

ESTUDIO OBSERVACIONAL DE LA SALIDA DE TACOS DE ATLETISMO EN LAS FASES ESPECÍFICAS "A SUS PUESTOS" Y "LISTOS"

Daniel Lapresa¹, Ricardo Solano¹, Javier Arana², M. Teresa Anguera³ y Sonia Aragón¹

Universidad de La Rioja¹, España, Universidad Internacional de La Rioja², España y Universidad de Barcelona³, España

RESUMEN: Se ha diseñado una herramienta observacional *ad hoc* que permite analizar e interpretar las fases "a sus puestos" y "listos" en la salida de tacos. Los registros correspondientes a cinco atletas juveniles féminas, que realizaron seis salidas cada una, han permitido analizar la fiabilidad, validez y operatividad de la herramienta observacional. La fiabilidad se ha garantizado a partir de concordancia cuantitativa intraobservador, mediante el coeficiente Kappa de Cohen, bajo el parámetro orden ($\kappa = .970$). La validez se ha determinado en el seno de la Teoría de la Generalizabilidad ($e^2 = .00$); que a su vez ha permitido constatar que con el número de atletas ($e^2 = .997$) y salidas ($e^2 = 1$) utilizado se ha conseguido una elevada fiabilidad de precisión de generalización. La operatividad se ha mostrado mediante la detección de *T-patterns* con el programa THEME, habiéndose podido determinar aspectos técnicos concretos (ajuste y error) respecto al patrón técnico ideal, tanto intra-atleta como inter-atletas.

PALABRAS CLAVE: Instrumento de observación, calidad del dato, *T-patterns*, atletismo.

OBSERVATIONAL STUDY OF THE READY AND SET PHASES OF BLOCK STARTS IN TRACK EVENTS

ABSTRACT: We designed an *ad hoc* observation instrument for analyzing and interpreting the ready and set phases of block starts in track events. To test the reliability, validity, and functionality of the instrument, we analyzed datasets corresponding to six block starts by five junior female athletes. The reliability of the instrument was shown by calculating Cohen's kappa coefficient for quantitative intraobserver agreement using the order parameter ($\kappa = .970$). Validity was demonstrated using generalizability theory ($e^2 = .00$), which also showed that the number of athletes ($e^2 = .997$) and starts included in the sample ($e^2 = 1$) were sufficient to achieve the desired level of measurement precision. The functionality of the instrument was tested by searching for hidden temporal patterns in the datasets using the software program THEME. We detected specific technical differences (adjustment and error) both within and between athletes with respect to the ideal starting technique.

KEYWORDS: Observational tool, quality of data, *T-patterns*, athletics.

ESTUDO OBSERVACIONAL DA SAÍDA DE BLOCOS EM ATLETISMO NAS FASES ESPECÍFICAS DE "AOS SEUS LUGARES" E "PRONTOS"

RESUMO: Desenhou-se uma ferramenta observacional *ad hoc* que permite analisar e interpretar as fases de "aos seus lugares" e "prontos" na saída de blocos em atletismo. Os registos correspondentes a seis saídas de cada uma das cinco atletas femininas analisadas integrantes da categoria juvenil, permitiram indagar a fiabilidade, a validade e a operatividade da ferramenta observacional. A fiabilidade foi garantida a partir da concordância quantitativa intra-observador mediante o coeficiente Kappa de Cohen, através do parâmetro ordem ($\kappa = .970$). Determinou-se a validade através da teoria da generabilidade ($e^2 = .00$); que por sua vez permitiu constatar que com o número de atletas ($e^2 = .997$) e de saídas ($e^2 = 1$) utilizadas conseguiu-se uma elevada fiabilidade de precisão de generalização. A operatividade foi exibida através da deteção de *T-patterns* com o *software* THEME. Com este, permitiu-se determinar aspetos técnicos concretos (ajuste e erro) relativamente ao padrão técnico ideal, tanto intra-atleta como inter-atletas.

PALAVRAS-CHAVE: Ferramenta observacional, qualidade dos dados, *T-patterns*, atletismo.

Manuscrito recibido:15/06/2016
Manuscrito aceptado: 12/04/2017

Dirección de contacto: Daniel Lapresa Ajamil. Universidad de la Rioja. Departamento de Ciencias de la Educación. Edificio Vives, C/ Luis de Ulloa s/n. 26004. Logroño, La Rioja. Correo-e: daniel.lapresa@unirioja.es

La salida de tacos constituye la primera parte de las pruebas de velocidad (carreras de hasta 400 m, incluyendo los 4x200 m, el relevo combinado y los 4x400 m). Contra más breve sea la distancia a recorrer mayor será la contribución de esta fase en el resultado final de la prueba —sirva como ejemplo que, en la final de 100 m masculina de los Juegos Olímpicos de 2016, la diferencia entre ganar o no ganar medalla estuvo separada por 0.02 s. (International Association of Athletics Federations, 2016); o que, en la final del Campeonato del Mundo de Pekín 2015, la medalla de bronce se clarificó por fotofinish con una milésima de segundo (0.001s.) de diferencia (International Association of Athletics Federations, 2015).

La salida de tacos está inextricablemente unida a la fase de aceleración (Čoh, Peharec, Bačić, y Kampmiller, 2009; Nelson, Driscoll, Landin, Young, y Schexnayder, 2005), siendo su propósito el de facilitar un desplazamiento horizontal eficaz hacia la dirección de la carrera (Bradshaw, Maulder, y Keogh, 2007; López, 2009), posicionando el cuerpo del atleta de manera que el centro de gravedad del cuerpo se encuentre lo más alto

posible y próximo a la línea de salida (Mero, Komi, y Gregor, 1992). Una conducta que parece muy simple pero que resulta, en conjunto, muy compleja, en la que el atleta debe pasar de realizar un movimiento acíclico a uno cíclico (Čoh y Tomazin, 2006; Milanese, Bertuccio, y Zancanaro, 2014) y que resulta altamente entrenable (López, 2009; Zubiaur, Oña, y Delgado, 1998).

Es por ello que se han hecho esfuerzos por determinar la conducta ideal de salida de tacos. En la tabla 1, se expone de manera pormenorizada el patrón técnico correcto de la salida de tacos en las fases "a sus puestos" y "listos" a partir de la práctica unanimidad encontrada en la literatura específica. Ahora bien, a partir de esta homogeneidad técnica, estudios biomecánicos de cuantificación más precisa demuestran una alta variabilidad en la que los atletas alcanzan sus resultados óptimos (Čoh y Tomazin, 2006; Mero et al., 1992; Nelson et al., 2005), lo que señala a una coordinación del movimiento flexible a partir de la biología de cada atleta (Bradshaw et al., 2007; Maulder, Bradshaw, y Keogh, 2006, 2008; Milanese et al., 2014).

Tabla 1

Descripción de la técnica de salida de tacos en las fases "a sus puestos" y "listos"

Fase	Indicador	Consigna	Referencias
A sus puestos	Tacos	Distancia entre tacos igual a un pie.	Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998)
		Distancia entre el taco adelantado y la línea de salida igual a dos pies.	
	Pies	Inclinación del taco adelantado: 45-50°.	Hegedüs (1998), Hornillos (2000)
		Inclinación del taco atrasado: 70-80°.	
	Rodillas	Completamente apoyados en los tacos sin que las puntas contacten con el suelo.	Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998), Hornillos (2000), Campos y Gallach (2004)
	Hombros	Rodillas	En dirección a la carrera. La rodilla adelantada, en el aire, en la línea de salida; la atrasada, apoyada en el suelo, con el hueso poplíteo en la prolongación de la punta del pie adelantado.
Codos		En la prolongación vertical de la línea de salida.	
Listos	Manos	Completamente extendidos.	Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998), Hornillos (2000), Campos y Gallach (2004), Mazzeo y Mazzeo (2008)
	Cabeza	Manos	Separadas la anchura de los hombros.
		Ayudadas sobre la yema de los dedos, con el pulgar y el índice formando un puente y con el resto de los dedos unidos.	
	Pies	En prolongación con el tronco, relajada, con la mirada dirigida al suelo.	Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998), Hornillos (2000), Mazzeo y Mazzeo (2008)
Hombros	Pies	Ejercen una fuerte presión sobre los tacos.	Vinuesa y Coll (1997), Hornillos (2000)
	Rodillas	Ángulo de la rodilla adelantada: 90°.	Hornillos (2000), Campos y Gallach (2004), Mazzeo y Mazzeo (2008)
	Hombros	Ángulo de la rodilla atrasada: 110-130°.	
Cabeza	Sobrepasada la línea de salida.		
Cabeza	Cabeza	Crean un pequeño desequilibrio hacia delante que otorga ventaja en el momento del impulso, sin perjudicar la estabilidad y linealidad de la carrera.	Hegedüs (1998), Mazzeo y Mazzeo (2008) Tellez y Doolittle (1984), Mero (1988), Guissard y Hainaut (1992), Schot y Knutzen (1992), Korchemny (1992), Harland y Steele (1997), Vinuesa y Coll (1997)
		Relajada, en prolongación con el tronco y con la mirada dirigida al suelo.	Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998), Hornillos (2000), Campos y Gallach (2004)
		Relajada, con la mirada dirigida entre 5-8 m. por delante de la línea de salida y nunca a la de llegada.	Mazzeo y Mazzeo (2008)

La salida de tacos, como objeto de estudio, se ha investigado desde diversas disciplinas científicas: a) desde la psicología -la utilización del feedback en el proceso de aprendizaje de la habilidad (Zubiaur et al., 1998);- b) la medicina -el análisis de la

actividad electromiográfica (Čoh et al., 2009; Mero y Komi, 1994); pero, fundamentalmente, c) en el seno de la biomecánica, a partir de análisis cinemáticos (Bradshaw et al., 2007; Brown, Kenwell, Maraj, y Collins, 2008; Čoh y Tomazin, 2006; Lipps,

Galecki, y Ashton-Miller, 2011; Maulder et al., 2006; Maulder et al., 2008; Milanese et al., 2014).

No se tiene constancia de investigaciones que hayan estudiado la salida de tacos en carreras de velocidad de atletismo mediante metodología observacional. Es por ello que el objetivo del presente estudio ha sido diseñar una herramienta observacional *ad hoc*, analizar la calidad del dato registrado y ofrecer un ejemplo práctico de su operatividad. Se pretende que el instrumento de observación sea accesible y permita a los entrenadores de atletismo analizar e intervenir en el desarrollo técnico de la salida de tacos de una gran mayoría de atletas que no pueden acceder a un análisis biomecánico, por el elevado coste económico de los medios necesarios. Una herramienta observacional operativa se convierte en una eficaz manera de optimizar el desempeño técnico de los atletas (Garzón, Lapresa, Anguera, y Arana, 2011).

MÉTODOS

Se ha utilizado metodología observacional (Anguera, 1979), cuyo carácter científico está sobradamente avalado (Anguera y Hernández-Mendo, 2014). De acuerdo con Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo, y Losada (2011), el diseño observacional utilizado (S/N/M) ha sido: de seguimiento -cada salida se considera como una sesión de registro, con lo cual el seguimiento intersesional queda configurado convencionalmente al analizar las seis salidas de cada atleta-; nomotético -se ha observado el comportamiento de cinco atletas que no actuaron como unidad-; y multidimensional -las diferentes dimensiones, relativas a criterios técnicos y conductas posturales, están delimitadas en el instrumento de observación.

Participantes

En el presente trabajo se ha seleccionado intencionalmente (Anguera, Arnau, Ato, Martínez, Pascual, y Vallejo, 1995, p. 29) a cinco atletas féminas de categoría juvenil que se encontraban entre las diez primeras del ranking regional de la temporada 2012-2013 al aire libre, establecido por la Federación Riojana de Atletismo. Cada una de estas atletas realizó seis salidas; lo que supuso un total de 30 salidas de tacos.

Instrumento

El instrumento de observación diseñado ha permitido analizar e interpretar las fases "a sus puestos" y "listos" en la salida de tacos de atletismo. Ha sido elaborado *ad hoc*, a partir del análisis del discurso narrativo de la descripción técnica (Garzón et al., 2011) de la salida de tacos presentada por Tellez y Doolittle (1984), Mero (1988), Guissard y Hainaut (1992), Schot y Knutzen (1992), Korchemny (1992), Harland y Steele (1997), Vinuesa y Coll (1997), Hegedüs (1998), Hornillos (2000), Campos y Gallach (2004) y Mazzeo y Mazzeo (2008). Es una combinación de formato de campo y sistema de categorías (Anguera, Magnusson, y Jonsson, 2007), donde la estructura de los criterios es propia del formato de campo, pero cada uno de ellos ha permitido la construcción de un sistema de categorías. En la tabla 2 se presenta de forma esquemática la herramienta observacional diseñada.

Procedimiento

Se ha simulado la realidad de la prueba atlética. La infraestructura contextual -pista de atletismo- y materiales -

tacos de salida- se encontraban homologados por la Federación Española de Atletismo y por el Consejo Superior de Deportes.

Se efectuaron seis salidas por cada atleta resultando un total de 30 salidas. Cada atleta, antes de su bloque de salidas, dispuso del tiempo y facilidades oportunas para recolocar los tacos. Los tacos se dispusieron en el eje central de la calle 3; y respecto a los tacos se colocaron las tres cámaras (laterales derecha e izquierda y frontal): equidistantes de los tacos (a 310 cm) y a la misma altura del suelo (60 cm).

Con miras a conseguir una oportuna sincronización de las imágenes grabadas por las tres cámaras y al no ser relevante - en nuestro estudio- el tiempo de reacción, se reemplazaron las voces de "a sus puestos" y "listos" del juez de salida (señales auditivas) por el encendido y el apagado de una luz (señal perceptible en la cámara en un *frame* concreto y no en el anterior).

Mediante el programa informático *Match Vision Studio* versión 3.0 (Castellano, Perea y Alday, 2005) se sincronizaron, en tres ordenadores, las imágenes de las tres cámaras en el *frame* asignado a la fase "a sus puestos", registrándose -en un único ordenador- cada una de las categorías correspondientes a los criterios del instrumento de observación para dicha fase. Posteriormente se procedió al registro en el *frame* correspondiente a la fase de "listos". Se realizó el mismo procedimiento con todas las salidas de cada atleta.

El tipo de datos utilizados ha sido tipo II, evento-base y concurrentes (Bakeman, 1978), no llevando incorporado el parámetro duración. Para la detección de estructuras regulares con el programa THEME (*T-patterns*) se asignó convencionalmente una duración constante ($d = 1$) a cada ocurrencia (Lapresa, Anguera, Alsasua, Arana, y Garzón, 2013; Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2013). En terminología THEME, reciben la denominación de *event-types* (PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv, 2004). De acuerdo con la tipología de datos de Bakeman y Quera (1996), son multieventos -al ser un diseño multidimensional y utilizar como instrumento de observación la combinación de formato de campo y sistema de categorías-.

Concordancia entre las observaciones

En el presente trabajo se ha llevado a cabo una concordancia intra-observador. Los resultados correspondientes al Kappa de Cohen (Cohen, 1960) y al porcentaje de acuerdo entre las dos observaciones realizadas (la totalidad de ambos registros agrupada en un único archivo) se realizó mediante el *software* GSEQ, versión 5.1, a partir de las recomendaciones de Bakeman y Quera (1996) para datos secuenciales.

Generalizabilidad de los resultados

Con el fin de completar la información sobre la calidad del dato (Arbulu, Usabiaga, y Castellano, 2016; Etxeazarra, Castellano, y Usabiaga, 2013) también se ha utilizado la Teoría de la Generalizabilidad (Cronbach, Gleser, Nanda, y Rajaratnam, 1972), que permite evaluar distintas fuentes de variabilidad (o facetas), pudiéndose determinar qué dimensión debe tener cada una de ellas para obtener puntuación de alta precisión (Fernández, Rosa, Jiménez, Navarro, y Anguera, 2012).

Tabla 2

Descripción abreviada de las dimensiones y categorías del instrumento de observación

Dimensión	Categorías
Fase	A sus puestos (I) Listos (F)
Taco	Adelantado (1T) Atrasado (2T)
Posición tacos	La distancia entre el taco adelantado y la línea de salida es: - Inferior a dos pies (1TPTM) - Igual a dos pies (1TPTI) - Superior a dos pies (1TPTS) La distancia entre el taco adelantado y el atrasado es: - Inferior a un pie (2TPTM) - Igual a un pie (2TPTI) - Superior a un pie (2TPTS)
Angulación tacos	El ángulo del taco adelantado es: - Inferior a 45° (1TATM) - Igual a 45-50° (1TATI) - Superior a 50° (1TATS) El ángulo del taco atrasado es: - Inferior a 70° (2TATM) - Igual a 70-80° (2TATI) - Superior a 80° (2TATS)
Posición pies	Se produce una rotación interna del pie; punta del pie hacia dentro (PPD) El pie se encuentra alineado con el taco (PPA) Se produce una rotación externa del pie; punta del pie hacia fuera (PPF)
Contacto pies	El contacto del pie en el taco es: - Completo, apoyando la punta en el suelo (CCP) - Completo, sin apoyar la punta en el suelo (CC) - Parcial, apoyando la punta en el suelo (CPP) - Parcial, sin apoyar la punta en el suelo (CP)
Posición rodillas	La proyección vertical de la rodilla está: - Por detrás de la línea de salida (PRM) - A la altura de la línea de salida (PRI) - Por delante de la línea de salida (PRS)
Angulación rodillas	El ángulo de la rodilla adelantada es: - Inferior a 86° (1TARM) - Igual a 86-94° (1TARI) - Superior a 95° (1TARS) El ángulo de la rodilla atrasada es: - Inferior a 110° (2TARM) - Igual a 110-130° (2TARI) - Superior a 130° (2TARS)
Posición hombros	El hombro analizado se encuentra: - En un plano frontal posterior a la línea de salida (PHM) - En el mismo plano frontal que la línea de salida (PHI) - En un plano frontal anterior a la línea de salida (PHS)
Rotación hombros	El hombro analizado se encuentra: - En un plano frontal posterior al del otro hombro (RHM) - En el mismo plano frontal que el otro hombro (RHI) - En un plano frontal anterior al del otro hombro (RHS)
Posición codos	Estirados (PCE) Flexionados (PCD)
Posición manos	Manos apoyadas a una distancia: - Menor que la anchura de los hombros (PMM) - Igual a la anchura de los hombros (PMI) - Mayor que la anchura de los hombros (PMS)
Contacto manos	La mano contacta con el suelo: - Formando un puente con pulgar e índice, y el resto de los dedos unidos entre sí (MPJ) - Formando un puente con pulgar e índice, y el resto de los dedos no se encuentran unidos entre sí (CMP) - Sin formar un puente con el pulgar y el índice, y el resto de los dedos unidos entre sí (CMJ) - Sin formar un puente con el pulgar y el índice, y el resto de los dedos no se encuentran unidos entre sí (CM)
Posición cabeza	Con la mirada dirigida al suelo (PCS) Con la mirada dirigida al frente (PCF)

El diseño de generalizabilidad realizado en el seno del *software* SAGT versión 1.0 (Hernández-Mendo, Blanco-Villaseñor, Pastrana, Morales-Sánchez, y Ramos-Pérez, 2016; Ramos, Hernández-Mendo, Pastrana, y Blanco-Villaseñor, 2012), ha seguido las cuatro fases expuestas por Blanco-Villaseñor (1991, 1992): 1ª fase) Plan de observación, de tres facetas, que se dispusieron de forma "cruzada": Atleta (A), con cinco niveles; Salida (S), con seis niveles; y categorías (C), con 40 niveles -las 40 categorías correspondientes a los criterios variables del instrumento de observación-. 2ª fase) Plan de estimación, donde se definió el universo al que se generalizaban los datos: Atleta (A), se estimó para una población infinita; Salida (S), se estimó para una población infinita; Categorías (C), se estimó para una población infinita. 3ª fase) Plan de medida, donde se realizaron tres planes de medida: [Salida][Categoría]/[Atleta], para evaluar la generalizabilidad de los resultados a partir del número de atletas observados; [Atleta][Categoría]/[Salida], para evaluar la generalizabilidad de los resultados a partir del número de carreras observadas; y [Atleta][Salida]/[Categoría], para evaluar la validez del instrumento de observación. 4ª fase) En el presente diseño no ha sido necesario realizar el plan de optimización, al obtenerse valores muy elevados de precisión de generalización.

Análisis de los datos

En el presente trabajo de investigación, para la detección de estructuras regulares de conducta (*T-patterns*), se ha recurrido al *software* THEME versión 5.0. Magnusson (1996, 2000) presenta el *software* THEME como una herramienta para la detección de estructuras regulares, temporales y secuenciales, en un paquete de datos. Debido a que la principal aportación de este *software* se refiere a la detección de patrones temporales (Camerino, Chaverri, Anguera, y Jonsson, 2012), son escasos los trabajos que utilizan THEME con datos secuenciales -bajo el parámetro ordena a partir de la asignación de unidades convencionales de tiempo a registros en los cuales no se encuentra incorporada la duración (Anguera, 2005; Lapresa, Anguera et al., 2013; Lapresa, Arana et al., 2013). En este trabajo se ha recurrido a esta posibilidad de análisis que permite THEME, obtenida mediante el añadido, a unos datos que no incorporan temporalidad, de una escala numérica que asigna a cada ocurrencia una duración=1.

Para la detección de *T-patterns*, se han seleccionado los siguientes parámetros de búsqueda: "frecuencia de ocurrencia" igual o mayor que 2; nivel de significación de 0,05; validación de los resultados aleatorizando los datos en 20 ocasiones y aceptando sólo aquellos patrones en los que la probabilidad de que los datos aleatorizados coincidieran con los reales fuera igual o menor de .01; el patrón detectado fue aceptado si THEME encontró, entre todas las relaciones generadas aleatoriamente, n relaciones -con $(n/200) < .05$ - de intervalo crítico con intervalos internos del mismo tamaño o más pequeños que los de la relación testeada.

RESULTADOS

Se registraron 22 eventos-tipo -multieventos, según Bakeman y Quera (1996)-. En total se registraron 60 multieventos, lo que supuso una frecuencia media de aparición de cada evento-tipo igual a 2,727. Los 60 multieventos registrados se correspondieron con las 60 filas que conformaron el registro

completo (cinco atletas, seis salidas, fases "a sus puestos" y "listos"). De esta forma ha quedado garantizada la cuestión de la alineación (Quera, Bakeman, y Gnisci, 2007) en los paquetes de datos a comparar. En concreto, se ha obtenido un porcentaje de acuerdo del 97% y un Kappa de Cohen = .970.

En la tabla 3 se recogen los resultados correspondientes al diseño de generalizabilidad efectuado, el cual ha revelado que la variabilidad quedaba fundamentalmente asociada a la faceta categorías. Asimismo, el coeficiente de generalizabilidad relativo obtenido, correspondiente al plan de medida [Salida][Categoría]/[Atleta], ha determinado que con el número de atletas utilizado se consigue una elevada fiabilidad de precisión de generalización ($e^2 = .997$). Este resultado ha asegurado la constancia de los datos registrados entre las diferentes atletas seleccionadas por conveniencia. El coeficiente de generalizabilidad relativo obtenido, correspondiente al plan de medida [Atleta][Categoría]/[Salida], ha determinado que con el número de salidas utilizado se consiguiera una elevada fiabilidad de precisión de generalización ($e^2 = 1$). Este resultado ha asegurado la homogeneidad de las salidas efectuadas por cada una de las atletas seleccionadas. El coeficiente de generalizabilidad relativo obtenido, correspondiente al plan de medida [Atleta][Salida]/[Categoría], ha avalado la validez del instrumento de observación ($e^2 = .00$).

Tabla 3
Resultados correspondientes al diseño de generalizabilidad:
[Atleta][Salida][Categoría]

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	% Varianza
[Atleta]	0	4	0	0
[Salida]	0	5	0	0
[Atleta][Salida]	0	20	0	0
[Categoría]	57834.4	39	1482.933	98.751
[Atleta][Categoría]	516.933	156	3.314	1.079
[Salida][Categoría]	20	195	0.103	0.009
[Atleta]				
[Salida][Categoría]	62.667	780	0.08	0.161

A continuación, en la tabla 4, se exponen los *T-patterns* detectados con los parámetros de búsqueda expuestos y sus características más relevantes.

Como ejemplo de las posibilidades que, a nivel intra-atleta, han aportado los resultados obtenidos a partir de la herramienta observacional diseñada, se comprueba como la atleta 4 (*T-pattern* 4, presente en las cuatro primeras salidas de la atleta -véase figura 1-), en la fase "a sus puestos", cometió los siguientes errores: colocó el taco atrasado a una distancia menor a un pie respecto al taco adelantado ($i2tptm$); la angulación del taco adelantado fue superior a 50° ($i1tats$). En cuanto a la fase "listos", el incorrecto posicionamiento de los tacos arrastrado de la fase anterior -($f2tptm$)($f1tats$)-, se acompañó de los siguientes errores técnicos: el pie adelantado rotó hacia el exterior del taco dirigiendo la puntera hacia fuera ($f1tppf$), el pie atrasado contactó parcialmente con el taco sin apoyar la punta sobre el suelo ($f2tcp$), la angulación de la rodilla adelantada fue superior a 90° ($f1tars$), y el hombro correspondiente al taco atrasado se encuentra a la misma altura que la proyección vertical de la línea de salida ($f2tphi$).

Tabla 4

T-patterns detectados: nº de orden, ocurrencias, nº de orden de las salidas en las que se detectan, y patrón en formato cadena

Nºorden	Ocurrencias	Salidas	Formato cadena del T-pattern
1	2	5,6	(i2tptm,i2tcm,f2tptm,f2tars,f2tcm)
2	2	2,3	(i2tptm,i2tcm,f2tptm,f2tars,f2tphi,f2tcm)
3	6	25,26,27,28,29,30	(i2tptm,i2tcmj,f2tptm,f2tcp,f2tarm,f2tcmj)
4	4	19,20,21,22	(i2tptm,i1tats,f2tptm,f1tats,f1tppf,f2tcp,f1tars,f2tphi)
5	2	15,16	(i1tptm,i2tcm,f1tptm,f2tcp,f1tars,f2tcm)
6	3	7,8,9	(i1tptm,i2tcmj,f1tptm,f2tarm,f2tphi,f2trhm,f2tcmj)
7	3	10,11,12	(i1tptm,i2tcmj,f1tptm,f2tarm,f2tphm,f2trhm,f2tcmj)

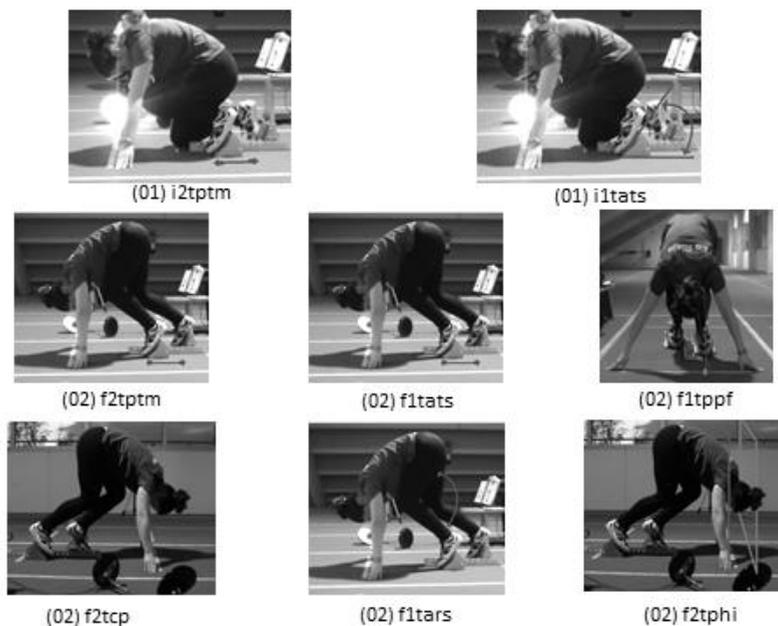


Figura 1. Errores detectados en el T-pattern con número de orden 4, correspondiente al atleta 4. Siendo: (01) primer evento del T-pattern (fase "a sus puestos"); (02) segundo evento del T-pattern (fase "listos"). Las capturas se realizaron en el frame correspondiente, en una de las cuatro ocurrencias del T-pattern (salidas con nº de orden 19, 20, 21 y 22).

Del análisis de la globalidad de las salidas efectuadas por cada una de las atletas se ha considerado que las participantes seleccionadas poseen una ejecución técnica correcta, en ambas fases de la salida de tacos, en cuanto a la posición de rodillas, codos, manos y cabeza.

Sin embargo, en la fase "a sus puestos" se han detectado los siguientes errores: el taco adelantado se posicionó a menos de dos pies respecto a la línea de salida (*T-patterns* correspondientes a las atletas 2 y 3); el taco atrasado se posicionó a menos de un pie respecto al taco adelantado (*T-patterns*, atletas 1, 4 y 5); la angulación del taco adelantado fue superior a 50° (*T-pattern*, atleta 4); las manos contactaron con el suelo sin formar un puente con el pulgar y el índice y con el resto de los dedos separados entre sí (*T-patterns*, atletas 1 y 3).

Mientras, en la fase "listos", además de los relativos a la posición y angulación de los tacos -que es fija-, se han detectado los siguientes errores: el pie adelantado se posicionó con la punta dirigida hacia la parte externa del taco (*T-pattern*

correspondiente a la atleta 4); se produjo un contacto parcial con la superficie de los tacos (*T-patterns*, atletas 3, 4 y 5); la angulación de la rodilla atrasada fue superior a 130° (*T-patterns*, atleta 1); la angulación de la rodilla atrasada fue inferior a 110° (*T-patterns*, atletas 2 y 5); los hombros se posicionaron sin rebasar la línea de salida (*T-patterns*, atletas 1, 2 y 4); los hombros rotaron en el plano frontal (*T-patterns*, atleta 2); las manos contactaron con el suelo sin formar un puente con el pulgar y el índice y con el resto de los dedos sin unirse entre sí (*T-patterns*, atletas 1 y 3).

DISCUSIÓN

Ante la dificultad manifiesta para trasladar a la intervención deportiva cotidiana los datos cuantitativos resultantes de los estudios biomecánicos habituales, se ha elaborado una herramienta observacional de gran accesibilidad que permite analizar e intervenir en el desarrollo técnico de la salida de tacos en pruebas atléticas de velocidad.

En cuanto a la calidad del dato, la fiabilidad obtenida mediante la herramienta observacional diseñada se ha determinado

mediante el coeficiente Kappa de Cohen (1960), una medida de concordancia cuantitativa para clasificaciones nominales, en las que no existe un orden de graduación entre las diferentes categorías y que corrige el factor azar. Por las propiedades aquí descritas, la utilización de este coeficiente es pauta habitual en el análisis de la calidad del dato en estudios observacionales (Arbulu et al., 2016; Castellano, Hernández-Mendo, Gómez, Fontetxa, y Bueno, 2000; Etxezarra et al., 2013; Garay, Hernández-Mendo, y Morales, 2006). De acuerdo con Landis y Koch (1977, p. 165), se ha obtenido una consideración del acuerdo "casi perfecta".

Para avalar la validez de la herramienta observacional en el presente trabajo se ha recurrido a la Teoría de la Generalizabilidad. Al colocar "categoría" en la faceta de instrumentación -plan de medida [Atleta][Salida]/[Categoría]-, de acuerdo con Blanco-Villaseñor (1991, 1992) se estará abordando la validez del instrumento de observación. En este marco metodológico, un instrumento será válido cuando la variabilidad correspondiente a la faceta categorías sea muy elevada, lo cual se traduce en un e^2 igual o próximo a cero (Blanco-Villaseñor, 1991; Blanco-Villaseñor, Sastre, y Escolano, 2010; Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, y Usabiaga, 2014; García-García, Hernández-Mendo, Serrano, y Morales-Sánchez, 2013). El coeficiente de generalizabilidad relativo que se ha obtenido, correspondiente al plan de medida [Atleta][Salida]/[Categoría], determina la validez del instrumento de observación.

En cuanto a la operatividad de la herramienta observacional desarrollada (Garzón et al., 2011), se ha procedido a la detección de estructuras regulares de conducta, mediante el software THEME, que es uno de los *softwares* que están siendo crecientemente utilizados (Anguera y Hernández-Mendo, 2015) para detectar un tipo determinado de estructura regular de conducta (el *T-pattern*) en el deporte (Castañer, Camerino, Anguera, y Jonsson, 2016; Jonsson et al., 2006; Lapresa, Alsasua, Arana, Anguera, y Garzón, 2014; Prieto, Gutiérrez-Santiago, Camerino, y Anguera, 2016), habiéndose aplicado también en atletismo para el análisis del comportamiento táctico en medio fondo y fondo (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2016) y en el análisis de gestos técnicos respecto al patrón técnico ideal (Camerino, Prieto, Lapresa, Gutiérrez-Santiago, e Hílano, 2014; Garzón, Lapresa, Anguera, y Arana, 2014; Prieto, Gutiérrez-Santiago, Camerino, y Anguera, 2013).

Los *T-patterns* detectados constituyen un claro ejemplo de la practicidad del sistema de observación construido, habiendo permitido determinar aspectos técnicos concretos —ajuste y error— respecto al patrón técnico ideal, tanto intra-atleta como inter-atletas. En este sentido, se considera relevante resaltar la especificidad de los resultados obtenidos, ya que no hay dos participantes que hayan generado un mismo evento-tipo. En consonancia, todos los *T-patterns* detectados se han hallado intra-atleta; es decir, cada *T-pattern* es propio de una atleta en concreto y no es compartido por ninguna otra atleta analizada. Además, la herramienta observacional diseñada permite -como se ha constatado a partir del análisis de la globalidad de las salidas efectuadas por cada una de las atletas-, realizar una valoración global del ajuste al gesto técnico ideal, en las fases "a sus puestos" y "listos", de un conjunto de atletas.

Se espera que este estudio sirva de ayuda a los entrenadores de atletismo base que no pueden disponer de medios biomecánicos como los que se disponen en el atletismo de élite. Además, bien pudiera constituirse en germen de futuras investigaciones centradas en el análisis técnico de la salida de tacos en atletismo que, hasta ahora, no se había beneficiado de las posibilidades que aporta la metodología observacional.

REFERENCIAS

- Anguera, M. T. (1979). Observational Typology. *Quality & Quantity. European-American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484.
- Anguera, M. T. (2005). Microanalysis of T-patterns. Analysis of symmetry/asymmetry in social interaction. En L. Anolli, S. Duncan, M. Magnusson, y G. Riva (Eds.), *The hidden structure of social interaction. From Genomics to Culture Patterns* (pp. 51-70). Amsterdam: IOS Press.
- Anguera, M. T., Arnau, J., Ato, M., Martínez, R., Pascual, J. y Vallejo, G. (1995). *Métodos de Investigación en Psicología*. Madrid: Síntesis Psicología.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Anguera, M. T., y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.
- Anguera, M. T., y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Anguera, M. T., Magnusson, M. S., y Jonsson, G. K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en Medición*, 5(1), 63-82.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2016). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*, 16(3), 279-286.
- Arbulu, A., Usabiaga, O., y Castellano, J. (2016). Construcción de una herramienta de observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 91-96.
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data. En G. P. Sackett (Ed.) *Observing Behaviour, Vol. II: Data Collection and Analysis Methods* (pp. 63-78). Baltimore: University Park Press.
- Bakeman, R., y Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción. Análisis Secuencial con SDIS y GSEQ*. Madrid: Ra-Ma.
- Blanco-Villaseñor, A. (1991). La teoría de la generalizabilidad aplicada a diseños observacionales. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 17(3), 23-63.
- Blanco-Villaseñor, A. (1992). Aplicaciones de la teoría de la generalizabilidad en la selección de diseños educativos. *Bordón*, 43(4), 431-459.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R. y Usabiaga, O. (2014). Aplicación de la TG en el deporte para el estudio de la fiabilidad, validez y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 131-137.
- Blanco-Villaseñor, A., Sastre, S., y Escolano, E. (2010). Desarrollo ejecutivo temprano y teoría de la generalizabilidad: bebés típicos y prematuros. *Psicothema*, 22(2), 221-226.

- Bradshaw, E. J., Maulder, P. S. y Keogh, J. W. (2007). Biological movement variability during the sprint start: Performance enhancement or hindrance? *Sports Biomechanics*, 6(3), 246-260.
- Brown, A. M., Kenwell, Z. R., Maraj, B. K. V. y Collins, D. F. (2008). "Go" signal intensity influences the sprint start. *Medicine Science Sports Exercise*, 40(6), 1144-1150.
- Camerino, O., Chaverri, J., Anguera, M. T., y Jonsson, G. (2012). Dynamics of the game in soccer: Detection of t-patterns. *European Journal of Sport Science*, 12(3), 216-224.
- Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., e Hílano, R. (2014). Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 147-155.
- Campos, J., y Gallach, J.E. (2004). *Técnicas del Atletismo. Manual Práctico de Enseñanza*. Barcelona: Paidotribo.
- Castañer, M., Camerino, O., Anguera, M. T., y Jonsson, G. K. (2016). Paraverbal Communicative Teaching T-patterns using SOCIN and SOPROX observational systems. En M. S. Magnusson, J. K. Burgoon, M. Casarrubia, y D. McNeill (Eds.), *Discovering Hidden Temporal Patterns in Behavior and Interactions: T-Pattern Detection and Analysis with THEME* (pp. 83-100). New York: Springer.
- Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Gómez, P., Fontetxa, E., y Bueno, I. (2000). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el fútbol de rendimiento. *Psicothema*, 12(4), 635-641.
- Castellano, J., Perea, A., y Alday, L. (2005). Match Vision Studio. Software para la observación deportiva. En L. M. Sautu, J. Castellano, A. Blanco-Villaseñor, A. Hernández-Mendo, A. Goñi, y F. Martínez (Coords.), *Evaluación e intervención en el ámbito deportivo*. Vitoria-Gasteiz: Diputación Foral de Álava.
- Čoh, M., y Tomazin, K. (2006). Kinematic analysis of the sprint start and acceleration from the blocks. *New Studies in Athletics*, 21(3), 23-33.
- Čoh, M., Peharec, S., Bačić, P., y Kampmiller, T. (2009). Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start. *Biology of Sport*, 26(2), 137.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Cronbach, L. J., Gleser, G. C., Nanda, H., y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. New York: Wiley.
- Etxeazarra, I., Castellano, J., y Usabiaga, O. (2013). Aplicación de diferentes estrategias para el control de calidad del dato de una herramienta observacional en fútbol formación. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 8(2), 301-316.
- Fernández, M., Rosa, C., Jiménez, F., Navarro, V., y Anguera, M.T. (2012). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato para una intervención inclusiva en Educación Física. *Revista de Psicología del Deporte*, 21(1), 67-73.
- Garay, J. O., Hernández-Mendo, A., y Morales, V. (2006). Sistema de codificación y análisis de la calidad del dato en el tenis de dobles. *Revista de Psicología del Deporte*, 15(2), 279-294.
- García-García, O., Hernández-Mendo, A., Serrano, V., y Morales-Sánchez, V. (2013). Aplicación de la teoría de la generalizabilidad a un análisis de tensiomiografía en ciclistas profesionales de ruta. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(1), 53-60.
- Garzón, B., Lapresa, D., Anguera, M. T., y Arana, J. (2011). Análisis observacional del lanzamiento de tiro libre en jugadores de baloncesto base. *Psicothema*, 23(4), 851-857.
- Garzón, B., Lapresa, D., Anguera, M. T., y Arana, J. (2014). Del minibasket al baloncesto: efectos de la actual configuración reglamentaria en el patrón técnico de lanzamiento de tiro libre. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 77-85.
- Guissard, N., y Hainaut, K. (1992). EMG and mechanical changes during sprint start at different front block obliquities. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 24(11), 1257-1263.
- Harland, M., y Steele, J. (1997). Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23(1), 11-20.
- Hegedüs, J. (1998). *Técnicas atléticas*. Buenos Aires: Stadium.
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J. L., Morales-Sánchez, V., y Ramos-Pérez, F. J. (2016). SAGT: aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89.
- Hornillos, I. (2000). *Biblioteca temática del deporte. Atletismo*. Barcelona: INDE.
- International Association of Athletics Federations (2015). 100-metres men final result. Recuperado de <https://www.iaaf.org/competitions/iaaf-world-championships/15th-iaaf-world-championships-4875/results/men/100-metres/final/result#resultheader>
- International Association of Athletics Federations (2016). 100-metres men final result. Recuperado de <https://www.iaaf.org/competitions/olympic-games/the-xxi-olympic-games-5771/results/men/100-metres/final/result#resultheader>
- Jonsson, G. K., Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Hernández-Mendo, A., Ardá, T., Camerino, O., y Castellano, J. (2006). Hidden patterns of play interaction in soccer using SOF-CODER. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 38, 372-381.
- Korchemny, R. (1992). A new concept for sprint start and acceleration training *New Studies in Athletics*, 7(4), 65-72.
- Landis, R. J., y Coch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Lapresa, D., Alsasua, R., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2014). Análisis observacional de la construcción de las secuencias ofensivas que acaban en lanzamiento en baloncesto de categoría infantil. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(2), 365-376.
- Lapresa, D., Anguera, M. T., Alsasua, R., Arana, J., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of T-patterns using real time data and simulated data by assignment of conventional durations: the construction of efficacy in children's basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 321-339.
- Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of the sequentiality using SDIS-GSEQ and THEME: a concrete example in soccer. *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1687-1695.
- Lipps, D. B., Galecki, A. T., y Ashton-Miller, J. A. (2011). On the implications of a sex difference in the reaction times of

- sprinters at the Beijing olympics. *Public Library of Science ONE*, 6(10): e26141.
- López, J. L. (2009). Variables determinantes del rendimiento en la salida desde tacos en atletismo. *Kronos*, 8(14), 31-34.
- Magnusson, M. S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.
- Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior. T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(1), 93-110.
- Maulder, P. S., Bradshaw, E. J., y Keogh, J. (2006). Jump kinetic determinants of sprint acceleration performance from starting blocks in male sprinters. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 359-366.
- Maulder, P. S., Bradshaw, E. J., y Keogh, J. W. (2008). Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1992-2002.
- Mazzeo, E. A., y Mazzeo, E. J. (2008). *Atletismo para todos. Carreras, saltos, lanzamientos*. Buenos Aires: Stadium.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94-98.
- Mero, A., Komi, P. V., y Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.
- Mero, A., y Komi, P. V. (1994). EMG, force, and power analysis of sprint-specific strength exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 1-13.
- Milanese, C., Bertucco, M., y Zancanaro, C. (2014). The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. *Biology of Sport*, 31, 209-215.
- Nelson, A. G., Driscoll, N. M., Landin, D. K., Young, M. A., y Schexnayder, I.C. (2005). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 449-454.
- PatternVision Ltd & Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour. Reference manual, version 5.0*. Wageningen: The Netherlands: Noldus Information Technology bv.
- Prieto, I., Gutiérrez-Santiago, A., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2013). Knowledge of error in relation to the teaching and learning osoto-gari judo throw. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 8(1), 53-60.
- Prieto, I., Gutiérrez-Santiago, A., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2016). Typical errors and behavioural sequences in judo techniques: knowledge of performance and the analysis of T-patterns in relation to teaching and learning the Ouchi-gari throw. En M. S. Magnusson, J. K. Burgoon, M. Casarrubea, y D. McNeill (Eds.), *Discovering Hidden Temporal Patterns in Behavior and Interactions: T-Pattern Detection and Analysis with THEME* (pp. 143-153). New York: Springer.
- Quera, V., Bakeman, R., y Gnisci, A. (2007). Observer agreement for event sequences: Methods and software for sequence alignment and reliability estimates. *Behavior Research Methods*, 39(1), 39-49.
- Ramos, F. J., Hernández-Mendo, A., Pastrana, J. L., y Blanco-Villaseñor, A. (2012). *SAGT: Software para la Aplicación de la Teoría de la Generalizabilidad*. Proyecto fin de carrera para la titulación: Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Málaga, España.
- Schot, P., y Knutzen, K. (1992). A biomechanical analysis of four sprint start positions. *Research quarterly for exercise and sport*, 63(2), 137-147.
- Tellez, T., y Doolittle, D. (1984). Sprinting from start to finish. *Track Technique*, 88, 2802-2805.
- Vinuesa, M., y Coll, J. (1997). *Tratado de atletismo*. Madrid: Esteban Sanz.
- Zubiaur, M., Oña, A., y Delgado, J. (1998). La utilización del feedback en disminución progresiva en el aprendizaje de la respuesta de reacción. *Revista de Psicología del Deporte*, 7(2), 57-68.

Agradecimiento

Este trabajo forma parte de los proyectos: La actividad física y el deporte como potenciadores del estilo de vida saludable: Evaluación del comportamiento deportivo desde metodologías no intrusivas (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) 2016-2018 [DEP2015-66069-P (MINECO/FEDER, UE)]; Avances metodológicos y tecnológicos en el estudio observacional del comportamiento deportivo (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) 2015-2017 [PSI2015-71947-REDT]; Generalitat de Catalunya Research Group, Grup de recerca i innovació en dissenys (GRID), Tecnologia i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals [2014 SGR 971].

