



**Palabras clave**

percepción visual, percepción de trayectorias, visión deportiva

# Percepción de trayectorias de balones entre los 9 y los 18 años

**Manuel Sillero Quintana**

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.  
Profesor del Instituto Nacional de Educación Física de Madrid.  
Departamento de Estructuras y Análisis del Movimiento Humano

**Jesús Javier Rojo González**

Doctor en Medicina y Cirugía.  
Profesor del Instituto Nacional de Educación Física de Madrid.  
Departamento de Estructuras y Análisis del Movimiento Humano

## Abstract

*This work studies the capacity to trace trajectories from infancy to adult age and how some variables can influence this capacity of perception as well as the type of sport practised, the ability and experience in playing football, the sex of the subject or the state of the visual function. The sample was made up of 98 boys and girls volunteers, with different sporting experience. The perception of trajectories was judged on a combination of Precision and Anticipation in making a decision, tossing footballs into a landing area. The subject had to decide where the ball was going to land with the best anticipation and precision possible. The study revealed significant differences in the perception of trajectories in respect to the age, the type of sport practised and the sex of the subject. The perception of trajectories improved with age, is best in sports people with ball and players of football and indoor football, and is better in boys than girls. Other variables such as total sporting practice, and football ability appear to be directly connected to the efficiency in the perception of the trajectories of footballs.*

## Key words

*visual perception, perception of trajectories, sporting vision.*

## Resumen

El trabajo estudia la capacidad de percibir las trayectorias desde la infancia hasta la edad adulta, y como pueden influir en la capacidad de percepción algunas variables como el tipo de deporte practicado, la habilidad y la experiencia en la práctica del fútbol, el sexo del sujeto o el estado de la función visual. La muestra estaba compuesta por 98 chicos y chicas voluntarios, entre 9 y 18 años, con distinta experiencia en la práctica deportiva. Se evaluó la Percepción de las Trayectorias, como combinación de la Precisión y la Anticipación de la toma de la decisión, lanzando balones de fútbol a una zona de caída. El sujeto debía decidir donde iba a caer el balón con la mayor anticipación y precisión posible. El estudio de la muestra revela diferencias significativas en la percepción de las trayectorias en función de la edad, el tipo de deporte practicado y el sexo del sujeto. La percepción de las trayectorias mejora con la edad, es mejor en deportistas con pelota y jugadores de fútbol y fútbol sala, y es mejor en chicos que en chicas. Otras variables como la práctica deportiva total, y la habilidad futbolística parecen estar relacionadas directamente con la eficiencia en la percepción de las trayectorias de pelotas de fútbol.

## Introducción

La percepción de las trayectorias de pelotas es una tarea visual muy compleja, que implica a la mayor parte de las habilidades visuales del individuo. Para estimar el punto donde va a caer un balón, el sujeto debe utilizar sus movimientos oculares (seguimientos, movimientos sacádicos, reflejos oculo-vestibulares y vergencias), la percepción de la profundidad (estereopsis), la percepción del contraste, la agudeza visual estática y dinámica, la acomodación, la amplitud del campo visual y la visualización (Loran, 1997).

Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la capacidad del ser humano para percibir trayectorias utilizando protocolos analíticos en situaciones de laboratorio como, por ejemplo, columnas de LED que simulaban la caída de pelotas (von Hofsten y cols., 1992), carriles por los que se dejaba caer una bola que se debía interceptar (Dunham, 1977), o sombras que se dilataban o expandían para simular objetos que se alejan o aproximan al sujeto (Bootsma, 1991). Otro grupo de estudios se han realizado utilizando vídeos o filmaciones en lugar de trayectorias reales (Olave, 1990 y Williams, 1968) y en otros se han utilizado pelotas, pero seleccionando cierto tipo de trayectorias poco frecuentes en situaciones reales (Lee y cols., 1983), limitando los tiempos de observación de la trayectoria (Montagne y cols., 1993), o se ha modificado el volumen de la pelota durante las trayectorias para analizar aspectos concretos de la percepción de las trayectorias (Savelsbergh y Boostma, 1994).

Bard (1974) definió la precisión y la anticipación de la toma de decisión como las variables principales de eficiencia en la percepción de las trayectorias.

Sillero y Rojo (2000), validaron un test que evaluaba dichas variables de manera aislada basándose en experiencias previas de Bard (1974) y Olave (1990). Con dicho protocolo también se podía evaluar, en una situación muy próxima a las condiciones reales de juego, la percepción de las trayectorias como combinación de la precisión y la anticipación de la toma de decisión. Este test es el que se utilizará en el presente trabajo para estudiar la evolución de la capacidad de percibir las trayectorias desde la infancia hasta la edad adulta y y como pueden influir en la capacidad de percepción algunas variables como el tipo de deporte practicado, la habilidad y la experiencia en

la práctica del fútbol, el sexo del sujeto o el estado de la función visual.

## Material y métodos

La muestra estaba compuesta por 98 sujetos voluntarios (82 chicos y 16 chicas), entre 9 y 18 años ( $M = 13,9$ ;  $DT = 2,56$ ). A los padres se les informó con anterioridad de los propósitos y los protocolos de los test y autorizaron que sus hijos participaran en el experimento y que los datos fueran utilizados con fines de investigación.

Se determinó una zona de caídas con nueve cuadrados de 3 m de lado cada uno (fig. 1), marcados en el suelo con cinta adhesiva de color amarillo fluorescente. La máquina lanza-pelotas (Jugs Pitching Machine, Jugs Company. Tualatin, Oregon) se colocó a una distancia 25 metros del borde más próximo de la cuadrícula.

Al comenzar su trayectoria, el balón activaba un dispositivo con dos cronómetros, el primero de los cuales era detenido por el sujeto cuando creía saber en la zona donde iba a caer el balón (Tiempo de Toma de Decisión), y el segundo era detenido por el investigador en el momento en que el balón tocaba el suelo (Tiempo Total de la Trayectoria). El pulsador que activaba el sujeto disponía de nueve teclas dispuestas de forma semejante a la cuadrícula de caída del balón (3 x 3). Cuando el sujeto pulsaba un botón, la decisión quedaba registrada y era anotada por el investigador (Caída Decidida). Se anotaba también la zona de Caída Real del balón. Si el balón caía sobre una línea se consideraban correctas todas las cuadrículas contiguas a la línea.

Los balones utilizados fueron 10 Adidas Questra (tamaño # 4) que eran inflados diariamente a una presión de 0,9 atmósferas. A los sujetos se les hizo un sencillo cuestionario para conocer su edad, sexo, actividad deportiva que practicaban y dedicación a la misma antes de ser evaluada la capacidad de percibir las trayectorias de balones de fútbol.

Se realizaron tres ensayos, a modo de práctica, antes de registrarse 5 lanzamientos con el sujeto colocado primero en posición lateral derecha (A), luego frontal (B), y, finalmente, lateral izquierda (C) con relación a la trayectoria del balón. (Véase fig. 1)

El nivel de experiencia del sujeto en la práctica del fútbol se determinó mediante el test

“Juggling-1” (Van Rossum y Wijbenga, 1993) en el que el sujeto debía dar el mayor número de toques sin que cayera el balón al suelo, sin límite de tiempo, siendo 100 la máxima puntuación.

Por último, se registró la Agudeza Visual (AV) monocular y binocular mediante el Test de Acercamiento Progresivo (TAP) (Sillero, 1999 y Sillero y Bennett, 2000) en el que se acercaba al sujeto una “E” situada en el centro de una tarjeta blanca hasta que fuera resuelta la dirección hacia donde apuntaban las barras de la “E”.

La totalidad de las pruebas se hicieron en un pabellón cubierto con iluminación central natural. Las condiciones de iluminación ambiente durante cada una de las sesiones de toma de datos fueron medidas con un luxómetro corregido al seno, modelo Lunasix (Gossen, Alemania). Todas las tomas se realizaron bajo condiciones lumínicas dentro del rango fotópico bajo (Newman, 1975) entre 100 y 3.600 lux ( $M = 1.634$  lux;  $DT = 1.041$  lux).

## Análisis de los datos

Se estimó el Coeficiente de Agudeza Visual (AV) de Snellen monocular y binocular a partir de los resultados en el TAP, teniendo en cuenta la iluminación ambiente en el momento de realizar el test (Sillero y Bennett, 2000). Se consideró la visión como “Correcta” cuando el Coeficiente de AV de Snellen estaba entre 0,66 y 1,30; “Excelente” cuando era superior a 1,30 y “Ambliope” cuando era inferior a 0,66 o la AV monocular de ambos ojos difería en 0,4 (Ciuffreda y cols., 1991).

Para obtener el Coeficiente de Percepción de Trayectorias (CPT) se multiplicó el Coeficiente de Anticipación (CAN) por el Coeficiente de Aciertos (CAC) (Sillero y Rojo, 2000). El CAN en cada lanzamiento se obtuvo restado a la unidad el cociente del Tiempo de Toma de Decisión dividido por el

Figura 1. Disposición de los distintos elementos del test.

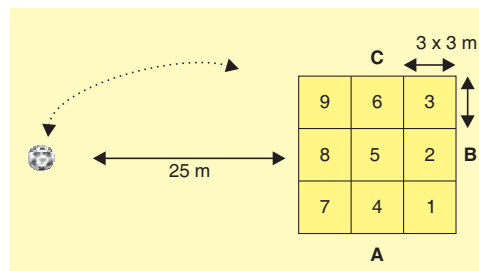
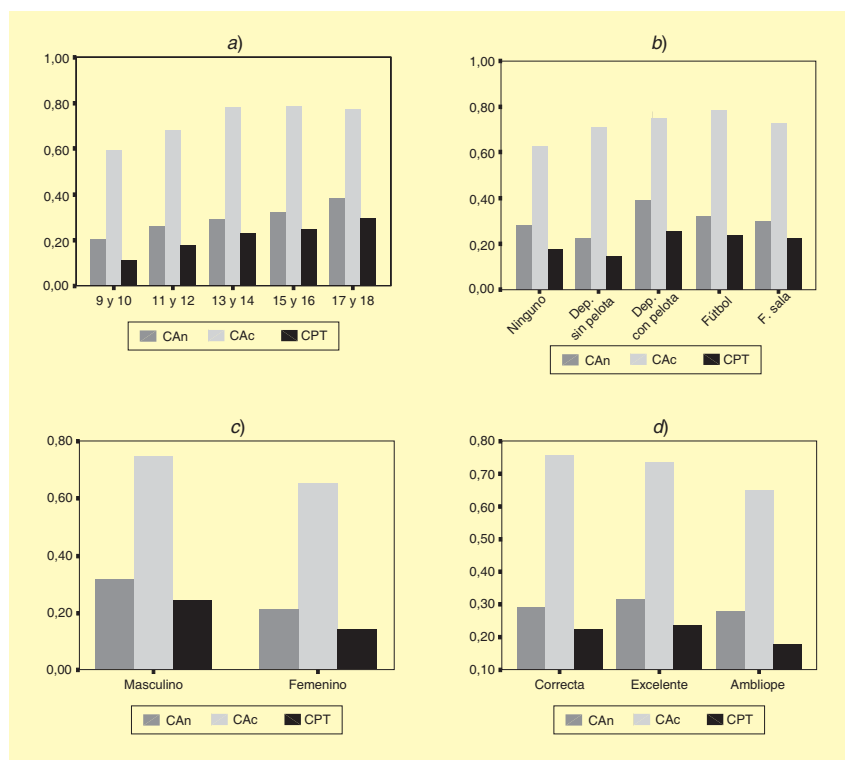


Figura 2.

a) CPT, CAn y CAC en función de la edad. b) CPT, CAn y CAC según tipo de deporte. c) CPT, CAn y CAC en función del sexo. d) CPT, CAn y CAC en función de la visión.



Tiempo Total de la Trayectoria (ver fórmula 1). Hay que hacer notar que la relación entre el CAn y el Tiempo de Toma de Decisión es inversa; de esta forma, los sujetos con menores tiempo de toma de decisión tendrán mejores CAn.

$$CAn = 1 - \frac{\text{Tiempo de Toma de Decisión}}{\text{Tiempo Total de la Trayectoria}} \quad (1)$$

El CAC de cada intento se basó en un sistema de puntuaciones que otorgaba 1 punto por acierto, "0,5" si la cuadrícula de "caída decidida" era adyacente a la de "caída real", "0,25" si se fallaba en 2 cuadrículas, y "0" si el fallo era de 3 o más cuadrículas. Tras obtener los CPT, CAn y CAC de cada lanzamiento se obtuvieron las medias en las distintas posiciones y la media general.

Se consideró la práctica total deportiva del sujeto como el producto de las horas de práctica semanales por la antigüedad de la práctica por las 52 semanas del año.

Tras obtener los valores de CPT, CAn y CAC de cada sujeto, se realizó un ANOVA unilaterial según edad, tipo de deporte, estado de visión y sexo y, en los casos en que se obtuvieron diferencias significativas, se realiza-

ron test de comparaciones múltiples con el test *post hoc* HSD Tukey para determinar entre que categorías se encontraban dichas diferencias.

Se calcularon los coeficientes de correlación de producto-momento de Pearson entre los valores de CPT, CAn y CAC de los distintos sujetos y variables continuas como la Práctica Total Deportiva, Habilidad Futbolística en el test Juggling-1 y La Edad del sujeto.

## Resultados

En las figuras 2a-2d se muestran los valores medios del CPT, CAn y CAC según el bloque edad (cada dos años), tipo de deporte, sexo y el estado de la visión. Los valores medios y los resultados del ANOVA se pueden ver en la Tabla 1.

Las comparaciones múltiples realizadas a través de Test *post hoc* HSD Tukey arrojan diferencias significativas: Para la *Edad*, en el CAn entre 9-10 años y 15-16 y 17-18 años; entre 11-12 años y 17-18; y entre 13-14 años y 17-18; en el CAC entre 9-10 años y 13-14, 15-16 y 17 y 18; y en el CPT entre 9-10 años y 13-14, 15-16 y 17 y 18; entre 11-12 años y 17-18 años; y entre

13-14 y 17-18 años. Para el *Deporte*, en el CAC entre fútbol y deporte sin pelota y sedentarios; y en el CAn entre deporte con pelota y deporte sin pelota. Para el *Estado de Visión*, únicamente en el CAC entre los sujetos con visión Correcta y Ambliopes.

Aparecen Coeficientes de Correlación de Pearson moderados pero significativos ( $p < 0,05$ ), entre la Práctica Total Deportiva y el CAn ( $r = 0,302$ ), CAC ( $r = 0,270$ ) y CPT ( $r = 0,386$ ), entre la Habilidad Futbolística (Test Juggling-1) y el CAC ( $r = 0,368$ ) y CPT ( $r = 0,274$ ); y entre la edad y el CAn ( $r = 0,451$ ), CAC ( $r = 0,419$ ) y el CPT ( $r = 0,577$ ).

## Discusión

El estudio pone de manifiesto que existe una mejora marcada y progresiva en la percepción de las trayectorias con la edad entre los 9 y 18 años. Al igual que en cualquier otra tarea de carácter perceptivo, la experiencia previa acumulada con los años parece determinar la efectividad del sujeto en la percepción de las trayectorias de balones. Esto concuerda con otros estudios que revelaban la mejora del atrape de pelotas con la edad (Dunhan, 1977).

Al haberse limitado la muestra a los 18 años, no se puede determinar si a esta edad se encuentra el máximo rendimiento en la percepción de las trayectorias. Sin embargo, es posible que siga mejorando con la edad y la experiencia hasta que, debido principalmente a la degeneración del sistema visual, las capacidades perceptivas del individuo comiencen a decaer.

Aunque los análisis "*post hoc*" no revelen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico en este punto, parece que el grupo de los deportistas con pelota y los jugadores de Fútbol y Fútbol Sala obtuvieron mejores resultados en la Percepción de las Trayectorias que los sujetos sedentarios y los deportistas sin pelota. La explicación podría ser que los sujetos con mejores condiciones visuales para percibir la bola se orientaran de manera natural a la práctica de deportes con balón; sin embargo, es más posible que, como defendían Bard y cols (1994), la experiencia en deportes con pelota mejoraría la organización de los patrones de búsqueda, la velocidad, la idoneidad y precisión de los procesos de decisión, la calidad de la anticipación perceptiva, la capacidad de utilizar la información periférica y el coste de las operaciones de toma de decisión.



Lo que parece quedar demostrado es que los deportistas con pelota anticipan más la decisión que los deportistas sin pelota y que los futbolistas tienen un mayor número de aciertos que los deportistas sin pelota y los sedentarios.

Se ha encontrado que los resultados de las personas con visión deficiente (Ambliopes) son peores tanto en el CAn, CAC y CPT comparados con las de visión Correcta y Excelente; sin embargo, dichas diferencias sólo son significativas en la precisión de la Toma de Decisión (CAC) del sujeto. La explicación a este hecho podría estar en que el sistema visual dispone de diferentes mecanismos para obtener información (von Hofsten, 1992). En caso de que uno de ellos se vea afectado, el sujeto perfecciona los otros con la práctica para lograr ser eficiente en la tarea. Por otra parte, hay que considerar el hecho de que muchos de los individuos de la muestra son niños que no tienen desarrollada la capacidad de percibir la capacidad de las trayectorias. Esos niños cometen fallos por inseguridades propias de la edad independiente mente del estado de su función visual, lo cual podría estar desvirtuando los resultados obtenidos en esta categoría.

Las diferencias en el CAn, CAC y CPT en función del sexo de los sujetos podrían ser debidas a que existían diferencias significativas ( $F = 7,44$ ;  $p < 0,05$ ) entre la edad de las chicas ( $M = 12,38$ ;  $DT = 2,58$ ) y la de los chicos ( $M = 14,22$ ;  $DT = 2,45$ ). Sin embargo, concuerdan con los resultados de algunos trabajos en los que se obtuvieron mayor eficiencia en atrape de pelotas en niños que en niñas (Dunham, 1977). Dicha diferencia sexual en la capacidad de percibir las trayectorias podría deberse a una menor experiencia de las chicas en deportes de pelota. Sería interesante realizar un estudio con muestras de edades semejantes y con similar experiencia en la práctica deportiva.

Por último, la cantidad de Práctica Deportiva (debido a la mejora perceptiva general y de toma de decisión que genera) y la Habilidad Futbolística (como indicativo de la experiencia en la práctica del fútbol) parecen influir débil pero directamente en la eficiencia en la Percepción de la Trayectorias de Pelotas del sujeto.

## Conclusiones

Como cualquier otra tarea perceptiva, la predicción de la trayectoria del vuelo de una

**Tabla 1.**

Valores medios y resultados del ANOVA para distintas variables.

		CPT			CAC			CAn		
		M	F	p	M	F	P	M	F	P
Grupo de edad	9 a 10	0,199			0,588			0,109		
	11 a 12	0,256			0,674			0,174		
	13 a 14	0,291	6,834	0,000	0,778	8,464	0,000	0,226	12,78	0,000
	15 a 16	0,317			0,781			0,247		
	17 a 18	0,379			0,765			0,292		
Deporte	Ninguno	0,180			0,634			0,285		
	D. sin pelota	0,187			0,714			0,258		
	D. con pelota	0,277	3,589	0,009	0,750	5,607	0,000	0,381	2,517	0,047
	Fútbol	0,249			0,815			0,306		
	F. sala	0,236			0,745			0,312		
Sexo	Fem.	0,142	16,62	0,000	0,660	7,428	0,008	0,213	11,774	0,001
	Mas.	0,238			0,754			0,324		
Visión	Correcta	0,225			0,763			0,209		
	Excelente	0,235	1,989	0,143	0,741	3,703	0,028	0,313	0,552	0,577
	Ambliope	0,178			0,657			0,283		

pelota, mejora con la experiencia. Dicha experiencia parece venir dada principalmente por la edad del sujeto y la práctica de deportes con balón, y hace que se mejore, sobre todo, la anticipación de la toma de la decisión y en menor medida la precisión de la toma de decisión.

La percepción de las trayectorias podría también estar influenciada por la salud del sistema visual; sin embargo, la adaptabilidad del sistema visual hace que el sujeto rentabilice al máximo sus habilidades visuales. Sería conveniente realizar en el futuro estudios con sujetos adultos, con la capacidad de percibir las trayectorias consolidadas para valorar la incidencia que tiene la calidad de la función visual en la percepción de las trayectorias. Las diferencias sexuales obtenidas en la percepción de las trayectorias deberían ser más ampliamente estudiadas.

## Agradecimientos

Los gastos de este estudio han sido parcialmente costeados por una beca concedida por CSD. La toma de datos se ha realizado en un Pabellón cedido por el SDM de Parla.

## Bibliografía

Bard, C.: "Rapidité et précision des jugements spatiaux i en fonction des variations de trajectoires de balle", *Mouvement*, vol. 4, 9 (1974), pp. 257-265.

Bootsma, R. J.: "Predictive information and the control of action: What yo see is what you get", *International Journal of Sport Psychology*, 22 (1991), pp. 271-278.

Ciuffreda, K. J.; Levi, D. M. y Selenow, A.: *Amblyopia. Basic and clinical aspects*, Boston: Butterworth-Heinemann, 1991.

Dunham, P.: "Age, sex, speed and practice in coincidence-anticipation performance of children", *Perceptual and Motor Skills*, 45 (1977), pp. 187-193.

Lee, D. N.; Young, D. S.; Reddish, P. E.; Loung, S. y Clayton, T. M. H.: "Visual timing in hitting an accelerating ball", *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35 (1983), pp. 333-346.

Loran, D. F. C. y Macewen, C. J.: *Sports Vision*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

Montagne, G.; Laurent, M. y Ripoll, H.: "Visual information pick-up in ball catching", *Human Movement Science*, 12 (1993), pp. 273-297.

Olave, J. M.: *Propuesta de test encaminado a evaluar la percepción de trayectorias aéreas de objetos*, Tesis Doctoral, INEFC Barcelona, Barcelona, 1990.

Sillero, M.: "Comparación de técnicas para evaluación de la agudeza visual y los extremos del campo visual horizontal", *Archivos Optométricos*, vol. 2, 2 (1999), pp. 86-96.

Sillero, M. y Bennett, S.: "Proceso de validación del test de Acercamiento Progresivo bajo cuatro condiciones de iluminación ambiente", en *Actas del I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*, Cáceres, 2000 (vol. I).

Sillero, M. y Rojo, J. J.: "Proceso de validación de un test de campo para evaluar la percepción de las trayectorias de balones de fútbol", en *Actas del I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*, Cáceres, 2000 (vol. I).

Van Rossum, J. H. A. y Wijbenga, D.: "Soccer skills technique tests for young players: construction and implications", en J. Reilly, J. Clarys y A. Stribe, *Science and Football II*, London: E & FN Spon, 1993.

Von Hofsten, C.; Rosengren, K.; Pick, H. L. y Neely, G.: "The role of binocular information in ball catching", *Journal of Motor Behavior*, vol. 24, 4 (1992), pp. 329-338.

Williams, H.: *Effects of systematic variation of speed and direction of object flight and of skill and age classifications upon visuo-perceptual judgements of moving objects in three-dimensional space*, en Tesis Doctoral, Universidad de Wisconsin, 1968.