

Estudio de Nature asegura que el cerebro procesa el lenguaje como una IA

Una investigación publicada en Nature Communications explora las similitudes operativas entre el cerebro humano y la IA generativa.

El estudio, liderado por la Universidad Hebrea de Jerusalén en conjunto con Google Research, sugiere que la mente no decodifica el habla siguiendo reglas gramaticales rígidas, sino mediante una arquitectura estadística en capas muy similar a la de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM).

Para entender mejor la diferencia entre un procesamiento basado en reglas y uno estadístico, podemos bajar la explicación a una imagen más cotidiana y directa:



Nuevo enfoque (inmersión estadística): Propone que la mente va anticipando el significado a partir de patrones, probabilidades y del contexto acumulado por la experiencia, de forma similar a cómo un modelo GPT procesa el texto token por

token para predecir lo que viene después.

Teoría clásica (libro de gramática): Plantea que el cerebro funciona como un estudiante con un manual de reglas, aplicando estructuras fijas y normas predefinidas para organizar sujeto, predicado y el resto de la oración.

Sincronización temporal entre neuronas y capas digitales

Para validar la correlación entre la biología y el software, el equipo diseñó un procedimiento experimental riguroso que sincroniza la actividad cerebral con el procesamiento algorítmico. La metodología empleada para construir estos modelos predictivos se dividió en las siguientes etapas críticas:

- **Modelado predictivo:** Desarrollo de sistemas de codificación lineal capaces de anticipar la respuesta neuronal real basándose exclusivamente en la profundidad de procesamiento de la capa artificial.
- **Registro biológico de alta fidelidad:** Uso de electrocorticografía (ECoG) para capturar la actividad cerebral con resolución milimétrica en participantes expuestos a una narración continua de 30 minutos.
- **Procesamiento paralelo en IA:** Alimentación del mismo relato a modelos masivos como GPT-2 XL y Llama-2 para generar un «espejo» digital del estímulo auditivo.
- **Extracción de vectores:** Obtención de las «incrustaciones» (*embeddings*) contextuales de cada capa de la red neuronal, permitiendo aislar la evolución del procesamiento de la información.

Esquema del estudio que compara el

proceso del cerebro con la operatoria que hace la IA

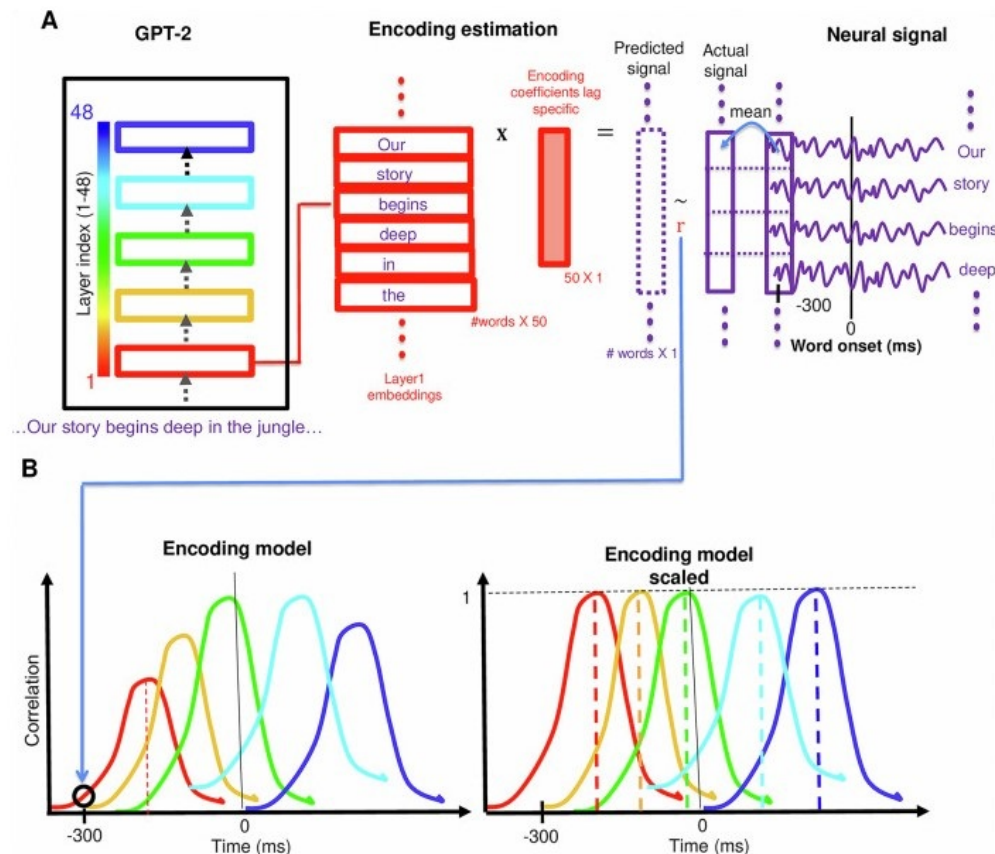
Para interpretar el siguiente esquema del estudio, la figura desglosa matemáticamente cómo los científicos lograron medir la conexión entre mente y máquina:

Panel A (La ecuación): Muestra el proceso de cálculo.

- A la izquierda, los vectores de la historia (cajas rojas) se multiplican para generar una **señal predicha** (el recuadro punteado vertical).
- Esta señal artificial se compara matemáticamente con la **señal neural real** (las ondas moradas a la derecha) para obtener el valor de correlación «r».
- Luego se verifica si la predicción de la IA encaja con la electricidad real del cerebro.

Panel B (El Cronómetro): Aquí se vuelcan esos resultados en el tiempo. No son ondas cerebrales, sino curvas de correlación.

- Curvas rojas/naranjas: Indican que las capas tempranas de la IA predicen mejor la actividad cerebral al inicio de la palabra.
- Curvas azules: Muestran que las capas profundas de la IA predicen con exactitud la actividad cerebral tardía (hacia la derecha), confirmando el procesamiento complejo.



Esquema del modelo de codificación por capas. Se extraen incrustaciones contextuales de cada capa del LLM (GPT-2 XL o Llama-2) para cada palabra de la narración. Estas representaciones se utilizan para entrenar modelos lineales que predicen la actividad neuronal registrada mediante ECoG en diferentes desfases temporales relativos al inicio de la palabra. | Créditos: Nature.

Sincronización temporal entre neuronas y capas digitales

Los resultados revelaron una conexión directa entre la estructura de la máquina y el ritmo del pensamiento humano. De este modo, los investigadores confirmaron que el cerebro replica en el tiempo la misma secuencia que los LLM ejecutan en sus capas de cómputo:

- **Procesamiento temprano (capas superficiales):** Las primeras respuestas neuronales se correlacionan con las capas iniciales del software, encargadas del análisis

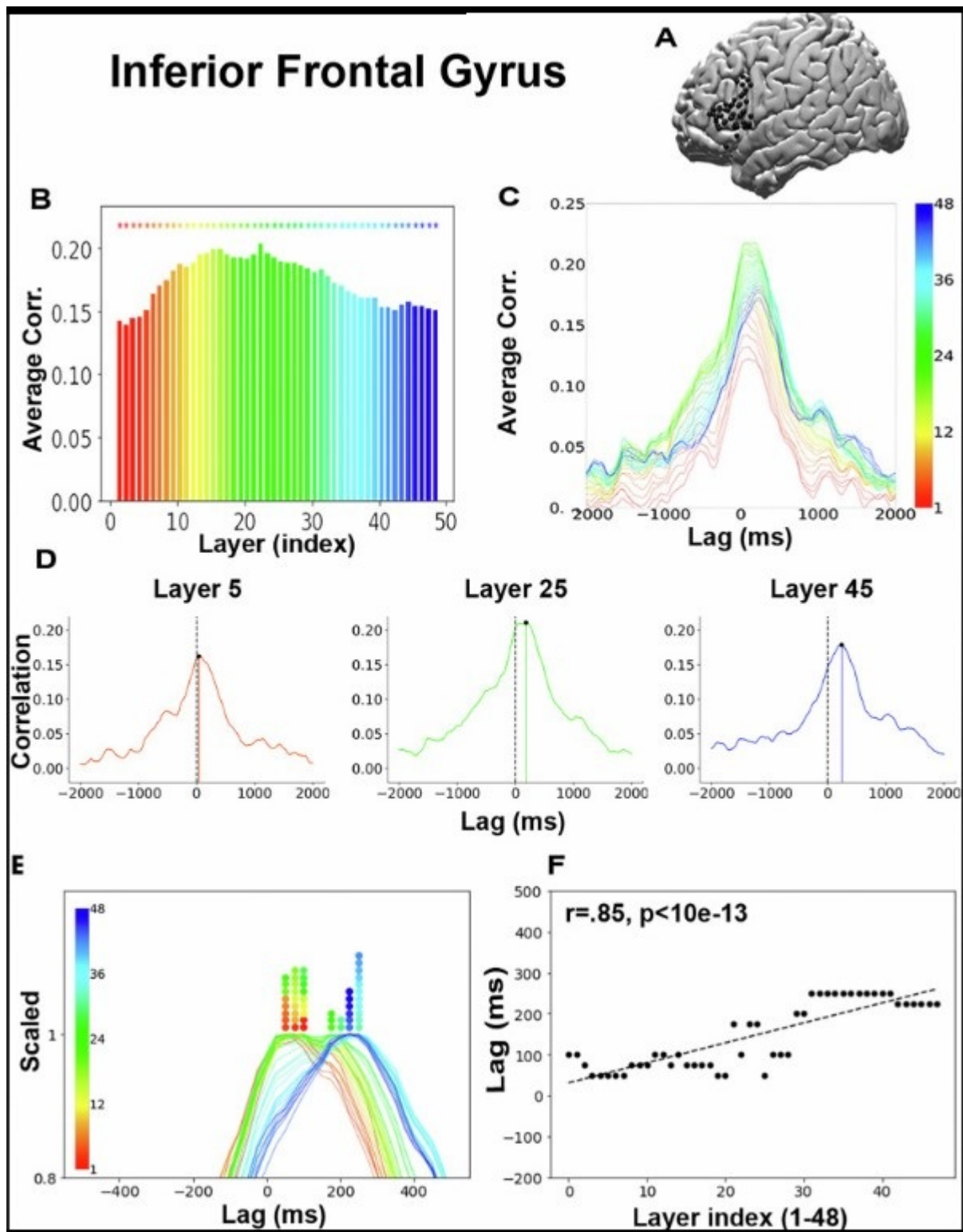
acústico y léxico básico.

- **Procesamiento tardío (capas profundas):** La actividad en regiones de alto orden, como el área de Broca, se sincroniza con las capas profundas de la red neuronal, donde ocurre la integración semántica y el manejo de contextos largos.

Sin entrar en detalles de anatomía, idealiza la siguiente figura como una línea de tiempo, que muestra qué pasa en la parte frontal de tu cerebro cuando escuchas una historia.

El gráfico lo resume en tres claves sencillas:

- **Los sensores (A):** Muestra el cerebro del participante sembrado de electrodos para captar la señal en la zona del lenguaje.
- **La ola de colores (C y D):** Fíjate en las curvas. Las líneas **rojas** (lo básico) saltan de inmediato. Las **azules** (el significado complejo) tardan más en aparecer. Es la diferencia visual entre simplemente «oír un ruido» y «entender una idea».
- **La confirmación (F):** Esa línea de puntos ascendente es el veredicto final. Confirma matemáticamente que tu mente necesita obligatoriamente esos milisegundos extra para procesar las ideas profundas, exactamente igual que lo hacen las capas finales de una inteligencia artificial.



Secuencia temporal del pensamiento. Los paneles muestran que las capas simples de la IA (rojo) predicen la actividad cerebral inmediata, mientras que las capas profundas (azul) coinciden con el procesamiento tardío, demostrando que entender requiere tiempo. | Créditos: Nature

El cerebro es probabilístico como los modelos de IA, no simbólico

Para los lingüistas, estos resultados son un duro golpe a las teorías clásicas que nos enseñaron en el colegio, esas que dicen que el lenguaje es una estructura rígida de árboles gramaticales y símbolos fijos.

Los datos indican un cambio de reglas radical basado en dos observaciones clave:

- **Integración fluida:** El cerebro construye el significado de manera dependiente del contexto, no mediante la suma rígida de partes de la oración.
- **Superioridad computacional:** La profundidad del procesamiento en la IA demostró ser un predictor más preciso de la actividad cerebral que las categorías tradicionales como fonemas o sustantivos.

El Dr. Ariel Goldstein, investigador principal del estudio, destacó la sorpresa del equipo ante la magnitud de la coincidencia entre sistemas que, en teoría, no deberían parecerse tanto:

«Lo que más nos sorprendió fue lo mucho que se parece el despliegue temporal del significado en el cerebro a la secuencia de transformaciones dentro de los grandes modelos lingüísticos. Aunque estos sistemas se construyen de forma muy diferente, ambos parecen converger en una construcción paso a paso similar hacia la comprensión».

Dr. Ariel Goldstein, investigador principal del estudio

Como cierre del proyecto, el equipo ha liberado todos los datos neuronales alineados con las métricas de la IA. La publicación está disponible completamente en [PubMed Central](#).

Fuente: pisapapeles.