



## La experiencia cambia la percepción: Codificación predictiva

José M. G. Peñalver, Carlos González-García y María Ruz

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

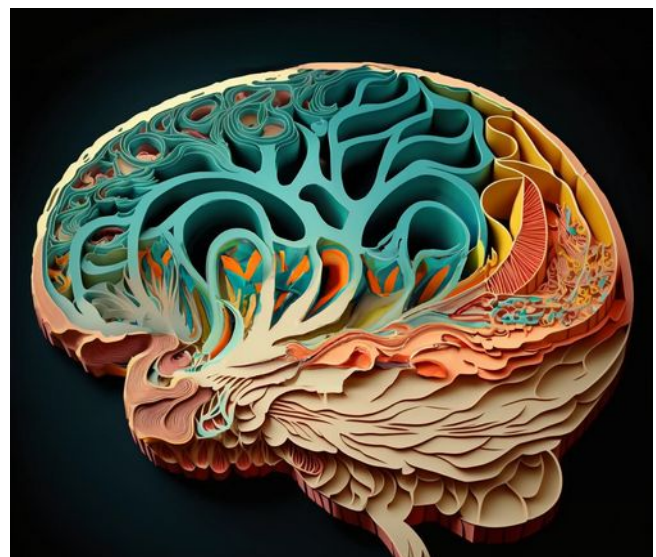
Tipo de artículo: Actualidad.

Disciplinas: Psicología, Neurociencias.

Etiquetas: expectativas, percepción, cerebro.

*La teoría de la codificación predictiva hace referencia al papel activo del cerebro en la percepción. Según esta, la percepción implica tanto la información sensorial como la experiencia previa en la creación de una representación integrada. Gracias a los avances en técnicas de neuroimagen, el estudio de la codificación predictiva ha avanzado mucho en los últimos años. Estudios recientes sugieren que información sensorial y expectativas viajan por capas corticales diferentes.*

Los humanos percibimos activamente el mundo que nos rodea. Usamos nuestra experiencia previa para generar expectativas acerca de la información sensorial que esperamos encontrar, antes de que aparezca. De esta noción surge la teoría de la codificación predictiva, que plantea que el cerebro genera constantemente predicciones que nos ayudan a ser más eficientes a la hora de interactuar con nuestro alrededor. Una vez generadas, las predicciones se comparan con la información sensorial. Si aparecen discrepancias se generan errores de predicción, que permiten la actualización constante de las predicciones, haciendo que en lo sucesivo se ajusten mejor a la realidad (Shipp et al., 2013).



(cc) Chema G. Peñalver. Imagen creada con Midjourney y DALL-E.

La importancia de las expectativas ya fue puesta de relieve por von Helmholtz en 1886, bajo el nombre de “inferencias inconscientes”. Llegó a hacerse tan popular que en los años 50 dio lugar a la aparición de corrientes de pensamiento como el New Look. Sin embargo, la psicología cognitiva acabó dejando de lado esta visión de la percepción en pos de una más reactiva. La investigación se orientó hacia modelos

computacionales que explicaban la percepción a posteriori, centrándose en los mecanismos que nos ayudan a construir representaciones internas de los estímulos. Ha sido en la última década cuando las expectativas han vuelto a adquirir una posición crucial en el ámbito de la neurociencia cognitiva, apoyándose en el modelo de codificación predictiva y en el avance de las técnicas de neuroimagen (de Lange et al., 2018).

Gracias al gran desarrollo de las herramientas destinadas a la obtención de imágenes cerebrales en el pasado reciente, es posible estimar dónde se originan las predicciones, así como en qué regiones convergen con la percepción. En primer lugar, sabemos que una zona capaz de generar expectativas debe tener dos características: la multisensorialidad y la flexibilidad. Debe ser multisensorial porque las expectativas afectan a diferentes modalidades perceptivas, como la visión (Muckli et al., 2015) o la audición (Kok et al., 2017); y debe ser flexible, es decir, susceptible de cambiar con la experiencia (aprender a través de los errores de predicción). Estas dos características se hacen patentes en numerosas áreas del cerebro, entre ellas, el hipocampo. En su conocida implicación en procesos de memoria (Kerrén et al., 2018) podemos observar tanto la multisensorialidad (recordamos información perteneciente a diferentes sentidos) como la flexibilidad (cambios asociados a la codificación de recuerdos). Esto hace que se lo considere a menudo uno de los posibles orígenes de las expectativas perceptivas (de Lange et al., 2018). Respecto a dónde convergen las expectativas y la percepción, debemos buscar en la parte del cerebro en la que se representa principalmente la información sensorial: la corteza cerebral. Un ejemplo de esta interacción entre predicción y percepción lo muestra el hecho de que, cuando esperamos ver una figura, en la corteza visual se generan patrones de actividad semejantes a los que aparecen cuando realmente vemos esa figura (Muckli et al., 2015).

Pero, ¿cómo se da la comunicación entre las regiones que generan las predicciones y las que producen la señal sensorial? La corteza cerebral permite que dos señales con origen distinto (p. ej., predicciones originadas en el hipocampo y señales perceptivas de los ojos) converjan en la misma zona del cerebro. Esto es posible gracias a que la corteza está dividida en capas. Estas capas establecen dos tipos de conexiones. Por un lado, presentan conexiones cortas, entre las capas de una misma zona, permitiendo la comunicación de unas con otras. Por otro, disponen de conexiones largas, a mayor distancia, que conectan las neuronas de una misma capa en diferentes regiones del cerebro. Esta idea es esencial para teorías como la de la codificación predictiva, pues permite la interacción constante de las predicciones y la información perceptiva en una misma región del cerebro. Concretamente, estudios en animales han mostrado que la información sensorial se desplaza fundamentalmente a través de conexiones cortas en la capa central, mientras que las predicciones lo hacen a través de conexiones largas en capas periféricas (Self et al., 2017). Al poder hallarse ambas señales en el mismo punto de la corteza, pueden modularse entre sí de forma dinámica, veloz y muy eficaz.

Gracias al desarrollo de técnicas de neuroimagen, ahora es viable estudiar en humanos la comunicación en estas capas de forma no invasiva. La resonancia magnética de alta potencia de campo (de 7 Teslas o más) supera la precisión espacial de las máquinas de resonancia habituales (de 3 Teslas), lo que permite obtener información precisa sobre el procesamiento predictivo en humanos. Por ejemplo, se ha observado que los patrones de actividad que se producen cuando esperamos ver algo aparecen en las capas externas, y que estos son parecidos a los que aparecen en la capa central cuando aparece el objeto real (Muckli et al., 2015). En esta línea, otros estudios han observado activación en capas periféricas de la corteza visual cuando las personas esperan ver un rostro amenazante, al margen de que este aparezca o no (Koizumi et al., 2019). Más aún, mientras retenemos un objeto en mente durante una tarea de memoria de trabajo, esta información se localiza en las capas externas de la corteza (Finn et al., 2018).

Todo esto nos lleva a una conclusión: en todo momento, en el cerebro se elaboran predicciones, que dinámicamente se actualizan por la información perceptiva. Esto es posible gracias a las capas de la corteza, que ofrecen un sistema eficaz para la convergencia de información predictiva y perceptiva: mientras la información sensorial se procesa en las capas centrales, las predicciones se procesan en las capas periféricas. En todo momento esperamos que algo ocurra y, simultáneamente, somos capaces de actualizar lo

que esperamos basándonos en la información del medio. Modelos como el de la codificación predictiva combinan lo que sabemos sobre el comportamiento humano y la fisiología del cerebro, ayudando a profundizar en nuestro conocimiento sobre la creación activa de predicciones y la integración multisensorial.

## Referencias

- de Lange, F. P., Heilbron, M., & Kok, P. (2018). How do expectations shape perception? *Trends in Cognitive Sciences*, 22, 764–779.
- Finn, E. S., Huber, L., Jangraw, D. C., & Bandettini, P. A. (2018). Layer-dependent activity in human prefrontal cortex during working memory. *BioRxiv*, 425249.
- Kerrén, C., Linde-Domingo, J., Hanslmayr, S., & Wimber, M. (2018). An optimal oscillatory phase for pattern reactivation during memory retrieval. *Current Biology*, 28, 3383-3392.e6.
- Koizumi, A., et al. (2019). Threat anticipation in pulvinar and in superficial layers of primary visual cortex (V1). Evidence from layer-specific ultra-high field 7T fMRI. *ENeuro*, 6(6).
- Kok, P., Mostert, P., & de Lange, F. P. (2017). Prior expectations induce prestimulus sensory templates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 10473-10478.
- Muckli, L., D., et al. (2015). Contextual Feedback to Superficial Layers of V1. *Current Biology*, 25, 2690–2695.
- Self, M. W., van Kerkoerle, T., Goebel, R., & Roelfsema, P. R. (2017). Benchmarking laminar fMRI: Neuronal spiking and synaptic activity during top-down and bottom-up processing in the different layers of cortex. *NeuroImage*, 197, 806-817.
- Shipp, S., Adams, R. A., & Friston, K. J. (2013). Reflections on a granular architecture: Predictive coding in the motor cortex. *Trends in Neurosciences*, 36, 706–716.

**Reconocimientos:** Becas SEPEX para la Difusión de Trabajos de Investigación 2019-2020.

Manuscrito recibido el 11 de marzo de 2022.

Aceptado el 16 de febrero de 2023.