



Entendiendo el control cognitivo: ¿cómo se prepara y actúa el cerebro?

Blanca Aguado-López, Ana F. Palenciano y María Ruz

Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento, Universidad de Granada, España

Tipo de artículo: Actualidad, Multilingüe.

Disciplinas: Psicología, Neurociencias.

Etiquetas: cerebro, control cognitivo, preparación, EEG, fMRI.

El control cognitivo es una función mental que nos ayuda a actuar según nuestros objetivos, evitando distracciones. El control cognitivo proactivo nos prepara para procesar estímulos antes de que aparezcan, mientras que el reactivo mejora su procesamiento en el mismo momento en que se presentan. Ambos mecanismos son esenciales y complementarios en la adaptación conductual al entorno. Usando técnicas de neuroimagen, estudios recientes muestran que distintas redes cerebrales participan en estos procesos.

¿Cómo reaccionas cuando se te cruza un coche de repente? ¿O cuando aparece una señal de stop mientras conduces? ¿Y cómo sabes cuándo debes pararte? Tu cerebro está constantemente maniobrando para adaptar tu comportamiento a lo que ocurre a tu alrededor. Esta habilidad se llama control cognitivo y es lo que nos permite ajustar nuestras acciones según nuestras metas. Cuando vas conduciendo y ves una señal de stop te anticipas a la intersección, reduces la velocidad y finalmente te paras justo en la línea. Éste es un caso donde se activa el control proactivo. En cambio, si un coche se dirige de pronto hacia tu carril, se pone en marcha



(cc) Blanca Aguado.

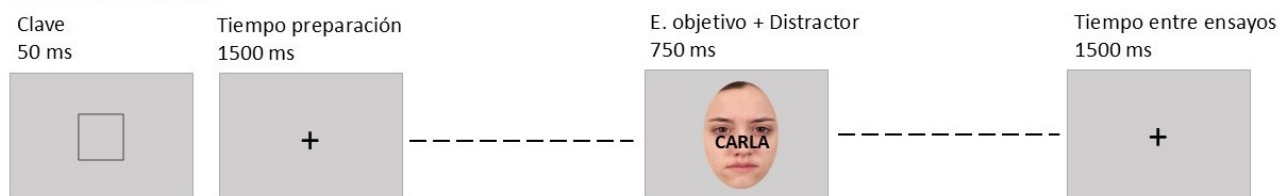
el control reactivo. Estas dos formas de actuar, anticipando y reaccionando, forman parte del modelo de Braver (2012), que explica cómo controlamos nuestra conducta en situaciones cambiantes.

Ahora bien, ¿cómo se estudia esta capacidad de adaptación en el laboratorio? Los científicos han ideado tareas experimentales que simulan situaciones similares a las que vivimos en el día a día. En una de ellas se presentan claves visuales (p. ej., formas geométricas) que indican a qué tipo de información debemos prestar atención. Imagina que debes decidir si una cara o nombre son de hombre o de mujer. Una figura te avisa de que debes fijarte sólo en la cara y luego se presentan una cara y un nombre superpuestos (Figura 1). Si estás bien preparado, sabrás que tu respuesta debe basarse solo en la cara, como cuando una señal de tráfico te avisa de lo que debes realizar pocos metros más adelante. Sin embargo, aunque te avisen de que solo debes prestar atención a la cara, es posible que no puedas evitar procesar el nombre. Si el nombre es de sexo diferente, es posible que esto interfiera con el procesamiento de la cara y se active el control reactivo.

Este tipo de tareas permite estudiar tanto el control proactivo como el control reactivo. Para estudiar el control proactivo podemos modificar el tiempo de presentación de la clave preparatoria. Cuanto más largo sea el intervalo, más se beneficia el ajuste anticipatorio para la tarea. En cambio, para estudiar el control reactivo podemos modificar las características de los estímulos que se presentan, por ejemplo, que la cara y el nombre aparezcan juntos o separados, o que el sexo de estos estímulos sea diferente, exigiendo un mayor control reactivo.

Cuando se mide el comportamiento, lo que se observa es el resultado final: la acción que realiza la persona (en nuestro ejemplo, la respuesta de decir el sexo del estímulo). Pero detrás de esta conducta observable hay una secuencia de pasos invisibles, de los que habitualmente no nos damos cuenta. Para entender qué ocurre en el cerebro antes de que demos una respuesta se utilizan técnicas como el electroencefalograma (EEG) y la

ALTA COMPETICIÓN



BAJA COMPETICIÓN

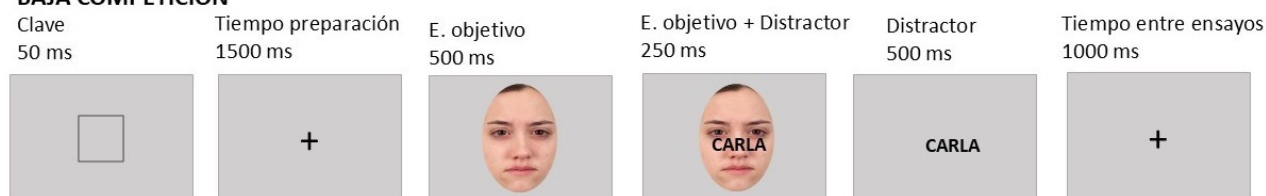


Figura 1. Paradigma experimental con claves anticipatorias (un cuadrado) y diferentes presentaciones del estímulo objetivo (e. objetivo). La tarea consiste en indicar el sexo del estímulo objetivo. En ambas condiciones de competición se presenta una clave (el cuadrado) que indica a qué estímulo debe responder el participante, lo que favorece el control proactivo. En la condición de alta competición, el objetivo y el distractor aparecen simultáneamente; cuando difieren en sexo, aumenta la interferencia y se requiere un mayor control reactivo. En cambio, en la condición de baja competición, el objetivo se presenta inicialmente en solitario, sin interferencia, lo que reduce la demanda de control reactivo. Se espera que, en la condición de alta competición, la precisión disminuya y los tiempos de reacción sean mayores, debido al incremento en interferencia (adaptado de Aguado-López et al., 2024).

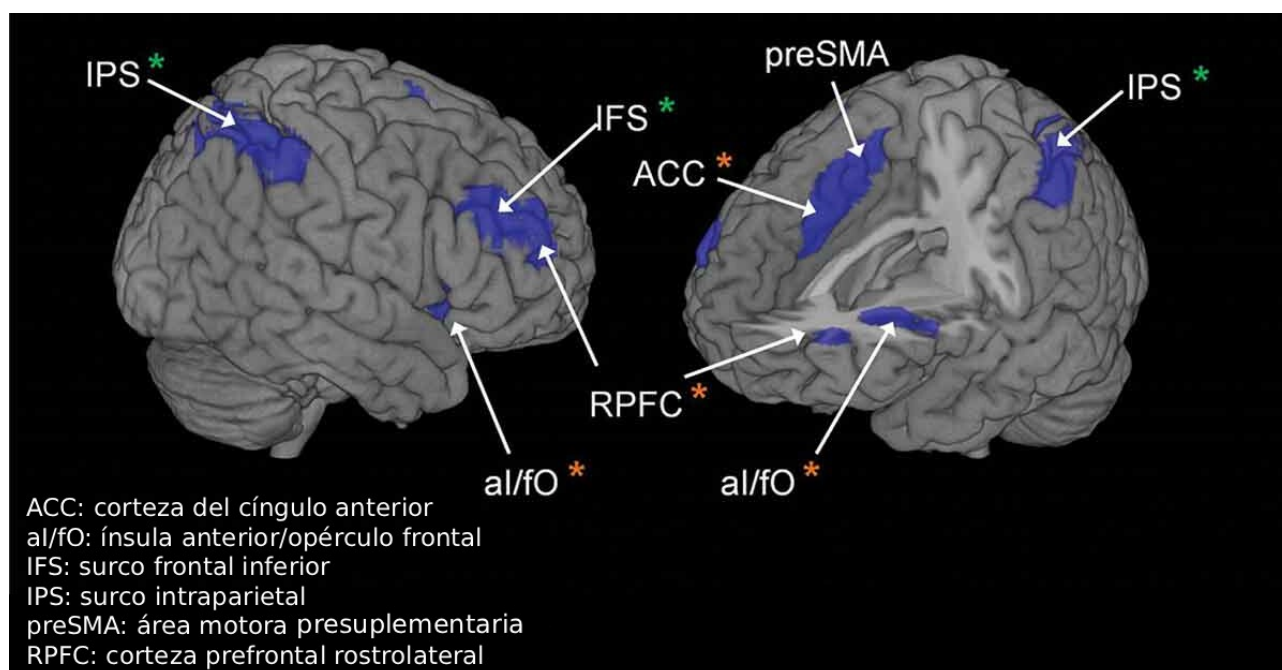


Figura 2. Regiones de la red de demanda múltiple. Los asteriscos naranjas indican regiones de la subred Cíngulo-Opercular asociada al control proactivo, y los asteriscos verdes regiones de la subred Fronto-Parietal asociada al control reactivo. Adaptado de Palenciano et al. (2017).

resonancia magnética funcional (RMf). Los estudios publicados hasta la fecha han revelado que el área prefrontal lateral juega un papel clave en el control cognitivo (Braver et al., 2012), pero no trabaja sola. Forma parte de una red más amplia conocida como red de demanda múltiple (MDN, por sus siglas en inglés; Duncan, 2010), que incluye regiones fronto-parietales y se divide en dos subredes según su actividad a lo largo del tiempo: la subred Cíngulo-Opercular y la subred Fronto-Parietal (Dosenbach et al., 2008), asociándose cada una de ellas a un tipo de control (Figura 2). Para entender bien cómo se activan estos dos tipos de control, es clave combinar técnicas que nos digan cuándo ocurre (como el EEG) y dónde ocurre (como la RMf).

Para estudiar qué tipo de información está procesando el cerebro pueden emplearse técnicas de análisis inspiradas en el aprendizaje automático, como los análisis de patrones multivariados (MVPA, por sus siglas en inglés; Haxby, 2012; véase González-García et al., 2012, <https://www.cienciacognitiva.org/?p=591>). Estos análisis examinan la distribución espacial de los patrones de activación, lo que permite identificar qué tipo de información se codifica a lo largo del tiempo en distintas regiones del cerebro y cómo se relaciona con los mecanismos de control proactivo y reactivo.

Los estudios de EEG han revelado cuándo el cerebro se prepara para la tarea. Si la clave indica que debemos fijarnos en una cara, el cerebro ya empieza a representar esa categoría antes de que el estímulo aparezca (Peñalver et al., 2023), incluso cuando nos preparamos sabiendo que viene acompañado de otro estímulo que actúa como distracción (Aguado-López et al., 2024). Además, cuando el estímulo objetivo ya está presente, el cerebro representa con más claridad las características relevantes (aquellas a las que debemos prestar atención) que las que debemos ignorar (Hall-McMaster et al., 2019). Por ejemplo, si la cara y el nombre aparecen superpuestos, al atender a la cara, esta se representará en el cerebro con mayor precisión.

En definitiva, nuestro cerebro es como un conductor experto que combina eficientemente anticipación con reacción. Ya sea al ver una señal de tráfico o al esquivar un coche que aparece de repente, estamos poniendo en marcha mecanismos de control cognitivo. Gracias a la investigación en neurociencia cognitiva, hoy

sabemos que estos procesos dependen de redes cerebrales especializadas que se activan representando la información en momentos clave para responder de forma eficaz.

Referencias

Aguado-López, B., et al. (2024). Proactive selective attention across competition contexts. *Cortex*, 176, 113-128.

Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 106-113.

Dosenbach, N. U., et al. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 99-105.

Duncan, J. (2010). The multiple-demand (MD) system of the primate brain: mental programs for intelligent behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 172-179.

Hall-McMaster, S., et al. (2019). Reward boosts neural coding of task rules to optimize cognitive flexibility. *Journal of Neuroscience*, 39, 8549-8561.

Haxby, J. V. (2012). Multivariate pattern analysis of fMRI: the early beginnings. *Neuroimage*, 62, 852-855.

Palenciano, A. F., et al. (2017). Neural mechanisms of cognitive control/Mecanismos neurales de control cognitivo. *Studies in Psychology*, 38, 311-337.

Peñalver, J. M., et al. (2023). Top-down specific preparatory activations for selective attention and perceptual expectations. *NeuroImage*, 271, 119960.

Reconocimientos: Becas SEPEX para la Difusión de Trabajos de Investigación 2023-2024 otorgada a Blanca Aguado-López.

Manuscrito recibido el 16 de julio de 2025.

Aceptado el 25 de junio de 2026.

Ésta es la versión en español de

Aguado-López, B., Palenciano, A. F., y Ruz, M. (2026). Understanding cognitive control: how does the brain prepare and act? *Ciencia Cognitiva*, 20:3, 63-66.