamiento, la medicina y la visualización de datos, entre otras, además de la estadística, la cual se debe orientar hacia un enfoque más táctico y que optimice el rendimiento del deporte.

Estamos ante una nueva cultura orientada a los datos que exige cambios al modelo de gestión actual de las organizaciones. En el deporte, como en otros ámbitos, esto no será inmediato. De momento se han empezado a crear y renovar departamentos de analítica del deporte en los clubes [por ejemplo en la NBA], permitiendo acercar a diferentes profesionales de un mismo cuerpo técnico (analistas, preparadores físicos, fisioterapeutas, entrenadores) con científicos de datos (Casals, 2018, <https://barcainnovationhub.com/es/bioestadistica-ciencias-del-deporte/>).

Las habilidades y formaciones de estos científicos de datos pueden ser diversas y será importante (como se comentará en el módulo siguiente) conocer bien qué tipo de científico de datos quiere en su equipo. Entre ellos, los estadísticos deportivos tienen un interesante perfil que coincide en un momento en el que la ciencia de la estadística y su profesión están en auge. Este trabajo es considerado uno de los más sexys del siglo XXI.

Es muy común preguntarse quién puede estar realmente interesado en la estadística aplicada al deporte. Nos sorprenderíamos al ver la cantidad de profesionales atraídos por ello, desde *managers* deportivos o *decision-makers*, jugadores, entrenadores, preparadores físicos, médicos, readaptadores, periodistas, o corredores de apuestas, *scouts* o videoanalistas, hasta científicos del deporte, académicos, fans, psicólogos, epidemiólogos, científicos de otros ámbitos y estadísticos (ver figura 1). Realmente es mucha la gente interesada, pero la pregunta clave será conocer cuál es el objetivo real de cada uno de ellos. Es decir, ¿para qué quieren analizar datos en el deporte? y ¿con qué finalidad? La mayoría de los estudiantes de este curso, interesados en un perfil de analista deportivo, hablareis con diferentes perfiles y será clave la comunicación entre vosotros para intentar resolver un problema con un objetivo global común.

Figura 1: ¿Quién puede estar interesado en analizar datos en el deporte?



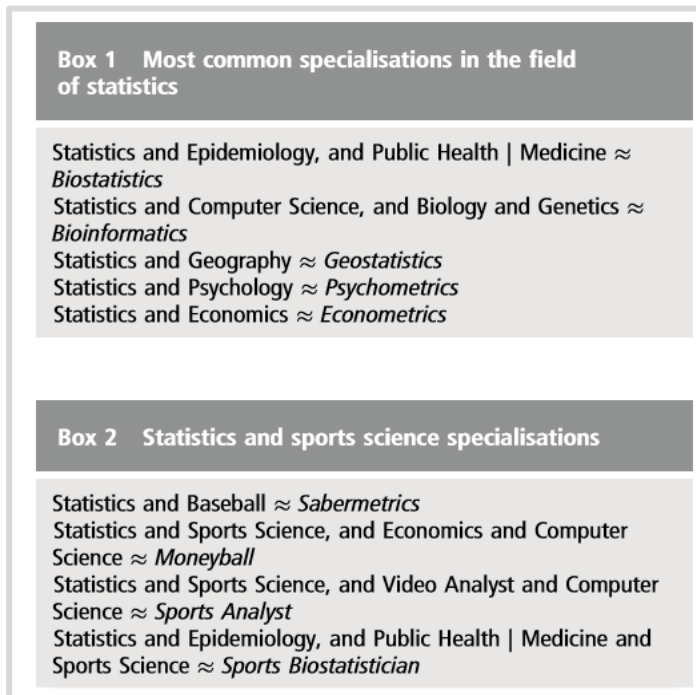
- Managers and Decision makers
- Coaches
- Trainers
- Players
- Journalists
- Bookmakers
- Betting market
- Analysts, Scouts and video analysts
- Academics
- Fans
- Sports Scientists
- Sports medicine experts
- Physicians
- Physiotherapists
- Psychologists
- Epidemiologists
- Researchers (other fields)
- Statisticians (design and develop new statistical analysis models...)

Casals M, Finch CF. Sports Biostatisticians – a critical member of all sports science and medicine teams for injury prevention. *Injury Prevention*. DOI: 10.1136/injuryprev-2016-042211

Fuente: Casals y Finch, 2016.

En el mundo científico creció el interés por la aplicación de la estadística y, sobre todo, en su mayor rigor científico, en la medicina del deporte y las ciencias del deporte en general. La estadística, unida a otras habilidades o profesiones, ha creado diferentes especializaciones comunes, como la bioestadística, la bioinformática, la geoestadística, la econometría y la psicometría (ver figura 2). La película *Moneyball* bajo la dirección, Bennett Miller y la producción, Michael De Luca. Ayudó también a despertar el interés de científicos del deporte y, de esta manera, a conocer diferentes especializaciones del deporte, como *sabermetricians*, *Moneyball*, *sports analysts* y *sports biostatistics*, donde la habilidad de la estadística está siempre presente.

Figura 2: Especializaciones comunes en el ámbito de la estadística



Fuente: Casals y Finch, 2016.

1.3. Especializaciones en la estadística deportiva

Sabermetrics:

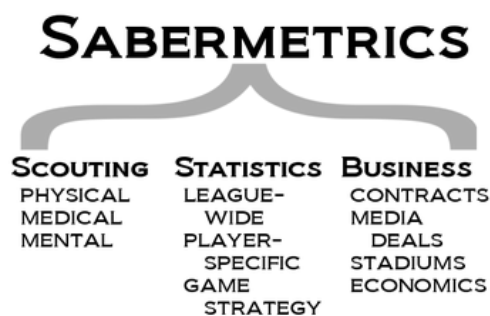
Una de las primeras profesiones relacionadas con el análisis de datos en el deporte son los *sabermetricians*, expertos en estadística avanzada en el béisbol (ver figura 3).

Figura 3: *Sabermetrics*, el estudio de la estadística avanzada en el beisbol

$$f(\text{Sabermetrics}) = \text{statistics} + \text{scouting} + \text{business} + \epsilon$$

In words: Sabermetrics the study of baseball statistics, baseball scouting, baseball business, and anything yet-known or missed by myself (which is the “ε” epsilon).

More specifically:



Fuente: elaboración propia con base en [Imagen sin título sobre *Sabermetrics*], 2013.

Sabermetr:

«Es el análisis empírico del béisbol, especialmente basado en las estadísticas recogidas durante los partidos. Los sabermetricians recogen y recopilan los datos relevantes que se producen durante un partido para responder preguntas específicas. El término deriva del acrónimo SABR (Society for American Baseball Research), fundada en 1971. La palabra *Sabermetrics* fue creada por Bill James, que es uno de los pioneros en este campo, y es considerado la cara visible del movimiento» (Lluís Carrillo, 2017, <https://www.beisbolmlb.com/sabermetrics-que-es>).

En 1980, Bill James define *sabermetrics* como "the search for objective knowledge about baseball" (...) often using statistical analysis to question traditional measures of baseball evaluation such as batting average and pitcher win" (Birnbaum, s/f, <https://sabr.org/sabermetrics>).

Una de las guías de la investigación sobre *sabermetrics* fue creada por Phil Birnbaum y puede encontrarse en <https://sabr.org/sabermetrics>. Esta guía brinda los puntos clave a tener en cuenta antes de adentrarse en el mundo del *sports analytics*, donde se repasan aspectos a tener en cuenta de la base de *sabermetrics*, cómo realizar buenas preguntas, cómo encontrar *raw data*, y dónde publicar información relacionada con ciencia y analítica del béisbol. Además, contiene información de la revista *By the numbers newsletters* para el *Statistical Analysis Research Committee* que ofrece datos para entender la historia del análisis del deporte hasta la actualidad, teniendo en cuenta siempre el mundo científico y también la industria del deporte.

Moneyball:

Moneyball es un libro (Lewis, 2003) y luego una película que marcaron un punto de inflexión en el pensamiento analítico de los equipos de bajo presupuesto. La misma, narra la historia de un equipo de béisbol que utiliza enfoques estadísticos novedosos para ayudar a los *general managers* a tomar decisiones para conseguir el éxito deportivo. El filme narra la historia de un equipo pobre: Oakland Athletic's (un equipo relativamente bueno, pero que a fines de la temporada de 2002 pierde 3 jugadores). Su *general manager* Billy Beane decide no hacer lo mismo que otros equipos y, apostando por métodos estadísticos, intentó fichar jugadores y construir su plantel teniendo en cuenta su poco presupuesto. Este equipo fue, pues, el primero en priorizar el análisis cuantitativo mediante estadísticas y datos para tomar decisiones. Después, con la película, muchos clubes de bajo presupuesto (Brewers, Indians y Rays) siguieron el enfoque de Oakland Athletic's (ver figura 4). Brad Pitt, en el papel de Billy Beane, consiguió que Oakland Athletic's ganara el mismo número de partidos que los New York Yankees,

aunque luego fueron eliminados en *playoff*. Dos años más tarde, otro equipo (los Red Sox) ganaron la liga con el mismo modelo que emplearon los Oakland Athletic's.

Figura 4: Oakland Athletics



Fuente: Hoffman, 2012.

La película *Moneyball*, a diferencia de lo que es *sabermetrics*, se centra más en el valor y precio de los jugadores. De hecho, hubo algunas críticas y comentarios por parte de los *sabermetricians* de cómo habían enfocado y mostrado su perfil en el filme. Se puede encontrar más información sobre ello en <https://sabr.org/latest/commentary-critiques-new-moneyball-movie>.

El *moneyball* es una estrategia para usar el análisis de datos y se enfoca cómo sacar el mayor valor a la inversión realizada en la construcción de una franquicia deportiva. El concepto consiste en seleccionar y analizar datos para identificar jugadores infravalorados para que equipos con presupuestos más bajos puedan competir a un buen nivel.

El *moneyball* puede ser eficaz, pero no siempre es la mejor estrategia para las franquicias o equipos. Los sistemas de información y análisis del deporte pueden requerir una importante inversión en herramientas y personal.

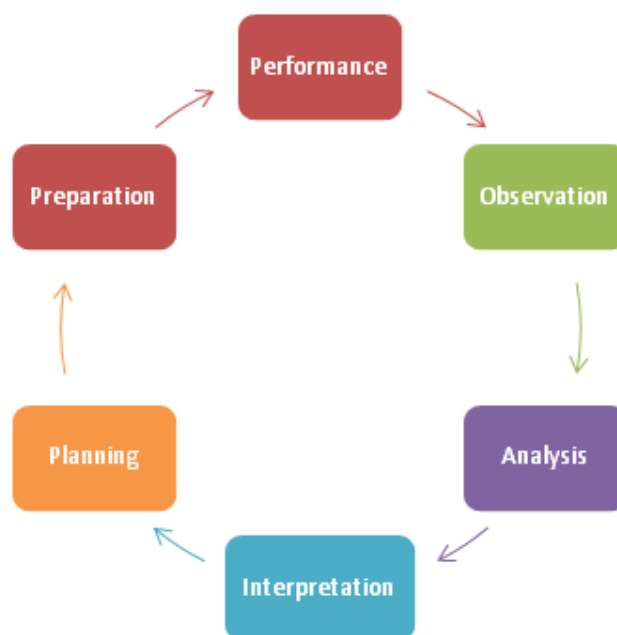
Performance analysis:

En general, el análisis del rendimiento (o *performance análisis*, como se lo conoce en el Reino Unido) se puede clasificar en dos categorías principales: análisis notacional (*notational analysis*) y análisis de movimiento (*motion analysis*) (Carling, 2005). El análisis notacional proporciona un registro de características sobre la posición de la

pelota, los jugadores involucrados, la acción en cuestión, el tiempo y el resultado de la actividad, etc. El análisis de movimiento, por su parte, se centra más en las características crudas de la actividad y el movimiento de un individuo; por ejemplo, identifica la fatiga y la medición de la carga de trabajo.

El análisis de rendimiento no se trata solo de analizar partidos, sino que es importante en el programa de entrenamiento para ayudar a los entrenadores a mejorar el desempeño de los jugadores. La siguiente figura muestra un ciclo de entrenamiento basado en tres etapas: observación, análisis e interpretación.

Figura 5: El ciclo de entrenamiento y sus etapas



Fuente: Chan, 2019, p. 1.

De todas formas, el concepto *performance analysis* acaba suponiendo más de lo que una organización puede imaginar y no es fácil abarcar las tres etapas comentadas anteriormente.

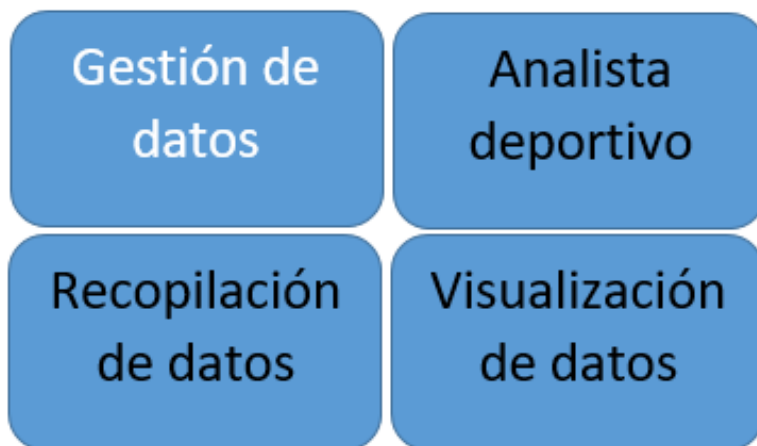
Figura 6: Los conceptos y actividades que abarca el performance análisis



Fuente: Coles, (2014).

Rob Carroll es el principal *performance analyst* y es, desde hace años, consultor y principal asesor de varios equipos y organizaciones deportivas en Irlanda. Además, es el creador de la página web *The VideoAnalyst* que proporciona información completa del performance analysis mediante tutoriales, cursos, entrevistas, ofertas de trabajo y mucho más. Este sitio nos acerca de lleno al fenómeno *sports analytics* (ver figura 8).

Figura 7: Habilidades a destacar



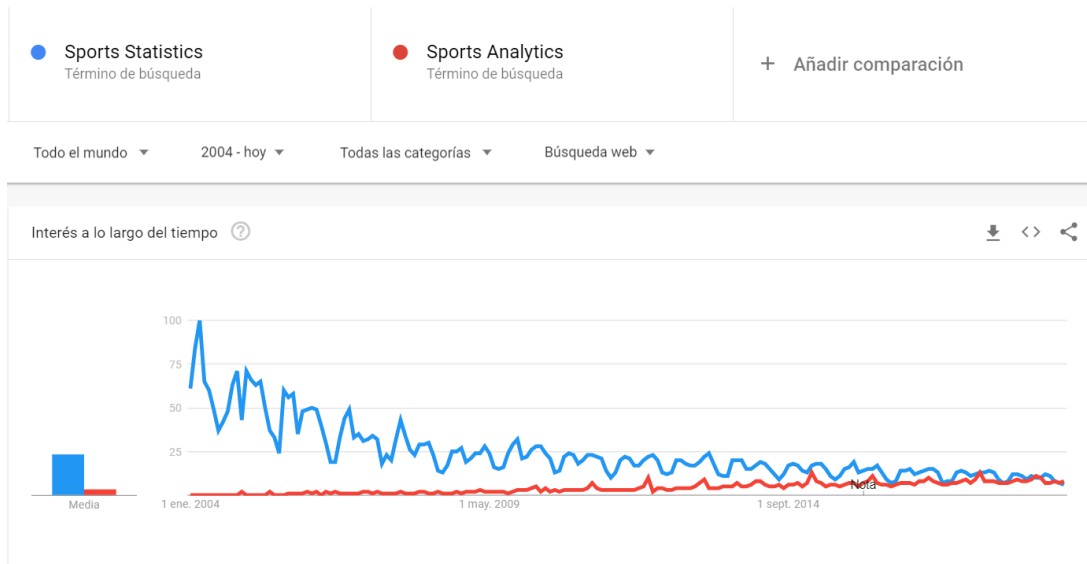
Fuente: elaboración propia.

Por último, tendríamos que mencionar la figura del *sports analyst*. Explicaremos en detalle su historia y evolución al final de este módulo.

Sports analytics:

Como se ha comentado anteriormente, la estadística deportiva es más conocida con el término *sports analytics* (sobre todo en Estados Unidos y Australia).

Figura 8: Comparación de los términos “*sports statistics*” y “*sports analytics*”



Fuente: captura de pantalla de Google Trends (Autor de los derechos del software, año de la versión) con adaptación propia.

Hace algunos años, si buscábamos, por ejemplo en Google, los términos “*sports statistics or sports statistician*” encontrábamos la figura del periodista (*journalist*) que se dedicaba a analizar las estadísticas del deporte. Más adelante, podíamos encontrar la sección de estadística deportiva de ASA, que fue fundada en 1992 en la *Joint statistical meeting* con el objetivo de fomentar la educación estadística y, en general, hacer que las estadísticas sean accesibles para las personas interesadas en el deporte.

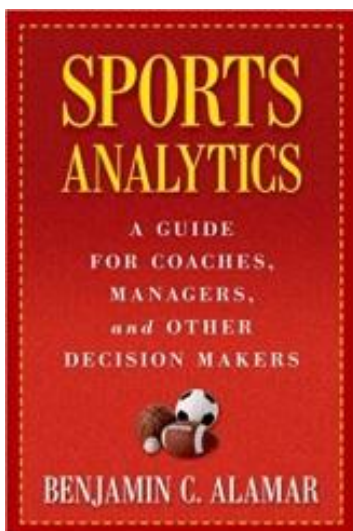
Podemos definir el *Sports Statistician* como: los estadistas del deporte, analizan los datos relacionados con eventos deportivos, generalmente para deportes importantes como el béisbol, el fútbol o el baloncesto. En determinadas ocasiones, el análisis, la recolección y el registran de los datos, se realiza en vivo, mientras acontecen. Se diferencia aquí dos tipos de estadísticos deportivos: el más académico y el “*recorder*”, este último es quien asiste a eventos deportivos y registra los datos en tiempo real. Estos dos perfiles se han unido en los últimos años y han trabajado como asesores externos para clubes e instituciones deportivas y/o jugadores.

Pero el estadístico deportivo no solamente necesita dominar la estadística, sino mucho más, como avisaban ya algunos portales en el año 2001. De hecho, el término *analytics* es un nombre comercial sobre el uso de datos para informar de las decisiones de gestión. Este término significa, *sabermetrics for business*.

Desde el punto de vista del *business*, el término *analytics sports* fue explicado por el prestigioso analista Ben Alamar (2013), profesor de *sports management* de la Universidad de Columbia, en la ciudad de Nueva York. Antes de esto, fue director de *sports analytics* en ESPN y trabajó con equipos de la NBA, incluido el Oklahoma City Thunder durante 5 años. También fue el fundador y editor de la revista *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, la primera publicación revisada por pares en el mundo de la investigación en *sports analytics*.

Ben Alamar es principalmente conocido por el libro que escribió en 2013 llamado *Sports analytics: a guide for coaches, managers, and other decision makers* (Alamar, 2013) (ver figura 9). El libro describe el estado del análisis deportivo en varios campos, cuántos analistas tienen los equipos deportivos, cómo usan la información y cómo perciben el uso de su departamento de análisis. También el libro describe los propósitos y usos de los datos en el deporte. Termina con ejemplos y reflexiones sobre la implementación del análisis dentro de una organización y cómo vincular el trabajo de quienes toman decisiones y los analistas, incluida la forma de construir un departamento de análisis exitoso. Es realmente un libro para que el GM tenga presente, sobre todo para aquellos clubes u organizaciones que piensan montar departamentos de *sports analytics*.

Figura 9: Portada del libro popular de Ben Alamar sobre *sports analytics* publicado en el año 2013



Fuente: [Imagen sin título sobre libro de Ben Alamar], s.f. Recuperado de <https://cup.columbia.edu/book/sports-analytics/9780231162920>

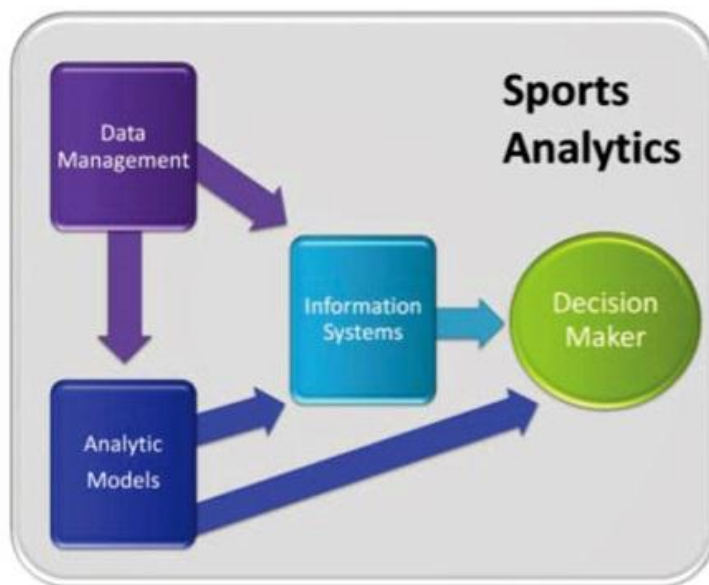
Curiosamente Ben Alamar y Vijay Mehrotra, en un editorial del 2011 de la revista *Analytics magazine* definieron al *sports analytics* como:

“la gestión de datos históricos estructurados, la aplicación de modelos analíticos predictivos que utilizan esos datos y, el uso de sistemas de información para informar a

quienes tomen decisiones y ayudar a sus organizaciones a obtener una ventaja competitiva en el campo de juego ". Nuestra definición es tanto expansivo (en el sentido de que incluye no solo modelos estadísticos, sino también la cadena de valor de la información más amplia que rodea a estos modelos) como restrictivo (porque excluye las aplicaciones de análisis tradicionales como la previsión de la demanda, la gestión de ingresos y el modelo financiero, todos los cuales son ciertamente relevante en el negocio del deporte profesional)

Este *framework* de *sports analytics* se presenta en la siguiente figura.

Figura 10: Framework de sports analytics



Fuente: Alamar y Mehrotra, 2011.

1.4. Evolución tecnológica, proveedores de datos y visualización en el deporte

El área de analítica del deporte ha crecido exponencialmente. Una crítica al uso de la tecnología es que puede reducir la velocidad del juego, pero, por otro lado, para muchas personas, es más agradable ver que se tomaron las decisiones correctas.

En el 2006 empezó a ser habitual el uso del el ojo de halcón (HawkEye) en el tenis, un dispositivo tecnológico que se compone de un sistema de cámaras de alta resolución instauradas en diferentes lugares del estadio cuya misión es seguir la trayectoria del balón. Este sistema se emplea también en otros deportes como el baloncesto, cricket, fútbol australiano, beisbol, rugby, entre otros; hasta el reciente VAR, el nuevo videoarbitraje del fútbol (McGarry, O'Donoghue y De Eira Sampaio, 2013; Hüttermann, Noël y Memmert, 2018; Dugalić, 2018).

La NBA y STATS LLC anunciaron en el año 2013 que ampliaban su acuerdo para instalar las cámaras SportVU Player Tracking technology en todos los pabellones de la NBA desde el comienzo de la temporada 2013-14 para así cuantificar y analizar todos los movimientos de los partidos durante una temporada completa.

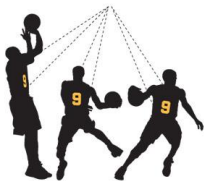
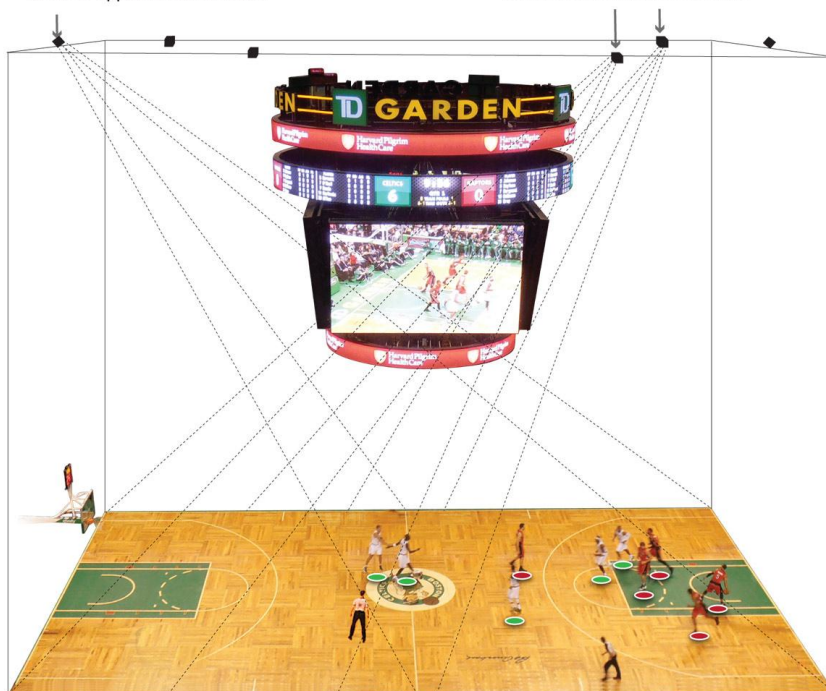
Figura 11: Cómo trabaja la tecnología SportVU

How SportVU technology works

- 1 Fixed to a metal catwalk, six small cameras are used to track the movements of all 10 players, the three referees, and the ball. The cameras use Israeli missile-tracking technology.

One camera above each basket to cover opposite half of court.

Two cameras over each sideline to help cover both halves of court.



- 2 Optical recognition software picks up jersey numbers and captures every pass, shot, and dribble. Images are collected 25 times per second.



- 3 The software produces data based on player movement in categories such as drives, speed, and distance, touches per possession, catch and shoot, and defensive impact.

Teams

Receive advanced metrics that go beyond basic stats.



Fans

Get more general information to track the game live.

- 4 The play-by-play data can be delivered in a report within 90 seconds of a play. Both team personnel and casual fans have these live statistics at their disposal.

SOURCE: SportVU

Fuente: Goldstein, 2017.

JAMES ABUNDIS, LUKE KNOX/GLOBE STAFF

Goldstein, (2017), plantea: “Somos una liga en la que los datos son fundamentales, y nuestro acuerdo extendido con STATS dará a nuestros equipos y aficionados acceso para descubrir increíbles estadísticas”, dijo Steve Hellmuth, Vicepresidente Ejecutivo de Operaciones y Tecnología de la NBA. En esta era de información estadística, SportVU será una fuente de incalculable valor para ejecutivos de baloncesto y nuestros aficionados”.

La NBA es una de las competiciones que apostó por la nueva era de tecnología y datos en el deporte. Además, esta evolución tecnológica ha acercado el mundo de la ciencia del deporte, siendo los australianos los pioneros y perfiles (inicialmente) más solicitados. Aaron Coutts, profesor de ciencias del deporte y el ejercicio de la Universidad Tecnológica de Sydney, sostiene que Australia definitivamente tiene una marca muy fuerte en ciencias del deporte.

En el mundo del deporte, las ya famosas **armillas**, que actualmente lucen muchos deportistas en los entrenamientos y partidos, están compuestas por unos sensores que, incorporados a una articulación determinada, pueden extraer la información biomédica. Anteriormente, había que realizar un trabajo de cruce de información y de coordinación entre diferentes *softwares*. Ahora, los aspectos tácticos, físicos y médicos están integrados y toda la información puede centralizarse en la nube de manera conjunta. En un futuro cercano, esto probablemente ayudará a conseguir una mayor multidisciplinariedad entre las diferentes profesiones, ya sean las actuales (*managers*, entrenadores, médicos, fisioterapeutas, preparadores físicos, readaptadores, analistas) O las nuevas que surgirán en estas áreas.

En el FC Barcelona, por ejemplo, se utiliza una tecnología llamada WIMU, dispositivo inalámbrico con sensores que monitorizan la actividad física, proporcionando información exacta de forma continua y en tiempo real. Este dispositivo se emplea para hacer un seguimiento de los datos biométricos de los deportistas, mejorar su rendimiento y prevenir lesiones. Se usa actualmente en todas las secciones profesionales del club, pues se puede emplear en deportes *indoor* y *outdoor*.

Actualmente diferentes equipos profesionales utilizan esta información para vigilar o controlar lesiones en sus atletas mediante diferentes dispositivos. Pero ¿cómo perciben los atletas y los miembros del staff esta implementación? Según un estudio reciente, esto ayuda a mejorar la comunicación entre el atleta, el *staff* técnico y el cuerpo médico (Barboza, Bolling, Nauta, Van Mechelen y Verhagen, 2017). Además, desde el punto de vista del médico, esto colabora a mejorar el conocimiento y el control del deportista, para intervenir cuando es necesario (Barboza et al., 2017).

Uno de los principales problemas que acarrea el uso de tanta tecnología tiene que ver con el error de medida y con las validaciones que requiere este tipo de instrumentos. En el deporte se hacen muchas valoraciones utilizando test u otros instrumentos, pero, muchas veces, no se puede asegurar la validez y la fiabilidad de estos datos, aunque sea amplio su uso. ¿Podemos asegurar que el valor que registramos después de una valoración es fiable? No. Menos del 15% de las tecnologías están validadas y, por ello, tenemos que saber qué estamos midiendo (Peake, Kerr y Sullivan, 2018). Y, si la valoración no es fiable, ¿depende del responsable que lo mide? Actualmente utilizamos

estos datos para tomar decisiones, pero ¿sabemos si son ciertos o conocemos su margen de error? ¿Tenemos cierta responsabilidad? Son preguntas que debemos plantearnos en una organización deportiva que se interesa por el análisis de datos.

Un libro de interés, *Advantage Play: Technologies that Changed Sporting History*, (Steve Haake, 2018), cuenta la historia de los avances tecnológicos clave utilizados para obtener una ventaja en el deporte. Los avances tecnológicos van unidos también a la evolución de las otras actividades como conferencias de análisis del deporte. Es el caso de la popular *MIT Sloan Sports Analytics Conference*, que es una reunión donde se aglutinan dirigentes, jugadores, estudiantes, periodistas y otros profesionales, llevando adelante distintas charlas y presentaciones con un tema en común: discutir el incremento del rol de las estadísticas analíticas dentro del deporte, cubriendo desde NBA hasta deportes como el fútbol (*soccer*). En la conferencia de Sloan se ha podido disfrutar de la presencia y charlas de personalidades del deporte, e incluso de la política, como Shane Battier, Nate Silver, Billy Beane, and Daryl Morey (*general manager* de Houston Rockets) y Barack Obama.

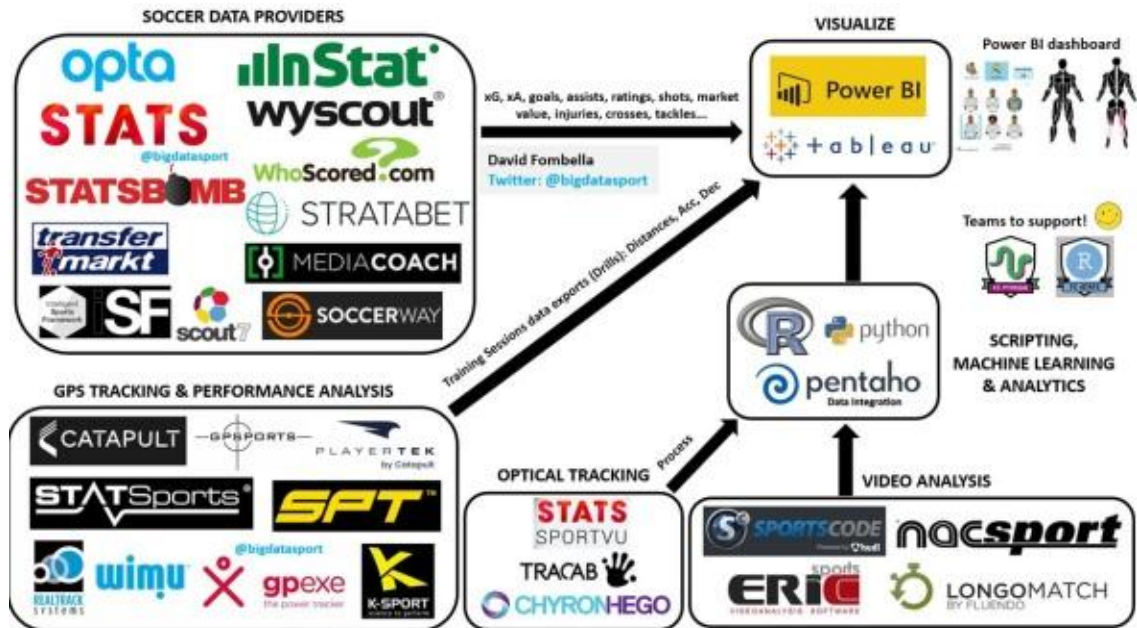
Las conferencias de *sports analytics* van también creciendo y es importante tener en cuenta sus fechas, los programas (algunas con enfoques más académicos, científicos, tecnológicos, industria del deporte o negocios) y principales temas e innovaciones a discutir. Uno de los acontecimientos académicos más importantes de análisis del deporte (aparte de alguna mesa redonda organizada en American Statistical Association (ASA) es New England Symposium on Statistics in Sports. Últimamente, una de las citas que Barça Innovation Hub ha organizado es el Barça Sports Analytics Summit.

Los proveedores de datos:

Muchas veces en los pasillos de una organización deportiva o club, desde el departamento de análisis se habla de los proveedores de datos y es común oír sobre *OptaPro*, *Wyscout*, *Stats*, *Instat*, *StatsBomb*, entre otras. Cada día hay más información, por lo que es muy importante la sinergia y trabajo en equipo entre departamentos de IT y de *Sports Analytics* antes de empezar a trabajar en esos datos. Es importante familiarizarse con los conceptos y nomenclatura (por ejemplo: *tracking data*, *metadata*, *boxscore*, *eventing* o *play-by-play*, *API*, *scraping*, etc.) que usan estos departamentos dentro del club y son múltiples, englobando las dos áreas, aunque a veces se trabaje de forma independiente.

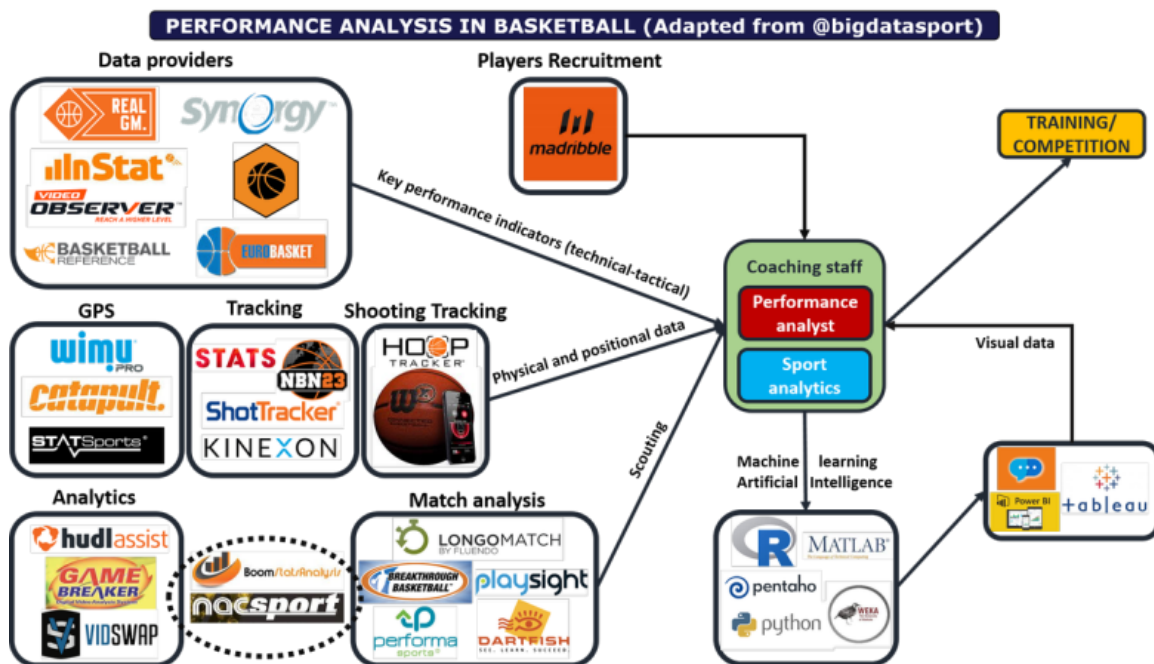
Actualmente, es importante conocer a los proveedores de datos en diferentes deportes. Estar familiarizado con las empresas que proveen los datos será clave antes de dedicarse al mundo de análisis de datos en el deporte. Las figuras 13 y 14 presentan una pequeña muestra de las opciones existentes en deportes como el fútbol y baloncesto.

Figura 12: Proveedores de datos en el fútbol



Fuente: Fombella, D. Big Data aplicada al fútbol. Análisis de proveedores deportivos y visualización. s/f.

Figura 13: Proveedores de datos en baloncesto.

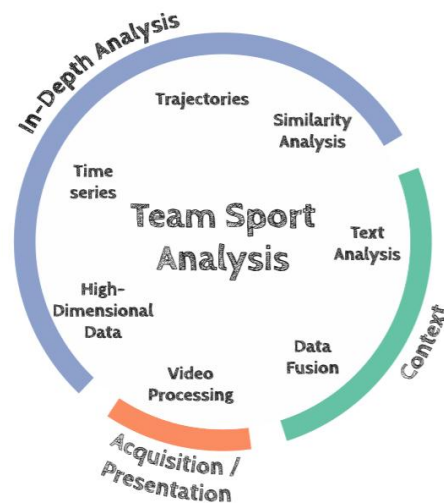


Fuente: Fombella, D. Big Data aplicada al fútbol. Análisis de proveedores deportivos y visualización. s/f.

Stein et al, (2017) nos hace una fotografía general de las posibilidades y problemas, desde lo más simples a lo más complejos, que podemos encontrar en el mundo de *sports analytics*, *visual analytics* y *computer science*. Es una lectura obligatoria para aquellos

que quieren empezar a conocer las posibilidades del *computer science* y la visualización, ayuda a comprender el contexto y los retos que podemos encontrar en el deporte (ver figura 15).

Figura 14: Adquisición y enriquecimiento de datos a través de la información contextual

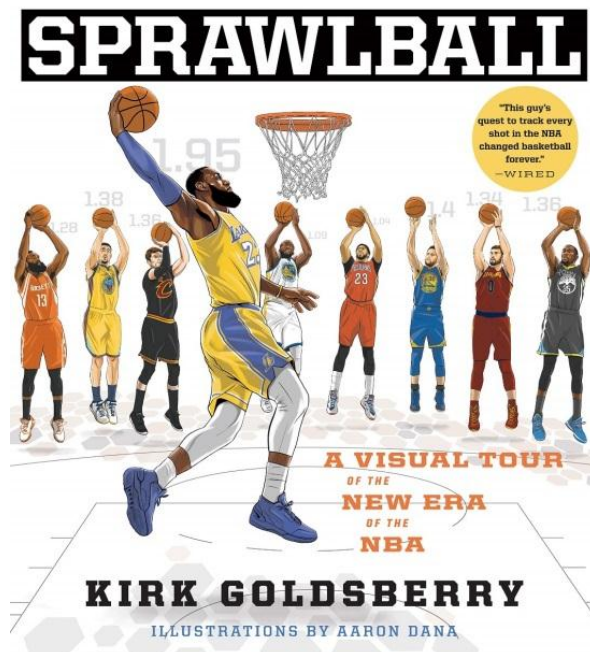


Fuente: Stein, et al., 2017. p. 2.

Al hablar de visualización de datos, aunque no es un tema a cubrir en detalle en este curso, es importante tener en cuenta la figura de Alberto Cairo para poder convertirse así en un buen *dataviz*. Alberto Cairo es periodista y diseñador, director del programa de visualización en el Centro de Ciencias Computacionales de la Universidad de Miami y famoso por sus libros, que podéis consultar en su página web. Hablar de la evolución de la tecnología en el deporte nos lleva a mencionar la evolución de la visualización de datos (también llamado *dataviz*) en el mundo del deporte.

Aunque algunos portales de la web *FiveThirtyEight* nos ha mostrado ya algunas posibilidades de *dataviz*, el autor Kirk Goldsberry es un experto en geografía y cartografía, y en la visualización de mapas. Además, es un escritor de baloncesto, fue vicepresidente de investigación estratégica para los San Antonio Spurs (NBA), es el analista principal del equipo de baloncesto de Estados Unidos y es un investigador visitante en el Instituto de Ciencias Cuantitativas de Harvard. Todo ello, ha permitido que Kirk revolucionase la visualización de los datos en *basketball analytics* gracias a los libros que también podéis encontrar en su página web.

Figura 15: Portada Kirk Goldsberry *SprawlBall: a visual tour of the new era of the NBA*



Fuente: [Imagen sin título sobre libro de Kirk Goldsberry] (s.f.). Recuperado de <https://www.amazon.com/SprawlBall-Visual-Tour-New-Era/dp/1328767515>

Desde un punto de vista más académico, podemos encontrar a Perin et al. (2018) donde se reflexiona acerca de los avances y desafíos recientes en el campo de la visualización de datos deportivos. Es una buena guía de investigación de visualización de datos deportivos que abarca la amplitud de tareas y objetivos de visualización.

1.5. Historia de *sports analytics*. ¿Es realmente una moda o ya hace tiempo que existe?

Muchos de nosotros no podemos olvidar que la aplicación de modelos matemáticos a los deportes profesionales se remonta más de 50 años atrás (Lindsey, 1959). Es importante recordar que en el año 2005 se creó el primer número de la revista *Journal of quantitative analysis in sports*. En ese momento, solo dos o tres equipos de la NBA pensaban en el uso de la estadística avanzada en relación con los jugadores y estrategia. El libro de Michael Lewis (2003) había sido recientemente publicado y nadie había pensado seriamente en la aplicación de la tecnología y captura de movimiento en el contexto de los deportes profesionales. Seis años después, más de la mitad de los equipos de la NBA utilizaban las herramientas de análisis al lado de su equipo de operaciones. Actualmente, la mayoría de los equipos de diferentes deportes en grandes ligas consideran normal el análisis de datos en sus equipos, y empresas como STATS LLC y muchas otras instalaron cámaras en estadios de la NBA y en los estadios de la NFL para capturar más y más datos.

Muchas veces, en el mundo del deporte hemos visto a profesionales acordarse de sus mentores. Por ejemplo, podemos recordar en alguna rueda de prensa de Pep Guardiola como entrenador de fútbol, después de ganar una final, acordarse de los entrenadores y mentores que había tenido (como Johan Cruyff) para llegar a esa cima.

Hay diferentes ejemplos de reconocimientos en la historia en el deporte a tener en cuenta. En *sports analytics* no seríamos justos si no lo hiciéramos. Por ello, mucha gente se pregunta ¿es *sports analytics* actualmente una moda? No, *sport analytics* es un proceso que viene desde hace muchos años (ver figuras 17 y 18) como nos demuestra el *post* escrito por Rob Carroll. Este trabajo, que todavía está en desarrollo, nos informa de los grandes acontecimientos de la historia de *sports analytics* desde el año 1861 hasta el 2015. Todo ello fue posible también gracias a contribuciones del blog de Keith Lyons, al artículo *A history of sports notational analysis: a journey into the nineteenth century* de Simon Eaves (2015) y al libro *The numbers game* escrito por Alan Schwarz (2004).

Figura 16: Algunas referencias informadas por Keith Lyons

19th Century Chronology

Some examples

- 1861 Henry Chadwick's Baseball notation (Eaves, 2015:1173)
- 1883 Renshaw v Lawford Lawn Tennis in J M Heathcote (1890) (Eaves, 2015:1161)
- 1884 C G Heathcote's assessment of real tennis in J M Heathcote (1890) (Eaves, 2015:1162)
- 1890 Huntington v Hovey Lawn Tennis in V G Hall (ed) (1891:55) (Eaves, 2015:1162)
- 1890 Hobart & Hall v Carver & Ryerson in V G Hall (ed) (1891:68) (Eaves, 2015:1163)
- 1891 Hall v Wren Lawn Tennis ([New York Times](#)) (Eaves, 2015:1164)
- 1892 Corbett v Sullivan boxing match (Eaves, 2015:1170)
- 1894 Goodbody v Hobart Lawn Tennis (Eaves, 2015:1163)
- 1897 Corbett v Fitzsimmons boxing match (Eaves, 2015:1163)
- 1900 American university football, Yale v Princeton, Yale v Harvard (Eaves, 2015:1168-1169)

Fuente: Eaves, 2015.

Simon Eaves (2015), explica la evolución del análisis notacional y cómo, por ejemplo, los entrenadores de fútbol anteriormente registraban ellos mismos sus propios datos y ahora les resulta más fácil recibirlos de otras fuentes.

Figura 17: El sports analytics cambió el juego para bien



Fuente: Hunter, 2014, <https://www.fastcompany.com/3033324/how-sports-data-analytics-is-upsetting-the-game-all-over-again>

Podemos contemplar cómo la historia de análisis del deporte comienza en el año 1861 con **Henry Chadwick**, considerado como el padre del béisbol, quien empezó a preguntarse cómo podía cuantificar los datos de este deporte (por ejemplo: con qué frecuencia o en qué average en el entrenamiento podían batear mejor o batear peor sus jugadores) y fue nombrado **el inventor del sistema notacional del béisbol**.

Más adelante, en el año 1981, en el **tenis** se empieza a recoger información (principalmente frecuencias) más enfocado al rendimiento de los jugadores. Se registra el tipo de evento de cada pelota jugada, ya sea una falta, una pelota servida, una pelota devuelta, juntamente con el número de intercambios de pelotas jugadas.

Hace pocos años, gracias a la nueva tecnología, en el análisis del deporte se puso de moda utilizar los **mapas de calor** (*heatmaps*) donde se utilizan diferente gama de colores para identificar las zonas de tránsito del jugador. Aunque los recursos tecnológicos nos permiten ver actualmente visualizaciones de mapas de calor lo suficientemente gráficos, en el año 1987 ya se empezaron a realizar mapas de calor aplicados al deporte.

En el año 1910, David F. Barrett, comentarista, empezó a utilizar algunas medidas en el fútbol, aunque no fue el precursor del análisis cuantitativo en este deporte como veremos más adelante.

Fue en el año 1947 cuando se contrató *full time* por primera vez a un estadístico (Mr. Roth) en la liga *Major League Baseball* (MLB).

Y aunque todos conocemos los trabajos (libro y película) de *Moneyball* (anteriormente descrito), en el año 1960 ya se había introducido algún trabajo similar en la *National Football League* (NFL).

Para conocer la introducción del *sports analytics* en el mundo del fútbol (más conocido como *soccer* en US) nos remontamos al año 1930 y no se puede obviar a **Charles Reep**, el creador del primer sistema de análisis de datos para mejorar el rendimiento de los jugadores de fútbol (ver figura 19).

Figura 18: Keith Lyons



Fuente: [Imagen sin título sobre Keith Lyons] (2013). Recuperada de <https://keithlyons.me/blog/2013/11/20/a-charles-reep-project/>

Charles Reep fue considerado el creador del primer sistema de análisis de datos para mejorar el rendimiento de los jugadores de fútbol. Esto significa que fue la primera persona que anotó sistemáticamente datos relativos a diversos aspectos del juego durante los partidos, al percatarse de que hacerlo era útil para identificar situaciones que se repetían y enseñar a los jugadores cómo aprovecharlas para generar ocasiones de gol (Azcona, 2015, <http://sportics.es/charles-reep-precursor-del-analisis-de-datos-en-el-futbol/>).

Reep era una persona curiosa, estudió contabilidad y también era futbolista. Uno de sus análisis de datos conocidos fue cuando el GM del equipo del Arsenal contactó con él para interesarse sobre sus trabajos de análisis. A partir de aquí empezó una primera colaboración entre ambos y ayudó su “convicción de que se podían generar oportunidades de gol haciendo que los extremos llevaran a cabo movimientos

específicos” (Azcona, 2015, <http://sportics.es/charles-reep-precursor-del-analisis-de-datos-en-el-futbol/>).

Según el *post* de Sportics (Azcona, 2015)

fue durante un encuentro que tuvo lugar el 15 de Abril de 1950 en el campo del pequeño club de fútbol local de Swindown se percató de que anotar los movimientos de un equipo en tiempo real no era complicado pero resultaba imposible hacerlo de ambos contendientes a la vez. Su experiencia le llevó a desarrollar un sistema que permitiese realizar un seguimiento completo de los movimientos de ambos equipos durante un partido. A finales de la temporada 49-50 ya lo tenía diseñado.

En la temporada 1950-51 Charles se comprometió a trabajar con un club por primera vez, el Brentford. En el momento en que se incorporó como analista el equipo estaba cuarto por la cola en la clasificación del campeonato que disputaba. A partir de ese momento, y apoyándose en los análisis de Reep, modificó algunos patrones de juego consiguiendo vencer en trece de los catorce partidos siguientes. Su única derrota se produjo cuando el entrenador decidió apostar por ser más defensivo en el partido contra el equipo Preston North End, entrenado por Tom Finney (Azcona, 2015, <http://sportics.es/charles-reep-precursor-del-analisis-de-datos-en-el-futbol/>).

Fue en el año 1970 cuando en el béisbol se empezó a hablar del “Measuring Clutch”.

En baloncesto, por ejemplo, en muchas ocasiones es táctica, concentración, sacrificio o es saber llevar el partido hacia la victoria. En ocasiones tiene situaciones donde sólo los jugadores con más confianza y experiencia pueden llevar a cabo los momentos más apasionantes de este deporte: los ‘clutch shots’, es decir, los lanzamientos en momentos decisivos de los encuentros. Los hay de dos puntos, de tres puntos, en suspensión, con un defensor encima o incluso con dos. Algunos sirven para forzar la prórroga, otros para llevarse la victoria. Pero si hay una cosa en común en todos ellos es la adrenalina que generan en uno mismo y en los rivales, en los aficionados, entrenadores y cualquiera que le apasione el juego de la pelota y la canasta.

En 1971, la *Society for american baseball research* se convirtió en una entidad gracias a Robert Davids donde se empleó el término “statistorians” para referirse a aquellos que estaban interesados en la historia del béisbol y la investigación estadística.

En 1970 empieza la nueva era (1970 al 2004) llamada **Jamesian era** entre los estadísticos deportivos. En esta época la sociedad y los profesionales del deporte empiezan a ver que se puede aplicar estadística en el deporte. En 1977 Bill James publicó el libro *The Bill*

James baseball abstract con estadísticas detalladas, que se puso a la venta a través de un pequeño anuncio en *The Sporting News*. Durante los siguientes tres años, el trabajo de James ganó respeto, incluida una crítica muy favorable de Daniel Okrent (1981) en *Sports Illustrated*. En el año 1982, las ventas se habían multiplicado por diez y diferentes medios acordaron publicar y distribuir futuras ediciones. En esta misma era, en 1981, el equipo de Oakland A's fue el primer equipo cliente de *stands for sports team analysis & tracking system* (STATS). En 1992, se creó el primer Centro de Rendimiento de Análisis y en 1996 Opta, es el primero en asociarse a la Premier League a través del lanzamiento de un sistema de clasificación, The Opta Index.

En el año 2003 antes de empezar una nueva era o etapa, aparece el libro de Michael Lewis "*Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game*".

En la etapa moderna o **Modern era** (desde el año 2004 a la actualidad) vemos cómo los ejecutivos de equipos de la NBA comienzan a usar la tecnología SportVU, anteriormente mencionada, a partir de la temporada 2010/11 (Dallas Mavericks, Houston Rockets, Oklahoma City Thunder and San Antonio Spurs). En 2014 para los aficionados al fútbol, se creó el primer *OptaPro Analytics forum* en Londres. En esta Modern era los profesionales del deporte son seducidos por el sport analytics e intentan a obtener más y cada vez más datos.

Podemos decir que nos encontramos a las puertas de una "**future era**" (desde la actualidad a los próximos años) en la cual las organizaciones deportivas empiezan a preocuparse porque tienen demasiados datos y deben pensar qué hacer y cómo actuar con ellos para usarlos bien y tomar buenas decisiones.

1.6. Historia del *sports analytics* y sus académicos

La estadística aplicada al deporte empezó en el béisbol y, más adelante, en el baloncesto gracias al famoso libro *Basketball on paper* de Dean Oliver (2004) Hablaremos más de este autor en los próximos módulos).

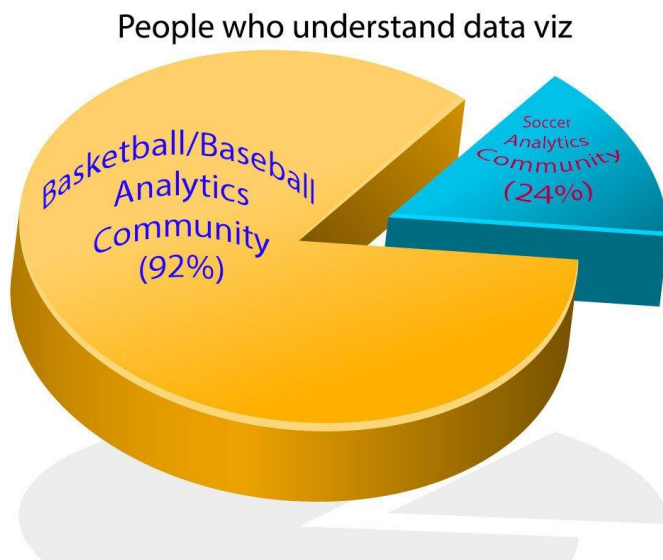
Como se ha comentado anteriormente, el estadístico deportivo o *sports analyst* puede tener un rol más académico. En este sentido, Tim B. Swartz (2018) escribió un artículo en el que menciona las grandes oportunidades para llevar a cabo una investigación de análisis deportivo. En este trabajo se identifican posibles campos y revistas especializadas y se presentan algunas estadísticas resumidas y también se comentan experiencias y opiniones. En este sentido, nos recuerda que, desde el ámbito de los departamentos de estadística, no ha sido bien visto la aplicación de estadística teórica a datos deportivos. Este trabajo no se hubiera podido realizar sin otros aportes términos académicos que se empezaron a realizar hace ya varios años (ver figura 21).

Algunos de los *sports analysts* académicos en vigencia en el año 2000 que activaron este mundo: Ruud Koning, Jim Albert, David Berri, Jose, A. Martínez, Jaime Sampaio, Steven Caudill, Jeremy Arkens.

El holandés Ruud Koning, es uno de los destacados anteriormente, el cual se ha enfocado en el mundo de *sports statistics & economics* en el fútbol. Otro académico a destacar es Jim Albert, una de las personalidades y estadístico más influyente en el mundo de *sports analytics* que ha podido aplicar y enseñar la estadística en el béisbol. Jim Albert ha colaborado y publicado en diferentes libros y aplicaciones de estadística y deporte. Otros académicos desde US más enfocados en el baloncesto fueron Steven Caudill, Jeremy Arkes, o por ejemplo David Berri, quién fue el impulsor de la métrica winscore. Además, dos europeos también enfocados en basketball analytics como Jaime Sampaio y José A. Martínez ayudaron a acercar esta disciplina también en Europa.

El análisis de datos no solo se ha aplicado en la industria de deporte, principalmente en el beisbol o el baloncesto, también se puede observar en plano académico. De hecho, tal como nos informa Luke Born, otro importante estadístico deportivo influyente en el mundo de *sports analytics*, la aplicación de análisis de datos en el fútbol ha tardado más en consolidarse (ver figura 22).

Figura 19: Sports Analytics: People who understand data viz



Fuente: Luke Born (Sport Analyst of Sacramento Knings and exanalyst (Roma; soccer)

Probablemente, en el mundo académico uno de los puntos más importantes no ha sido solamente la investigación, sino la educación estadística aplicada al deporte. En este sentido, cabe destacar la actual labor de Michael Lopez, actual director de *data and analytics* en la National Football League (NFL) y también profesor adjunto de estadística en el Skidmore College. Su investigación abarca la inferencia causal y la aplicación de estadística a los deportes y está acompañando a jóvenes promesas de este ámbito,

vinculando la academia con la industria del deporte. De los estadísticos deportivos él es, probablemente, el más importante en el ámbito académico, junto al mencionado Luke Born.

Curiosamente, al mencionar la educación estadística aplicada al deporte, no se puede obviar el gran trabajo de Keith Lyons, desde otra perspectiva, pero clave para aquellos que quieren estar al día de *sports analytics*. Lyons promovió ya hace unos años el curso *online* titulado “Sport Informatics and Analytics” en la Universidad de Canberra.

Michael Lopez, revoluciono sports statistics y Keith Lyons revolución la educación sobre sports analytics.

Otros académicos, ya más familiarizados en *sports sciences* y *performance analysis* (que no forman parte de la comunidad de *sports statistics and/or sports analytics* según Swartz, 2018) e interesados en el análisis de datos, han ayudado a explicar la aplicabilidad de esta disciplina en el deporte. De este modo, lograron que diferentes miembros del staff de un club u organización se hagan buenas preguntas respecto de este tema.

Por ejemplo, académicos europeos como Jaime Sampaio, Carlos Lago, Miguel Ángel Gómez, Julen Castellano o Daniel Memmert, interesados en el *positional data*, han aplicado un poco lo aprendido de sus antecesores como Mike Huges o Ian Franks.

En este sentido, si ya mencionamos cómo Rob Carroll había influido en la evolución de *performance analysis* (escuchar la entrevista vía podscat), desde sports science y complex systems ha habido un acercamiento importante hacia el sports analytics. Una de las personas que ha promovido este acercamiento es el australiano Sam Robertson, sports scientist muy activo actualmente y experto en aplicaciones de machine learning (ML) para problemas prácticos en deportes de alto rendimiento. Sam también trabaja para mejorar la toma de decisiones de los atletas y las organizaciones a través de análisis en datos tracking y es profesor asociado de ciencias del deporte en Victoria University (VU). En el siguiente enlace podemos ver una entrevista que le realizaron en donde nos habla del futuro de *sports sciences* y menciona lo siguiente “*We're in an interesting time in Australian sport. We're at a stage where we're trying to find a happy medium on how much to spend on analytics and sports science*” (Sky News Australia [@skynewsaustralia], 2019, <https://twitter.com/SkyNewsAust/status/1154938074985459712?s=19>).

Al hablar de rendimiento deportivo, desde otra perspectiva (salud de los atletas y prevención de lesiones), recientemente ha habido más preocupación en la NBA, por ejemplo. También hay diferentes académicos como Rasmus Nielsen, Caroline Finch, Martí Casals, entre otros que se han centrado más en la epidemiología y bioestadística

deportiva. En este sentido, Rasmus Nielsen se enfocan en el uso de bioestadística aplicada para la mejora del rendimiento de los atletas y su salud.

Cuando se hace referencia al mundo académico y a la industria del deporte, nos podemos ignorar la distancia entre la investigación (los académicos) y la práctica (*practicioners* o miembros del *staff*). Este *gap* en los últimos años se ha hecho más estrecho y es normal ver colaboraciones entre instituciones deportivas y de investigación.

Por último, cabe mencionar que el equipo de *data science* del departamento de ciencias del deporte del Fútbol Club Barcelona, apostando por la innovación y la transmisión de conocimiento a partir de la plataforma Barça Innovation Hub y aprovechando la celebración de la 2ª edición del Barça Sports Analytics Summit, lanzará una guía de football analytics con el objetivo de dar una visión actual acerca de cómo la utilización de los datos está revolucionando el análisis del rendimiento deportivo. Para esto se reunió el trabajo de diferentes investigadores a nivel internacional en ciencias del deporte y la analítica en deportes colectivos y se pretende ofrecer un espacio de aprendizaje respecto de las posibilidades que ofrece el análisis de datos deportivos. La guía cuenta con una serie de capítulos que describen los últimos avances tecnológicos, las métricas, algoritmos o modelos estadísticos actuales y disponibles, y cómo la visualización de esta información también tiene un rol importante. Además, toda esta visión científica se verá acompañada de entrevistas a profesionales y expertos de la industria del deporte. Concluye con la mención de las líneas de investigación futuras, así como el horizonte más próximo en el *football analytics*.

Referencias

- [Imagen sin título sobre **Cómo trabaja la tecnología SportVU**], 2017. Extraído de <http://www.mbadmb.com/2017/04/20/23316/>
- [Imagen sin título sobre **habilidades descritas en la web**]. (2019). Extraída de <https://thevideoanalyst.com/>
- [Imagen sin título sobre **Keith Lyons**] (2013). Recuperada de <https://keithlyons.me/blog/2013/11/20/a-charles-reep-project/>
- [Imagen sin título sobre **libro de Ben Alamar**] (s.f.). Recuperado de <https://cup.columbia.edu/book/sports-analytics/9780231162920>
- [Imagen sin título sobre **libro de Kirk Goldsberry**], (s.f.). Recuperado de <https://www.amazon.com/SprawlBall-Visual-Tour-New-Era/dp/1328767515>
- [Imagen sin título sobre **sabermetrics, el estudio de la estadística avanzada en el béisbol**] (2013). Recuperado de <https://georgetownssportsanalysis.wordpress.com/2013/09/22/a-simple-guide-to-basic-sabermetrics/>
- Alamar, B. C.** (2013). *Sports analytics: A guide for coaches, managers, and other decision makers*. Lugar de impresión: Columbia University Press.
- Alamar, B. y Mehrotra, V.** (2011). *Beyond 'Moneyball': Rapidly evolving world of sports analytics, Part I*. Recuperado de <http://analytics-magazine.org/beyond-moneyball-the-rapidly-evolving-world-of-sports-analytics-part-i/>
- Azcona, N.** (1 de diciembre de 2015). Charles Reep precursor del análisis de datos en el fútbol [entrada de blog]. Recuperado de <http://sportics.es/charles-reep-precursor-del-analisis-de-datos-en-el-futbol/>
- Barboza, S. D., Bolling, C. S., Nauta, J., Van Mechelen, M., y Verhagen, E.** (2017). Acceptability and perceptions of end-users towards an online sports-health surveillance system. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1).
- Birnbaum, P.** (s/f). *Guide to Sabermetric Research*. Recuperado de <https://sabr.org/sabermetrics>
- Carling, C. et al.** (2005). *Handbook of Soccer Match Analysis*. Oxford: Routledge.
- Casals, M.** (20 de agosto de 2018). *La importancia de la bioestadística en las ciencias del deporte y la medicina deportiva*. Recuperado de <https://barcainnovationhub.com/es/bioestadistica-ciencias-del-deporte/>
- Casals, M., y Finch, C. F.** (2016). Sports Biostatisticians – a critical member of all sports science and medicine teams for injury prevention. *Injury Prevention*, 23(6), 423-427.
- Coles, J.** (2014). Comment on what is Performance Analysis or Analytics?. Accessed on 27/12/14. Available online at: <http://www.visualperformanceanalysis.com/sports-blogs/performance-analysisanalytics/>.

- Chan, L.** (2019). *How coaching can benefit from performance analysis*. Recuperado de <https://footballperformanceanalysis.com/2014/02/19/how-coaching-can-benefit-from-performance-analysis/>
- Dugalić, S.** (2018). Sport, media and digitalization. *Sport–Science & Practice*, 8(1), 56-69.
- Eaves, J. S.** (2015). A history of sports notational analysis: a journey into the nineteenth century. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1160-1176.
- Fullagar H. H, McCall A., Impellizzeri, F. M, et al.** (2019). The Translation of Sport Science Research to the Field: A Current Opinion and Overview on the Perceptions of Practitioners, Researchers and Coaches. *Sports Medicine*. 1-8
- Goldstein, G.** (20 de abril de 2017). *La Big Data Sixième homme des parquets?* Recuperado de <http://www.mbadmb.com/2017/04/20/23316/>
- Hoffman, B.** (2 de octubre de 2012). Trying to Build for the Future, the Athletics Win in a Hurry. *New York Times* [edición digital]. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2012/10/03/sports/baseball/athletics-trying-to-build-for-future-land-in-the-playoffs.html>
- Hunter, L.** (21 de julio de 2014). *How Sports Data Analytics Is Upsetting The Game All Over Again*. Recuperado de <https://www.fastcompany.com/3033324/how-sports-data-analytics-is-upsetting-the-game-all-over-again>
- Hüttermann, S., Noël, B. y, & Memmert, D.** (2018). Eye tracking in high-performance sports: Evaluation of its application in expert athletes. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(2), 182-203.
- James, B.** (2001). *The Bill James Historical Baseball Abstract*. Edit. Print (Book). United States.
- Lewis, M.** (2003). *Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game*. W. W. Norton & Company.
- Lindsey, G. R.** (1959). Statistical Data Useful for the Operation of a Baseball Team. *Operations Research*, 7 (2), 197-207.
- McGarry, T., O'Donoghue, P., & y de Eira Sampaio, A. J. (Eds.).** (2013). *Routledge handbook of sports performance analysis*. Routledge.
- Nassis, G. P.** (2017) Leadership in science and medicine: can you see the gap? *Sci Med Football*. 1(3), 195-196.
- Oliver, D.** (2004) *Basketball On Paper: Rules and Tools for Performance Analysis*. Ptomamac Books, inc.
- Peake, J., Kerr, G. K. y, & Sullivan, J. P.** (2018). A critical review of consumer wearables, mobile applications and equipment for providing biofeedback, monitoring stress and sleep in physically active populations. *Frontiers in Physiology*.
- Perin, C., Vuillemot, R., Stolper, C. D., Stasko, J. T., Wood, J. y, & Carpendale, S.** (2018). State of the art of sports data visualization. In *Computer Graphics Forum*, 37(3), 663-686.
- Schwarz, A.** (2004). *The numbers game: Baseball's lifelong fascination with statistics*. Macmillan.

Sky News Australia [@skynewsaustralia] (2019). We're in an interesting time in Australian sport. We're at a stage where we're trying to find a happy medium on how much to spend on analytics and sports science [Publicación en Twitter]. Recuperado de <https://twitter.com/SkyNewsAust/status/1154938074985459712?s=19>

Stein, M., Janetzko, H., Seebacher, D., Jäger, A., Nagel, M., Hölsch, J. y Grossniklaus, M. (2017). How to make sense of team sport data: From acquisition to data modeling and research aspects. *Data*, 2(1) 2.

Steve Haake. (2018). Advantage play: technologies that changed sporting history. Editor: Birlinn General.

Swartz, T. B. (2018). Where Should I Publish My Sports Paper?. *The American Statistician*, 1-6.