

PRESENTACIÓN

Presentación

Toda acción humana implica un tiempo. Durante ese tiempo procesamos información y evaluamos la situación a fin de tomar una decisión que desencadenará una respuesta. En términos generales, podemos distinguir dos componentes principales de este tiempo de respuesta: el componente sensorial que corresponde específicamente al procesamiento de la información que proviene del estímulo y el componente decisional que se relaciona con el criterio de respuesta de cada sujeto. El presente trabajo de investigación aborda el procesamiento de la información de velocidad que realiza el sistema visual humano a partir del análisis de los tiempos de reacción al inicio del movimiento.

Los seres humanos, así como los animales, tenemos la capacidad de percibir el movimiento visual. Nos movemos a la vez que nos relacionamos con un mundo de objetos móviles. Más aún en la época moderna que se caracteriza por la necesaria interacción con una gran cantidad de objetos que se mueven a altas velocidades y en todo momento. En este sentido, asistimos seguramente a una de las épocas donde más se ha intensificado la estimulación de la visión a través del movimiento. El movimiento es, por tanto, un elemento fundamental para el sistema visual de la mayoría de los organismos vivos, llegando a ser utilizado, en muchos casos, para la resolución de tareas complejas como la estimación de distancias, la distinción de objetos, la percepción de la forma, o incluso para compensar las deficiencias de otras formas de información visual (Sekuler, Watamaniuk y Blake, 2002)

La velocidad de un movimiento es una información sustancial para cualquier organismo que deba interactuar con objetos móviles. El sistema visual es el encargado por excelencia de extraer dicha información a través de una serie de complejos mecanismos que poco a poco la investigación ha ido desvelando en su forma y funcionamiento. Sin embargo, nuestro conocimiento de algunos de los aspectos fundamentales de la percepción visual del movimiento –la codificación de la información sobre la velocidad y sobre la dirección– es aún incompleto. Más allá de toda la investigación psicofísica y fisiológica de las últimas décadas, los métodos por los que el sistema visual estima la velocidad de un objeto están todavía poco claros (Dror, O'Carroll y Laughlin, 2001).

La investigación que se presenta a continuación utiliza tareas de estimación de velocidad de un movimiento y tareas de detección de un movimiento con el objeto de conocer algunos de los determinantes físicos del estímulo que considera el sistema visual para codificar la información sobre velocidad, particularmente en una etapa temprana del procesamiento.

Nuestra perspectiva de análisis implica considerar que el sistema visual humano ha evolucionado haciendo lo necesario para favorecer nuestra supervivencia. Sin embargo, esto no significa que el sistema visual sea un instrumento que refleje, a modo de espejo, la realidad física del mundo exterior. Por el contrario, partimos de la idea de que no existe “la Realidad”, sino de que existen diferentes descripciones posibles del mundo exterior (“realidades”). Nuestro sistema visual codificará la información de los estímulos según una realidad y se guiará por criterios de conveniencia (eficiencia y optimización) para la especie. Desde esta concepción, no resulta lógica la utilización del concepto de “error” o “ilusión” en el sistema visual ya que este uso del lenguaje¹ asume la existencia de una única realidad (“la Realidad”) a la cual el sistema debería responder.

En conclusión, la concepción desde la cual nos aproximamos al estudio de la percepción de la velocidad parte de la idea de que el sistema visual trata la información de la manera más conveniente (adaptativa) para la especie y que, por tanto, la percepción responde a una de las tantas posibles descripciones que se pueden hacer del mundo exterior. El sistema responderá a esa descripción en función de criterios de eficiencia y también en función del grado de compatibilidad del sistema con tal descripción. En definitiva, podemos asumir que aquella descripción del mundo exterior que percibimos, en cada situación, es la que encaja mejor con las propiedades de nuestro sistema visual.

Es necesario tener en cuenta que el sistema visual – como cualquier otro sistema- se debe manejar con determinadas restricciones (como pueden ser el tiempo de procesamiento o la capacidad de transmisión de información de las neuronas) que lo enfrentan a la necesidad de resolver ciertos problemas. Uno de estos problemas proviene de la recuperación de la imagen en movimiento y, específicamente, de la velocidad. Un claro ejemplo de la dificultad que representa esta tarea para el sistema visual se puede observar a través del fenómeno conocido como *barber-pole* (véase apartado 1.3.1.1). Cuando observamos un objeto en movimiento a través de una determinada apertura (o ventana) el sistema visual interpreta la situación como la de líneas (contornos del objeto) que se mueven detrás de la apertura. En estos casos, la forma de la apertura determina (por lo general) la dirección del movimiento que percibimos. De esta manera, una apertura alargada verticalmente provoca que veamos movimiento vertical de las líneas, mientras que una apertura alargada horizontalmente hace que la dirección percibida del movimiento sea horizontal. Cuando la apertura es pequeña, percibimos fundamentalmente la dirección ortogonal a la orientación de las líneas (véase figura 1.11). Efectos similares a los que

¹ A lo largo del texto intentaremos deliberadamente evitar todas las referencias a conceptos como “la realidad” o “ilusión visual”. De todas maneras, es probable que en algunos pasajes aparezcan debido a que dichas construcciones están muy ligadas a nuestra habitual manera de hablar. En estos casos, el lector debe entender dichas palabras dentro de la concepción global que guía este trabajo y no en su definición más literal.

se presentan para la dirección del movimiento pueden ser obtenidos para la rapidez² de una línea en movimiento. Así, percibimos como más lenta una línea oblicua que una línea vertical (ambas en traslación horizontal y con la misma dirección de movimiento), aún cuando sus velocidades físicas sean exactamente iguales (Castet, Lorenceau, Shiffrar y Bonnet, 1993). Este fenómeno, denominado genéricamente *barber-pole*, en recuerdo del símbolo que caracteriza (o caracterizaba) a las barberías de pueblo, pone de manifiesto que el procesamiento de la información sobre velocidad no es una tarea simple para ningún sistema de visión (tanto sea un sistema biológico o artificial). En los experimentos que presentamos a continuación utilizamos estímulos *barber-pole* con el objetivo de analizar el tratamiento de la información sobre rapidez del movimiento que lleva a cabo el sistema visual.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que la decodificación de información que se expresa mediante juicios perceptivos (“mas rápido que”, “mayor que”, etc.) constituye sólo un tipo de aproximación al problema. Es cierto que necesitamos de la información visual para guiar nuestra acción, para manipular los aparatos y para interactuar con ellos pero, como se menciona al principio, toda acción implica necesariamente un tiempo. Por tanto, el tema de la reacción humana ante el movimiento de los objetos es también uno de los aspectos clave del problema. Los métodos psicofísicos que se basan en el juicio de un sujeto (como los que se utilizan en nuestros primeros experimentos: capítulos 2 y 3) plantean ciertos problemas que dificultan el estudio del tratamiento temprano de la información sobre rapidez que realiza el sistema visual. Una de las desventajas de estos métodos es que posiblemente habiliten la utilización de diferentes criterios de respuesta en el sujeto para cada una de las condiciones evaluadas, dificultando así la posibilidad de discriminar los aspectos sensoriales de los decisionales en la respuesta. De esta manera, se diluye la posibilidad de analizar el tratamiento temprano de la información sobre velocidad, entendiendo como tal, el que determina la respuesta sensorial de los sujetos.

Por otro lado, la estimación de la velocidad implica la integración de diferentes informaciones perceptuales. En este sentido, la utilización de una metodología basada en los Tiempos de Reacción (TR) debe de resultar más adecuada para el estudio de los determinantes físicos de la velocidad, dado que nos permite la variación de más de una variable (en nuestro caso la orientación y la velocidad física) entre ensayo y ensayo, forzando al sujeto a la utilización del mismo criterio de respuesta dentro de un mismo experimento. La utilización del TR como variable dependiente nos permite conocer, por un lado, los límites dentro de los

² En inglés, existen dos palabras diferentes para referirnos a la velocidad: *Speed* y *Velocity*. En este trabajo utilizaremos la palabra *velocidad* cuando nos referimos al vector velocidad, tanto en su módulo como en su dirección, restringiendo el uso de la palabra *rapidez* para referirnos sólo al módulo del mismo vector.

cuales somos capaces de operar e interactuar con los objetos del entorno y, por otro, establecer conexiones con los mecanismos neuronales que subyacen, en este caso particular, a la visión del movimiento. El trabajo de investigación que presentamos utiliza una metodología basada en los Tiempos de Reacción (TR) para estudiar los mecanismos relativos a la percepción de la velocidad del movimiento. El particular interés del mismo radica en la utilización de un modelo de análisis de los datos de TR (Bonnet y Link, 1998; Bonnet y Dresch, 2001) que permite separar los componentes ligados a la sensibilidad del sistema de aquellos relacionados con los factores decisionales ante una respuesta. Dicha separación de componentes reviste especial interés para los estudios de TR debido a que permite establecer el origen de la alta variabilidad inter e intra individual que suelen presentar los resultados en este tipo de estudios. Según nuestro conocimiento, hasta la fecha no se había utilizado este tipo de metodología para abordar el estudio de los mecanismos subyacentes a la estimación de la velocidad.

En este sentido, los **objetivos generales** que nos planteamos para este trabajo son básicamente dos. Por un lado, profundizar en el conocimiento de los mecanismos subyacentes a la percepción de la velocidad, fundamentalmente aquellos relacionados con una etapa temprana del procesamiento de la información. Específicamente, nos interesa aportar elementos relativos a los determinantes físicos del estímulo que juegan un papel importante en las primeras fases del proceso de estimación de la velocidad. Por otro lado, pretendemos mostrar la validez de una metodología basada en los TR y, en particular, de un modelo de análisis, para el abordaje de este tipo de temáticas (la velocidad). Concretamente, pensamos que la metodología basada en los TR permite un acceso más rápido y directo al procesamiento sensorial de la información. En este sentido, resulta adecuada para la investigación de los procesos sensoriales.

Los **objetivos específicos** se corresponden con los objetivos de cada uno de los cuatro experimentos realizados y por tanto, se presentan al inicio de cada capítulo experimental. El texto completo se compone de siete capítulos, que se pueden dividir en dos grandes partes según la temática tratada. La primera parte aborda el problema percepción de la velocidad a través de las metodologías clásicamente utilizadas en este tipo de estudio y le antecede (capítulo 1) una descripción de los aspectos teóricos más relevantes sobre la percepción del movimiento. La segunda parte comienza con una descripción teórica sobre la metodología basada en los TR y, en particular, sobre el modelo de análisis de los TR que utilizaremos, para presentar a continuación (capítulos 5 y 6) dos experimentos que mediante la medición del TR ante tareas de discriminación de la dirección se aproximan a los determinantes físicos del estímulo que influyen en la percepción de la velocidad.

De manera analítica, podemos decir que en el capítulo 1 se presenta una introducción teórica a la percepción del movimiento donde se repasan los aspectos más importantes del funcionamiento de nuestro sistema visual en relación al cómputo de la velocidad. Asimismo, se jerarquizan los problemas que debe enfrentar el sistema visual para estimar adecuadamente la velocidad de un objeto en movimiento y se describen brevemente algunas de las soluciones propuestas hasta el momento. Los capítulos 2 y 3 corresponden a nuestros dos primeros experimentos; en ellos se utilizan metodologías basadas en el juicio de los sujetos. En el primero (experimento preliminar), utilizamos un método adaptativo (el método de la escalera) y, en el segundo (experimento 1), el método de los estímulos constantes. Los resultados de ambos experimentos permiten mostrar la influencia de la orientación de las líneas de los estímulos en la velocidad percibida³, aunque el tipo de metodología utilizada no permite ser concluyente en cuanto a la magnitud del efecto de los factores implicados en el fenómeno. A tales efectos, se realizaron dos experimentos similares, pero utilizando tareas más simples (discriminación de la dirección de movimiento) y tomando como medida el TR.

En el capítulo 4, nos centramos en los aspectos teóricos del Tiempo de Reacción como informante clave de los procesos mentales. En este sentido, se describen algunos aspectos históricos de la utilización de dicha metodología y también algunos de los elementos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar experimentos con TR. Asimismo, se presentan algunos aspectos del procedimiento de datos de TR a través de la utilización del modelo de análisis de datos de TR propuesto por Bonnet y Link (Bonnet y Link, 1998; Link y Bonnet, 1998; Bonnet y Dresch, 2001). La separación de los componentes sensoriales de los decisionales en los resultados de los experimentos 2 y 3 (véase apartado 5.2 y 6.2 respectivamente) permitirá verificar si la influencia de la orientación y la longitud de la velocidad percibida corresponde a cambios en el criterio de respuesta que utilizan los sujetos o determina un cambio en la respuesta sensorial. Esto último permitiría comprobar que la orientación de las líneas es una de las informaciones sensoriales que utiliza el sistema visual para codificar la velocidad. Asimismo, el experimento 3, que se presenta en el capítulo 6, permite profundizar en la incidencia de otro de los elementos importantes en la percepción de la velocidad: la longitud de las líneas.

Los resultados obtenidos (que se discuten globalmente en el capítulo 7) confirman que la orientación de las líneas de un estímulo interviene en el procesamiento temprano de la información de velocidad que realiza el sistema visual. A medida que la orientación de las

³ Algunos autores (p.e. Stefan Mateeff) prefieren la expresión “effective speed” para enfatizar la idea de que nos referimos al valor de velocidad que ve el sujeto sin tener en cuenta consideraciones de carácter subjetivo. Sin embargo, entendemos que la traducción literal al español puede resultar confusa y, por tanto, preferimos utilizar la denominación clásica de “velocidad percibida”, más allá de que compartimos esta definición.