



FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

Metaanálisis del Paradigma de Posner y los Modelos Internos de Trabajo del Apego bajo el marco teórico del Procesamiento Predictivo

Autor/a: Luna Macías Salgado

Director/a: Ignacio Echegoyen Blanco

Madrid

2025/2026

Resumen

Palabras clave:

Introducción

En las últimas décadas, la teoría del Procesamiento Predictivo se ha consolidado como un marco alternativo para comprender el funcionamiento cerebral, trazando nuevas oportunidades de investigación en el ámbito de la psicología computacional. En este estudio se explora cómo este enfoque puede servir como vía teórica para tender puentes entre los hallazgos clásicos sobre la atención descritos por Posner y la experiencia atencional vinculada al apego con el objetivo de delinear un marco conceptual y experimental integrador.

Paradigma del Procesamiento Predictivo

El paradigma del Procesamiento Predictivo (PP) postula que el cerebro opera como un sistema de inferencia jerárquica, cuya función principal consiste en anticipar las causas de la información sensorial y comparar continuamente estas predicciones con los datos recibidos del entorno. Esta comparación genera el denominado error de predicción (EP, si bien denota en la formulación matemática como F), entendido como la discrepancia entre las expectativas del sistema y la información sensorial real (Parr & Friston, 2017). Para lograr la minimización del EP de manera óptima, el sistema nervioso no sólo debe inferir los estados ocultos del mundo, sino también la incertidumbre asociada a sus propias inferencias. Esta incertidumbre se codifica mediante la precisión (II), que es la inversa de la varianza o del ruido de la señal (Parr & Friston, 2017; Yon & Frith, 2021).

La precisión es el componente crucial en la calibración, ya que funciona como un control de ganancia que pondera la influencia de los mensajes sinápticos. La ponderación de la precisión es el mecanismo que determina si la entrada sensorial (evidencia *bottom-up*) o las expectativas internas (predicciones *top-down* o *priors*) dominarán la actualización de las creencias (Feldman & Friston, 2010). Si la precisión esperada es alta, el error de predicción se considera fiable y recibe una amplificación postsináptica (ganancia positiva) para actualizar las creencias en niveles jerárquicos superiores. Si la precisión esperada es baja, el error de predicción se atenúa para evitar que información ruidosa o poco fiable perturbe el modelo interno; en este caso, el modelo se mantiene estable y las expectativas previas retienen su prominencia (Yon & Frith, 2021; Yon et al., 2019).

El equilibrio entre mantener la estabilidad del modelo (priorizando las predicciones) y modificarlo (priorizando la evidencia sensorial) es una negociación constante determinada por la precisión. Se teoriza que la distribución de la precisión depende de las características del entorno. En contextos estables, donde las regularidades son consistentes y predecibles, el sistema asigna mayor precisión a las expectativas previas, confiando en su modelo interno. En contraste, en entornos volátiles o inciertos, caracterizados por cambios frecuentes, el cerebro redistribuye la precisión hacia las señales sensoriales, incrementando su sensibilidad a la nueva evidencia con el fin de actualizar con mayor rapidez sus inferencias (Parr & Friston, 2017).

Esta dinámica refleja un equilibrio bayesiano flexible en el que la precisión se ajusta de forma contextual para optimizar la inferencia sobre el estado del mundo. Una distribución adaptable de la precisión promueve un aprendizaje eficiente y una mejor capacidad para reducir la sorpresa ante cambios ambientales. En cambio, una distribución rígida, marcada por una confianza excesiva en las predicciones previas, puede obstaculizar la actualización del modelo interno y dar lugar a interpretaciones sesgadas o resistentes al cambio (Van de Cruys & Van Dessel, 2021).

Algunos autores han tratado de identificar los neuromoduladores responsables de la ponderación de la precisión a través del control de la ganancia sináptica, estableciendo así las primeras bases neurobiológicas de este modelo.

El marco teórico del Procesamiento Predictivo se erige como una teoría fundacional al proporcionar un principio unificado que explica la acción, la percepción y el aprendizaje. Este enfoque logra integrar y reformular diversas teorías del procesamiento psicológico, específicamente, y como se abordará en este estudio, el PP proporciona una base normativa para la hipótesis del cerebro bayesiano, al tiempo que extiende la inferencia a dominios la atención.

La atención

Desde una perspectiva teórica, Posner concibe la atención como un sistema funcional complejo que posibilita la selección, orientación y mantenimiento de la actividad mental sobre estímulos relevantes, constituyendo así la base fisiológica de los procesos conscientes (1984). La atención actúa mediante un principio general de amplificación neuronal, incrementando la actividad en las áreas corticales relevantes para la tarea y suprimiendo la información irrelevante. De esta manera, la atención no es un proceso global, sino un sistema de control que regula la actividad cerebral según las demandas cognitivas y perceptivas (Posner, 1994).

Los resultados obtenidos en diversos estudios experimentales nos permiten identificar tres tipos de redes atencionales diferenciadas en su función y estructura (Posner, 1994; Posner & Dehaene

1994; Posner & Petersen, 1990). En primer lugar, la Red de Orientación o Sistema de Atención Posterior se encarga de priorizar la localización y la modalidad del *input* sensorial. Está involucrada en la selección de una ubicación de estímulo entre muchas y en el cambio de una a otra, teniendo un papel fundamental en el funcionamiento de los movimientos sacádicos. Este sistema se localiza en la vía visual dorsal que se extiende hasta el lóbulo parietal (Posner, 1984). La Red Ejecutiva o Sistema de Atención Anterior supervisa el control y la selección de información para el procesamiento focal o consciente. Está implicado en la selección de objetos visuales cuando las instrucciones enfatizan propiedades no espaciales (como color o forma), guiando la búsqueda. El sistema ejecutivo actúa sobre muchos tipos diferentes de áreas cerebrales, destacando el Giro Cingulado Anterior, los Ganglios Basales y la Corteza Prefrontal Lateral (Posner 1994). Ulteriormente, la red de Alerta o Vigilancia se encarga de la capacidad de mantener y sostener el estado de alerta para procesar señales de alta prioridad. El estado de alerta aumenta la velocidad de respuesta, aunque a menudo a expensas de la precisión de respuesta. Esta red está estrechamente ligada al sistema de norepinefrina, que se origina en el Locus Coeruleus en el tronco encefálico (Posner & Petersen, 1990).

Se concluye que la atención opera mediante mecanismos dinámicos de supresión y amplificación, distribuida en un tendido neuronal jerarquizado, donde el control consciente depende de la interacción entre regiones frontales (control ejecutivo) y parietales (orientación espacial), funcionales gracias a las redes corticales-tálamicas altamente integradas (Posner, 1994; Posner & Dehaene, 1994).

El *Posner Cuing Task* o Paradigma de Señalización de Posner es el diseño experimental clásico y más utilizado para provocar, medir y caracterizar teóricamente la orientación atencional (Hayward & Ristic, 2013). El objetivo principal de la tarea es medir cómo el tiempo de reacción (TR) se ve afectado cuando un estímulo objetivo (*target*) aparece en una ubicación que ha sido señalizada previamente por una señal (*cue*). En el paradigma básico, los sujetos mantienen la fijación en un punto central. El campo visual central es flanqueado típicamente por dos cuadros periféricos a la izquierda y a la derecha del punto de fijación. Los ensayos consisten en una flecha (*cue*) que indica la dirección del estímulo al que los participantes deben responder, o la ausencia de esta flecha para generar ensayos neutros. Posteriormente, se presenta de forma aleatoria un estímulo visual en uno de los lados de la pantalla, siguiendo o no la indicación de la flecha, lo que determina ensayo válido o inválido respectivamente (Posner, 1984). La señal utilizada en este experimento es no predictiva o no informativa, es decir, no indica la ubicación más probable del objetivo, y provoca una orientación refleja o exógena de la atención (Gutiérrez Domínguez, 2015).

Los datos generados por este paradigma mostraron consistentemente un patrón bifásico en el tiempo de reacción, en otras palabras, una facilitación temprana seguida de una inhibición tardía. Cuando el *target* aparece en la ubicación señalada tras un intervalo breve, los sujetos demuestran menor tiempo de reacción (TR) en los ensayos válidos (*cued side*) en comparación con los neutros (*uncued side*), además de un nivel de congruencia o de aciertos mayor en los ensayos válidos que en los inválidos (Posner & Ristic, 2013).

Asimismo, si el intervalo entre el *cue* y el *target* es más largo, la ventaja inicial se invierte, y el tiempo de reacción en el lado previamente señalado se enlentece en comparación con el lado no señalado. A este fenómeno se le denominó Inhibición de Retorno (IOR) (Posner & Ristic, 2013). Se interpreta como un mecanismo que dificulta que la atención regrese a una localización que ya ha sido explorada. La función de la IOR es maximizar el muestreo del entorno visual, reduciendo la probabilidad de visitar ubicaciones cuya información ya ha sido procesada, favoreciendo así la orientación hacia la novedad. Respecto a su mapeo espacial, si se permite el movimiento ocular, el efecto inhibitorio persiste en las coordenadas ambientales, es decir la posición física donde ocurrió el cambio de luz, no siguiendo las coordenadas retinotópicas. Esto significa que la IOR permanece en la ubicación física que fue previamente estimulada (Gutiérrez Domínguez, 2015).

Con el fin de encontrar un punto en el que conjuguen ambas teorías, se propone que la teoría atencional descrita por Posner pueda ser comprendida como manifestaciones específicas de la regulación de la precisión dentro del marco del procesamiento predictivo. En particular, se plantea que, en los ensayos válidos, el sistema predice correctamente la localización del estímulo, minimizando el error de predicción, reflejando una alta precisión asignada a las expectativas *top-down* y obteniendo tiempos de respuesta menores. En los ensayos inválidos, el incremento del error de predicción requeriría redistribuir la precisión hacia la señal sensorial, generando mayores tiempos de reacción. Asimismo, la inhibición de retorno podría interpretarse como una consecuencia lógica de esta estrategia predictiva. Una reducción deliberada de la precisión asignada a ubicaciones previamente atendidas o de baja volatilidad evita la reiteración de inferencias sobre información ya procesada. Desde esta perspectiva, la atención no solo selecciona estímulos relevantes, sino que modula activamente la distribución de precisión en función de la estructura estadística del entorno (Parr & Friston, 2017).

Teoría del Apego y Modelos Internos de Trabajo

La Teoría del Apego se relaciona con el Procesamiento Predictivo al proponer que las interacciones tempranas entre padres e hijos calibran la maquinaria predictiva de la mente del niño al

generar expectativas y normas de precisión, sentando las bases para su funcionamiento socioemocional (Pitillas & Echegoyen, 2024). La distinción entre apego seguro o inseguro a través de este enfoque se explica en gran medida por las estrategias que los individuos desarrollan para minimizar el error de predicción. Estas estrategias de minimización del EP se dividen en dos políticas principales: la exploración y la explotación (Parr & Friston, 2017).

La Estrategia de Exploración o Acción Epistémica implica la obtención de nueva información (llamada a veces forrajeo epistémico) y tiene como objetivo modificar y actualizar el modelo interno de creencias (Parr & Friston, 2017).. Esta estrategia dirige los receptores sensoriales (ej. movimientos sacádicos) para asegurar que las sensaciones generen una ganancia de información (actuar sobre las creencias) (Doya, 2008). La Estrategia de Explotación o Acción Pragmática implica la implementación de cualquier acción que haya demostrado ser útil en el pasado para reducir la incertidumbre o la energía libre. Esta estrategia aprovecha las acciones que se han convertido en hábitos y han tenido éxito históricamente en la reducción de la incertidumbre (actuar sobre el mundo) (Miller, Kiverstein, et al., 2022).

Para los agentes que viven en entornos complejos y cambiantes, como los humanos, el valor adaptativo reside en mantenerse en el borde de la criticidad (*edge of criticality*), lo que significa equilibrar la explotación de lo que ya se conoce con la exploración de lo desconocido. Las experiencias tempranas de apego proporcionan el contexto principal para que el niño adquiera un repertorio de políticas epistémicas y pragmáticas para la minimización del EP, buscando eventualmente un equilibrio flexible entre ellas. La seguridad en el apego está asociada con un equilibrio sano, mientras que la inseguridad se correlaciona con un sesgo hacia la explotación rígida (Miller, Kiverstein, et al., 2022).

Los individuos con apego evitativo tienden a recurrir a un uso excesivo de hábitos para reducir el EP cuando se activa su sistema de apego (véase, ante una separación). En lugar de utilizar la exploración epistémica (como preguntar cuándo regresará la figura de apego), estos niños recurren a acciones que han demostrado ser efectivas para minimizar la incertidumbre, al menos a corto plazo (Pitillas & Echegoyen, 2024). Aunque el comportamiento evitativo puede parecer superficialmente exploratorio (como el juego independiente), la intención subyacente de estas acciones suele ser pragmática más que epistémica (Ainsworth, 1979). Este comportamiento es una forma de explotación defensiva de rutinas conocidas y predecibles en lugar de una apertura genuina a nueva información social. Este exceso de explotación reduce el EP a corto plazo, pero conduce a la acumulación de error de predicción a largo plazo o en niveles más altos de la jerarquía predictiva, resultando en patrones rígidos o desadaptativos (Pitillas & Echegoyen, 2024).

Por otra parte, aunque el apego ansioso se describe principalmente en términos de ponderación de precisión desequilibrada, asignado precisión excesiva a las señales de angustia interoceptiva, sus estrategias de regulación emocional, como la hiperactivación y la intensificación de la angustia, también reflejan un intento por reducir el EP. Al igual que la evitación, estas estrategias pueden reducir el EP en los niveles jerárquicos inferiores, pero permiten que el error se acumule en niveles más altos y a través del tiempo (Eilert & Buchheim, 2023; Mikulincer & Shaver, 2016).

El apego inseguro se entiende como un fenómeno articulado a través de múltiples niveles de la jerarquía predictiva (Parr et al., 2022). Los Modelos Internos de Trabajo (MIT) del apego funcionan como restricciones supraordinadas de alto nivel (*high-level priors*) que modulan dinámicamente cómo las señales emocionales y perceptuales se filtran e interpretan en niveles inferiores (procesamiento *top-down*) (Watchel, 2014). Los *priors* inseguros de alto nivel (ej. "los demás no son confiables") pueden sesgar la percepción en niveles inferiores, filtrando activamente las señales de seguridad, lo que a su vez refuerza los *priors* inseguros en un ciclo repetitivo. La inseguridad puede reflejar una falta de integración de las predicciones en diferentes niveles, véase, *priors* pseudo-seguros a niveles inferiores ("soy amable") coexistiendo con *priors* inseguros de nivel superior ("no merezco cuidado") (Watchel, 2014; Pitillas & Echeoyen, 2024).

Los estudios empíricos sobre el procesamiento afectivo en individuos con apego inseguro revelan discrepancias psicobiológicas que se alinean con un desequilibrio en la ponderación de la precisión (Eilert & Buchheim, 2023; Mikulincer & Shaver, 2019). En primer lugar, la exposición a estímulos socialmente amenazantes, como rostros que indican rechazo, provoca respuestas fisiológicas elevadas en individuos con apego tanto ansioso como evitativo. Estas respuestas incluyen la reactividad electrodérmica, el automatismo salival y la activación de la amígdala (Mikulincer & Shaver, 2016). Los individuos con apego evitativo a menudo muestran un desacoplamiento entre las respuestas fisiológicas y las respuestas conscientes. Es decir, presentan una alta reactividad automática (ej. activación de la amígdala) junto con una baja conciencia declarativa (reportan menos intensidad emocional) (Mikulincer & Shaver, 2016a). Desde la perspectiva del PP, esto se explica como una tendencia a infraponderar el EP interoceptivo en los niveles cognitivos superiores de la jerarquía predictiva. Esta supresión del impacto de las señales ascendentes (*bottom-up*) sobre la evaluación consciente daría lugar al desacoplamiento medible entre la reactividad fisiológica y el informe emocional explícito (Pitillas & Echeoyen, 2024). Además, se esperaría que los individuos evitativos muestren una precisión interoceptiva reducida, lo que refleja una disminución del peso otorgado a las señales interoceptivas de error de predicción. Por el contrario, los individuos con apego ansioso tienden a asignar una precisión excesiva a las señales de angustia interoceptiva. Esto se teoriza como una sobreponderación del EP interoceptivo en los niveles de procesamiento intermedios, lo que

lleva a una vigilancia intensificada ante posibles amenazas y a una hiperactivación persistente (Eilert & Buchheim, 2023; Mikulincer & Shaver, 2016).

Método

Resultados

Conclusiones y discusión

Bibliografía

- Ainsworth, M. S. (1979). Infant-mother attachment. *American Psychologist*, 34(10), 932.
- Doya, K. (2008). Modulators of decision making. *Nature Neuroscience*, 11(4), 410-416.
<https://doi.org/10.1038/nrn2077>
- Eilert, D. W., & Buchheim, A. (2023). Attachment-Related Differences in Emotion Regulation in Adults: A Systematic Review on Attachment Representations. *Brain Sciences*, 13(6), 884.
<https://doi.org/10.3390/brainsci13060884>
- Feldman, H., & Friston, K. J. (2010). Attention, Uncertainty, and Free-Energy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 215.
- Friston, K. J. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews. Neuroscience*, 11(2), 127–138.
- Friston, K. J. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*, 11(2), 127–138. <https://doi.org/10.1038/nrn2787>
- Gutiérrez Domínguez, F. J. (2015). Inhibición de retorno en tareas de señalización espacial y no espacial: Patrones neurocognitivos en función de la localización de los estímulos en el campo visual [Tesis doctoral, Universidade de Santiago de Compostela].

- Hayward, D. A., & Ristic, J. (2013). Measuring attention using the Posner cuing paradigm: The role of across and within trial target probabilities. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 205. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00205>
- Lawson, R. P., Bisby, J., Nord, C. L., Burgess, N., & Rees, G. (2021). The computational, pharmacological, and physiological determinants of sensory learning under uncertainty. *Current Biology*, 31(1), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.043>; **BIO**
- Mikulincer, M., & Shaver, P. (2016a). Adult attachment strategies and the regulation of emotion. In J. Cassidy & P. Shaver (Eds.), *Handbook of emotion regulation* (2nd ed., pp. 507-533).
- Mikulincer, M., & Shaver, P. (2016b). *Attachment in adulthood: Structure, dynamics, and change* (2nd ed.). Guilford Publications.
- Mikulincer, M., & Shaver, P. R. (2019). Attachment orientations and emotion regulation. *Current Opinion in Psychology*, 25, 6-10. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.02.006>
- Miller, M., Kiverstein, J., & Rietveld, E. (2022). The Predictive Dynamics of Happiness and Well-Being. *Emotion Review*, 14(1), 15-30. <https://doi.org/10.1177/17540739211063851>
- Parr, T., & Friston, K. J. (2017). Uncertainty, epistemics and active inference. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(136).
- Pitillas, C., & Echegoyen, I. (2024). In search of an interpersonal compass: Predictive processing, early interpersonal processes, and the development of attachment (in)security.
- Posner, M. I. (1984). Components of visual orienting. *Trends in Cognitive Sciences*.
- Posner, M. I. (1994). Attention: The mechanisms of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(16), 7398–7403. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.16.7398>
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75–79. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90078-7](https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90078-7)
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Van de Cruys, S., & Van Dessel, P. (2021). Mental distress through the prism of predictive processing theory. *Current Opinion in Psychology*, 41, 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.07.006>
- Wachtel, P. L. (2014). *Cyclical Psychodynamics and the Contextual Self*. Routledge/Taylor & Francis Group.
- Yon, D., & Frith, C. D. (2021). Precision and the Bayesian brain. *Current Biology*, 31(17), R1017–R1034.

Yon, D., de Lange, F. P., & Press, C. (2019). The predictive brain as a stubborn scientist. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(1), 6–8.

Apéndice