

Edición Biblioteca de IA en español

La IA descifra las escrituras antiguas

Registros antiguos revividos
por la IA

Kim Kyung-jin, abogado

kimkj.com · Biblioteca de IA · 2026

La IA descifra las escrituras antiguas

Registros antiguos revividos por la IA

Kim Kyung-jin, abogado

Un rollo que se quemó hasta convertirse en carbón, un trozo de madera enterrado en barro y una tablilla de arcilla rota y dispersa fueron durante mucho tiempo objetos ilegibles. Este libro sigue doce casos que rompen ese silencio. El recorrido va desde el desenrollado virtual que permitió leer los rollos de Herculano sepultados por ceniza volcánica sin abrirlos, el Levítico de En-Gedi recuperado con rayos X, el peritaje del Rollo de Isaías que distinguió el número de escribas por la caligrafía, el pegamento digital que une decenas de miles de fragmentos, la reconstrucción de la Epopeya de Gilgamesh, la traducción de registros contables en acadio, la encuadernación virtual tridimensional de la escritura oracular sobre huesos, la lectura de la escritura cursiva en tablillas de madera de Silla, la lingüística computacional aplicada al Lineal A, la escritura del Indo y el rongorongo, los modelos de lenguaje que completan inscripciones griegas rotas, hasta los archivos de imágenes multispectrales que permanecen aunque desaparezca el original. Cada capítulo está organizado en este orden: expediente del caso, seguimiento del equipo de investigación científica y verdad revelada. Los términos se explican para que puedan leerse sin conocimientos previos. Cada subcapítulo incluye materiales de referencia comprobados. El apéndice reúne portales de datos abiertos que el lector puede abrir directamente desde casa. Este libro se escribió a partir de 251 materiales reunidos en la nota de NotebookLM “Colección de investigación sobre desciframiento de lenguas antiguas y documentos históricos mediante IA (2024-2026)”.

Repositorio público de materiales de investigación

Este libro fue organizado y producido con inteligencia artificial. Es una recopilación y síntesis de materiales en las principales lenguas del mundo. NotebookLM no limita el idioma de las preguntas según el idioma en que estén escritos los materiales. El lector puede hacer preguntas en su propio idioma al mismo repositorio de materiales de investigación usado para preparar este libro. Lo mismo ocurre aunque algunos materiales estén en coreano, inglés u otras lenguas. Si se abren los ajustes en NotebookLM y se fija el idioma de salida en el idioma deseado, las respuestas y los resultados generados aparecerán en ese idioma.

Repositorio público de NotebookLM usado para preparar este libro (Colección de investigación sobre desciframiento de lenguas antiguas y documentos históricos mediante IA 2024-2026, 251 materiales):
<https://notebook.google.com/notebook/cf32a6a1-66cc-473d-99d8-ed5a51596eb3>

La edición original en coreano de este libro está en la Biblioteca de IA de kimkj.com:
<https://kimkj.com/ai-library/?mod=document&uid=12641>

Índice

Al pulsar el título de cada capítulo se pasa al texto correspondiente. Para leer desde el principio, seleccione el capítulo 1.

Capítulo 1. La biblioteca del filósofo sepultada por la ceniza: los rollos de Herculano · 4

Capítulo 2. La palabra que brotó del arca quemada: el Levítico sellado de En Gedi · 13

Capítulo 3. Dos sombras ocultas en el Rollo de Isaías: análisis del escriba · 21

Capítulo 4. El pegamento digital que une decenas de miles de fragmentos de arcilla y pergamino · 29

Capítulo 5. Encajar tablillas de arcilla rotas: reconstrucción de la Epopeya de Gilgamesh · 39

Capítulo 6. Recibos de la antigua Mesopotamia y susurros de comerciantes: traducción con IA · 48

Capítulo 7. El futuro del imperio en el caparazón de una tortuga: ensamblaje 3D de huesos oraculares · 57

Capítulo 8. La caligrafía rescatada del barro: tablillas de Silla y la IA que lee cursiva · 66

Capítulo 9. El enigma perdido del Egeo: Lineal A y la retícula geométrica · 76

Capítulo 10. Descifrar el código del sol y de los sellos: la escritura del Indo y el rongorongo · 85

Capítulo 11. La IA vuelve a leer inscripciones griegas rotas: modelos fundacionales e Ithaca · 95

Capítulo 12. La biblioteca virtual que nunca arde: archivos multiespectrales y el futuro · 104

Apéndice. Mi viaje personal de arqueología con IA: un portal global de exploración para el público · 113

Capítulo 1. La biblioteca del filósofo sepultada por la ceniza: los rollos de Herculano

1.1. Expediente del caso

El día en que el volcán cubrió la biblioteca

En el año 79 d. C. entró en erupción el volcán Vesubio, en el sur de Italia. El volcán arrojó de una vez gases calientes y ceniza volcánica. Junto al mar, al pie de la montaña, estaba la ciudad de Herculano. Era una ciudad de descanso donde los ricos de Roma pasaban el verano. Esta ciudad también quedó enterrada bajo tierra en un solo día[1].

Fuera de la ciudad había una gran mansión. Hoy los especialistas la llaman Villa de los Papiros. Su dueño parece haber sido Lucio Calpurnio Pisón Cesonino. Era suegro de Julio César. En esta casa entraba y salía el filósofo griego Filodemo. Filodemo era un estudioso de la escuela epicúrea. En un lado de la mansión había una biblioteca donde se guardaban rollos. Como aparecieron muchos textos suyos, se considera una biblioteca vinculada a él[1].

El papiro era el papel del antiguo mundo mediterráneo. Se hacía con una planta que crecía junto al río Nilo, en Egipto. La parte interior del tallo se cortaba en tiras finas y se colocaba en fila horizontal. Encima se ponía otra capa en dirección vertical. Al mojarla y prensarla, la savia de la planta actuaba como pegamento. Al secarse, se convertía en una hoja de papel. Por eso en la superficie del papiro quedaba una trama cruzada horizontal y vertical. Esa trama se convertiría más tarde en una pista importante[7].

Aquel día, gases calientes entraron en la biblioteca. Los rollos se cocieron sin llamas. El papiro, que hacía de papel, se convirtió en carbón negro. Este proceso, en el que algo se quema y se vuelve carbón, se llama carbonización. Los rollos se encogieron y su superficie se hinchó[2]. Encima se acumularon más de 20 metros de depósitos volcánicos. Los depósitos volcánicos son capas endurecidas formadas por ceniza volcánica y polvo de roca[1].

Al quedar enterrados a gran profundidad, no les llegó el aire. Cuando no llega el aire, las fibras vegetales no se pudren con facilidad. La catástrofe actuó como una tapa que protegió los restos. Así, los rollos resistieron 2.000 años[2].

Las barras negras que salieron de los túneles subterráneos

En 1738, la corte de Nápoles empezó a excavar la zona. En 1750, un obrero que cavaba un pozo encontró un suelo de mosaicos de colores. Así salió a la luz la ubicación de la mansión. La excavación quedó a cargo de Karl Weber. Era un ingeniero militar de origen suizo[1].

Weber excavó pozos rectos hacia abajo en los depósitos volcánicos endurecidos. Estos pozos se llaman pozos verticales. Después abrió túneles estrechos como un laberinto. Dentro de los túneles había oscuridad y mal aire. También existía siempre el riesgo de derrumbe. Incluso en esas condiciones, Weber dibujó con detalle el plano de la mansión. Gracias a ese plano sabemos qué apareció en cada estancia[1].

Desde 1752, los obreros empezaron a sacar objetos parecidos a barras negras. Al principio pensaron que eran trozos de carbón. Luego se comprobó que eran rollos de papiro. Se sabe que de esta mansión salieron unos 1.100 rollos. Se considera el único caso conocido en que se conservó entera una biblioteca del mundo antiguo[1].

En esta biblioteca había muchos textos de Filodemo. Había versiones terminadas, copias y borradores. Los especialistas creen que él escribió y ordenó sus textos en esta casa[1]. En los rollos que lograron abrir con gran esfuerzo había textos sobre filosofía, retórica y ética. La retórica es la disciplina que estudia cómo persuadir a otros con la palabra oral y escrita. Nadie sabía qué contenían los rollos que no se podían abrir[2].

Los rollos rotos al intentar abrirlos por la fuerza

Los especialistas querían leer los textos que había dentro. El problema era que los rollos se deshacían al tocarlos[2]. En 1753, el padre Antonio Piaggio construyó una máquina. Era un dispositivo que tiraba poco a poco del rollo con hilos y pesas para desplegarlo[3]. Esta máquina salvó algunos rollos, pero también rasgó capas internas[2].

En el siglo XIX intervino el químico británico Humphry Davy. Usó gas cloro, vapor de yodo y ácidos sobre los rollos. Era un método para separar las capas mediante productos químicos. El resultado no fue bueno. Los productos químicos ablandaron el papiro y lo rompieron[3].

La mayoría de los intentos de abrirlos físicamente dañó los restos. Fragmentos con letras escritas se dispersaron por el suelo y desaparecieron. Al final, el mundo académico dejó de intentar abrirlos. Todavía quedan cientos de rollos sin abrir[2]. Estos restos se conservan repartidos entre instituciones de Nápoles, París y Oxford[4].

El muro de carbono que bloqueó los rayos X

Los científicos buscaron una forma de leerlos sin abrirlos. La primera herramienta que se planteó fue la tomografía computarizada. Es una técnica conocida normalmente como CT. La CT mide diferencias de densidad en el interior de un objeto sin cortarlo. Las sustancias de mayor densidad bloquean más los rayos X. Por eso aparecen brillantes en las imágenes de corte[5].

La tinta con componentes metálicos brilla en blanco en las imágenes de CT. En la Europa medieval se usó mucho una tinta con hierro. Algo parecido ocurrió con un rollo quemado hallado en En Gedi, Israel. Este resto es un manuscrito hebreo del antiguo Israel. Como la tinta parecía contener metal, dejó marcas en la imagen. Por eso pudo leerse en 2016 sin abrirlo[5].

Los copistas de Herculano tenían otra situación. Un copista era una persona que copiaba textos a mano. Mezclaban hollín de madera quemada con agua y resina para hacer tinta negra. El principal componente de esa tinta era el carbono. Pero el papiro cocido por el calor volcánico también se había convertido en carbono. El papel y la escritura se habían vuelto la misma materia[6].

Si la densidad es la misma, los rayos X atraviesan ambos lugares del mismo modo. En la imagen de corte no aparece ninguna frontera. Los especialistas llamaron a este obstáculo el problema de la tinta de carbono. En 2015, investigadores de Italia y Francia probaron otro método. Era una técnica llamada imagen de contraste de fase. Usa la propiedad por la que los rayos X cambian levemente de dirección al pasar por el límite de un material. Aunque la densidad sea igual, la señal cambia en la superficie de contacto. Con este método, el equipo logró captar el contorno de algunas letras dentro de un rollo enrollado. Pero no bastaba para leer frases[6]. Durante mucho tiempo, se creyó que nadie podría superar ese muro[2].

Materiales de referencia

[1] Herculaneum Society. The Villa of the Papyri. University of Oxford.

<https://www.herculaneum.ox.ac.uk/index.php/the-villa-of-the-papyri/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

[2] Vesuvius Challenge. FAQ. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/faq> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [3] Villa of the Papyri. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Villa_of_the_Papyri (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] University of Kentucky. (2026, 6월 25일). The day the Herculaneum scrolls began speaking again. UKNow. <https://uknow.uky.edu/research/day-herculaneum-scrolls-began-speaking-again> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. Science Advances, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [6] Mocella, V., Brun, E., Ferrero, C., & Delattre, D. (2015). Revealing letters in rolled Herculaneum papyri by X-ray phase-contrast imaging. Nature Communications, 6, 5895. <https://doi.org/10.1038/ncomms6895>
- [7] Papyrus. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/papyrus-writing-material> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

1.2. Investigación científica 1: pelar una cebolla virtual

La idea de leer sin abrir

El profesor Brent Seales, de la Universidad de Kentucky, en Estados Unidos, eligió otro camino. Pensó en desplegar los rollos dentro del ordenador en lugar de abrir los restos. El objeto real se deja intacto y solo se obtiene una imagen tridimensional. Después, en la pantalla, se separan las capas una a una. Es un método que avanza hacia dentro como al pelar una cebolla[1].

El equipo llamó a este método desenrollado virtual. En inglés se llama virtual unwrapping. En 2016 este método tuvo éxito por primera vez. El objeto fue el rollo de En Gedi visto en el apartado anterior. Este resto apareció en 1970 en las ruinas de una antigua sinagoga. Por fuera parecía una masa negra quemada. Cuando el equipo lo desplegó en la pantalla, apareció escritura hebrea. Era el comienzo del Levítico del Antiguo Testamento[1].

El desenrollado virtual consta de cinco pasos. Obtener imágenes tridimensionales, separar capas, asignar valores de tinta, aplanar y unir. En el manuscrito de En Gedi esta secuencia funcionó tal cual. La razón era que la tinta ya se veía en la imagen[1].

Los rollos de Herculano tenían peores condiciones que el manuscrito de En Gedi. La sección estaba deformada por la presión del calor volcánico. La forma redonda se había hundido y las capas se habían pegado entre sí. Además, la tinta no se veía en la imagen. De los cinco pasos, el segundo y el tercero frenaban el trabajo a la vez[2].

Por eso en Herculano se cambió el orden. Primero se separan las capas y se aplanan. La búsqueda de tinta se hace después por separado. El apartado 1.3 cuenta esa búsqueda de tinta[2].

La imagen tridimensional tomada por un acelerador de partículas

El primer paso es fotografiar todo el interior del rollo[1]. La CT de hospital suele distinguir detalles de alrededor de 1 milímetro. Las capas de papiro son mucho más finas. El grosor de una capa es menor que el de un cabello. Con equipos de hospital, las capas se ven apelmazadas[3].

El equipo acudió a un acelerador de partículas. Primero fue al Diamond Light Source del Reino Unido[3]. Después también usó la Instalación Europea de Radiación Sincrotrón de Grenoble, en Francia[4]. Estas instalaciones producen rayos X muy brillantes y muy rectos. Cuanto más brillante es la luz, más nítida es la imagen que se obtiene en poco tiempo[3].

El equipo colocó el rollo de pie en un recipiente y lo fijó con firmeza. Si se movía aunque fuera un poco durante la toma, la imagen salía borrosa. Los datos obtenidos así tenían una resolución de unos 8 micrómetros por vóxel. Un vóxel es un píxel tridimensional que también tiene valor de profundidad. Puede imaginarse como un punto de un programa de dibujo convertido en un pequeño cubo[3].

La cantidad de datos era enorme. Al escanear un solo rollo se acumulaban unos 300 terabytes. Es una capacidad suficiente para llenar el almacenamiento de miles de teléfonos inteligentes. Manejar esos datos se convirtió en una tarea nueva[4].

La instalación de Grenoble, en Francia, se conoce como fuente de luz de cuarta generación. En 2020 entró en funcionamiento el nuevo equipo. Veintiún países europeos invirtieron 150 millones de euros para mejorar sus prestaciones. Esta instalación se construyó en origen para estudiar materiales y fenómenos biológicos. Al principio nadie sabía que acabaría usándose para leer rollos antiguos[4].

Segmentación volumétrica para separar las capas

Una vez obtenida la imagen tridimensional, el siguiente paso es separar las capas. Este trabajo se llama segmentación volumétrica. Consiste en aislar una a una las capas dentro de la imagen tridimensional. El ordenador sigue el recorrido de la superficie del papel en cada imagen de corte. Al unir esas líneas se crea un modelo tridimensional de una hoja. Este modelo se llama malla[1].

Al principio, una persona marcaba los límites uno a uno con el ratón[2]. La longitud del papel contenido en un rollo supera 1 metro[4]. Era demasiado largo y denso para seguirlo a mano. Además, las capas estaban aplastadas entre sí y los límites eran borrosos[2].

La velocidad aumentó cuando los participantes del concurso presentaron herramientas de automatización. Un ejemplo destacado es el programa creado por el suizo Julian Schilliger. Este programa sigue los patrones de imágenes de corte vecinas y enlaza las capas. Redujo a unas horas un trabajo que a una persona le llevaba varios días[2].

Este trabajo no tenía una escala que pudiera asumir un solo laboratorio. Los organizadores dejaron los datos de escaneo abiertos en internet. Los participantes publicaron el código fuente de sus programas. Una persona añadía funciones sobre herramientas creadas por otra. Las transcripciones y el código todavía pueden descargarse libremente[5].

Aplanar y unir

Después de separar las capas, el modelo de papel sigue enrollado. Así las letras se ven curvadas. Por eso se calcula cómo aplanar el modelo. Este paso se llama aplanamiento[1].

El ordenador convierte los vértices del modelo en pequeñas bolas. Supone que entre una bola y otra hay muelles. Después repite el cálculo para tender esa red sobre el suelo. Ajusta al mínimo cuánto se estiran o se encogen los muelles. Así la forma de las letras no se deforma mucho[1].

El último paso es unir. El rollo no se despliega entero de una vez. El ordenador lo divide en varias zonas y las aplanan por separado. Luego hay que encajar de nuevo las zonas aplanadas en una sola hoja. En ese momento se usa el patrón de fibras en forma de cuadrícula propio del papiro. Si los patrones de fibra de dos zonas encajan, significa que originalmente eran vecinas. Cuando termina también esta comparación, el desenrollado virtual queda completo[1].

Los cinco pasos no terminan de una vez. Si hay un error en una etapa, todas las etapas posteriores se desajustan. Si se separa mal una capa, se mezclan letras de otra hoja. Por eso los investigadores procesan varias veces el mismo rollo. Comprueban el resultado a simple vista, cambian los ajustes y lo ejecutan de nuevo[5].

Materiales de referencia

[1] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. *Science Advances*, 2(9), e1601247.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>

- [2] Vesuvius Challenge. (2024, 2월 5일). Vesuvius Challenge 2023 Grand Prize awarded: we can read the scrolls! scrollprize.org. <https://scrollprize.org/grandprize> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Vesuvius Challenge. FAQ. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/faq> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] University of Kentucky. (2026, 6월 25일). The day the Herculaneum scrolls began speaking again. UKNow. <https://uknow.uky.edu/research/day-herculaneum-scrolls-began-speaking-again> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

1.3. Investigación científica 2: buscar la huella microscópica de la tinta

Carbono escrito sobre carbono

Aunque terminaba el desenrollado virtual, la pantalla seguía vacía. El papel estaba desplegado, pero las letras no se veían[1]. La causa era el problema del carbono visto antes. El papiro era carbono y la tinta negra también era carbono. Los rayos X no podían distinguirlos[2].

El equipo del profesor Seales planteó una hipótesis. La tinta no podía haber dejado ningún rastro[1]. La tinta toca el papel en estado líquido. El líquido penetra entre las fibras. Después, al secarse, tira un poco de la superficie[3].

Entonces la forma de la superficie del papel cambia de manera muy leve. Aunque la densidad sea igual, el relieve cambia. El equipo decidió buscar ese relieve[3]. Como era demasiado pequeño para verlo con los ojos, había que encargárselo a una máquina[1].

La herramienta usada aquí fue el aprendizaje automático. No es un método en el que una persona escribe todas las reglas una por una. Se muestran muchos ejemplos con la respuesta correcta y se deja que el sistema encuentre las reglas por sí mismo. Es el mismo principio por el que reconoce gatos después de ver miles de fotos de gatos. En la búsqueda de tinta se muestran muestras en las que están marcadas las zonas con tinta y las zonas sin tinta[1].

Una pista llamada crackle

En marzo de 2023 se abrió un concurso llamado Vesuvius Challenge[1]. Lo iniciaron juntos el profesor Seales, Nat Friedman y Daniel Gross[4]. Los organizadores publicaron gratis en internet los datos de escaneo. Ofrecieron premios y reunieron a programadores de todo el mundo[1].

Durante los primeros meses nadie encontró tinta. En el verano de aquel año, un participante llamado Casey Handmer encontró una pista. Observó durante mucho tiempo, a simple vista, los datos de la superficie desplegada. Entonces descubrió un patrón extraño. Eran marcas de pequeñas grietas finas[1].

Basta pensar en el fondo de un arrozal durante una sequía. El barro seco se agrieta como una red. En los lugares manchados de tinta aparecían grietas parecidas. Los participantes llamaron a este patrón crackle. Handmer recibió por este hallazgo el primer premio de tinta[1].

Handmer informó de su hallazgo enseguida en una sala de chat en línea. Esa forma de compartir cambió el rumbo del concurso. Otros participantes usaron de inmediato ese patrón como material de aprendizaje[1].

Hacer que solo mire por una ventana pequeña

El estudiante universitario estadounidense Luke Farritor actuó primero. Enseñó el patrón crackle a un modelo de aprendizaje automático. El modelo respondía con una probabilidad sobre dónde había tinta. A medida que avanzaba el aprendizaje, las respuestas se hicieron más precisas[1].

El problema era que había pocos datos de entrenamiento. Cuando hay pocos datos, la máquina memoriza las respuestas. Esto se llama sobreajuste. Es como un estudiante que memoriza solo las respuestas sin entender las preguntas del examen[1].

Los participantes aumentaron la cantidad de datos girándolos e invirtiéndolos. Aunque se gire la imagen, la naturaleza del patrón de grietas no cambia. Gracias a ello, la máquina aprendió solo las características propias del patrón[1].

También ajustaron el tamaño de la ventana de entrada. Al principio mostraban una zona amplia de una sola vez. Cuando se mira una zona amplia, la forma completa de las letras entra en la vista. Entonces la máquina empezó a inventar letras. Dibujaba trazos verosímiles en lugares donde no había tinta. Esto se llama alucinación de la inteligencia artificial[1].

Los investigadores redujeron la ventana a 64 por 64 píxeles. En una superficie de ese tamaño no aparece la forma de una letra. La máquina debía juzgar solo por la textura de las grietas finas. Las invenciones disminuyeron mucho. En cambio, las marcas reales del pincel aparecieron tal como eran en la pantalla[1].

El modelo encargado de este cálculo se creó uniendo dos tipos de modelos. Uno era una red neuronal convolucional tridimensional. Es una estructura que recorre los patrones dentro de un pequeño cubo y extrae rasgos. El otro era un transformador. Es una estructura que calcula cuánto se relacionan entre sí señales separadas. Al usar las dos estructuras juntas, no se pierden los patrones borrosos dentro de capas finas[1].

La imagen producida por la máquina no se acepta de inmediato como respuesta correcta. Los especialistas en documentos antiguos leen esa imagen por separado. Comprueban si la disposición de las palabras griegas se ajusta a la gramática. También confirman si las frases sucesivas tienen sentido. Si la lectura de la máquina y la de las personas no coinciden, ese objeto se calcula de nuevo[1].

Solo con las ondulaciones de la superficie

Después, los métodos para encontrar tinta siguieron mejorando. El participante Youssef Nader usó un método de preentrenamiento. Consiste en mostrar primero a la máquina una gran cantidad de datos de rollos sin tabla de respuestas. La máquina aprende por sí sola la forma de las fibras del papiro. Luego se le enseña solo a encontrar tinta con una pequeña tabla de respuestas[1].

En marzo de 2026 apareció un estudio centrado en la propia ondulación. Lo firmaron Giorgio Angelotti, Federica Nicolardi, Paul Henderson y Brent Seales. El equipo midió con equipos ópticos la superficie de una muestra de papiro ya desplegada. Entrenó la máquina con datos que contenían solo alturas y profundidades. No introdujo información de brillo ni de densidad[3].

Aun así, la máquina distinguió los lugares donde había tinta. Esto significa que la tinta puede encontrarse solo con las alturas y profundidades de la superficie. El equipo calculó también con qué densidad debía medirse la superficie. Esa cifra sirve como criterio de resolución para las siguientes capturas. El artículo se publicó ese mismo año en la revista Scientific Reports[3].

Aun así, la búsqueda de tinta todavía no es una técnica terminada. Las zonas donde queda poca tinta siguen apareciendo borrosas. En los lugares donde las capas están pegadas, los propios datos de captura son difusos. A veces dos hojas distintas quedan unidas como si fueran una sola. Un modelo que funciona bien en un rollo puede fallar en otro. Por eso las personas revisan a simple vista y corrigen el proceso en cada etapa. La investigación sigue avanzando paso a paso[5].

Materiales de referencia

- [1] Vesuvius Challenge. (2024, 2월 5일). Vesuvius Challenge 2023 Grand Prize awarded: we can read the scrolls! scrollprize.org. <https://scrollprize.org/grandprize> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Mocella, V., Brun, E., Ferrero, C., & Delattre, D. (2015). Revealing letters in rolled Herculaneum papyri by X-ray phase-contrast imaging. Nature Communications, 6, 5895. <https://doi.org/10.1038/ncomms6895>
- [3] Angelotti, G., Nicolardi, F., Henderson, P., & Seales, W. B. (2026). Ink detection from surface topography of the Herculaneum papyri. Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-58467-1>
- [4] University of Kentucky. (2026, 6월 25일). The day the Herculaneum scrolls began speaking again. UKNow. <https://uknow.uky.edu/research/day-herculaneum-scrolls-began-speaking-again> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Vesuvius Challenge. (2026, 7월 10일). Open problems: why reading every Herculaneum scroll is still a challenge. scrollprize.org. https://scrollprize.org/2026_open_problems (consultado el 3 de septiembre de 2026)

1.4. La verdad revelada

La primera palabra recuperada en 2023

El primer resultado fue una sola palabra. El anuncio llegó el 12 de octubre de 2023. El protagonista fue el estudiante universitario estadounidense Luke Farritor. Tenía entonces veintiún años. La palabra que leyó fue porphyras. Es una palabra griega que significa color púrpura. No es una palabra de uso común en los textos antiguos. Farritor recibió 40.000 dólares por el premio de las primeras letras. Youssef Nader, que quedó segundo, recibió 10.000 dólares. Fue el primer caso en que se leyó una palabra en un rollo sin abrir[7].

El 5 de febrero de 2024 se anunciaron los resultados del concurso. El gran premio fue compartido por tres personas. Fueron el egipcio Youssef Nader, el estadounidense Luke Farritor y el suizo Julian Schilliger. El premio fue de 700.000 dólares[1].

El objeto que leyeron es un rollo conservado por el Institut de France en París. Su nombre es PHerc. Paris. 4. Los tres recuperaron más de 2.000 caracteres griegos de ese rollo. Eran textos de quince columnas. Una columna es cada espacio vertical en que se divide el texto de un rollo. Equivale aproximadamente al 5 por ciento del rollo completo[1].

Los criterios de evaluación eran estrictos. Había que presentar cuatro pasajes de 140 caracteres. Para aprobar, había que leer más del 85 por ciento de los caracteres de cada pasaje. Los especialistas en documentos antiguos los revisaron con los nombres ocultos[1].

El contenido trataba sobre el placer. Examinaba si lo raro es necesariamente más placentero que lo común. En el texto hay un pasaje que usa la comida como ejemplo. La idea es que no se cree que algo sea más placentero solo porque sea raro. Es una frase que muestra con claridad el pensamiento de la escuela epicúrea[1].

El rollo cuyo título fue recuperado

El siguiente resultado fue un título. El 5 de mayo de 2025 se concedió el primer premio de título. Los ganadores fueron Marcel Roth y Micha Novak. El premio fue de 60.000 dólares[2].

El objeto era PHerc. 172, de la Biblioteca Bodleian de Oxford. Las letras aparecidas en la pantalla correspondían a Sobre los vicios, de Filodemo. Se leyó como Libro I. Lo confirmó el equipo de Federica Nicolardi, de la Universidad de Nápoles Federico II. Fue el primer caso en que se leyó el título de un rollo enrollado sin abrirlo[2].

Después se leyeron más de 70 columnas de este rollo. Es un texto sobre defectos del carácter como la codicia, la soberbia y la adulación. Ahora se puede seguir el desarrollo del argumento desde el principio[3].

El primer libro leído de principio a fin

El 25 de junio de 2026 llegó una noticia aún mayor. Se anunció que se había leído un rollo completo de principio a fin. El objeto era PHerc. 1667, de la Biblioteca Nacional de Nápoles. Los participantes del concurso lo llaman rollo 4[4].

La captura se realizó en la Instalación Europea de Radiación Sincrotrón, en Francia. Después pasó por el desenrollado virtual y la búsqueda de tinta. La longitud del texto recuperado era de unos 1,4 metros. Equivalía a unas veintidós columnas. Fue la primera vez que se leyó completo un rollo de Herculano[4].

El contenido es un tratado griego sobre ética y carácter humano[3]. En el texto se menciona al sobrino del filósofo estoico Crisipo. Su nombre es Aristocreonte[4]. Se considera que el texto fue escrito entre finales del siglo III a. C. y el siglo II a. C. Todavía no se ha confirmado quién fue su autor[3].

Los resultados de la investigación también se publicaron como artículo académico. Figuraron 27 autores, entre ellos Giorgio Angelotti, Stephen Parsons y Federica Nicolardi[5]. También se publicaron los datos, el código y la transcripción[4].

El equipo explicó además el procedimiento de verificación. Volvió a capturar PHerc. Paris. 4, leído en 2023, con una resolución más alta. La lectura obtenida con los nuevos datos coincidió exactamente con el resultado anterior. Es una prueba de que no era un texto inventado por la máquina. También significa que el mismo método puede aplicarse a otros rollos[4].

Los 600 rollos que aún quedan

El mismo anuncio incluía otra noticia. Se leyó el título de un rollo llamado PHerc. 139. Era el Libro VIII de Sobre los dioses, de Filodemo. Hasta entonces solo se conocía el Libro I de esta obra. Por primera vez se reveló que esta obra continuaba durante más de ocho libros[3].

Aún quedan más de 600 rollos sin leer[3]. El concurso ha fijado un gran premio para 2027. La dotación total es de 1 millón de dólares. El primer puesto recibirá 800.000 dólares. El objetivo son trece rollos designados. En cada columna hay que leer más del 70 por ciento de los caracteres conservados. El plazo termina el 25 de junio de 2027[6].

En esta historia todavía hay muchos espacios en blanco. Aunque se lean las letras, queda aparte la tarea de interpretar su sentido. Pulir académicamente una columna de transcripción también lleva mucho tiempo. Todavía hay rollos cuyo autor no se ha identificado[3].

Aun así, la dirección ya está clara. Un libro que nadie había podido abrir durante 2.000 años se desplegó en una pantalla. La biblioteca que se creía perdida por el fuego está volviendo poco a poco[4].

Esta tarea no la hizo una sola persona. Hubo físicos encargados de la captura y programadores que separaron las capas. También hubo especialistas en documentos antiguos que leyeron el griego antiguo. Estudiantes y empleados de empresas que participaron en el concurso aportaron su trabajo. Que un libro se abriera después de 2.000 años fue el resultado creado por todas estas personas. Los rollos restantes también pueden abrirse del mismo modo[4].

Materiales de referencia

[1] Vesuvius Challenge. (2024, 2월 5일). Vesuvius Challenge 2023 Grand Prize awarded: we can read the scrolls! scrollprize.org. <https://scrollprize.org/grandprize> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [2] Vesuvius Challenge. (2025, 5월 5일). \$60,000 First Title Prize awarded! scrollprize.substack.com. <https://scrollprize.substack.com/p/60000-first-title-prize-awarded> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] University of Kentucky. (2026, 6월 25일). The day the Herculaneum scrolls began speaking again. UKNow. <https://uknow.uky.edu/research/day-herculaneum-scrolls-began-speaking-again> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Angelotti, G., Parsons, S., Nicolardi, F., Nader, Y., Johnson, S., Josey, D., et al. (2026). Complete virtual unwrapping and reading of a rolled Herculaneum papyrus. arXiv:2606.29085. <https://arxiv.org/abs/2606.29085> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Vesuvius Challenge. Open Prizes. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/prizes> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Vesuvius Challenge. (2023, 10월 12일). First word discovered in unopened Herculaneum scroll by 21yo computer science student. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstletters> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 2. La palabra que brotó del arca quemada: el Levítico sellado de En Gedi

2.1. Archivo del caso

Un oasis al oeste del Mar Muerto

Ein Gedi es un oasis en la orilla occidental del Mar Muerto. También se escribe En Gedi. Alrededor hay un desierto seco, pero aquí brota agua de manantial. Donde hay agua, se reúne la gente. Durante miles de años, las personas formaron aldeas junto a esta agua y vivieron allí. El nombre de esta tierra aparece también en el Primer Libro de Samuel, en el Antiguo Testamento. Es la historia de David, que se escondió en el desierto de Ein Gedi para huir del rey Saúl.

Según las investigaciones del yacimiento, en esta colina vivió gente desde finales del siglo VIII a. C. Después, hacia el año 600 d. C., un gran incendio destruyó la aldea[1]. Es una tierra donde más de mil trescientos años se acumularon en capas bajo el suelo.

En la zona del Mar Muerto llueve poco y el aire es seco. Este clima ayuda a conservar durante mucho tiempo los objetos antiguos. La madera, el cuero y la tela se pudren menos que en otros lugares. Esta es también la razón por la que los Rollos del Mar Muerto aparecieron en esta región.

En 1970 comenzó una gran excavación en este lugar. La dirigieron Dan Barag y Ehud Netzer. Ambos pertenecían al Instituto de Arqueología de la Universidad Hebrea de Jerusalén. Yosef Porath desenterró este rollo el 5 de mayo de 1970[1]. Lo que encontró el equipo de excavación fue el emplazamiento de una antigua sinagoga judía. La sinagoga era el edificio donde la comunidad judía se reunía para rezar y leer la Biblia. En el suelo había un mosaico hecho con pequeñas piedras de distintos colores.

Dentro de la sinagoga había un espacio para colocar el arca sagrada. El arca sagrada es una caja donde se guardan los rollos sagrados de la Biblia. La comunidad judía considera esta caja como un lugar santo dentro de la sinagoga. El equipo de excavación retiró del arca los restos quemados. Entre esos restos apareció una masa negra[1].

El hecho de que saliera del arca sagrada era ya una pista importante. En el arca de una sinagoga no se guarda cualquier documento. Se guardan los rollos bíblicos que la comunidad leía y observaba. Ahí estaba la base para suponer qué era aquella masa negra.

Un manuscrito bíblico antiguo es, por sí mismo, una fuente valiosa. En una época sin imprenta, las personas copiaban los textos a mano. Cada copia abría la posibilidad de que cambiara alguna letra. Cuando aparece un manuscrito antiguo, se puede comprobar cómo se transmitió el texto. Por eso los estudiosos se volcaron en la masa negra encontrada en el arca.

La masa negra que dejó el fuego

El fuego tiene el poder de borrar los registros. Tanto el papel como el cuero se convierten en ceniza dentro del fuego. Pero en Ein Gedi la situación fue algo distinta. El rollo, aplastado por los escombros, se coció despacio con poco oxígeno. No se dispersó en ceniza, sino que se endureció como carbón. A este cambio, en el que algo se endurece como carbón, se le llama carbonización. Ocurre cuando algo arde en un fuego con poco aire.

El principio es el mismo que convierte la madera en carbón vegetal en una carbonera. Si se quema la madera sin más, solo queda ceniza. Si se cubre con tierra para impedir la entrada de aire y se cuece, queda carbón negro. El rollo carbonizado se formó de ese modo.

La masa carbonizada quedó enterrada bajo la ceniza y la tierra del edificio derrumbado. Al no entrar aire, también se detuvo la descomposición. El cuero es un material que normalmente se pudre con facilidad. Si hubiera quedado sobre el suelo, habría desaparecido hace mucho tiempo. El fuego que destruyó el objeto fue también la fuerza que lo conservó.

La masa que sacó el equipo de excavación parecía, a primera vista, un trozo de carbón. Pero en el lateral roto quedaban capas enrolladas en forma circular. Los arqueólogos concluyeron que era un rollo de cuero enrollado[1]. El objeto recibió el nombre del lugar donde fue hallado. Así nació el nombre de rollo de Ein Gedi.

Este rollo es pergamino hecho con piel animal preparada[1]. Los rollos hallados en Herculano, Italia, fueron hechos de papiro. El papiro es un papel vegetal elaborado con tallos prensados. Los dos objetos difieren ya en su material de base. Esta diferencia se convirtió después en una bifurcación en la forma de leerlos.

El pergamino es un material que exige mucho trabajo. Se retiran el pelo y la grasa de la piel animal y se lava. Luego se estira en un bastidor y se deja secar tensa. Sobre esa lámina fina ya preparada se escribe el texto. Era más resistente y duraba más que el papel, pero era caro.

El estado del hallazgo también era poco común. Los rollos antiguos suelen aparecer como fragmentos pequeños. Los Rollos del Mar Muerto hallados desde 1947 en las cuevas de Qumrán también contienen muchos fragmentos. El objeto de Ein Gedi apareció conservando su forma enrollada. Eso significaba que en el interior quedaban varias capas más.

Un objeto que no se podía tocar

Para leer el texto había que abrir el rollo. Pero este objeto no podía abrirse. El calor había encogido el cuero y las capas se habían pegado entre sí. El exterior era duro como una piedra y el interior se desmenuzaba con facilidad. Estaba en un estado en el que podía convertirse en polvo con solo tocarlo con la punta de los dedos[1].

No es que no hubiera ningún método. Se podía intentar separar las capas con un cuchillo. También se podía aplicar una sustancia química para ablandar el cuero. Ambos métodos dañan el objeto. Un rollo roto una vez no puede recuperarse.

Mirar el exterior no bastaba para saber si había letras. La superficie carbonizada era completamente negra y sin dibujo. La tinta era negra y el cuero también era negro, de modo que el ojo no podía distinguirlos. La idea de que había texto dentro era una suposición basada en la forma de las capas.

Quienes tratan bienes culturales tienen siempre esto presente. Un objeto es único en el mundo y no admite ni un solo fracaso. Por eso la ciencia de la conservación tiene el principio de investigar sin tocar. A este método se le llama examen no invasivo. Invasivo significa penetrar hacia dentro, y no invasivo significa lo contrario. El rollo de Ein Gedi era un objeto que solo permitía un examen no invasivo.

45 años de silencio

El rollo pasó a un depósito de antigüedades de Israel. Más tarde, la Autoridad de Antigüedades de Israel se encargó de custodiarlo[1]. Esperar dentro de una caja era entonces la única forma de conservación. Un depósito es un espacio donde se mantienen constantes la temperatura y la humedad. Bloquea el aire, la luz y los insectos para evitar que el objeto se deteriore más. Incluso con un objeto que no se puede leer, la tarea de conservar su estado continúa.

Pnina Shor, encargada de la conservación de los Rollos del Mar Muerto, asumió después su gestión. Más tarde, su nombre figuraría también en la investigación que logró leer este rollo[1].

La espera se prolongó desde 1970 hasta 2015[1][2]. Durante 45 años nadie pudo ver las letras de su interior. Como la superficie exterior era solo negra, incluso era difícil saber si había letras. Entre los estudiosos se decía también que sería un objeto imposible de leer para siempre.

La espera tenía una razón. Con la tecnología de 1970 no se podía tratar esta masa. Tampoco eran comunes los equipos capaces de tomar imágenes del interior de un objeto en cortes finos. Aunque se tomaran esas imágenes, no había ordenadores capaces de calcular tantos datos. El objeto quedó intacto mientras se esperaba a que la tecnología madurara.

Mientras tanto, en muchos lugares del mundo continuaban preocupaciones parecidas. Los rollos de Herculano, en Italia, chocaban con el mismo muro. Los antiguos intentos de abrirlos físicamente solo habían roto los objetos. Los dos objetos tenían lugares y materiales distintos, pero el problema era uno. Hacía falta una forma de leer el interior sin tocarlo.

Lo que rompió el silencio no fue una nueva técnica manual. Fueron las imágenes que miran el interior sin cortar el objeto y el cálculo informático. El equipo de Seales llevaba mucho tiempo estudiando formas de leer textos antiguos sin tocarlos. Esta investigación recibió apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos y de Google[2]. Hacía falta un objeto para probar un método acumulado durante años, y el rollo de Ein Gedi se convirtió en ese objeto.

En 2015, el equipo de Brent Seales, de la Universidad de Kentucky, en Estados Unidos, asumió esta tarea. Los resultados de la investigación se publicaron el 21 de septiembre de 2016 en la revista Science Advances[1][2].

Ahora quedaba una sola pregunta. ¿Cómo consiguieron leer las letras interiores sin tocar el rollo? La respuesta está en la secuencia de la toma de imágenes y del cálculo.

Materiales de referencia

[1] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. Science Advances, 2(9), e1601247.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>

[2] University of Kentucky Research. (2016, 9월 22일). Virtually Unwrapping the En-Gedi Scroll. research.uky.edu.
<https://research.uky.edu/news/virtually-unwrapping-en-gedi-scroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

2.2. La investigación de la policía científica: purificación digital con rayos X

Imágenes para ver el interior sin cortar

La primera herramienta elegida por los investigadores fue la micro-CT. CT significa tomografía computarizada. Su principio es el mismo que el de la prueba usada en los hospitales para mirar dentro del cuerpo. Se proyectan rayos X desde varios ángulos para medir la densidad dentro del objeto. El ordenador reúne esos valores y crea un mapa tridimensional. La micro-CT es un dispositivo que hace esto con una escala muy pequeña.

Para escanear el rollo de Ein Gedi se usó un equipo llamado Bruker SkyScan 1176. La empresa encargada de las imágenes fue Merkel Technologies, de Israel. Esta empresa donó los datos de imagen a la Autoridad de Antigüedades de Israel. La resolución de imagen era de 18 micrómetros por unidad[1]. 1 micrómetro es una milésima de 1 milímetro. Es un tamaño equivalente a una fracción del grosor de un cabello.

Este tamaño de resolución tenía una razón. Para separar las capas, había que medir con una escala mucho más fina que una sola capa de cuero. Si la unidad de medida es mayor que el grosor de la capa,

dos capas se confunden en una sola masa. La resolución de imagen es una condición que fija el límite de las capas que pueden leerse.

Los datos creados por la toma de imágenes no son una sola fotografía. Son una masa tridimensional formada por pequeños cubos densamente acumulados. Esos pequeños cubos se llaman vóxeles. Si el píxel de una fotografía es una partícula plana, el vóxel es una partícula tridimensional. Cada partícula contiene un número que representa la densidad de ese punto.

En esta etapa, el objeto se trasladó al ordenador sin tocarlo. A partir de ahora, el objeto de trabajo ya no era cuero, sino números. Los números no se rompen por mucho que se manipulen. Si el cálculo es erróneo, se puede empezar de nuevo. Ahí está la fuerza del examen no invasivo.

Los puntos brillantes dejados por una tinta mezclada con metal

Obtener datos tridimensionales no basta para ver letras. Para que las letras se vean, la tinta y el soporte deben tener densidades distintas. Esta condición falló en los rollos de Herculano. Allí la tinta estaba hecha con polvo de carbón, y el papiro quemado también es una masa de carbono. Sus densidades son parecidas, por lo que los rayos X no los distinguen bien.

El rollo de Ein Gedi tenía condiciones favorables. Los investigadores comprobaron en los datos del escaneo que la densidad de las zonas donde estaban las letras era más alta que la del entorno. Por eso consideraron que esta tinta podía contener metales como hierro o plomo. Sin embargo, como no había ninguna superficie exterior expuesta, no pudieron analizar directamente su composición. Los investigadores anotaron esta limitación tal como era en el artículo[1].

El metal absorbe muchos rayos X. Las zonas con mayor absorción aparecen claras en la pantalla. El cuero quemado absorbe menos rayos X y aparece oscuro. Así surge la diferencia de brillo entre las letras y el fondo. Esta diferencia fue la primera pista que permitió al ordenador encontrar las letras. También por eso el rollo de Ein Gedi se leyó antes que los papiros de Herculano.

Con todo, la composición de esta tinta aún no está confirmada. Lo que presentaron los investigadores fue solo la observación de una densidad alta y la inferencia derivada de ella[1]. Para saber qué mezcló el antiguo escriba, hay que obtener una muestra. En este campo, lo no confirmado no se trata como si fuera un hecho establecido.

Las cuatro etapas del desenrollado virtual y la eliminación de manchas

Encontrar puntos brillantes no significa que el texto pueda leerse. Las letras están dispersas sobre capas enrolladas. Hay que abrir esas capas dentro del ordenador. Esta operación se llama desenrollado virtual. El equipo de Seales dividió el desenrollado virtual en cuatro etapas[1].

La primera etapa consiste en encontrar la superficie de las capas. El ordenador corta los datos tridimensionales en láminas finas y señala las coordenadas de la capa de cuero. Al unir los puntos reunidos así, crea una superficie con forma de lámina fina. Si las capas están pegadas entre sí, en esta etapa se pierde el camino. Si dos capas se leen como una sola, las letras también se mezclan.

La segunda etapa consiste en aplicar valores de brillo a esa superficie. Se leen los valores de imagen de las coordenadas por las que pasa la superficie y se trasladan a ella. La tinta de mayor densidad aparece entonces como trazos brillantes.

La tercera etapa consiste en aplanar la superficie arrugada. Al presionar un volumen tridimensional sobre un plano, la forma se estira o se deforma. Es el mismo problema que aparece cuando un globo terráqueo se abre en un mapa de papel y las zonas polares se agrandan. El cálculo despliega la superficie intentando reducir esta distorsión tanto como sea posible.

La cuarta etapa consiste en unir varias superficies desplegadas por separado. Se ajustan los bordes de unas superficies con otras y se combinan en una gran imagen[1].

De las cuatro etapas, la primera es la difícil. Si se identifica mal una capa una sola vez, las tres etapas siguientes se desvían. En una imagen mal desplegada pueden aparecer letras que no existían. Por eso los investigadores revisan esta etapa a mano.

Después de estas cuatro etapas, el cilindro negro se convierte en una superficie plana. Los investigadores desplegaron cinco capas de cuero con este método. Se calculó que la superficie desplegada medía unos 94 centímetros cuadrados[1]. Es una superficie algo menor que una página de cuaderno.

Incluso en la imagen desplegada quedan problemas. El grosor del cuero varía de un lugar a otro y también quedan arrugas. Además se mezcla ruido producido durante la toma de imágenes. Por eso algunas zonas son demasiado claras y otras oscuras. Cuando las letras y las manchas se mezclan, la lectura se vuelve difícil.

Los investigadores eliminaron esas manchas mediante cálculo. Primero midieron el brillo medio de los píxeles circundantes y crearon un mapa de brillo del fondo. Este mapa solo contiene el flujo amplio de brillo. Después dividieron la imagen original por este mapa de fondo. Tras la división, desaparecen las diferencias de brillo extendidas. Solo queda con nitidez la señal de la tinta concentrada en franjas estrechas. En la imagen procesada de este modo aparecieron las letras hebreas[1].

Una tarea pendiente que continúa en 2026

El desenrollado virtual se aplicó después a otros objetos. El 25 de junio de 2026, el Vesuvius Challenge anunció una noticia. Decía que se había leído un rollo de Herculano de principio a fin. El número del objeto era PHerc. 1667. La toma de imágenes se hizo en la Instalación Europea de Radiación Sincrotrón de Grenoble, en Francia. El texto griego desplegado ocupaba veintidós columnas, con unos 1,4 metros de longitud. Se confirmó que era una obra de ética del siglo II a. C.[2].

Un sincrotrón es un aparato que curva con un campo magnético electrones que se mueven muy rápido. Cuando los electrones se curvan, emiten rayos X muy potentes. Al tomar imágenes con esa luz, también aparecen pequeñas diferencias de densidad. Es una nitidez difícil de obtener con un equipo de laboratorio. Es una herramienta un nivel superior a la usada en En-Gedi.

Este logro se debió a una mejora del método de imagen. Con la nueva técnica, la tinta de carbono se veía directamente dentro del material. Así se detectó una tinta que no se veía porque la diferencia de densidad era pequeña. La diferencia de brillo que en En-Gedi había aparecido por sí sola se creó aquí mediante la técnica de imagen. Se informó de que el mismo método podía aplicarse a unos 600 rollos restantes[3].

Quedan tareas pendientes. Un resumen publicado el 10 de julio de 2026 señaló seis problemas. En las zonas donde las capas están comprimidas, los rayos X se dispersan y la imagen se vuelve borrosa. El cálculo que busca las capas abre agujeros o pega dos capas. Los datos de vóxeles no contienen qué capa continúa con cuál. Las marcas de entrenamiento hechas por personas no son precisas a escala de grano. Un modelo aprendido con un rollo no funciona bien en otro. Tampoco está claro a qué profundidad de la capa se encuentra la tinta[4].

También se propusieron soluciones. Si faltan etiquetas correctas, existe la vía de hacer que el sistema aprenda reglas a partir de los propios datos. Los modelos de aprendizaje autosupervisado se consideran candidatos. También se están usando nuevas estructuras de redes neuronales en el cálculo que busca las capas[4].

También apareció una nueva pista. Un estudio publicado el 29 de marzo de 2026 se apoyó en que la tinta cambia la forma de la superficie. El equipo midió con precisión las ondulaciones de la superficie de papiros ya desplegados y las enseñó a un sistema de aprendizaje automático. Como resultado, solo con las ondulaciones pudo distinguir dónde estaban las letras. El estudio también examinó qué resolución de imagen hacía falta para leer esas ondulaciones[5]. Es una investigación que volvió a encontrar en otra propiedad la pista que en En-Gedi se había obtenido por la densidad.

Materiales de referencia

- [1] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. *Science Advances*, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [2] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. [scrollprize.org](https://scrollprize.org/firstscroll). <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] ASNT. (2026, 8월 13일). X-Ray Imaging and AI Recover First Complete Text from Sealed Ancient Scroll. *Materials Evaluation*. <https://www.asnt.org/me/26/8/x-ray-ai-recover-text-sealed-ancient-scroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Vesuvius Challenge. (2026, 7월 10일). Open Problems: Why Reading Every Herculaneum Scroll Is Still a Challenge. [scrollprize.org](https://scrollprize.org/2026_open_problems). https://scrollprize.org/2026_open_problems (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Angelotti, G., Nicolardi, F., Henderson, P., & Seales, W. B. (2026, 3월 29일). Ink Detection from Surface Topography of the Herculaneum Papyri. *arXiv:2603.27698*. <https://arxiv.org/abs/2603.27698> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

2.3. La verdad revelada

El Levítico apareció en la pantalla

Las letras que aparecieron en la pantalla del ordenador eran hebreas. El equipo desplegó cinco capas de cuero. Dentro de ellas aparecieron dos columnas de texto. El contenido era el Levítico, el tercer libro del Antiguo Testamento. La parte leída correspondía a los capítulos 1 y 2 del Levítico[1].

La imagen compuesta contenía treinta y cinco líneas de texto de una hoja del rollo. De ellas, dieciocho líneas conservaban letras. Las otras diecisiete fueron reconstruidas por los especialistas. La reconstrucción no consiste en que el ordenador invente el texto. Es un trabajo que compara los trazos conservados con el texto conocido y rellena las partes que faltan. Cada línea tenía entre treinta y tres y treinta y cuatro letras y espacios[1].

Es importante que el artículo distinguiera entre las líneas conservadas y las reconstruidas. Así el lector puede saber hasta dónde llega el hecho confirmado. Si se publican mezclados lo conservado y lo añadido, quienes vengan después no pueden verificarlo. Gracias a ello, otros especialistas pudieron revisar de nuevo los mismos datos.

El capítulo 1 del Levítico trata de las reglas del holocausto. El holocausto es un sacrificio en el que la ofrenda se quema por completo sobre el altar. El capítulo 2 trata de las reglas de la ofrenda de cereal. Allí aparece cómo mezclar aceite con harina fina y poner incienso encima. De un arca quemada salió la regla de un sacrificio ofrecido con fuego.

El texto reconstruido incluía también el primer versículo del Levítico[1]. Es la frase en la que Yahvé llama a Moisés desde la Tienda del Encuentro y le habla. Que se conserve el comienzo del libro significa que este rollo era el inicio de un ejemplar del Levítico.

La expresión dos columnas también tiene sentido. Los rollos antiguos dividen el texto en columnas verticales largas. Cuando se llena una columna, el texto pasa a la columna siguiente. Que aparecieran dos columnas significa que salieron dos de esas columnas seguidas.

Lo leído no fueron solo letras. En la pantalla quedó incluso el grosor de los trazos que el escriba hizo al presionar el pincel. Es una prueba de que era una copia transcrita a mano por una persona.

Llenar un vacío de mil años

El equipo también midió la antigüedad del rollo. La datación por radiocarbono dio un valor entre los siglos III y IV d. C.[1]. Este método calcula la edad midiendo los cambios del carbono que queda en el objeto. Ese valor llena un antiguo vacío en el estudio de los manuscritos bíblicos.

Veamos primero cuál era ese vacío. Los manuscritos bíblicos de los Rollos del Mar Muerto hallados en las cuevas de Qumrán datan de entre el siglo III a. C. y el siglo I d. C. En cambio, los manuscritos completos de la Biblia hebrea estándar conservados son de alrededor del año 1000 d. C. Entre ambos grupos hay un vacío de casi mil años. Había pocos manuscritos que mostraran cómo se transmitió el texto durante ese periodo.

Cuando el vacío es grande, también crece la sospecha. No había forma de comprobar si los manuscritos medievales habían transmitido tal cual el texto antiguo. Entre los especialistas también existía la opinión de que los copistas medievales habrían pulido el texto.

El rollo de En-Gedi apareció justo en medio de ese vacío. Y el texto leído coincidía por completo con el texto consonántico de la Biblia hebrea medieval[1]. El hebreo escribe solo las consonantes y no escribe las vocales. El texto escrito solo con esas consonantes se llama texto consonántico. Este texto medieval se llama texto masorético. Es el texto estándar que los copistas judíos conservaron siguiendo reglas fijadas. Incluso coincidía la posición de las divisiones de párrafo[2]. Este resultado muestra que el texto se transmitió sin cambios durante mucho tiempo.

Se sabe que los copistas judíos siguieron reglas estrictas al copiar la Biblia. Contar las letras para comprobar el texto era una de esas reglas. El rollo de En-Gedi se convirtió en una prueba material de que esas reglas se cumplieron de verdad. Un solo manuscrito añadió un dato a un largo debate.

Este manuscrito suma otro registro. Entre los manuscritos del Pentateuco hallados hasta ahora dentro de un arca, es el de fecha más antigua[1]. Pentateuco es el nombre conjunto de los cinco primeros libros del Antiguo Testamento.

Lo confirmado y lo pendiente

Hay que separar lo que se ha aclarado de lo que sigue en discusión.

Lo aclarado es lo siguiente. El texto leído corresponde a los capítulos 1 y 2 del Levítico. La datación por carbono apunta a los siglos III y IV d. C. El texto consonántico coincide con el texto estándar medieval. La densidad de la tinta es mayor que la del cuero, por lo que parece que contenía componentes metálicos[1].

También quedan problemas claros. La composición de la tinta no pudo analizarse directamente[1]. Esto se debe a que no había una superficie expuesta de la que obtener una muestra. También existe una opinión que propone otra fecha a partir del estilo de escritura. La paleógrafa Ada Yardeni la situó en la segunda mitad del siglo I o a comienzos del siglo II d. C. Un paleógrafo es un especialista que compara estilos antiguos de escritura para estimar fechas. Drew Longacre respondió que la datación por radiocarbono era más fiable[2]. Las dos posturas aún no se han resuelto.

El tiempo de conservación también sigue sin resolverse. El rollo se fabricó entre los siglos III y IV d. C. La sinagoga ardió alrededor del año 600 d. C.[1]. Por tanto, este manuscrito permaneció en el arca durante más de doscientos años. No se ha aclarado por qué la comunidad conservó durante tanto tiempo un manuscrito antiguo. Solo existe la suposición de que valoraban mucho el manuscrito heredado.

La parte leída es solo un fragmento del rollo. Lo desplegado fueron las cinco capas exteriores[1]. En lo más profundo del interior, las capas están mucho más comprimidas. El problema de no poder separar las capas en las zonas aplastadas seguía pendiente en 2026. Es una tarea en la que aún trabajan los investigadores de los rollos de Herculano[3].

Para leer el interior, deben mejorar dos cosas a la vez. Hace falta una resolución de imagen que permita distinguir las capas con más detalle. También debe mejorar el cálculo que separa las capas pegadas. Si se cumplen esas dos condiciones, el rollo de En-Gedi podrá volver a la mesa de imagen. Eso es posible porque el objeto sigue conservado.

También aumentan los métodos que ayudan a la propia datación. En 2025 se presentó un modelo que aprende con aprendizaje automático los estilos de escritura de manuscritos hebreos antiguos y estima su fecha. Este modelo aprendió a la vez valores de datación por radiocarbono y datos paleográficos. Mide incluso curvas de los trazos difíciles de captar por el ojo humano[4]. Si se acumulan estas herramientas, el debate sobre la fecha del rollo de En-Gedi también podrá revisarse.

El camino abierto por el desenrollado virtual no se limita a los manuscritos bíblicos. El mismo método se aplicó a cartas antiguas selladas y plegadas. La imagen y el cálculo también entran en libros y documentos frágiles. El principio de leer sin tocar se está convirtiendo en una base del manejo de materiales.

La imagen producida por el ordenador no es por sí misma la respuesta final. En el estudio de 2016, el trabajo del ordenador llegó hasta desplegar las capas y crear una imagen. Quien leyó las letras en esa imagen y les dio sentido fue una persona. Por eso un paleógrafo debe revisar de nuevo cada letra. Lo que dejó este caso no fue solo un texto. Surgió un método para tratar objetos que se rompen al tocarlos. El orden es obtener números mediante la imagen, desplegar mediante el cálculo y revisar por una persona. Este orden se aplicará tal cual a varios objetos que aparecerán más adelante.

El Levítico leído en En-Gedi también pasó por esa revisión y entró en el registro académico. Romper 45 años de silencio fue un trabajo conjunto de máquina y persona. El equipo de imagen midió la densidad y el cálculo desplegó las capas. Después, una persona leyó las letras y les dio sentido. En el capítulo siguiente continúa la historia del examen de la propia forma de las letras.

Materiales de referencia

- [1] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. *Science Advances*, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [2] En-Gedi Scroll. (2026, 9월 3일). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/En-Gedi_Scroll (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Vesuvius Challenge. (2026, 7월 10일). Open Problems: Why Reading Every Herculaneum Scroll Is Still a Challenge. [scrollprize.org. https://scrollprize.org/2026_open_problems](https://scrollprize.org/2026_open_problems) (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Popović, M., Dhali, M. A., Schomaker, L., van der Plicht, J., Rasmussen, K. L., La Nasa, J., Degano, I., Colombini, M. P., & Tigchelaar, E. (2025). Dating ancient manuscripts using radiocarbon and AI-based writing style analysis. *PLOS ONE*, 20(6), e0323185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323185>

Capítulo 3. Dos sombras ocultas en el Rollo de Isaías: análisis del escriba

3.1. Expediente del caso

Un rollo de cuero salido de una cueva

En 1947 se descubrió un antiguo rollo de cuero en una cueva de la zona de Qumrán, al oeste del Mar Muerto. Unos beduinos que pastoreaban cabras encontraron vasijas y rollos dentro de una cueva en un acantilado. Estos objetos reciben el nombre de Rollos del Mar Muerto. Después siguieron las excavaciones en varias cuevas. Hasta ahora, los Rollos del Mar Muerto reunidos se ordenan como unos 930 manuscritos. Un libro copiado a mano se llama manuscrito. Si se cuentan las hojas sueltas, los fragmentos de cuero y papiro superan varios miles[1]. Se considera que fueron escritos entre el siglo III a. C. y el siglo I d. C.[2].

El Mar Muerto es un lago con mucha sal, rodeado por un desierto seco. Casi no llueve y el aire es seco. Dentro de las cuevas, la temperatura tampoco cambia mucho. Por eso el cuero y el papiro resistieron sin pudrirse. Hay pocos lugares donde se conserve un conjunto tan grande de documentos antiguos.

Entre estos objetos hay un rollo que atrajo la atención de los estudiosos. Es el Gran Rollo de Isaías. El signo usado en el ámbito académico es 1QIsaa. Significa el primer manuscrito del Libro de Isaías hallado en la Cueva 1 de Qumrán. Es un manuscrito escrito en hebreo sobre piel animal en el siglo II a. C. Mide unos 7,3 metros de largo. Contiene casi todo el texto del Libro de Isaías del Antiguo Testamento. El texto está dividido en 54 columnas verticales largas[2]. En terminología académica, estas columnas se llaman columnas. Entre los manuscritos bíblicos salidos de las cuevas del Mar Muerto, es el que mejor se conserva.

El rollo se hizo uniendo varias hojas de cuero con hilo. Se escribían varias columnas en una hoja y luego se pasaba a la siguiente. Una vez escrito, el rollo se guardaba enrollado. Para leerlo, se desenrollaba un lado y se enrollaba el otro. De ahí viene el nombre de rollo.

El valor de este manuscrito viene de su antigüedad. Los Rollos del Mar Muerto incluyen algunos de los manuscritos más antiguos de la Biblia hebrea que se conservan hoy[3]. El Gran Rollo de Isaías es uno de ellos. Así apareció un material que permite comparar cómo se transmitió el texto bíblico durante mucho tiempo. Pero no se sabía nada sobre la persona que hizo el rollo.

Un mundo académico dividido sobre quién lo escribió

Leer el rollo y aclarar quién lo escribió son tareas distintas. Las letras se leen, pero este manuscrito no contiene el nombre de la persona que lo copió. La persona encargada de copiar textos se llama escriba. En este rollo no hay firma del escriba ni fecha[2]. Por eso los estudiosos tenían que calcular el número de personas solo mirando la forma de la escritura.

Ante este problema, el mundo académico tomó dos caminos. Un grupo pensó que un solo escriba lo escribió solo de principio a fin. Su base era que la forma de la escritura era uniforme en todo el rollo. Otro grupo pensó que dos o más personas se repartieron el trabajo. Su base era que, al pasar la mitad, la forma de los trazos cambiaba poco a poco.

Las dos posturas tenían un mismo problema difícil. La escritura de una misma persona tampoco es igual al principio y al final. Cuando la mano se cansa, los trazos se aflojan. Cuando se cambia la pluma, cambia el grosor. Si no se conoce la magnitud de esa variación, no se puede decidir si cambió la persona.

Ambas posturas se apoyaban en la impresión visual. No había un peso que inclinara la balanza hacia una u otra.

Se considera que en Qumrán había una comunidad que hacía y custodiaba rollos. La gente puso los rollos en vasijas y los escondió en cuevas. Parece que intentaban proteger los documentos ante la llegada de la guerra. Tampoco quedaron los nombres de quienes los escondieron. Buscar la mano que hizo el rollo es también una forma de acercarse a esas personas.

Esta disputa no se limita a la escritura. Si varias personas hicieron el manuscrito por partes, eso significa que existía una organización en la que los escribas trabajaban juntos. Se conecta con la tarea de aclarar por qué manos pasó el texto bíblico hasta llegar a hoy[2]. Por eso los investigadores de los Rollos del Mar Muerto mantuvieron esta pregunta durante tanto tiempo.

Los límites del análisis visual

La disciplina que estudia las escrituras antiguas se llama paleografía. Es un método en el que el estudioso observa la forma de las letras con una lupa. Mide la altura, la inclinación y el grosor de los trazos, y los copia en dibujos. También coloca la escritura de varios manuscritos en orden cronológico para captar su cambio. Durante mucho tiempo, este método fue la única herramienta de análisis.

Este método tiene una debilidad. Depende mucho del ojo y la experiencia del estudioso. Era frecuente que distintos estudiosos dieran valoraciones diferentes sobre la misma letra[2]. El ojo humano no puede medir diferencias numéricas muy pequeñas. La fuerza con que se presionó una pluma de caña o el grosor de la tinta extendida son difíciles de calcular a simple vista. La memoria también tiene límites. No es fácil colocar en la mente dos letras separadas por varios metros y compararlas una junto a otra. Al final, las discrepancias se repetían.

Otro muro era el modo de enseñanza de aquella época. Quien quería ser escriba recibía formación para copiar tal cual la escritura del maestro. Aprendía a no mostrar una personalidad propia. Como resultado, la escritura de los escribas salidos de una misma escuela parecía casi igual a simple vista. Para los estudiosos humanos, esto era una niebla espesa. No podían distinguir si las pequeñas diferencias entre la parte anterior y posterior del rollo se debían al estado de una misma persona o al cambio de persona[2].

Si el análisis falla, también falla el juicio que viene después. Si hubo un solo escriba, un manuscrito contiene el tiempo de una sola persona. Si hubo dos, significa que existía una organización que repartía el trabajo. Cambian el tamaño y el carácter del lugar donde se hizo el manuscrito. Muchas conclusiones dependían de un solo análisis de escritura.

La situación se parece a imaginar a niños que hacen un dictado en clase con el mismo modelo de escritura. Los cuadernos en los que todos intentaron escribir con orden no se distinguen bien a simple vista. Aun así, el hábito de doblar los trazos varía un poco en cada niño. El problema era que no había una regla para medir esa diferencia.

La situación cambió cuando las fotografías de los manuscritos se publicaron en formato digital. El rollo físico es sensible a la luz y a la humedad, por lo que no puede desplegarse con frecuencia. Con fotografías, se puede examinar muchas veces sin tocar el objeto. La Autoridad de Antigüedades de Israel creó con Google un archivo digital de los Rollos del Mar Muerto. Fotografió los objetos iluminándolos con luz de varias longitudes de onda mediante un equipo llamado MegaVision. También captó el infrarrojo cercano, una luz invisible para el ojo humano, y recuperó letras desvaídas. El objetivo era lograr una calidad de imagen parecida a la observación directa del objeto[1].

Cuando se acumularon fotografías de alta resolución que un ordenador podía leer, se abrió el camino a nuevas herramientas. Una fotografía es un conjunto de números. Cada pequeño punto que forma la pantalla se llama píxel. Cada píxel tiene un valor de brillo. Eso significa que el grosor y el ángulo de los trazos se pueden medir con números. Ya estaba listo el paso de un análisis visual a un cálculo. A partir de aquí entra en escena el detective de inteligencia artificial.

Materiales de referencia

- [1] Israel Antiquities Authority. (n.d.). The Digital Library. The Leon Levy Dead Sea Scrolls Digital Library. <https://www.deadseascrolls.org.il/about-the-project/the-digital-library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Popović, M., Dhali, M. A., & Schomaker, L. (2021). Artificial intelligence based writer identification generates new evidence for the unknown scribes of the Dead Sea Scrolls exemplified by the Great Isaiah Scroll (1QIsaa). PLOS ONE, 16(4), e0249769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249769>
- [3] University of Groningen. (2021, 4월 21일). Cracking the code of the Dead Sea Scrolls. rug.nl. <https://www.rug.nl/news/2021/04/cracking-the-code-of-the-dead-sea-scrolls?lang=en> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

3.2. La persecución del equipo forense: huellas biométricas dejadas en la escritura

Se forma el equipo de investigación

Un equipo de la Universidad de Groninga, en los Países Bajos, se hizo cargo de este caso. El paleógrafo Mladen Popović dirigió el equipo. Participaron también los investigadores en inteligencia artificial Lambert Schomaker y Maruf Dhali[1]. En 2017 presentaron primero un método para medir con ordenador la escritura de los Rollos del Mar Muerto[2]. El resultado de afinar ese método y aplicarlo al Gran Rollo de Isaías apareció en 2021[1, 5].

El objetivo del equipo era claro. Querían convertir la valoración basada en impresiones humanas en números. Primero miden el tamaño de la variación que aparece dentro de la escritura de una misma persona. Después examinan si la diferencia entre la parte anterior y posterior del rollo es mayor que esa variación. Si la diferencia es mayor, significa que lo escribió otra persona.

El método de cálculo de rasgos creado en 2017 se usó para comparar manuscritos entre sí[2]. El equipo volvió a aplicar ese método concentrándose en un solo objeto, el Gran Rollo de Isaías. Buscar el punto donde cambia el escriba dentro de un manuscrito es más difícil que comparar manuscritos entre sí. La diferencia en la escritura es mucho menor.

Este método tiene una ventaja. Si se deja por escrito el procedimiento de cálculo, cualquiera puede obtener la misma respuesta con las mismas fotografías. No hace falta depender del criterio del estudioso. Si el resultado es erróneo, se puede revisar en qué paso se produjo el error. Aunque vuelva la discusión sobre el resultado del análisis, la base de la discusión queda en forma de números.

El primer paso para quitar las manchas

La primera tarea consiste en dejar solo la tinta en la fotografía. Este proceso se llama binarización. Es un tratamiento que divide todos los píxeles en dos grupos: tinta y fondo. Consiste en separar la fotografía en letras negras y fondo claro.

Este paso es necesario por una razón. El rollo estuvo en una cueva unos 2.000 años. En la superficie del cuero aparecieron manchas, marcas de moho y grietas finas. Para el ordenador, esas marcas y los trazos de tinta son píxeles oscuros. Si se deja el fondo tal cual, la máquina aprende la textura del cuero y no la escritura. Entonces distingue tipos de cuero en vez de escribas, y el análisis falla[1].

El equipo creó una red neuronal aparte para esta tarea. Se llama BiNet. Una red neuronal es una estructura de cálculo inspirada en las conexiones de las células nerviosas del cerebro humano. BiNet observa ejemplos en los que una persona marcó a mano la tinta y el fondo, y aprende ese criterio de decisión. Después del aprendizaje, BiNet elimina las manchas en nuevas fotografías y deja solo los trazos.

Aquí hay una regla que debe respetarse. No se debe alterar el grosor original de los trazos ni la forma de sus bordes. Precisamente esos bordes contienen los hábitos del escriba. Si, al borrar impurezas, también se suavizan los trazos, la prueba desaparece. BiNet fue diseñado para dejar intactas las huellas de tinta[1]. Esta técnica apareció primero como prepublicación abierta en 2019[3]. El artículo que reorganizó su diseño y rendimiento se publicó en 2026 en las actas internacionales de reconocimiento de documentos[4].

Una regla para medir los hábitos de toda la escritura

De las letras limpias se extraen dos tipos de rasgos. El primero se refiere a la textura. El segundo se refiere a la forma.

El rasgo de textura se llama hinge. Hinge significa bisagra de una puerta. Mide los ángulos de dos direcciones en cada punto donde se quiebra un trazo. Después crea una tabla que muestra con qué frecuencia aparece cada par de ángulos. Esta tabla recoge en números el hábito de giro de la muñeca al escribir. Puede calcularse sin reconocer las letras una por una[1].

El rasgo de forma se llama fraglet. Significa un pequeño fragmento de trazo. Se cortan los trazos en partes breves y se reúnen en una lista. El equipo creó una lista estándar con fragmentos extraídos de varios manuscritos. Cuando entra una nueva escritura, cuenta a qué elemento de esa lista se parece cada fragmento. Aquí aparece la forma básica de los trazos que una persona aprendió al aprender a escribir[1].

Estos dos rasgos tienen algo en común. Pueden calcularse aunque no se conozca el significado de las letras. Un ordenador que no sabe leer hebreo también puede medir el ángulo y la curvatura de los trazos. Aunque haya letras dañadas, extrae valores de los trazos que quedan. Es una propiedad muy útil para tratar documentos antiguos.

Los dos rasgos miran cosas distintas. Hinge observa el movimiento de la mano. Fraglet observa la forma de letra aprendida. El equipo los usó por separado y también combinados. Lo hizo para comprobar si medidas distintas daban la misma respuesta[1].

Las huellas dejadas en una sola letra álef

Los dos rasgos anteriores miden la escritura en conjunto. Ahora toca ampliar una sola letra y observarla de cerca.

El equipo eligió una letra del alfabeto hebreo para hacer una prueba precisa. Fue álef. Álef es la primera letra del hebreo y la que aparece con más frecuencia en el rollo. Tiene la forma de un trazo diagonal con dos trazos cortos unidos.

Había una razón para elegir álef. Cuantas más muestras hay, más sólida es la estadística. Debe ser una letra frecuente para poder reunirla de manera equilibrada en las zonas anterior y posterior. En todo el rollo hay 5.011 letras álef. El equipo seleccionó 758 con ordenador y las usó para el análisis[1]. Solo escogió las que conservaban los trazos completos, sin interrupciones.

Las letras álef elegidas se dividieron en dos grupos. Un grupo procedía de la parte anterior del rollo y el otro de la parte posterior. Las imágenes de cada grupo se superpusieron en la misma posición para

crear una forma media. Es como colocar varias hojas de papel semitransparente unas sobre otras y mirarlas desde arriba. Los trazos que se superponen con frecuencia se oscurecen, y los trazos que varían entre personas se vuelven tenues. Si se restan las dos imágenes medias, solo queda la diferencia. Con colores se puede ver en qué trazos se concentra esa diferencia[1].

Puntos divididos en dos grupos

Los rasgos convertidos en números son largas listas con cientos de valores. Una persona no puede comparar esas listas a simple vista. Por eso el equipo redujo la lista a dos valores y marcó cada caso como un punto en un plano. La reducción se hace para que las escrituras con valores parecidos queden cerca y las distintas queden lejos. Es una imagen creada repitiendo cálculos que desplazan poco a poco la posición de los puntos.

De las 54 columnas, se colocaron en ese plano todas las que tenían fotografías completas. Las columnas 16 y 46 quedaron fuera porque no había fotografías útiles. Cuando aparecieron los puntos, surgieron dos grupos. Las columnas anteriores formaban un grupo y las posteriores formaban otro[1]. Entre los dos grupos había un espacio visible.

El equipo de investigación comprobó si esa separación era casual. Usó métodos estadísticos como la prueba de chi cuadrado y la prueba t. La prueba de chi cuadrado calcula si una diferencia se debe al azar. La prueba t calcula la diferencia entre las medias de dos grupos. Ambos métodos calculan la probabilidad de que aparezca por azar una forma así. Si esa probabilidad es muy pequeña, no se considera casual. Las variaciones propias de la letra de una sola persona no bastaban para producir una diferencia de ese tamaño[1].

También era importante que varias medidas dieran la misma respuesta. Tanto con el hinge como con el fraglet, el límite aparecía en el mismo lugar. En la imagen media de la alef también se producía la misma división. El límite estaba entre la columna 27 y la columna 28[1]. Si métodos distintos señalan un mismo punto, ese límite no nace de manchas de la fotografía. La máquina trazó una línea que el ojo humano había pasado por alto.

El equipo de investigación examinó también la posibilidad contraria. El resultado podía deberse a cambios en el brillo de la fotografía o en el estado del cuero entre una parte y otra. Pero, incluso después de retirar el fondo mediante binarización, el límite permaneció igual[1]. Eso significa que la causa no estaba en el cuero, sino en la escritura misma.

Materiales de referencia

- [1] Popović, M., Dhali, M. A., & Schomaker, L. (2021). Artificial intelligence based writer identification generates new evidence for the unknown scribes of the Dead Sea Scrolls exemplified by the Great Isaiah Scroll (1QIsaa). PLOS ONE, 16(4), e0249769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249769>
- [2] Dhali, M. A., He, S., Popović, M., Tigchelaar, E., & Schomaker, L. (2017). A digital palaeographic approach towards writer identification in the Dead Sea Scrolls. Proceedings of the 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods, 693-702. <https://doi.org/10.5220/0006249706930702>
- [3] Dhali, M. A., de Wit, J. W., & Schomaker, L. (2019). BiNet: Degraded-manuscript binarization in diverse document textures and layouts using deep encoder-decoder networks. arXiv:1911.07930. <https://arxiv.org/abs/1911.07930> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Dhali, M. A., de Wit, J. W., & Schomaker, L. (2026). BiNet: A deep encoder-decoder network for binarizing degraded ancient manuscripts. In Document Analysis and Recognition - ICDAR 2025 Workshops (Lecture Notes in Computer Science, pp. 166-193). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-09371-4_11
- [5] University of Groningen. (2021, 4월 21일). Cracking the code of the Dead Sea Scrolls. rug.nl. <https://www.rug.nl/news/2021/04/cracking-the-code-of-the-dead-sea-scrolls?lang=en> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

3.3. La verdad revelada

La mano que cambió en la columna 27

El resultado del análisis apoyó la hipótesis de varios escribas. El Gran Rollo de Isaías fue escrito por dos personas. El primer escriba escribió desde la columna 1 hasta la columna 27. El segundo escriba continuó desde la columna 28 hasta la columna 54[1].

Ese límite encaja también con otras pruebas. La parte inferior de la columna 27 está vacía en una altura equivalente a tres líneas. La columna 28 empieza en una nueva hoja de cuero añadida. Allí empieza también una nueva sección del libro de Isaías[1]. Era un punto adecuado para traspasar el trabajo. El límite estadístico hallado por el ordenador y el límite físico del rollo estaban en el mismo lugar.

Ya antes se había sospechado que el escriba cambiaba después de la columna 27. Era una opinión basada en el punto de unión de las hojas de cuero y en la división del texto. Pero no llegó a convertirse en consenso académico. El análisis de IA dio cifras a esa sospecha[2].

El significado de este hallazgo es grande. Se obtuvo una base cuantitativa para afirmar que un manuscrito bíblico fue elaborado de forma continua por varias personas[1]. Los dos escribas no dejaron nombres ni firmas. Solo dejaron los hábitos de sus manos al moverse. Una máquina, 2.000 años después, leyó esos hábitos. Popovic dijo que quizá nunca sepamos sus nombres, pero que, a través de su letra, se siente como si les diéramos la mano[2].

Dos personas formadas en la misma escuela

La escritura de los dos escribas sigue pareciéndose. Incluso después de medirla con una máquina, la diferencia era sutil. El equipo de investigación interpretó esa semejanza como otra prueba. Significa que la manera de escribir de ambos estaba muy próxima[1]. El equipo consideró que los dos escribas habían recibido formación en el mismo lugar o procedían de la misma tradición[2].

Aquí se dibuja la imagen de una antigua escuela de escribas. El aprendiz aprendía una letra reconocida, trazo por trazo. Para ser un buen escriba debía contener su propia personalidad. Gracias a esa disciplina, la escritura se mantenía uniforme dentro de un mismo rollo.

Aun así, no se podían borrar por completo los hábitos del cuerpo. El ángulo con que se sujeta la pluma de caña cambia de una persona a otra. También cambian la velocidad de la mano y la fuerza de presión. Estas diferencias quedan en el ángulo en que se quiebra un trazo y en la forma de sus bordes. El ojo humano no puede reunir esas diferencias mínimas para juzgarlas. El ordenador reúne miles de valores y calcula medias y dispersiones. Así salieron a la luz las huellas personales que la disciplina había cubierto[1].

Este resultado muestra que la elaboración de un manuscrito era un trabajo colectivo. Hacer un rollo largo podía llevar varios meses. No había razón para que una sola persona lo sostuviera hasta el final. De ahí nace la posibilidad de dividir el trabajo y pasarlo a otro[1]. El texto bíblico llegó hasta hoy pasando por esas manos.

Lo que la máquina aún no puede hacer

Este logro no significa que la IA sea omnipotente. La siguiente herramienta creada por el mismo equipo muestra ese límite.

En 2025, el equipo presentó un modelo de datación llamado Enoch. Enoch es un modelo que estima la fecha de un manuscrito observando la forma de las letras. La datación por carbono radiactivo es un método que mide la edad de objetos antiguos a partir del carbono que conservan. Enoch aprendió a partir de 24 muestras fechadas con ese método. También se publicaron sus resultados al aplicarlo a 135

manuscritos de fecha desconocida. El error medio de predicción estuvo entre 27,9 y 30,7 años. Paleógrafos revisaron esas predicciones y consideraron válido el 79 por ciento[3].

El debate surgió en el 21 por ciento restante. El paleógrafo Christopher Rollston refutó un caso concreto. Enoch situó el manuscrito 4Q114, que contiene el libro de Daniel, entre 230 a. C. y 160 a. C. Rollston consideró que los capítulos 7 a 12 de Daniel aluden a un hecho concreto. Se trata de la profanación del templo de Jerusalén por Antíoco IV en 167 a. C. Ese texto no pudo escribirse antes del hecho. Sin embargo, el intervalo ofrecido por Enoch queda en su mayor parte antes de 167 a. C. Rollston señaló que la datación de Enoch era demasiado temprana. Dijo que Enoch debía ser una herramienta más dentro de la caja de herramientas[4].

Este debate enseña algo. La máquina solo ve la forma de las letras. No lee los hechos históricos escritos en el texto ni el significado de las frases. Por eso la respuesta de la máquina no es una conclusión definitiva, sino una candidata. Después de reducir las posibilidades, el historiador debe comparar el contexto y decidir. También fue un paleógrafo quien determinó qué letra debía medirse. La elección de la alef nació de una larga experiencia observando escrituras antiguas.

El número de materiales de aprendizaje también es un obstáculo. Enoch aprendió con 24 muestras de fecha conocida[3]. En los restos antiguos es difícil aumentar las muestras. Para fecharlos hay que retirar y quemar una pequeña parte del objeto. Un modelo entrenado con pocas muestras se vuelve inestable cuando sale del campo que aprendió. La identificación de escribas se encuentra en una situación parecida. Las letras frecuentes ofrecen muchas muestras, pero las raras solo tienen unas pocas. Donde hay pocas muestras, el juicio de la máquina pierde fuerza.

Por eso el equipo de investigación tampoco coloca a la IA como único juez. Se consideran juntos el punto donde se unen las pieles, el lugar donde se divide el texto y las opiniones acumuladas por los especialistas. La conclusión se sostiene cuando varias pruebas señalan el mismo lugar. La respuesta del Gran Rollo de Isaías surgió de esa manera. La máquina solo respondió con números a una pregunta planteada por personas.

El próximo objetivo de la investigación

El estudio del Gran Rollo de Isaías condujo a un plan mayor. El Consejo Europeo de Investigación decidió conceder a Popovic una Advanced Grant el 23 de junio de 2026. La financiación es de 2,5 millones de euros y el periodo es de 5 años[5]. El nuevo plan se llama Tracing Scribes and Scrolls[6]. Significa seguir las huellas de los escribas y los rollos.

La Autoridad de Antigüedades de Israel anunció el 30 de junio de 2026 que participaría en este plan. También participan la Universidad de Pisa, la Universidad de Nápoles Federico II, la Universidad del Sur de Dinamarca y la Universidad de Lovaina. Los museos egipcios de Berlín y Turín también figuran en el proyecto[6].

Esta vez la pregunta pasa de quién lo escribió a dónde se hizo. El equipo de investigación examinará unas 250 muestras de los Rollos del Mar Muerto. Medirá la composición química del cuero, el papiro y la tinta. Después comparará esos componentes con los de papiros del antiguo Egipto. Si se sabe de dónde procedían los materiales, se puede acotar el lugar donde se elaboró el manuscrito. La IA se encargará de ordenar esos datos químicos y de buscar reglas ocultas en la escritura[7]. Popovic dijo que, al combinar el análisis de laboratorio con el estudio de la escritura antigua, se puede acercar a preguntas que antes estaban fuera de alcance[6].

Este método no se usa solo para el Gran Rollo de Isaías. En los Rollos del Mar Muerto todavía quedan muchos manuscritos cuyos copistas se desconocen. Si se agrupan los manuscritos escritos por una misma mano, se obtiene la lista de trabajos de un escriba. Si esas listas se acumulan, se puede dibujar

cómo estaban conectados los escribas entre sí[1]. Este estudio, que encontró a dos personas, se convirtió en el punto de partida.

Otro logro que dejó este estudio es el método mismo. Se ordenó una secuencia: retirar manchas de la fotografía, convertir los trazos en números y comprobarlos con estadística. La misma secuencia puede aplicarse a documentos antiguos de otras lenguas. Los estudios sobre tablillas de arcilla y tablillas de madera que aparecerán en los capítulos posteriores de este libro siguen un camino parecido.

La investigación que empezó con el Gran Rollo de Isaías aún no ha terminado. La herramienta que encontró las sombras de dos personas sale ahora a buscar el lugar donde se hizo el rollo.

Leer documentos antiguos no termina con reconocer letras. También hay que preguntar quién escribió esas letras y dónde las escribió. El Gran Rollo de Isaías es el primer caso que respondió con números a la pregunta de cuántas personas lo escribieron. El rollo no dijo nada durante 2.000 años. Ahora las personas leen esa respuesta en el temblor de la escritura.

Materiales de referencia

- [1] Popović, M., Dhali, M. A., & Schomaker, L. (2021). Artificial intelligence based writer identification generates new evidence for the unknown scribes of the Dead Sea Scrolls exemplified by the Great Isaiah Scroll (1QIsaa). PLOS ONE, 16(4), e0249769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249769>
- [2] University of Groningen. (2021, 4월 21일). Cracking the code of the Dead Sea Scrolls. rug.nl. <https://www.rug.nl/news/2021/04/cracking-the-code-of-the-dead-sea-scrolls?lang=en> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Popović, M., Dhali, M. A., Schomaker, L., van der Plicht, J., Rasmussen, K. L., La Nasa, J., Degano, I., Colombini, M. P., & Tigheelaar, E. (2025). Dating ancient manuscripts using radiocarbon and AI-based writing style analysis. PLOS ONE, 20(6), e0323185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323185>
- [4] Steinmeyer, N. (2025, 6월 20일). Can AI date the Dead Sea Scrolls? Bible History Daily, Biblical Archaeology Society. <https://www.biblicalarchaeology.org/daily/biblical-artifacts/dead-sea-scrolls/can-ai-date-the-dead-sea-scrolls/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] University of Groningen. (2026, 6월 23일). Mladen Popović awarded ERC Advanced Grant to trace the origins of the Dead Sea Scrolls. rug.nl. <https://www.rug.nl/about-ug/latest-news/news/archief2026/nieuwsberichten/mladen-popovi-awarded-erc-advanced-grant-to-trace-the-origins-of-the-dead-sea-scrolls?lang=en> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] The Jerusalem Post. (2026, 6월 30일). New AI-powered research project aims to uncover the origins of the Dead Sea Scrolls. jpost.com. <https://www.jpost.com/archaeology/article-900938> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Archaeology News Online Magazine. (2026, 6월). Where the Dead Sea Scrolls come from: AI and chemical analysis trace origins. archaeologymag.com. <https://archaeologymag.com/2026/06/dead-sea-scrolls-origins-studied-with-ai-and-chemical-analysis/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 4. El pegamento digital que une decenas de miles de fragmentos de arcilla y pergamino

4.1. Archivo del caso

La vasija descubierta al buscar una cabra

En la primavera de 1947 ocurrió algo en los acantilados al oeste del mar Muerto. Unos muchachos beduinos buscaban una cabra que se había escapado. Vieron entre las rocas la entrada estrecha de una cueva. Dentro había altas vasijas de arcilla. En las vasijas había rollos escritos sobre cuero[1].

Esos rollos son los Rollos del Mar Muerto. Los Rollos del Mar Muerto son textos judíos escritos entre alrededor del siglo III a. C. y el siglo I d. C. Durante los nueve años siguientes aparecieron otras diez cuevas cercanas. En total, los rollos salieron de once cuevas. De allí proceden más de 900 textos. Están escritos en hebreo, arameo y griego[1]. La mayoría se escribió sobre pergamino, hecho con piel de oveja o cabra extendida en láminas finas. También hay copias escritas en papiro, un papel hecho con tallos vegetales[7].

Los rollos contenían algunas de las copias más antiguas de la Biblia hebrea. También aparecieron textos con normas de la comunidad y textos de calendario[1]. Las cuevas del desierto seco protegieron esas letras durante 2.000 años.

Cerca de las cuevas están las ruinas de una antigua aldea llamada Qumrán. Muchos estudiosos creen que la comunidad judía que vivía allí dejó los rollos. Copiaban la Biblia y escribían sus propias reglas. Se cree que escondieron los rollos en las cuevas cuando se acercaba el ejército romano.

El montón de fragmentos de la cueva 4

El estado de los restos variaba mucho de una cueva a otra. Los rollos de la cueva 1 se conservaron bastante completos dentro de las vasijas. La cueva 4 era distinta. Los rollos de esta cueva estaban amontonados en el suelo, sin vasijas. Solo en este lugar aparecieron miles de fragmentos de unos 500 rollos[1].

La humedad de la cueva fue dañando poco a poco el cuero. Insectos y animales lo mordieron. Con el paso de muchos siglos, los rollos se hicieron pedazos. Lo que quedó fue un montón de fragmentos del tamaño de una uña.

La Autoridad de Antigüedades de Israel conserva más de 25.000 fragmentos[2]. La mayoría no indica de qué rollo se desprendió. Es habitual que en un fragmento solo queden dos o tres letras. Los estudiosos los colocaban sobre grandes placas de vidrio y los encajaban a ojo.

Había pocas pistas para encajarlos. Miraban si la forma de las letras se parecía. Miraban si el color del cuero era parecido. Probaban si los bordes rotos encajaban. Con este método solo se pueden comparar dos o tres fragmentos a la vez. Cuando los fragmentos llegan a decenas de miles, el número de parejas posibles crece sin control.

Encajar el rompecabezas a mano llevaba mucho tiempo. El ojo humano no puede comparar de una vez los bordes de decenas de miles de fragmentos. Además, los bordes ya estaban gastados y encogidos. Aunque los estudiosos trabajaron durante décadas, quedaron muchos fragmentos sin encontrar su lugar.

También fue un problema que el permiso para leer los documentos por primera vez se concediera solo a unos pocos estudiosos. Para los investigadores externos era difícil ver incluso fotografías[1]. En

septiembre de 1991, la Biblioteca Huntington de Estados Unidos abrió ese cierre. La biblioteca puso a disposición sin condiciones las películas fotográficas que tenía[3]. Al abrirse las fotografías, empezaron los intentos de encajar los fragmentos con ordenador.

Que los restos se dispersaran por varios países fue otro obstáculo. En los primeros años tras el hallazgo, algunos rollos se vendieron a través de anticuarios de Belén[1]. Instituciones de países que habían financiado excavaciones recibieron partes de los fragmentos. Por eso, fragmentos desprendidos de un mismo rollo acabaron en ciudades distintas. Para ver si dos fragmentos encajaban, una persona tenía que tomar un avión.

Fragmentos falsos aparecidos en el mercado

Al subir el precio de los fragmentos de los Rollos del Mar Muerto, surgió otro problema. Desde alrededor de 2002 empezaron a aparecer en el mercado de antigüedades objetos presentados como fragmentos de los Rollos del Mar Muerto. Aparecieron unos 70 fragmentos con pasajes bíblicos[4]. Los estudiosos los llamaron “fragmentos posteriores a 2002”. Estos objetos no tenían registros que indicaran de qué cueva procedían ni cuándo habían salido de ella[6].

El Museo de la Biblia de Washington, Estados Unidos, también compró y expuso 16 de esos fragmentos. Varios estudiosos sospecharon que la forma de las letras era extraña. El museo encargó un análisis detallado a una empresa dedicada a investigar falsificaciones de obras de arte. La investigación la dirigió la investigadora Colette Loll[4].

En marzo de 2020 llegaron los resultados. Los 16 fragmentos eran falsificaciones modernas[4][5]. El equipo examinó la superficie con microscopios 3D. El material no era el pergamino fino de los auténticos Rollos del Mar Muerto. Al menos 15 fragmentos eran de cuero grueso y de fibra basta. La tinta se había acumulado en grietas ya abiertas[4]. Era prueba de que la escritura se había hecho después de que el cuero se agrietara.

Este caso sacudió todo el campo de la arqueología bíblica. Christopher Rollston, profesor de la Universidad George Washington, afirma que las falsificaciones siguen llegando al mercado. Dice que a menudo conoce a personas que creen que sus piezas son auténticas, pero que casi todas son falsas. Aquí se ve la diferencia entre un objeto con registro de excavación y un objeto comprado en el mercado[6].

Encajar fragmentos rotos y filtrar falsificaciones tienen la misma raíz. En ambos casos hay que leer huellas físicas diminutas que el ojo humano no capta. La inteligencia artificial entró en este trabajo. En junio de 2026, el Consejo Europeo de Investigación asignó una nueva financiación. Concedió 2,5 millones de euros a un estudio de cinco años para determinar el origen de los Rollos del Mar Muerto. El proyecto se llama “Seguimiento de escribas y rollos”. Combina análisis de composición de materiales, inteligencia artificial y estudio de escrituras antiguas[7].

Los casos que seguiremos en este capítulo son dos. Uno es volver a unir fragmentos dispersos. El otro es filtrar falsificaciones. Los dos trabajos plantean preguntas distintas sobre el mismo material. La primera pregunta es si estos dos fragmentos fueron originalmente uno solo. La segunda pregunta es si esto fue originalmente antiguo.

Materiales de referencia

[1] Israel Antiquities Authority. (n.d.). Discovery and publication. The Leon Levy Dead Sea Scrolls Digital Library. <https://www.deadseascrolls.org.il/learn-about-the-scrolls/discovery-and-publication> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

[2] Israel Antiquities Authority. (n.d.). The digital library. The Leon Levy Dead Sea Scrolls Digital Library. <https://www.deadseascrolls.org.il/about-the-project/the-digital-library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [3] Deseret News. (1991, 9월 22일). Research library will give scholars access to Dead Sea Scroll photos. Deseret News. <https://www.deseret.com/1991/9/22/18942605/research-library-will-give-scholars-access-to-dead-sea-scroll-photos/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Greshko, M. (2020, 3월 13일). "Dead Sea Scrolls" at the Museum of the Bible are all forgeries. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/history/article/museum-of-the-bible-dead-sea-scrolls-forgeries> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Solly, M. (2020, 3월 16일). All of the Museum of the Bible's Dead Sea Scrolls are fake, report finds. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/all-museum-bibles-dead-sea-scrolls-are-fake-report-finds-180974425/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Govier, G. (2026, 4월 8일). New Dead Sea Scrolls exhibit is the real deal. Christianity Today. <https://www.christianitytoday.com/2026/04/new-dead-sea-scrolls-exhibit-is-the-real-deal/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] The Jerusalem Post. (2026, 6월 30일). New AI-powered research project aims to uncover the origins of the Dead Sea Scrolls. The Jerusalem Post. <https://www.jpost.com/archaeology/article-900938> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

4.2. Seguimiento del equipo de investigación científica 1: afinidad geométrica de bordes y huellas físicas

Convertir los bordes rasgados en números

La primera pista para encajar fragmentos rotos es la forma del borde. Cuando se rasga papel con la mano, aparece una línea irregular, como una sierra. Las líneas de dos fragmentos vecinos encajan entre sí. Una persona compara esa línea a ojo. Un ordenador la convierte en números.

El ordenador sigue el borde y mide su curvatura. Si se ordenan esas curvaturas, se obtiene una serie numérica con forma de ola. Cuando la serie de dos fragmentos encaja bien al superponerse en sentido inverso, se convierte en candidata a unión. Este método se llama cálculo de afinidad de bordes. En español podemos llamarlo puntuación de encaje de bordes.

En español podemos llamar a esta puntuación puntuación de encaje de bordes. Es un número que muestra hasta qué punto encajan bien los bordes de dos fragmentos.

El método que mira solo los bordes tiene límites claros. Los bordes de los fragmentos antiguos ya están gastados. Muchos puntos se encogieron al secarse y perdieron su forma original. Por eso los investigadores miran también pistas fuera del borde.

La huella que deja el propio material

El borde no basta. Los bordes de los fragmentos muchas veces ya están gastados. Por eso los investigadores miran el propio material.

El papiro se fabrica cortando finamente tallos vegetales y superponiéndolos en horizontal y en vertical. Por eso en la superficie quedan marcas de tallo como una fibra. En dos fragmentos que originalmente fueron una sola hoja, esa fibra continúa[1].

El equipo de Roi Avitbol, de la Universidad de Haifa en Israel, leyó esa fibra. El equipo dividió las zonas cercanas al borde de los fragmentos en pequeños cuadrados. Una red neuronal miraba dos cuadrados y puntuaba si la fibra continuaba. Después reunía esas puntuaciones y decidía la pareja del fragmento completo[1].

El objeto de prueba fue un conjunto de fragmentos de los Rollos del Mar Muerto en mal estado. Como era un conjunto cuya respuesta correcta se desconocía, aparecieron muchos candidatos erróneos. Aun así, eliminó el 98 por ciento de las parejas imposibles[1]. La cantidad que una persona debía revisar se redujo a una quincuagésima parte.

El significado de este resultado es claro. El ordenador no confirmó las parejas. El ordenador quitó de en medio las parejas que no hacía falta mirar. En el encaje de fragmentos, la parte que suele asumir la inteligencia artificial es este filtrado.

El equipo de Antoine Piron, en Burdeos, Francia, usó aquí una red neuronal siamesa. Una red neuronal siamesa introduce dos imágenes en paralelo y decide si proceden del mismo origen. El equipo llamó al modelo PapyrusNet. El modelo aprendió con unos 500 fragmentos de papiro. Eligió parejas mirando solo la fibra del papel, no las letras. En datos reales acertó el 79 por ciento de las parejas[2].

El pergamino tiene huellas parecidas. En el cuero quedan marcas de los poros donde crecía el pelo. En fragmentos procedentes de la piel del mismo animal, la disposición de esas marcas continúa. Los agujeros que hicieron los insectos al atravesar el rollo también son una pista. Al desplegar un rollo que estaba enrollado, los agujeros de insectos se repiten en fila. En un rollo, las capas interiores son más cortas y las exteriores más largas. Por eso la distancia entre agujeros aumenta poco a poco hacia fuera. Si se mide esa distancia, se puede estimar qué capa ocupaba el fragmento.

Para manejar estas huellas físicas, primero hay que ordenar las fotografías. En las fotografías de los Rollos del Mar Muerto de la Autoridad de Antigüedades de Israel aparecen juntos una regla, una carta de color y una placa numerada. El fondo es negro, así que puede confundirse con la tinta. El equipo de Bronson Brown-deVost creó un método de procesamiento en cuatro pasos para borrar primero esos elementos molestos. El equipo también publicó un conjunto de datos con respuestas correctas[3].

Publicar un conjunto de datos con respuestas correctas tiene mucho valor. Otros investigadores pueden probar sus métodos con el mismo material. También se puede comparar con números cuál de dos métodos funciona mejor. El estudio de manuscritos antiguos se está convirtiendo así en un campo donde los resultados se verifican entre investigadores.

Tecnología que se extendió a tablillas de arcilla, huesos y papel

La misma idea pasó a otros restos. En la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, Alemania, está el profesor Enrique Jiménez. Dirige el proyecto Biblioteca Babilónica Electrónica (eBL). La herramienta de encaje de fragmentos de este proyecto es Fragmentarium[4].

Los mesopotámicos escribían escritura cuneiforme presionando una pluma de caña sobre arcilla húmeda. Estas tablillas de arcilla se rompen con facilidad. El equipo fotografió tablillas en el Museo Británico y el Museo de Irak. Desde 2018 ha manejado como datos unos 22.000 fragmentos[5]. El ordenador compara entre sí las cadenas transcritas de los signos que quedan en los fragmentos. Para ello tomó prestados métodos usados en biología para comparar secuencias genéticas. La razón es que los antiguos escribas escribían las palabras de forma distinta según la región[4].

Los resultados se vieron en cifras. En cinco años, el proyecto encontró unas 1.500 uniones nuevas. En los 150 años anteriores, los estudiosos habían encontrado unas 5.000 uniones[4].

Las tablillas de arcilla tienen una pista más que el pergamino no tiene. Es la forma tridimensional de la superficie rota. Las tablillas de arcilla por lo común se secaban al sol, y solo algunas se cocían al fuego. Durante el endurecimiento, el interior no se endurece de manera uniforme. Por eso cada superficie rota adquiere relieves distintos. Si esa superficie se mide en 3D, se pueden encontrar parejas que encajan.

En China se aplica la misma tecnología a fragmentos de escritura oracular sobre huesos. Los huesos oraculares son registros que la gente de la dinastía Shang grabó en plastrones de tortuga y huesos de buey mientras practicaba adivinación. El equipo de Zhang Chongsheng, de la Universidad de Henan, creó un conjunto de datos de uniones de huesos oraculares. Su algoritmo de unión logró una precisión dentro de los 10 primeros puestos del 98,39 por ciento[6]. El equipo de Zhang Zhan también entrenó un

modelo de deep rejoining con fotografías de fragmentos de huesos oraculares. Este equipo también publicó su conjunto de datos[7].

Conviene explicar qué significa precisión dentro de los 10 primeros puestos. La máquina no ofrece una sola respuesta correcta. Presenta por orden diez candidatos con alta probabilidad. La probabilidad de que la respuesta correcta esté entre esos diez es del 98,39 por ciento[6]. La decisión final la toma una persona.

También se reunió el material en un solo lugar. La Universidad Normal de Anyang gestiona una plataforma de datos de huesos oraculares llamada Yinqiwenyuan. En abril de 2023 contenía más de 230.000 fotografías de huesos oraculares. También reunía 152 obras y más de 3.000 artículos sobre escritura oracular sobre huesos[8].

Los fragmentos de sutras budistas hallados en las cuevas de Mogao, en Dunhuang, también están dispersos por distintos países. El equipo de Chen Mingkun presentó un nuevo método en 2026. Este método aprende por sí mismo sin que una persona le dé la respuesta correcta. Esta forma de aprendizaje se llama aprendizaje autosupervisado. El equipo reunió copias completas y fragmentos cuyas parejas ya se conocían. También incluyó en los datos fragmentos sueltos sin pareja conocida. El ordenador creó por sí mismo ejercicios de práctica a partir de esos datos. El equipo diseñó un nuevo sistema de codificación que incorpora la dirección del borde. Después puntuó el parecido entre dos fragmentos con una red neuronal siamesa[9].

En el campo de los Rollos del Mar Muerto, investigadores europeos e israelíes crearon juntos una mesa de trabajo en línea. Se llama Scripta Qumranica Electronica. En esta mesa de trabajo, los investigadores mueven, giran y colocan fotografías de fragmentos en la pantalla. El resultado colocado puede compartirse con otros investigadores[10]. El encaje de fragmentos dejó de ser un trabajo dentro de la cabeza de una sola persona y pasó a ser una tarea revisada entre varias personas.

Materiales de referencia

- [1] Abitbol, R., Shimshoni, I., & Ben-Dov, J. (2021). Machine learning based assembly of fragments of ancient papyrus. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 14(3), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3460961>
- [2] Pirrone, A., Beurton-Aimar, M., & Journet, N. (2019). Papy-S-Net: A Siamese network to match papyrus fragments. *Proceedings of the 5th International Workshop on Historical Document Imaging and Processing*, 78-83. <https://doi.org/10.1145/3352631.3352646>
- [3] Brown-deVost, B., Kurar-Barakat, B., & Dershowitz, N. (2024). Segmenting Dead Sea Scroll fragments for a scientific image set. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2406.15692>
- [4] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. *The Conversation*. <https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Phys.org. (2023, 2월 2일). Researcher uses AI to make texts that are thousands of years old readable. *Phys.org*. <https://phys.org/news/2023-02-ai-texts-thousands-years-readable.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Zhang, C., Zong, R., Cao, S., Men, Y., & Mo, B. (2020). AI-powered oracle bone inscriptions recognition and fragments rejoining. *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 5309-5311. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2020/779>
- [7] Zhang, Z., Zhang, H., Guo, A., Jiao, Q., Liu, Y., Li, B., & Gao, F. (2025). Deep rejoining model and dataset of oracle bone fragment images. *npj Heritage Science*, 13(1), 66. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01651-9>
- [8] 王者. (2023, 4월 8일). "殷契文渊"数据平台为甲骨文研究提供助力. *人民日报*. https://news.hangzhou.com.cn/gnxw/content/2023-04/08/content_8509027.htm (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] Chen, M., Xiang, Y., & Zheng, Y. (2026). A self-supervised learning approach for pairwise matching of ancient Dunhuang fragments. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 19(1), 1-19. <https://doi.org/10.1145/3776642>

4.3. Seguimiento del equipo de investigación científica 2: IA detective de falsificaciones

El método que descubrió las 16 falsificaciones

Los 16 fragmentos de los Rollos del Mar Muerto que compró el Museo de la Biblia eran todos falsos[1][2]. El equipo de investigación no se limitó a mirar las letras. Examinó el material y la tinta con métodos físicos y químicos. En esta autenticación no se usó inteligencia artificial. Las personas lo detectaron con microscopios y análisis de composición[1].

La autenticación del Museo de la Biblia no terminó de una sola vez. En octubre de 2018, el Instituto Federal Alemán de Investigación y Ensayo de Materiales examinó primero cinco piezas. Esas cinco piezas no encajaban con las características de los objetos antiguos y fueron retiradas de la exposición[5]. Después se investigaron también las restantes. El resultado completo se publicó en 2020[1][2].

La primera prueba fue el material de base. Los verdaderos Rollos del Mar Muerto se escribieron sobre pergamino fino. Al menos 15 de los fragmentos del Museo de la Biblia eran cuero. Ese cuero es más grueso que el pergamino y tiene una fibra más basta[1].

La segunda prueba fue el lugar donde estaba la tinta. El equipo de investigación observó la superficie con un microscopio tridimensional. La tinta se había acumulado dentro de las grietas. En los bordes rasgados se veían marcas de tinta que había corrido hacia abajo[1].

Para entender por qué esas marcas eran decisivas, hay que pensar en el orden. En un manuscrito auténtico, primero se escribía sobre un pergamino plano. Después, durante muchos siglos, el cuero se secaba y se agrietaba. Por eso, en un original auténtico los trazos de las letras se interrumpen en las grietas. En una falsificación, el orden es el inverso. El falsificador consiguió cuero antiguo ya agrietado y puso tinta encima. La tinta entró en las grietas abiertas[1].

La tercera prueba fue la sustancia aplicada sobre la superficie. El equipo de investigación encontró señales de que los fragmentos habían sido sumergidos en un líquido de color ámbar. Ese líquido parece ser cola hecha con piel animal. El falsificador intentó imitar el tacto brillante de la superficie de los verdaderos Rollos del Mar Muerto[1].

Las tres pruebas apuntaban a la misma respuesta desde direcciones distintas. Una sola podría ser casualidad. Tres juntas ya no son casualidad. Por eso, en la autenticación de objetos antiguos se reúnen pruebas de tipos diferentes.

Las huellas que deja la mano

Quien fabrica una falsificación mira una fotografía auténtica y copia las letras. Esa copia deja huellas.

Cuando una persona escribe una letra que conoce bien, la mano fluye sin detenerse. Cuando copia una forma de letra desconocida, ocurre otra cosa. Traza un rasgo, se detiene y comprueba la posición del siguiente. La punta del pincel pierde velocidad y la línea tiembla levemente. Vista con aumento, esa diferencia aparece en la forma del contorno de los trazos.

El ordenador detecta estas diferencias en forma de números. En junio de 2026, el equipo de Hassan Ugail, de la Universidad de Bradford, en el Reino Unido, publicó un estudio relacionado. El equipo creó una inteligencia artificial para decidir si dibujos antiguos eran auténticos. Este modelo solo mira cinco números extraídos de la imagen. Mide hasta qué punto se repiten los patrones y hasta qué punto se

dispersan los valores de brillo. Mide también la diferencia entre las zonas claras y las oscuras. A eso suma la regularidad de la textura y el grado en que las líneas se ramifican como pequeñas ramas[3].

El equipo entrenó el modelo con dibujos auténticos de diez artistas. Las obras iban desde alrededor de 1510 hasta 1917. Los datos se reunieron en seis museos que ofrecen materiales abiertos. Entre ellos están el Museo Metropolitano de Arte y el Museo Ashmolean[3].

El artículo publicó los resultados de una prueba con 900 decisiones. La exactitud equilibrada fue del 87,6 por ciento. La proporción de obras auténticas aceptadas como auténticas fue del 77,8 por ciento. La proporción de obras de otras personas aceptadas por error como si fueran de ese artista fue del 2,6 por ciento[3].

Este estudio ofrece otro resultado que merece atención. Los grandes modelos de aprendizaje profundo más usados rindieron peor en esta tarea. Los modelos grandes rechazaban a menudo obras auténticas como falsas. Cuando hay pocos datos, un modelo pequeño diseñado para el problema funciona mejor[3].

Este resultado también sirve como referencia para el estudio de manuscritos antiguos. Los manuscritos antiguos conservados son pocos. No hay datos suficientes para alimentar bien a un gran modelo. Esto significa que puede ser mejor diseñar de antemano qué debe mirar la máquina.

Una máquina que mide la escritura

La misma tecnología se usa también para estudiar objetos auténticos. El equipo de Mladen Popović, de la Universidad de Groninga, en los Países Bajos, analizó con inteligencia artificial la caligrafía de los Rollos del Mar Muerto. El equipo usó una red neuronal para extraer solo las marcas por las que había pasado la tinta. Después convirtió en números la curvatura y la inclinación de las letras[4].

El equipo entrenó el modelo con 24 manuscritos ya fechados por carbono. El modelo se llama Enoc. Enoc estimó la edad de 135 manuscritos sin fecha conocida. El error medio fue de unos 28 a 31 años. Varios manuscritos resultaron ser más antiguos de lo que se sabía hasta ahora[4].

Esta tecnología también ayuda a decidir la autenticidad. La escritura de un escriba auténtico tiene rasgos estadísticos propios de cada época. Una falsificación se aparta de esa distribución. El ojo humano siente que dos escrituras se parecen, pero la máquina expresa la diferencia con números.

Pero esta ayuda solo aporta una referencia más. El estudio de Enoc exige cautela. Este modelo fue entrenado para acertar fechas. No fue entrenado para distinguir entre auténtico y falso. Que una estimación de fecha resulte extraña no permite decir de inmediato que algo sea falso. El resultado de una máquina solo tiene sentido dentro del tipo de tarea que esa máquina aprendió.

Lo que la máquina no puede sustituir

La decisión de la máquina también tiene límites. La autenticidad de los fragmentos del Museo de la Biblia no la decidió al final una sola inteligencia artificial. Se usaron juntos la observación microscópica, los ensayos químicos y el conocimiento filológico[1][2].

El peso del registro de procedencia sigue intacto. El registro de procedencia es la documentación que indica de dónde salió un objeto antiguo. El profesor Rollston dice que hay que distinguir entre objetos con registro de excavación y objetos comprados en el mercado. En los rollos hallados en excavaciones queda constancia de en qué cueva y cuándo aparecieron. Los fragmentos que llegan al mercado no tienen ese registro[5].

La máquina lee señales diminutas que las personas pasan por alto. La persona decide qué significan esas señales. Detectar una falsificación solo termina cuando estas dos cosas trabajan juntas.

Materiales de referencia

- [1] Greshko, M. (2020, 3월 13일). "Dead Sea Scrolls" at the Museum of the Bible are all forgeries. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/history/article/museum-of-the-bible-dead-sea-scrolls-forgeries> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Solly, M. (2020, 3월 16일). All of the Museum of the Bible's Dead Sea Scrolls are fake, report finds. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/all-museum-bibles-dead-sea-scrolls-are-fake-report-finds-180974425/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Ugail, H., Ritch-Frel, J., Matuzava, I., & Stork, D. G. (2026). Verification of historical sketches via one-class learning on compact feature representations. PLOS One, 21(6), e0344796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0344796>
- [4] Popović, M., Dhali, M. A., Schomaker, L., van der Plicht, J., Lund Rasmussen, K., La Nasa, J., Degano, I., Perla Colombini, M., & Tigchelaar, E. (2025). Dating ancient manuscripts using radiocarbon and AI-based writing style analysis. PLOS One, 20(6), e0323185. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323185>
- [5] Museum of the Bible. (2018, 10월 22일). Museum of the Bible releases research findings on fragments in its Dead Sea Scrolls collection. Museum of the Bible. <https://www.museumofthebible.org/newsroom/museum-of-the-bible-releases-research-findings-on-fragments-in-its-dead-sea-scrolls-collection> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

4.4. La verdad revelada

La línea que separa las uniones confirmadas de las candidatas

Aunque el ordenador diga que dos fragmentos encajan, la tarea no termina ahí. La máquina solo ofrece probabilidades. Los investigadores separan con rigor las uniones confirmadas de las uniones candidatas.

Una unión confirmada solo se acepta cuando encajan varios tipos de pruebas. Primero, la forma de las superficies rotas debe ensamblar sin huecos. Después, la fibra del material debe continuar. En el papiro, deben continuar los patrones del tallo[1]. En el pergamino, deben continuar las marcas de los poros del pelo. Luego, los trazos de las letras que cruzan el borde deben continuar de forma natural. Por último, el texto unido debe encajar con la gramática de esa lengua.

Una unión candidata es aquella en la que solo se cumplen algunas de estas condiciones. Entran aquí los resultados que deducen la posición de un fragmento por la distancia entre agujeros de insectos. También entran como candidatos los resultados que agrupan piezas de un mismo rollo porque la composición de la tinta coincide. Estos resultados son un punto de partida para la investigación, pero no una conclusión. Primero el ordenador filtra candidatos y después la persona los comprueba[1].

No respetar esta distinción es peligroso. Si se unen dos fragmentos solo porque la probabilidad es alta, aparece una frase que no existía. Si esa frase se cita, el error pasa al siguiente estudio. Por eso, en los registros de datos se anotan por separado las uniones confirmadas y las candidatas.

Los números que entrega la máquina también presuponen esta distinción. Una alta tasa de filtrado no confirma una unión[1]. Lo mismo ocurre con la probabilidad de que la respuesta correcta esté entre los primeros candidatos[2]. En cualquier caso, la decisión final la toma una persona.

Textos devueltos a la vida

Con este método se han recuperado textos reales. Fragmentarium ha trabajado desde 2018 con unos 22.000 fragmentos de tablillas de arcilla. Este programa encontró varias uniones nuevas y varios manuscritos nuevos. El equipo abrió Fragmentarium al público en febrero de 2023. También publicó una edición digital de la Epopeya de Gilgamesh[3].

Entre los textos recuperados está la Epopeya de Gilgamesh. La Epopeya de Gilgamesh es una historia heroica de Mesopotamia. En noviembre de 2022, el programa reconoció un fragmento. Ese fragmento

procedía de una versión copiada alrededor de 130 a. C. Es una de las copias de Gilgamesh más tardías confirmadas hasta ahora. Esto significa que la gente siguió copiando esta historia hasta esa época[3].

La escritura cuneiforme tenía grafías distintas según la región. Los escribas cambiaban los signos de acuerdo con su propio dialecto. Cuando una persona buscaba a simple vista, esa diferencia era un gran muro. El equipo superó ese muro tomando prestado un método usado para comparar secuencias genéticas. Así pudo comparar también cadenas de texto algo distintas[4].

En el campo de los Rollos del Mar Muerto, la base de datos también se ha ampliado. La Autoridad de Antigüedades de Israel fotografió y publicó en alta resolución más de 25.000 fragmentos[5]. Los investigadores colocan los fragmentos moviéndolos sobre esas fotografías[6]. También se publicó un método de procesamiento que elimina automáticamente obstáculos como reglas y cartas de color[7].

La siguiente puerta abierta en 2026

La investigación «Seguimiento de escribas y rollos», iniciada en junio de 2026, abre la siguiente puerta. La pregunta que plantea va un paso más allá de encajar fragmentos. Pregunta dónde y quién escribió los Rollos del Mar Muerto[8].

El equipo examina unas 250 muestras de pergamino, papiro y tinta. Una muestra es una pequeña porción usada para una prueba. A esto se suma el análisis de escritura con inteligencia artificial y el estudio de escrituras antiguas. Participan juntos la Autoridad de Antigüedades de Israel, la Universidad de Pisa y la Universidad de Nápoles. También participan la Universidad del Sur de Dinamarca y la Universidad de Lovaina, en Bélgica. Además, se comparan con papiros egipcios conservados en museos de Berlín y Turín[8].

Si la composición de las muestras coincide, aumenta la posibilidad de que procedan del mismo taller. Esta información también se usa para encajar fragmentos. Si primero se agrupan los materiales del mismo origen, se reduce el número de parejas que hay que comparar.

Los fragmentos restantes y el trabajo restante

Aunque los resultados se han acumulado, aún quedan muchos fragmentos que no han encontrado su lugar. En las cajas de depósito de la Autoridad de Antigüedades quedan fragmentos cuyo rollo de origen se desconoce[8]. En el campo de las tablillas de arcilla también hay muchas uniones aún no encontradas[4].

La diferencia entre equipos sigue siendo un problema. Para medir un objeto con un escáner tridimensional, hay que llevar el objeto hasta el equipo. Muchos museos no pueden enviar fuera sus objetos con facilidad. Por eso, algunos objetos solo tienen datos fotográficos y no datos tridimensionales. Con esos objetos no se puede usar el método que compara las superficies rotas.

La tecnología también ha dejado tareas pendientes. Las fotografías de fragmentos se tomaron con equipos distintos en cada país. Si cambian la iluminación y el fondo, el mismo algoritmo produce respuestas distintas. Por eso los investigadores crearon conjuntos de datos abiertos con respuestas correctas anotadas. Lo hicieron para comparar los resultados de todos con la misma medida[7]. La investigación sobre los fragmentos de Dunhuang también avanzó hacia métodos que aprenden sin que una persona marque las respuestas correctas[9].

Esta tecnología no desplaza a las personas. La máquina reduce las parejas que hay que comparar y la persona juzga el sentido. Solo una persona puede leer si una frase recuperada encaja con la forma de hablar de su época. Como las dos funciones no se superponen, pueden trabajar juntas.

La publicación también cambió. Antes solo unos pocos estudiosos veían las fotografías originales. Ahora los datos de tablillas de arcilla y las fotografías de los Rollos del Mar Muerto están disponibles en internet[4][5]. También un estudiante puede mover fragmentos en la pantalla[6].

El pegamento digital no une físicamente los fragmentos. Los objetos permanecen en sus cajas. El rollo solo se recompone en la pantalla del ordenador. Por eso, si la decisión es errónea, se puede deshacer en cualquier momento. Así, textos que llevaban 2.000 años dispersos regresan poco a poco a la forma de frases.

Materiales de referencia

- [1] Abitbol, R., Shimshoni, I., & Ben-Dov, J. (2021). Machine learning based assembly of fragments of ancient papyrus. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 14(3), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3460961>
- [2] Zhang, C., Zong, R., Cao, S., Men, Y., & Mo, B. (2020). AI-powered oracle bone inscriptions recognition and fragments rejoining. *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 5309-5311. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2020/779>
- [3] Phys.org. (2023, 2월 2일). Researcher uses AI to make texts that are thousands of years old readable. *Phys.org*. <https://phys.org/news/2023-02-ai-texts-thousands-years-readable.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. *The Conversation*. <https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Israel Antiquities Authority. (n.d.). The digital library. The Leon Levy Dead Sea Scrolls Digital Library. <https://www.deadseascrolls.org.il/about-the-project/the-digital-library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Scripta Qumranica Electronica. (n.d.). Scripta Qumranica Electronica. University of Haifa. <https://megillot.haifa.ac.il/index.php/en/research/scripta-qumranica-electronica> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Brown-deVost, B., Kurar-Barakat, B., & Dershowitz, N. (2024). Segmenting Dead Sea Scroll fragments for a scientific image set. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2406.15692>
- [8] The Jerusalem Post. (2026, 6월 30일). New AI-powered research project aims to uncover the origins of the Dead Sea Scrolls. *The Jerusalem Post*. <https://www.jpost.com/archaeology/article-900938> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] Chen, M., Xiang, Y., & Zheng, Y. (2026). A self-supervised learning approach for pairwise matching of ancient Dunhuang fragments. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 19(1), 1-19. <https://doi.org/10.1145/3776642>

Capítulo 5. Encajar tablillas de arcilla rotas: reconstrucción de la Epopeya de Gilgamesh

5.1. Archivo del caso

Un relato que ha cruzado 4.000 años

La Epopeya de Gilgamesh está entre las obras narrativas más antiguas que se conservan hoy. También han llegado hasta nosotros cantos sumerios anteriores. El protagonista es Gilgamesh, rey que gobernó la ciudad mesopotámica de Uruk[1]. Viaja con su amigo Enkidu hasta un lejano bosque de cedros. Los dos luchan contra Humbaba, el monstruo que guarda ese bosque[2]. Más tarde, cuando Enkidu muere, Gilgamesh parte en busca de un camino para no morir[1].

El soporte en el que se escribió este relato no fue papel, sino tablillas de arcilla. Los escribas antiguos cortaban una caña en diagonal y hacían una vara puntiaguda. Esa vara se llama estilete. Al presionar la arcilla húmeda con el estilete, quedaban marcas en forma de cuña. No eran letras trazadas con líneas, sino letras hechas por impresión. Cuando la arcilla se secaba, esas marcas se endurecían tal como estaban. Por eso esta escritura se llama escritura cuneiforme. Los estudiantes que querían ser escribas copiaban esta epopeya como ejercicio de caligrafía. Gracias a ello, aparecen fragmentos de copias en varios yacimientos de Oriente Medio. También apareció un fragmento de esta epopeya en el yacimiento egipcio de Amarna. Eso significa que el relato se había difundido hasta lugares muy alejados de Mesopotamia[1].

Las versiones transmitidas se dividen en dos grandes grupos. Una es la versión paleobabilónica, escrita a comienzos del segundo milenio a. C. La otra es la versión babilónica estándar, fijada más tarde. La versión estándar está formada por doce tablillas de arcilla. Once de ellas constituyen el cuerpo principal. La duodécima tablilla se considera un apéndice añadido después. Las traducciones que leemos hoy toman como base esta versión estándar. Los huecos se rellenan con la versión paleobabilónica y otros fragmentos. Se conoce como editor de la versión estándar a un escriba llamado Sin-leqi-unninni. Reunió antiguos cantos dispersos en una obra larga. Decidió el contenido de cada tablilla y ajustó el número de líneas. Pero también en esta versión estándar hay muchos huecos. No se conserva ninguna copia completa de principio a fin[1].

El contenido del relato no resulta extraño ni siquiera leído hoy. Gilgamesh era un rey fuerte, pero oprimía a su pueblo. Los dioses crearon a Enkidu y lo enviaron como alguien capaz de enfrentarse a él. Los dos luchan y después se hacen amigos. Juntos vencen a Humbaba y también derriban al Toro del Cielo. Como precio por ello, Enkidu enferma y muere. Al ver la muerte de su amigo, Gilgamesh comprende que él también morirá. La tablilla XI contiene una escena en la que va a ver a un hombre que sobrevivió al gran diluvio y escucha su historia[1].

Este relato estuvo olvidado durante más de 2.000 años. La razón fue que desaparecieron las personas capaces de leer la escritura cuneiforme. En el siglo XIX, cuando los estudiosos volvieron a descifrarla, la epopeya regresó al mundo. Todo empezó cuando un investigador que revisaba cajas de tablillas de arcilla traídas de Nínive reconoció el relato del diluvio. Durante los 150 años siguientes, los estudiosos reunieron copias dispersas y fueron completando el texto poco a poco[1].

Nínive y el fuego de 612 a. C.

La mayoría de las copias de la versión estándar proceden de una antigua biblioteca. Era el depósito de libros que Asurbanipal, rey de Asiria en el siglo VII a. C., construyó en el palacio real de Nínive. Esta biblioteca reunió textos adivinatorios, tratados médicos, diccionarios y obras literarias. El rey ordenó recoger tablillas de arcilla de todo el imperio. Envío cartas a sus servidores y les mandó buscar los libros que faltaban. Asurbanipal era un rey que sabía leer personalmente la escritura cuneiforme[3].

Nínive quedó envuelta en un gran incendio hacia 612 a. C. El palacio real se derrumbó y la biblioteca ardió con él. Ese fuego hizo dos cosas a la vez a los objetos. Las tablillas de arcilla, que solo se habían secado a la sombra, se cocieron con dureza entre las llamas[4]. Las tablillas cocidas obtuvieron un cuerpo capaz de resistir mucho tiempo, como ladrillos salidos de un horno. Si en esas mismas llamas hubiera habido papiro o cuero, se habrían convertido en ceniza y habrían desaparecido.

Pero el peso del edificio al derrumbarse rompió aquellas tablillas duras en pedazos. Las tablillas y fragmentos procedentes de Nínive que conserva hoy el Museo Británico superan las 30.000 piezas[3][4]. Son objetos que los equipos de excavación recogieron de montones de tierra a mediados del siglo XIX y cargaron en barcos[3]. Un mismo relato llegó hasta nosotros disperso en decenas de fragmentos.

El tamaño de los fragmentos varía mucho. Algunos son del tamaño de la palma de una mano. Otros son del tamaño de la uña de un pulgar. A menudo, en un fragmento solo quedan unas pocas líneas. Nadie indica dónde encajan esas pocas líneas dentro de las doce tablillas de la epopeya. Leer los signos y encontrar su posición son trabajos distintos.

Cuando un fragmento encuentra su lugar, el sentido puede cambiar. Solo al unirse el antes y el después se sabe quién habla y qué escena es. Un texto que, aislado, parecía una serie de palabras incomprensibles se convierte en una frase. Una sola unión puede devolver a la vida una escena entera del relato.

No se pueden encajar 350.000 líneas a mano

Durante mucho tiempo, encajar fragmentos rotos dependió de las manos y la memoria humanas. El estudioso toma un fragmento en el depósito. Luego busca su pareja recordando fotografías y copias dibujadas a mano de otros fragmentos. Cuando considera que dos fragmentos proceden de la misma tablilla, llama a eso una unión.

Este método choca con la capacidad de memoria humana. En los 150 años transcurridos desde el inicio de la asiriología, se han hecho así unas 5.000 uniones[5]. El número de fragmentos restantes es mucho mayor. El Museo Británico posee más de 30.000 tablillas procedentes solo de Nínive[3]. Si se suman otras colecciones, la cifra crece mucho más. Muchas de ellas no han sido leídas desde la Antigüedad[5]. Se calcula que, si contamos todas las tablillas cuneiformes conservadas en los museos del mundo, hay unas 500.000 piezas[6].

Hay otra razón que dificulta el trabajo. Los fragmentos están dispersos por varios países. El Museo Británico, Berlín, la Universidad de Yale y el Penn Museum de Filadelfia tienen cada uno sus propias colecciones[7]. Para probar físicamente si dos fragmentos encajan, hay que cruzar dos continentes.

La escritura cuneiforme también exige mucho trabajo. Cada escriba escribía la misma palabra de una forma ligeramente distinta. La ortografía varía según la región y la época[5]. Incluso cuando una persona compara a simple vista los textos de dos fragmentos, cuesta reconocer si pertenecen a la misma obra.

Además, un solo signo cuneiforme puede leerse con varios sonidos. La misma marca tiene valores distintos según el contexto. Buscar parejas entre cientos de miles de líneas con este tipo de escritura no puede resolverse solo con los ojos humanos.

Por eso el profesor Enrique Jiménez, de la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, eligió otro camino. En 2018 inició un proyecto para reconstruir los textos babilónicos de la forma más completa posible. Consistía en reunir en un solo lugar las lecturas de tablillas de arcilla dispersas por el mundo[5]. El proyecto se llama Electronic Babylonian Library, o eBL. El taller de emparejamiento de fragmentos creado por eBL es Fragmentarium. Para 2024, este taller había acumulado lecturas de unas 25.000 tablillas de arcilla. Contadas por líneas, superan las 350.000[7].

La urgencia de este trabajo tiene que ver con el tiempo. Aunque las tablillas de arcilla se cocieron al fuego, no duran para siempre. La sal y la humedad hinchan la superficie y borran los signos. En los depósitos de los museos siguen esperando a ser leídas cientos de miles de tablillas[5]. Nadie sabe cuántos relatos contienen.

El número de personas capaces de leer la escritura cuneiforme también es un problema. No hay muchos especialistas en asiriología en el mundo. Solo una parte de las tablillas conservadas ha sido traducida[6]. Hay un límite a las tablillas que una persona puede leer en toda una vida. Esa es la razón por la que se buscó la ayuda de las máquinas.

Materiales de referencia

- [1] George, A. R. (2003). The Babylonian Gilgamesh Epic: Introduction, Critical Edition and Cuneiform Texts. Oxford University Press.
- [2] Al-Rawi, F. N. H., & George, A. R. (2014). Back to the Cedar Forest: The beginning and end of Tablet V of the Standard Babylonian Epic of Gilgameš. Journal of Cuneiform Studies, 66, 69-90.
<https://doi.org/10.5615/jcunestud.66.2014.0069>
- [3] The Ashurbanipal Library Project. (n.d.). What is the Library? Oracc, University of Pennsylvania.
<https://oracc.museum.upenn.edu/asbp/whatisthelibrary/index.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] British Museum. (n.d.). What was Ashurbanipal's Library? britishmuseum.org.
<https://www.britishmuseum.org/research/projects/what-was-ashurbanipals-library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. The Conversation.
<https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Wang, Z. (2026). TabletCraft: Bridging a 4,000-year cultural gap with bidirectional Akkadian NMT and cuneiform rendering. arXiv:2608.02609. <https://arxiv.org/abs/2608.02609> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Cobanoglu, Y., Laasonen, J., Simonjetz, F., Khait, I., Cohen, S., Földi, Z., Härtinen, A., Heinrich, A., Mitto, T., Rozzi, G., Sáenz, L., & Jiménez, E. (2024). Transliterated cuneiform tablets of the electronic Babylonian Library platform. Journal of Open Humanities Data, 10, 19. <https://doi.org/10.5334/johd.148>

5.2. El seguimiento del equipo forense: fusión digital de bordes de arcilla y Fragmentarium

El primer paso: transcribir los signos al alfabeto

El punto de partida de Fragmentarium son los signos. El investigador mira fotografías de tablillas de arcilla y transcribe la escritura cuneiforme en caracteres latinos[1]. Este trabajo se llama transliteración. En coreano sería parecido a escribir caracteres chinos según su sonido en hangeul. Consiste en convertir cada signo cuneiforme en letras del alfabeto según su valor fonético. Las partes rotas que no se pueden leer se marcan con signos de hueco.

Las transliteraciones así creadas se convierten en cadenas de texto que el ordenador puede manejar. eBL acumuló estas transliteraciones desde mayo de 2018 hasta agosto de 2023. Como resultado, unas 25.000 tablillas de arcilla y más de 350.000 líneas de texto pasaron a ser material buscable. La lista de registros de tablillas gestionada por eBL supera los 260.000 elementos. Incluye piezas del Museo Británico, la Yale Babylonian Collection y el Penn Museum[1].

La transliteración la hacen personas. La razón es que la máquina todavía no puede extraer perfectamente los signos de las fotografías. El equipo de eBL continuó este trabajo de transliteración durante más de cinco años. El resultado se publicó como material abierto que cualquiera puede descargar[1]. Para encargar trabajo a una máquina, primero las personas deben prepararle los datos.

Emparejar cadenas de texto como en una prueba genética

El algoritmo central llegó de un campo inesperado. Es un método de alineación de cadenas que usan los biólogos para comparar secuencias genéticas[2]. Un gen es una cadena larga formada por cuatro letras: A, T, G y C. Cuando se comparan los genes de dos organismos, se alinean y se observan aunque algunas letras sean distintas.

En la escritura cuneiforme ocurre el mismo problema. La razón es que cada escriba escribía la misma palabra de forma distinta. El profesor Jiménez vio que esa variación se parecía a una mutación genética. Por eso adaptó algoritmos de alineación de la biología a la escritura cuneiforme[2].

Lo que el ordenador cuenta en realidad son pequeños fragmentos de texto. Los trozos obtenidos al cortar la transliteración en grupos de varias letras se llaman n-gramas. El sistema cuenta cuántos n-gramas comparten dos tablillas de arcilla. Cuanto más largos sean los trozos compartidos por una pareja, mayor puntuación recibe. Las parejas con puntuación alta aparecen ante los investigadores como candidatas.

Fragmentarium se abre en una página web. Investigadores de cualquier país del mundo pueden conectarse y ver los mismos datos. Pueden colocar en una misma pantalla un fragmento de Londres y otro de Múnich para compararlos en paralelo[8]. Ya no hace falta hacer la maleta y tomar un avión.

Este método resiste aunque la ortografía varíe. Aunque una palabra esté escrita de forma distinta, si los trozos de alrededor se solapan, la puntuación se mantiene. eBL publicó este programa de emparejamiento en un repositorio abierto. Otros investigadores también pueden descargar la misma herramienta y usarla[6].

El ordenador también ayuda a leer los propios signos. Es frecuente que un solo signo cuneiforme pueda leerse con varios sonidos. El modelo entrenado por eBL alcanzó un 98 por ciento de precisión al escoger el valor correcto entre esos varios significados[2].

Un ejemplo muestra con facilidad por qué este trabajo es necesario. En una frase, una misma marca cuneiforme se lee como un sonido. En otra frase, se lee como un signo que significa una palabra entera. Si se lee mal, la puntuación del emparejamiento se desordena. Corregir la lectura aumenta directamente la precisión de las uniones.

Los resultados aparecieron en cifras. La asiriología hizo a mano unas 5.000 uniones durante 150 años. eBL encontró unas 1.500 uniones más en cinco años[2]. Solo durante el proceso de crear el corpus de transliteraciones salieron a la luz unas 1.250 uniones[1]. También se identificaron miles de fragmentos que no se tocan físicamente, pero pertenecen a la misma obra[2].

Modelos de lenguaje que rellenan las partes rotas

Aunque se unan los fragmentos, el texto sigue teniendo huecos aquí y allá. Esos huecos se llaman lagunas. A partir de aquí entran en escena los modelos de lenguaje.

En 2023, investigadores de la Universidad de Tel Aviv y la Universidad Ariel presentaron un modelo de traducción del acadio. Este modelo traduce al inglés tanto si se le introducen signos cuneiformes como si se le introduce una transliteración alfabética. Es decir, maneja los dos tipos de entrada. No trató la tarea de devolver el inglés al acadio. Los datos de entrenamiento fueron lecturas de tablillas de arcilla ya publicadas[3].

En 2026 apareció una herramienta que cubre también la dirección contraria. Es un software abierto llamado TabletCrafter. Esta herramienta traduce en ambos sentidos: del acadio al inglés y del inglés al acadio. Los datos de entrenamiento son 116.000 pares de frases. La tabla de conversión de signos cuneiformes contiene más de 14.000 correspondencias. El desarrollador afirmó que hacía falta una herramienta para leer las 500.000 tablillas restantes[4].

Estos modelos observan el contexto anterior y posterior al hueco y proponen por probabilidad las palabras que podrían encajar. En la poesía babilónica existe la regla de colocar en paralelo dos líneas con la misma estructura. El modelo también toma esta forma como pista. Lo que produce el modelo no es una respuesta definitiva, sino una lista de candidatos.

La herramienta de 2026 que lee incluso el estilo de escritura

El 18 de mayo de 2026, la Universidad de Wurzburg, en Alemania, presentó una nueva herramienta. La creó junto con la Academia de Ciencias y Literatura de Maguncia y la Universidad Técnica de Dortmund. Se llama Paleograficum. Esta herramienta aprende la forma de cada signo cuneiforme a partir de fotografías de tablillas de arcilla. Después busca en toda la colección signos escritos con la misma manera de presionar[5].

Esta herramienta maneja 70.000 fotografías y más de 5 millones de signos. Antes se tardaban tres días en comparar la escritura de cinco fragmentos. Con esta herramienta, bastan 5 minutos. Igual que cada persona escribe de una manera, cada escriba presionaba las cuñas con un ángulo y una separación distintos. Esa diferencia permite seleccionar fragmentos que proceden de la misma tablilla[5].

La escritura cuneiforme hitita que maneja esta herramienta tiene 375 signos. Los fragmentos de tablillas hititas conocidos hasta ahora llegan a 30.000. El profesor Daniel Schwemer, que dirigió la investigación, afirmó que esta herramienta puede ahorrar miles de horas[5].

El siguiente objetivo del equipo es identificar a escribas concretos. Eso significa encontrar todas las tablillas escritas por una misma persona. Si se logra, se podrá trazar dónde trabajó un escriba y adónde se trasladó. La vida laboral de personas de hace 3.500 años aparecerá en los datos[5].

Otro camino para encajar bordes de barro rotos

También se investiga desde hace mucho cómo encajar fragmentos por la forma, no por las letras. En una tablilla rota queda una superficie de fractura. A esa superficie se la llama plano de fractura. Si los planos de fractura de dos fragmentos encajan entre sí, proceden de la misma tablilla.

Un proyecto representativo que ha seguido este camino es el Proyecto de Reconstrucción Virtual de Tablillas Cuneiformes. Lo dirige Sandra Woolley, de la Universidad de Keele, en el Reino Unido. Participan también Tim Collins y Erlend Gehlken. El equipo escanea los fragmentos con un escáner 3D. Luego hace que el ordenador determine si las superficies rotas de dos fragmentos encajan. Los fragmentos antiguos tienen los bordes desgastados. El cálculo incluye incluso ese desgaste[9].

Uno de los resultados de este método apareció en una historia del diluvio. Se trataba de un fragmento de la tercera tablilla de la epopeya del diluvio llamada Atrahasis. Un fragmento estaba en Londres y el otro en Ginebra. Las dos ciudades están separadas por unos 1.000 kilómetros. Era una pareja cuya unión no podía comprobarse porque no era posible juntar los originales. Al superponer los datos 3D, los dos fragmentos se unieron[9]. Este método se publicó en un artículo en 2014[10].

La investigación que trabaja con datos 3D continúa. En marzo de 2026 se publicó un artículo. Trata de una red neuronal que clasifica información de objetos a partir de datos de nubes de puntos 3D de tablillas. Una nube de puntos es un conjunto de datos que registra la superficie de un objeto mediante las coordenadas de muchísimos puntos. Al escanear una tablilla con un escáner 3D, se obtiene este tipo de datos. Las curvas de la superficie y el grosor quedan como números. Este estudio obtuvo mejores resultados que modelos anteriores basados en transformadores[7].

Sin embargo, el arma principal que usa ahora Fragmentarium no es la forma 3D. Son fotografías y transliteraciones, es decir, letras e imágenes[1][2]. Encajar planos de fractura exige escanear los fragmentos uno por uno, y eso requiere mucho trabajo. Los dos caminos no se sustituyen. Avanzan juntos.

La detección de signos en fotografías también ha avanzado con rapidez. En junio de 2026, el equipo de eBL publicó un nuevo artículo. Presenta un método que localiza de forma automática la posición de los signos cuneiformes en fotografías de tablillas. Las fotografías de fragmentos analizadas superan las 87.000. Los signos detectados llegan a 2,9 millones. El rendimiento mejoró mucho respecto a métodos anteriores[11].

Materiales de referencia

- [1] Cobanoglu, Y., Laasonen, J., Simonjetz, F., Khait, I., Cohen, S., Földi, Z., Hättinen, A., Heinrich, A., Mitto, T., Rozzi, G., Sáenz, L., & Jiménez, E. (2024). Transliterated cuneiform tablets of the electronic Babylonian Library platform. *Journal of Open Humanities Data*, 10, 19. <https://doi.org/10.5334/johd.148>
- [2] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. *The Conversation*. <https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Gutherz, G., Gordin, S., Sáenz, L., Levy, O., & Berant, J. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. *PNAS Nexus*, 2(5), pgad096. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad096>
- [4] Wang, Z. (2026). TabletCraft: Bridging a 4,000-year cultural gap with bidirectional Akkadian NMT and cuneiform rendering. *arXiv:2608.02609*. <https://arxiv.org/abs/2608.02609> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Julius-Maximilians-Universität Würzburg. (2026, 5월 18일). AI reads cuneiform: A milestone for Ancient Near Eastern Studies. *EurekAlert!*. <https://www.eurekalert.org/news-releases/1128630> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Electronic Babylonian Literature. (n.d.). ngram-matcher [소프트웨어]. GitHub. <https://github.com/ElectronicBabylonianLiterature/ngram-matcher> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Hagelskjær, F. (2026). A novel network for classification of cuneiform tablet metadata. *arXiv:2603.03892*. <https://arxiv.org/abs/2603.03892> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] electronic Babylonian Library. (n.d.). Fragmentarium. *ebL.lmu.de*. <https://www.ebl.lmu.de/fragmentarium> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] International Association for Assyriology. (2022, 10월 22일). In the spotlight: The "Virtual Cuneiform Tablet Reconstruction Project". *iaassyriology.com*. <https://iaassyriology.com/in-the-spotlight-the-vctr-project/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Collins, T., Woolley, S. I., Hernandez Munoz, L., Lewis, A., Ch'ng, E., & Gehlken, E. (2014). Computer-assisted reconstruction of virtual fragmented cuneiform tablets. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Virtual Systems and Multimedia* (pp. 70-77). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VSMM.2014.7136691>
- [11] Che, W., Garcés Arias, E., Niaz, A., Bender, A., & Jiménez, E. (2026). Automated sign detection across the Electronic Babylonian Library: A large-scale dataset and end-to-end cuneiform OCR pipeline. *arXiv:2606.22608*. <https://arxiv.org/abs/2606.22608> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

5.3. La verdad revelada

Los versos que regresaron a la Epopeya de Gilgamesh

Fragmentarium encontró 20 nuevos fragmentos de la Epopeya de Gilgamesh. Gracias a ello, más de 100 líneas del texto volvieron a su lugar. También revivieron varias escenas perdidas. Una de ellas es la escena en la que Enkidu intenta disuadir a Gilgamesh de matar a Humbaba. También se añadió de nuevo la escena en la que los dos van a Nippur después de matar a Humbaba. Nippur era la ciudad religiosa central donde se veneraba al dios Enlil[1].

En 2025 apareció un caso que mostró la rapidez de este método. Ammar Fadhil, de la Universidad de Bagdad, y el profesor Jiménez revivieron un largo poema que alababa Babilonia. El poema llevaba más de 1.000 años olvidado. El equipo encontró en la plataforma eBL 30 copias pertenecientes al mismo poema. Si se hubiera hecho a mano, habría llevado décadas. Al reunir las copias dispersas, volvió a encajar la mayor parte de un poema de 250 líneas[3].

Este poema muestra un día en la ciudad de Babilonia. Aparecen el río, las puertas de la ciudad y los trabajos de la gente. También incluye nuevos registros sobre las tareas de las sacerdotisas. El hecho de que aparecieran 30 copias significa que este poema se leyó mucho. Es muy probable que fuera un texto que los alumnos copiaban en la escuela[3].

El tiempo que llevó este trabajo muestra la fuerza del método. Para encontrar a mano 30 copias habría que revisar una por una las listas de museos de todo el mundo. En la plataforma eBL, el mismo trabajo termina con una sola búsqueda[3].

Este método no se usa solo para la Epopeya de Gilgamesh. También se aplica a libros babilonios de adivinación, medicina, diccionarios y oraciones. Las uniones encontradas por eBL abarcan muchos tipos de textos[5].

El bosque de cedros que primero resolvieron manos humanas

La máquina no lo resolvió todo. Un nuevo descubrimiento muy conocido dentro de la Epopeya de Gilgamesh salió de manos humanas.

En 2011, el Museo de Sulaymaniyah, en Irak, compró una tablilla. Farouk Al-Rawi y Andrew George la leyeron. Ambos publicaron los resultados en 2014. La tablilla contenía la parte inicial y final de la quinta tablilla de la versión estándar. De ahí salieron unas 20 líneas nuevas de texto[4].

El nuevo texto dibuja el bosque de cedros con sonidos. Los monos gritan con fuerza y las cigarras cantan a coro. Toda clase de aves gorjean. Esos sonidos alegraban cada día a Humbaba, el guardián del bosque. También aparece la escena en la que los dos hombres ven el bosque por primera vez y se detienen asombrados. Hay además un pasaje en el que Gilgamesh se arrepiente de haber talado árboles después de matar a Humbaba[4]. En las llanuras de Mesopotamia no hay bosques con monos. Por eso, los estudiosos siguen preguntándose de dónde procede esta descripción.

La procedencia de esta tablilla no era limpia. El museo la compró a un comerciante de antigüedades. Fue una medida para impedir que se dispersaran objetos saqueados en Irak después de la guerra. No hay registro del yacimiento del que salió[4]. En objetos así hay menos pistas para encontrar el fragmento compañero.

Este descubrimiento se produjo sin inteligencia artificial. Pero la frecuencia con la que podrán hacerse hallazgos del mismo tipo en el futuro depende de las herramientas. Para que la tablilla de Sulaymaniyah llegara a conocerse hicieron falta el azar y el ojo humano. eBL intenta convertir ese azar en búsqueda[5].

La historia del arca redonda

La historia del gran diluvio tiene una situación parecida. Si la quinta tablilla de la Epopeya de Gilgamesh contiene el bosque de cedros, la undécima contiene el gran diluvio[6]. La tablilla que veremos a continuación no es una copia de la Epopeya de Gilgamesh. Es una tablilla más antigua que conserva la misma tradición del diluvio[8].

El doctor Irving Finkel, del Museo Británico, examinó una tablilla en 2009. Un coleccionista privado la llevó al museo. Él consideró que fue escrita hacia 1750 a. C. Mide unos 11,5 centímetros de ancho y 6 centímetros de alto. Contiene 60 líneas[8]. El contenido cuenta cómo un dios ordena a un hombre construir una embarcación. También aparece la orden de subir animales de dos en dos[7].

Lo llamativo es la forma de la embarcación. No es una caja alargada, sino una nave redonda. Tiene la misma forma que una barca redonda de cesta usada en los ríos, llamada coracle[7]. En la tablilla aparecen cuerdas y un armazón de madera. También se indica la cantidad de betún que debía aplicarse para impedir filtraciones de agua. El betún es un aceite natural negro y pegajoso. El doctor Finkel publicó esta lectura en un libro en 2014[8].

Esta tablilla no fue leída por inteligencia artificial. Una persona la leyó línea por línea. La parte que corresponde a la inteligencia artificial está en otro lugar. Consiste en reunir en un mismo sitio copias de historias del diluvio dispersas por todo el mundo y encontrar las líneas que se solapan entre sí[5].

Lo que hace la máquina y lo que hace la persona

Este campo divide los resultados en tres capas.

La primera capa es la unión física. Es el caso en que las superficies rotas de dos fragmentos encajan de verdad. Entonces se confirma que los dos fragmentos proceden de una sola tablilla.

La segunda capa es la unión textual. Es el caso en que dos fragmentos no se tocan directamente, pero se demuestra que pertenecen a partes distintas de una misma obra. La mayoría de lo que encuentra Fragmentarium entra aquí[5]. Así se han identificado miles de fragmentos pertenecientes a una misma obra[2].

Estas dos capas tienen naturalezas distintas. Una unión física, cuando se comprueba con los ojos, queda como un hecho. Una unión textual depende de la probabilidad, por lo que puede cambiar si aparece un nuevo fragmento. eBL registra las dos capas por separado[5].

La tercera capa es la interpretación. Consiste en examinar qué significa el texto recuperado. La máquina no sabe de qué recuerdo proceden los sonidos de monos del bosque de cedros. Tampoco puede responder cómo una barca redonda se convirtió en el arca rectangular de la Biblia. Estas preguntas pertenecen a los estudiosos de textos antiguos y a los historiadores.

Los candidatos que propone la máquina solo se convierten en registro oficial después de una revisión humana. El investigador abre la lista de candidatos y mira las fotografías de los dos fragmentos uno al lado de la otra. Examina la forma de las letras, la separación entre líneas e incluso el grosor de la tablilla antes de confirmar la unión[5]. La tarea de la máquina llega hasta seleccionar unas pocas parejas dignas de atención entre muchísimas posibilidades[2].

Un texto de síntesis publicado en junio de 2026 traza la misma línea. La inteligencia artificial actual no descifra por sí sola la escritura cuneiforme. Es una herramienta que ayuda a la investigación humana[9]. Lo mismo ocurre con Paleographicum, de la Universidad de Wurzburg. Solo reduce a 5 minutos una comparación de escritura que antes llevaba tres días. La persona decide qué comparar y juzga el resultado[10].

Lo que ha cambiado es la velocidad. Las uniones, que habían sido 5.000 durante 150 años, aumentaron en 1.500 en cinco años[2]. La vida eterna que Gilgamesh buscó sin descanso la obtuvo al final su historia. Las frases que esperaron 2.600 años rotas bajo la tierra vuelven ahora una a una a su lugar.

Queda mucho trabajo por hacer. De las 500.000 tablillas del mundo, solo se ha leído una parte[11]. Las tablillas incorporadas a los datos de transliteración de eBL son 25.000[5]. Los 30.000 fragmentos hititas acaban de organizarse en fotografías[10]. El trabajo 3D de encajar superficies rotas apenas está empezando. La siguiente generación de estudiantes heredará esta lista. Para entonces, los huecos de la Epopeya de Gilgamesh serán menores que ahora. Los fragmentos que dejó el fuego de Nínive aún no se han leído todos. Las herramientas para leerlos aumentan cada año.

Materiales de referencia

- [1] Ofgang, E. (2024, 8월 12일). Piecing together an ancient epic was slow work. Until AI got involved. The New York Times. https://edition.pagesuite.com/tribune/article_popover.aspx?guid=235bb893-7f2d-41cd-9857-139c7d1e8355 (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. The Conversation. <https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Fadhil, A. A., & Jiménez, E. (2025). Literary texts from the Sippar Library V: A hymn in praise of Babylon and the Babylonians. Iraq, 1-58. <https://doi.org/10.1017/irq.2024.23>
- [4] Al-Rawi, F. N. H., & George, A. R. (2014). Back to the Cedar Forest: The beginning and end of Tablet V of the Standard Babylonian Epic of Gilgameš. Journal of Cuneiform Studies, 66, 69-90. <https://doi.org/10.5615/jcunestud.66.2014.0069>
- [5] Cobanoglu, Y., Laasonen, J., Simonjetz, F., Khait, I., Cohen, S., Földi, Z., Hättinen, A., Heinrich, A., Mitto, T., Rozzi, G., Sáenz, L., & Jiménez, E. (2024). Transliterated cuneiform tablets of the electronic Babylonian Library platform. Journal of Open Humanities Data, 10, 19. <https://doi.org/10.5334/johd.148>
- [6] George, A. R. (2003). The Babylonian Gilgamesh Epic: Introduction, Critical Edition and Cuneiform Texts. Oxford University Press.
- [7] PBS NewsHour. (2014, 1월 24일). New evidence suggests Noah's ark may have been round. pbs.org. <https://www.pbs.org/newshour/world/new-evidence-suggests-noahs-ark-may-have-been-round> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Finkel, I. (2014). The Ark Before Noah: Decoding the Story of the Flood. Hodder & Stoughton.
- [9] Centre for the Study of Manuscript Cultures. (2026, 6월 14일). Can artificial intelligence decipher cuneiform tablets? Universität Hamburg. <https://www.csmc.uni-hamburg.de/publications/mesopotamia/2026-06-14.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Julius-Maximilians-Universität Würzburg. (2026, 5월 18일). AI reads cuneiform: A milestone for Ancient Near Eastern Studies. EurekAlert!. <https://www.eurekalert.org/news-releases/1128630> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [11] Wang, Z. (2026). TabletCraft: Bridging a 4,000-year cultural gap with bidirectional Akkadian NMT and cuneiform rendering. arXiv:2608.02609. <https://arxiv.org/abs/2608.02609> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 6. Recibos de la antigua Mesopotamia y susurros de comerciantes: traducción con IA

6.1. Archivo del caso

Recibos grabados en arcilla

Los antiguos habitantes de Mesopotamia escribían sobre tablillas de arcilla húmeda. Tallaban la punta de una caña en ángulo para hacer un estilete. El estilete es un instrumento de escritura que no usa tinta. Solo deja marcas. Presionaban ese estilete sobre la arcilla y lo retiraban enseguida[1]. La marca hundida quedaba con forma triangular, parecida a una cuña. Esta escritura se llama escritura de cuñas. En el mundo académico también se usa el nombre escritura cuneiforme. Cuneiforme significa con forma de cuña.

Cuando la arcilla se seca, se endurece como piedra. A diferencia del papel o el cuero, no se pudre con el paso del tiempo. Aunque haya un incendio, no se convierte en ceniza. Al contrario, el calor intenso cuece la arcilla y la endurece como un ladrillo. Cuando las ciudades ardían por la guerra, las tablillas de arcilla se volvían más resistentes[3]. Gracias a eso, libros de cuentas de hace 4.000 años han llegado hasta hoy.

Muchas tablillas de arcilla tienen el tamaño de la palma de una mano. Son lo bastante pequeñas para llevarlas en un bolsillo. El escriba amasaba arcilla húmeda y formaba una tablilla. El escriba era la persona que escribía y leía por otros. Cuando terminaba de escribir, la dejaba secar al sol. Rara vez se cocía adrede en un horno. Lo que hoy se cuece en los museos es una medida de conservación[2]. Si había que corregir algo, se frotaba la superficie y se borraba.

Se calcula que hasta ahora se han excavado unas 500.000 tablillas de arcilla[4]. Bajo tierra todavía hay más tablillas sin desenterrar. Lo escrito en ellas no son solo alabanzas de reyes. Hay recibos que dicen cuántos sacos de cereal se recibieron. Hay contratos que fijan intereses después de prestar plata. También hay cartas enviadas por esposas a maridos que habían partido lejos[6].

Un recibo es breve. Primero aparecen el nombre del objeto y la cantidad. Después vienen los nombres de quien entrega y de quien recibe. Al final se escriben la fecha y los nombres de los testigos. El orden se parece al de un recibo que recibimos hoy en una tienda. Un documento así contiene poca información por sí solo. Pero cuando se reúnen decenas de miles, la historia cambia. Se ve en qué año subió el precio del cereal. También se ve qué compraba y vendía cada ciudad.

La mayoría sigue sin traducirse

El problema es que estos textos apenas se leen. Solo una parte de las tablillas de arcilla se ha trasladado a lenguas modernas[5]. El resto duerme dentro de cajas de museo.

No cualquiera podía escribir. Para hacerse escriba había que estudiar durante mucho tiempo en una escuela. Los estudiantes escribían signos una y otra vez sobre tablillas de arcilla. Las tablillas mal escritas se mezclaban con agua y se modelaban de nuevo. También se han excavado tablillas de práctica que se conservan como restos arqueológicos. Esas tablillas muestran las aulas de aquella época.

Pocas personas sabían leer y escribir. La mayoría encargaba la escritura a un escriba. Cuando alguien recibía una carta, el escriba se la leía. Por eso las frases de las cartas seguían fórmulas corteses. La persona que hablaba y la persona que escribía no eran la misma.

Leer una sola tablilla de arcilla exige varios pasos. Primero se identifica cada signo. Luego se decide qué sonido representa el signo. Después se separan las palabras y se busca su significado. Por último se unen

las frases y se traducen. Si el formato es conocido, se termina rápido. Si el documento es extraño, hay que dedicarle mucho tiempo.

La razón es que faltan personas capaces de leerlas. La disciplina que estudia la escritura de cuñas se llama asiriología. Formar a un especialista lleva decenas de años. Hay que aprender a la vez lenguas antiguas e historia antigua. Por eso hay muy pocas personas en el mundo capaces de leer estos signos[5].

El número de tablillas nuevas supera la velocidad a la que los especialistas pueden leerlas. Como no aumenta el número de personas, se acumulan las cajas. En junio de 2026, la Universidad de York, en el Reino Unido, inició un nuevo proyecto de investigación. El proyecto se llama “Hacia un acceso universal al patrimonio cuneiforme”. Su plan es trasladar los materiales cuneiformes también al árabe para que cualquiera pueda consultarlos. El proyecto continuará durante 3 años, hasta 2029[7].

También avanza la tarea de reunir los materiales en un solo lugar. El Proyecto de Biblioteca Digital Cuneiforme es un ejemplo. Reúne información sobre tablillas de arcilla dispersas por el mundo y la publica en internet. Coloca juntas fotografías, transliteraciones y traducciones. La transliteración es el texto que escribe con alfabeto los sonidos de los signos cuneiformes. Hasta ahora se han incluido en el catálogo más de 400.000 piezas[4]. La máquina solo puede aprender cuando los materiales se reúnen.

Hoy las tablillas de arcilla están dispersas por varios países. Hay muchas en museos de Irak y Turquía. Los museos de Londres, París y Berlín también poseen una parte considerable. También están repartidas entre universidades de Estados Unidos y Japón. Si el anverso y el reverso de un documento están en países distintos, resulta difícil emparejarlos. Solo se pueden comparar bien cuando las fotografías se suben juntas a internet.

Libros de cuentas relegados por los registros reales

Hay una vieja razón por la que los documentos cotidianos quedaron relegados. Las expediciones arqueológicas del siglo XIX y comienzos del siglo XX excavaron primero palacios y templos. Las grandes estelas de piedra y los objetos de oro atraían las miradas. Los especialistas también leyeron primero las inscripciones reales y los códigos legales. Dedicaron antes su tiempo a traducir mitos y epopeyas.

Mientras tanto, los recibos y las cartas de comerciantes quedaron al final de la lista. Las listas de reparto de cereal se consideraban registros de recados menores. Miradas una por una, parecían no contener nada sustancial. Los especialistas dejaron para más tarde la tarea de copiar a mano esos documentos tediosos. Así, las voces de la gente común quedaron enterradas durante mucho tiempo.

Por ese sesgo se perdió algo. Se volvió difícil saber cómo subían y bajaban los precios. Quedó oculto qué trabajos hacían las mujeres. Los nombres de niños y sirvientes solo sobrevivieron en listas. Las inscripciones de los reyes escriben alardes. Los recibos no alardean. Solo registran que hubo una transacción. Por eso los recibos a veces se convierten en fuentes más honestas.

Una cuña tiene varios significados

Aunque se intente leerla con una máquina, la escritura cuneiforme no es sencilla. Un solo signo cumple varias funciones superpuestas[8]. En un lugar puede ser un signo silábico que representa un sonido. En otro lugar representa el significado completo de una palabra. En otro lugar ni siquiera se pronuncia. Solo funciona como marca que indica si la palabra siguiente es un árbol o un dios. Esa marca se llama determinativo.

La escritura cuneiforme no sirvió para escribir una sola lengua. El sumerio y el acadio usaron los mismos signos. Más tarde, el hitita y el elamita también tomaron prestados esos signos. Un mismo signo produce sonidos distintos según la lengua. La persona que lee debe decidir primero cuál es la lengua del documento.

El signo sumerio gish, que significa madera, es un buen ejemplo. Cuando aparece delante del nombre de un mueble, marca que el material es madera. Cuando aparece solo, es la palabra árbol o madera. En otro lugar representa solo el sonido gish. Quien lee debe mirar las frases anterior y posterior y escoger su función.

La forma de escribir los números también era distinta de la actual. Los mesopotámicos tomaban 60 como unidad de agrupación. De ahí vienen los 60 minutos y los 60 segundos del reloj. Las cantidades de los recibos también se escribían así. El cereal y la plata usaban unidades distintas. Incluso con el mismo signo, el valor cambia si se trata de cereal o de plata. La máquina debe aprender también esa diferencia de unidades.

Otra dificultad es que las palabras se escribían pegadas. Los antiguos escribas no dejaban espacios entre palabras. Para un ordenador es difícil averiguar dónde termina una palabra[8]. También es un problema que las tablillas de arcilla estén rotas y desgastadas. Cuando las marcas de cuña se vuelven poco profundas, incluso al ojo humano le cuesta distinguirlas. La forma cambiante de las palabras acacias añade otra dificultad. A una misma raíz se le unen varias terminaciones. El sonido final cambia según sea sujeto u objeto. Vuelve a cambiar según el tiempo verbal y la persona. Primero hay que descubrir la forma básica que debe buscarse en el diccionario.

Las tablillas de arcilla se rompen por muchas razones. Bajo tierra sufren presión y humedad. Durante la excavación, a veces se desprenden las esquinas. Por el antiguo comercio de antigüedades, tablillas rotas quedaron dispersas por varios países. Después de sacarlas de la tierra, las sales pueden salir a la superficie y cubrir los signos[2]. Los especialistas llaman lagunas a los huecos donde los signos han desaparecido.

Por esas muchas capas de barreras, cientos de miles de libros de cuentas han permanecido en silencio.

Materiales de referencia

- [1] Truman State University. (2026). How it works. Truman State University Cuneiforms. <https://exhibits.truman.edu/cuneiform/how-it-works/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Guinan, A., Oller, G., & Ormsby, D. (1976). Nippur rebaked: The conservation of cuneiform tablets. Expedition, 18(3). <https://www.penn.museum/sites/expedition/nippur-rebaked/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Bouscaren, D. (2023). Assyrian women of letters. Archaeology, 76(6). <https://archaeology.org/issues/november-december-2023/features/assyrian-women-of-letters/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Cuneiform Digital Library Initiative. (2026). About the CDLI. cdli.earth. <https://cdli.earth/about> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Guthertz, G., Gordin, S., Sáenz, L., Levy, O., & Berant, J. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. PNAS Nexus, 2(5), pgad096. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad096>
- [6] Michel, C. (2020). Women of Assur and Kanesh: Texts from the Archives of Assyrian Merchants (Writings from the Ancient World 42). SBL Press.
- [7] Cuneiform Digital Library Initiative. (2026). Research Programme "Towards Universal Access to Cuneiform Heritage" 2026-2029. cdli.earth. <https://cdli.earth/postings/239> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Gordin, S., Guthertz, G., Elazary, A., Romach, A., Jiménez, E., Berant, J., & Cohen, Y. (2020). Reading Akkadian cuneiform using natural language processing. PLoS ONE, 15(10), e0240511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240511>

6.2. El rastro de la brigada científica: traducción de acadio con IA

Abrir dos vías de traducción

En 2023, un equipo de la Universidad de Tel Aviv abrió primero el camino. Gai Gutherz y sus colegas crearon un traductor que pasaba del acadio al inglés[1]. El acadio fue una lengua usada durante mucho tiempo en Mesopotamia. Se escribía en escritura cuneiforme y hoy ya no tiene hablantes.

El equipo abrió dos vías de traducción. La primera se llama C2E. Es la vía que introduce signos cuneiformes pasados a caracteres informáticos y recibe inglés. No lee directamente la fotografía de una tablilla de arcilla. Como no pasa por la transliteración de un especialista, el proceso es más corto. La segunda vía se llama T2E. Es la vía que introduce el texto en el que un especialista ha trasladado al alfabeto los sonidos de los signos cuneiformes. Ese traslado al alfabeto se llama transliteración. En la fase de transliteración se ordena una vez el significado de los signos. Por eso la traducción T2E es más precisa[1].

Crear una transliteración tampoco es fácil. El especialista mira el signo y decide el sonido. Si hay varios sonidos, elige según el contexto. Esa elección ya es un juicio. Cuando ese juicio queda hecho, la máquina maneja el texto con más facilidad. Esa es la razón de que T2E obtenga una puntuación más alta.

El interior del traductor se divide en dos partes. La parte delantera convierte el texto original en bloques de números. La parte trasera mira esos números y escoge palabras inglesas una por una. La parte delantera se llama codificador. La parte trasera se llama decodificador. El codificador contiene a la vez el significado y el orden de las palabras. El decodificador decide la siguiente palabra mirando las palabras ya escogidas.

La investigación que lee signos directamente desde fotografías continúa por separado. En junio de 2026, el equipo de la Biblioteca Babilónica Electrónica presentó resultados. La máquina examinó fotografías de más de 87.000 tablillas de arcilla rotas. Encontró cerca de 2,9 millones de marcas de signos. Su rendimiento de detección aumentó hasta un 37 por ciento frente a métodos anteriores. Todavía es débil con tablillas muy rotas y con líneas desordenadas[6].

Una máquina entrenada con 8.000 documentos

La máquina aprende a traducir mirando ejemplos. El equipo reunió documentos de una colección pública llamada Oracc. Oracc es una colección en internet que organiza y publica textos cuneiformes. Los documentos reunidos allí fueron 8.056. En número de frases, superaban las 50.000[1].

Los documentos reunidos eran de varios tipos. Había unas 3.000 inscripciones que registraban logros de reyes. Había unas 2.000 cartas administrativas. También incluían actas judiciales e informes astrológicos[1]. Junto a cada documento había una traducción inglesa hecha por especialistas. La máquina observó esas parejas decenas de miles de veces y encontró reglas por sí misma.

El proceso de aprendizaje de la máquina se parece a estudiar para un examen. Primero mira juntos el problema y la respuesta. Después tapa la respuesta e intenta resolverlo por sí misma. Si se equivoca, revisa dónde se equivocó. Repite esa revisión millones de veces. La diferencia con una persona está en la velocidad y la constancia.

La máquina no maneja palabras enteras. Divide las palabras en partes más pequeñas. Esas partes se llaman tokens. Incluso las palabras raras pueden manejarse si se dividen en partes. Este método encaja con el acadio, que añade muchas terminaciones.

La calidad de la traducción se mide con una puntuación llamada BLEU. Es un método que cuenta cuánto se solapan la traducción de la máquina y la traducción humana. Da una puntuación según la proporción

de grupos de palabras coincidentes. Se expresa de 0 a 100 puntos. Cuando supera los 30 puntos, a menudo se considera que el sentido se entiende. Pero no es una regla absoluta. La interpretación cambia según el tipo de documento y la longitud de la frase.

El equipo escogió una estructura llamada red neuronal convolucional. Es una estructura que aprende agrupando información cercana. Lo hizo porque, cuando hay pocos datos, el aprendizaje es rápido y estable. En la verificación, C2E recibió 36,52 puntos. T2E obtuvo más, 37,47 puntos. El antiguo método de búsqueda automática se quedó en 27,09 y 23,51 puntos. El rendimiento fue bueno en documentos con frases cortas y formato fijo[1].

También importa cómo se dividen los datos. Se separa una parte para aprender y otra para examinarse. Si se muestran de antemano los documentos del examen, la puntuación no vale. Es como conocer antes las preguntas de una prueba humana. El equipo respetó esa separación y calculó las puntuaciones.

Un mismo texto original puede traducirse de forma distinta según la persona. Por eso no se decide si una traducción es buena o mala mirando solo la puntuación. Además de la puntuación, se usa la evaluación humana. Se muestra la traducción a especialistas y se les pide que la califiquen. Se les pregunta por separado si el sentido se entiende. También se les pregunta por separado si hay errores. Las traducciones que los especialistas consideraron utilizables fueron cerca del 44 por ciento en T2E. En C2E fueron cerca del 38 por ciento[1]. A veces la puntuación y la evaluación humana no coinciden. En esos casos, se da prioridad al juicio humano.

La traducción del acadio pertenece a las tareas de bajos recursos. Bajos recursos significa que hay pocos ejemplos para aprender. Los traductores de inglés y francés aprenden con decenas de millones de frases. Las frases emparejadas disponibles para el acadio no llegan ni a una milésima parte de eso. Cuando hay pocos datos, los modelos grandes pueden perderse aún más.

En 2025 también se abrió una tarea compartida en la que compitieron varios equipos de investigación. La tarea consistía en encontrar la forma básica de las palabras y completar signos que faltaban. Los datos procedían de la Biblioteca Babilónica Electrónica y de Archibab. Al medir los resultados con los mismos datos, se vio enseguida qué método era mejor[2].

Encontrar la forma básica es el trabajo previo de la traducción. En el mundo académico, esta tarea se llama lematización. Consiste en devolver a su forma de diccionario una palabra alargada por terminaciones. Solo cuando termina este trabajo previo se pueden hacer búsquedas y estadísticas por palabra.

Detectar mentiras verosímiles

La traducción automática tiene una costumbre peligrosa. Inventa frases que suenan convincentes aunque no tengan base. Esta costumbre se llama alucinación. El equipo investigador la examinó en dos tipos. Uno ocurre cuando el sistema ve el texto original, pero enlaza mal el sentido. El otro ocurre cuando ignora el original y crea otra historia[1].

La alucinación aparece con facilidad en tablillas de arcilla rotas. La máquina rellena con imaginación los huecos donde han desaparecido los signos. Por eso un especialista debe revisar siempre la traducción. La frase que entrega la máquina es un borrador, no un dictamen final.

Hay varios métodos para reducir la alucinación. Se marcan con claridad las partes rotas como espacios vacíos. Se permite que la máquina responda que no conoce ese pasaje. También se traduce la misma frase varias veces. Si la respuesta cambia cada vez, no se confía en ella. El especialista mira esas marcas y decide qué parte debe revisar de nuevo.

Antes de traducir, hay que convertir los signos en forma de cuña al alfabeto y separar las palabras. En la misma línea de investigación también se probó encargar esta tarea a la máquina. La red neuronal llamada LSTM bidireccional obtuvo mejores resultados. La precisión llegó hasta el 97 por ciento[3].

Una puerta abierta en dos direcciones

Hasta ahora, los traductores fluían en una sola dirección. Solo convertían textos antiguos al inglés moderno. En mayo de 2026, Wang Zhaohui, de la Universidad del Sur de California, abrió la dirección contraria. La herramienta que creó se llama TabletCraft[4].

TabletCraft también traduce del inglés al acadio. Dibuja el resultado con signos en forma de cuña y crea incluso una imagen de tablilla de arcilla. Para el entrenamiento usó 116.000 pares de frases bilingües. La tabla de correspondencias de signos incluía más de 14.000 entradas. En la prueba obtuvo 49,1 puntos del acadio al inglés. Del inglés al acadio obtuvo 48,5 puntos[4].

Esta herramienta se usó en dispositivos de experiencia museística y en clases universitarias. Su creador también dejó claro un límite. No se debe citar el acadio inventado por la máquina como si fuera un registro antiguo auténtico. Los textos que la herramienta maneja bien son inscripciones reales del periodo neواسirio[5].

La traducción en dos direcciones resulta útil. Un estudiante puede convertir sus propias frases en signos en forma de cuña. Al dibujar los signos por sí mismo, percibe la estructura de las letras. En el museo, los visitantes prueban a grabar su propio nombre. La escritura antigua deja de ser algo que solo se mira y se convierte en una herramienta que se maneja.

Los estudios anteriores publicaron juntos los datos y los programas[1][5]. Cuando se publican, otros equipos pueden repetir la misma prueba. Si hay errores, aparecen pronto. Pocas personas participan en el estudio de lenguas antiguas. La publicación abierta decide en gran medida la velocidad del avance.

También se están ordenando los métodos para usar traductores. El especialista muestra en la pantalla el borrador de la máquina. Coloca el original y la traducción lado a lado y los compara. Deja marcas en las palabras dudosas. Cuando esas marcas se acumulan, se convierten en nuevos datos de entrenamiento.

Materiales de referencia

- [1] Gutherz, G., Gordin, S., Sáenz, L., Levy, O., & Berant, J. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. PNAS Nexus, 2(5), pgad096. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad096>
- [2] Gordin, S., Sahala, A., Spencer, S., & Klein, S. (2025). EvaCun 2025 shared task: Lemmatization and token prediction in Akkadian and Sumerian using LLMs. In Proceedings of the Second Workshop on Ancient Language Processing (pp. 242-250). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2025.alp-1.33>
- [3] Gordin, S., Gutherz, G., Elazary, A., Romach, A., Jiménez, E., Berant, J., & Cohen, Y. (2020). Reading Akkadian cuneiform using natural language processing. PLoS ONE, 15(10), e0240511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240511>
- [4] Wang, Z. (2026, 5월 14일). TabletCraft: Bridging a 4,000-year cultural gap with bidirectional Akkadian NMT and cuneiform rendering. arXiv:2608.02609 (2026년 5월 14일 제출, 2026년 8월 공개). <https://arxiv.org/abs/2608.02609> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Buyukyildirim, K. (2026, 8월 11일). TabletCraft opens a two-way AI translation channel for archaeologists. Arkeonews. <https://arkeonews.net/tabletcraft-opens-a-two-way-ai-translation-channel-for-archaeologists/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Che, W., Garces Arias, E., Niaz, A., Bender, A., & Jimenez, E. (2026, 6월 21일). Automated sign detection across the Electronic Babylonian Library: A large-scale dataset and end-to-end cuneiform OCR pipeline. arXiv:2606.22608. <https://arxiv.org/abs/2606.22608> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

6.3. La verdad revelada

Las cartas de los comerciantes de Kanesh

Cerca de Kayseri, en el centro de Turquía, hay una colina llamada Kültepe. Hace 4.000 años, este lugar se llamaba Kanesh. Los comerciantes asirios establecieron allí un puesto comercial. La comunidad de base de los comerciantes se llamaba karum. Karum significaba originalmente muelle junto al río. El lugar donde se descargaban mercancías se convirtió en el barrio de los comerciantes.

El karum de Kanesh era una organización autónoma de los comerciantes asirios. Ellos creaban sus propias normas y resolvían sus disputas. Pagaban impuestos al rey local y recibían protección. Las mercancías se transportaban sobre lomos de burros. De Asur a Kanesh había un largo camino de varias semanas.

En las excavaciones iniciadas en 1948 aparecieron tablillas de arcilla en gran cantidad. Hasta ahora se han hallado unos 23.500 documentos. Es la cifra comunicada por Fikri Kulakoğlu, director de la excavación[1]. Su contenido no son alardes de reyes. Hay pagarés y facturas de carga. Una factura de carga es una lista de los bultos enviados. Hay registros judiciales y cartas familiares.

Las cartas conservan tal cual los apremios y las quejas. Preguntan cuándo se enviará el dinero. Reprochan que las mercancías se retrasen. Añaden saludos para pedir que alguien se cuide. También dicen a un hijo que estudie. Las preocupaciones de personas de hace 4.000 años siguen intactas en las frases.

Estos documentos revelaron la estructura de la economía antigua. Los comerciantes traían tejidos y estaño desde Asur. En Anatolia los cambiaban por plata y oro. También quedó escrito cómo pagaban impuestos y peajes. Se conservó además cómo se dictaban sentencias cuando surgían disputas.

El estaño es un metal indispensable para fabricar bronce. El bronce se hace mezclando cobre y estaño. En Anatolia era difícil conseguir estaño. Había que traerlo desde el lejano oriente[8]. Esa escasez fue la fuerza que creó una larga ruta comercial.

También se reveló el papel de las mujeres que permanecían en Asur. Las esposas y las hijas de los comerciantes tejían telas en casa y las enviaban[2][8]. Controlaban la producción y negociaban los precios. En cartas enviadas a sus maridos, también discutían las cotizaciones. Cécile Michel reunió unas 300 piezas de este tipo y las tradujo al inglés. Michel trabaja en el Centro Nacional de Investigación Científica de Francia y en la Universidad de Hamburgo[2].

Leer un sobre sin abrirlo

Los comerciantes antiguos guardaban las tablillas de arcilla importantes dentro de sobres de barro sellados. Para leer el interior, había que romper el sobre. Pero el sobre también llevaba impresiones de sellos. Si se rompía, esa información desaparecía.

El sobre era un dispositivo contra la falsificación. En la tablilla interior se escribía el contenido del contrato. Después se cubría con barro para formar un sobre. En la superficie exterior del sobre se escribía de nuevo el mismo contenido. Los testigos hacían rodar sus sellos para imprimirlos. Si el exterior y el interior no coincidían, quedaba al descubierto que el texto había sido alterado.

Hacía falta un método para leer el interior sin destruir el sobre. En junio de 2026, el Museo Arqueológico de Kayseri mostró la respuesta. Logró leer una tablilla de arcilla dentro de un sobre sin abrirlo. Fue un trabajo realizado junto con el Centro Nacional de Investigación Científica de Francia y la Universidad de Hamburgo. Se usó un método parecido a la CT, que permite mirar dentro de un objeto sin cortarlo. El contenido escrito era una promesa de compraventa de trigo y cebada. Kulakoğlu dijo que esta toma

muestra incluso un solo grano de cebada[1]. Las imágenes de los signos obtenidas así se convierten en datos de entrada para el traductor. Para que la máquina aprenda, debe aumentar el número de documentos que puede leer.

Un concurso de traducción con 50.000 dólares en juego

También se celebró un concurso de traducción. Lo preparó una organización llamada Deep Fast Initiative[3]. El concurso tuvo lugar en Kaggle, el sitio de competiciones de inteligencia artificial[4]. La tarea consistía en traducir al inglés documentos comerciales de Kanesh[3]. El concurso comenzó el 16 de diciembre de 2025. El plazo de participación terminaba el 23 de marzo de 2026. El premio era de 50.000 dólares. Los costes de operación los asumió una empresa financiera[7].

Los datos del concurso se publicaron para que cualquiera pudiera descargarlos[4]. Los datos abiertos permanecen incluso después de que el concurso termina. El siguiente investigador vuelve a empezar sobre esos datos. Un concurso deja tras de sí un conjunto de datos.

Entre los documentos de Kültepe aún hay muchos que no se han traducido[3]. Las excavaciones continúan cada año[1]. Cuando aparece una nueva tablilla de arcilla, se añade al catálogo. Si no aumenta el número de lectores, solo se alarga la lista. Ahí está la razón por la que se necesita ayuda de la máquina.

La misma situación no termina en un solo yacimiento. En museos de muchas partes del mundo se acumulan documentos parecidos. Allí también hay cajas que todavía no se han leído. Los documentos con formularios fijos abundan en todas partes. Así ocurre con los libros de grano y los registros fiscales. El método que funcionó en Kanesh puede usarse también en otros archivos.

La convocatoria del concurso puso por delante a personas reales que aparecen en los documentos. Eran nombres de comerciantes como Ashur-nada y Ashur-idi. También figuraban los nombres de Ishtar-lamassi y Ennam-Ashur[3]. Los nombres de una familia comerciante de hace 4.000 años se convirtieron en el tema del concurso.

El método del concurso tiene ventajas. No se concentran en el problema unos pocos laboratorios, sino desarrolladores de todo el mundo. Como los resultados se miden con la misma regla, se ve de inmediato qué método es mejor. El premio sirve para reunir a la gente.

Este conjunto documental encaja bien con la traducción automática. Tiene formatos fijos y frases cortas. Las mismas expresiones se repiten en muchos documentos. La máquina encuentra bien las reglas repetidas. También hay bastantes documentos que los especialistas ya han traducido. Esas traducciones se convierten en material de estudio para la máquina.

Lo que la máquina no puede hacer

Los resultados se han acumulado, pero las barreras restantes son claras. La primera barrera es la falta de datos. Los traductores de lenguas actuales se alimentan de cientos de millones de frases. En acadio solo hay decenas de miles de frases emparejadas[5]. Cuando hay pocos datos, es fácil equivocarse con topónimos y nombres personales raros.

La segunda barrera son los varios significados de los signos. Un mismo signo puede confundirse entre sonido, palabra o marcador[6]. Si el contexto anterior y posterior es breve, la máquina también se pierde.

La tercera barrera es el modo de juicio de la máquina. La máquina calcula qué palabra tiene más probabilidad de venir. No puede decidir si esa frase es históricamente correcta. Por eso la verificación

del especialista es imprescindible en la última fase[5]. La traducción se vuelve fiable cuando la máquina y la persona trabajan juntas.

Se está asentando una forma de repartir el trabajo. La máquina revisa decenas de miles de tablillas y produce un sentido aproximado. El especialista selecciona entre ellas los documentos importantes. Solo vuelve a leer a mano, con cuidado, los documentos escogidos. Así aumenta mucho el número de documentos leídos.

Las traducciones necesitan etiquetas. Debe indicarse qué pasajes creó la máquina. También deben marcarse los lugares corregidos por una persona. Solo así quien venga después podrá reconstruir las pruebas. La investigación histórica empieza por volver sobre las pruebas.

En la traducción, los nombres son una parte difícil. Los nombres de personas y de lugares no se pueden traducir por su significado. Hay que transcribir su sonido. Pero un mismo nombre puede aparecer escrito de formas distintas según el documento. La máquina tiende a convertir un nombre desconocido en una palabra disparatada. Por eso se crea una lista separada de nombres y se le comunica a la máquina.

Aun así, la dirección está clara. Antes, un solo especialista leía cientos de tablillas a lo largo de toda su vida. Ahora la máquina crea primero una traducción en borrador. El especialista dedica su tiempo a corregir ese borrador. Los recibos de hace 4.000 años que dormían en cajas esperan su turno. Empiezan a oírse las voces de la gente común, no de los reyes.

Los comerciantes de Kanesh no pensaron que sus cartas perdurarían tanto tiempo. Solo anotaron las cuentas de aquel día. Esas cuentas muestran ahora la economía de una época. Lo que permanece no es el orgullo, sino el registro.

Materiales de referencia

- [1] Türkiye Today. (2026, 6월 13일). 4,000-year-old clay tablet sealed in mud envelope goes on display in central Türkiye. Türkiye Today. <https://www.turkiyetoday.com/culture/4000-year-old-clay-tablet-sealed-in-mud-envelope-goes-on-display-in-central-turkiye-3221841> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Michel, C. (2020). Women of Assur and Kanesh: Texts from the Archives of Assyrian Merchants (Writings from the Ancient World 42). SBL Press.
- [3] Deep Past Initiative. (2026). Deep Past Challenge: Introduction. [deeppast.org. https://www.deeppast.org/challenge/intro/](https://www.deeppast.org/challenge/intro/) (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Kaggle. (2026). Deep Past Challenge: Translate Akkadian to English. [kaggle.com. https://www.kaggle.com/competitions/deep-past-initiative-machine-translation](https://www.kaggle.com/competitions/deep-past-initiative-machine-translation) (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Guthertz, G., Gordin, S., Sáenz, L., Levy, O., & Berant, J. (2023). Translating Akkadian to English with neural machine translation. PNAS Nexus, 2(5), pgad096. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad096>
- [6] Gordin, S., Guthertz, G., Elazary, A., Romach, A., Jiménez, E., Berant, J., & Cohen, Y. (2020). Reading Akkadian cuneiform using natural language processing. PLoS ONE, 15(10), e0240511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240511>
- [7] Deep Past Initiative. (2025, 12월 16일). Deep Past Initiative partners with Kaggle on prize challenge to translate 4,000-year-old tablets. EIN Presswire. <https://www.einpresswire.com/article/875885564/deep-past-initiative-partners-with-kaggle-on-prize-challenge-to-translate-4-000-year-old-tablets> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Bouscaren, D. (2023). Assyrian women of letters. Archaeology, 76(6). <https://archaeology.org/issues/november-december-2023/features/assyrian-women-of-letters/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 7. El futuro del imperio en el caparazón de una tortuga: ensamblaje 3D de huesos oraculares

7.1. Archivo del caso

Caracteres de hace 3.000 años hallados en una farmacia

En 1899, Wang Yirong, un erudito de la dinastía Qing, reconoció un carácter antiguo. A este hecho se le atribuye una historia transmitida desde hace tiempo. Según esa historia, Wang Yirong enfermó y recibió un remedio llamado hueso de dragón. El hueso de dragón era una medicina en polvo hecha al moler huesos de animales antiguos. La gente de antes creía que esos huesos eran huesos de dragón. Se dice que los huesos que recibió aún no estaban molidos. En su superficie habría visto unas marcas desconocidas[1].

Esta historia no se ha consolidado como un hecho. El mundo académico chino considera que no hay registros que la respalden. El paleógrafo Li Xueqin negó esta historia en un texto de 2007. Sostuvo que los huesos de dragón vendidos como medicina ya estaban triturados y que no era posible ver caracteres en ellos. En realidad, se cree que un anticuario compró huesos procedentes de Anyang y los trasladó. Después, esos huesos llegaron al epigrafista Wang Yirong para que los examinara[2].

Wang Yirong murió al año siguiente y no pudo encontrar el origen de los huesos. Su amigo Liu E publicó en 1903 el primer libro que reunía esos caracteres. En 1908, el erudito Luo Zhenyu identificó el origen de los huesos[1]. Los huesos estaban saliendo de campos de Anyang, en la provincia de Henan.

Aquella tierra de Anyang era Yinxu. Yinxu fue el emplazamiento de la última capital de la dinastía Shang. La dinastía Shang gobernó este lugar desde el siglo XIII a. C. hasta el siglo XI a. C.[3]. La excavación oficial comenzó en 1928. Hasta entonces, los huesos desenterrados por campesinos se vendían como medicina. A veces se raspaba y eliminaba la superficie con caracteres antes de venderlos[1]. Un registro que había resistido 3.000 años estuvo a punto de desaparecer como medicina.

Un país donde el rey preguntaba a los dioses

Los caracteres grabados en los huesos de Yinxu se llaman escritura oracular sobre huesos. En Asia oriental no se conoce ningún registro escrito anterior a la escritura oracular sobre huesos[3].

La gente de la dinastía Shang preguntaba a los dioses antes de los asuntos importantes. Preguntaba si llovería. Preguntaba si las cosechas irían bien. Preguntaba si podía ir a la guerra. También preguntaba el día en que una reina daría a luz. El rito de preguntar la voluntad de los dioses se llama adivinación. La adivinación era una actividad estatal gestionada directamente por la casa real[3].

Fu Hao, reina de la dinastía Shang, también fue una comandante que dirigía tropas. El nombre de Fu Hao aparece varias veces en los registros de escritura oracular sobre huesos. En 1976 se excavó en Yinxu la tumba de Fu Hao en estado intacto[4]. Los bronce y jades de la tumba mostraban su posición. Así, la escritura oracular sobre huesos revela la vida de la gente antigua junto con las tumbas.

Las preguntas escritas en la escritura oracular sobre huesos no se limitaban a los asuntos del Estado. También había preguntas sobre el dolor de muelas del rey. También había preguntas sobre si se podía salir de caza. Por eso estos huesos se convierten en registros que muestran la vida diaria de la gente de la dinastía Shang[3].

Huesos calentados al fuego, caracteres grabados con cuchillo

La gente de la dinastía Shang usaba dos materiales para la adivinación. Uno era el caparazón ventral plano de las tortugas. El otro era el omóplato ancho de los bueyes. Estos dos materiales juntos se llaman huesos oraculares[3].

El proceso de preparación era minucioso. Los escribas alisaban la superficie exterior del hueso. Después abrían pequeñas ranuras en fila en la parte posterior. Aplicaban una varilla calentada al rojo sobre las ranuras. El hueso calentado se agrietaba en la superficie. El rey y el adivino examinaban la dirección y el ángulo de las grietas. Luego leían esas grietas como la respuesta de los dioses[3].

Cuando terminaba la lectura, los escribas tomaban el cuchillo. Grababan el proceso de adivinación trazo a trazo en la superficie del hueso. Ese texto grabado es la escritura oracular sobre huesos.

El registro seguía un orden fijo. Primero se escribían la fecha de la adivinación y el nombre del responsable. Luego se escribía la pregunta dirigida a los dioses. Después se escribía el juicio de buen o mal augurio emitido por el rey. Por último se escribía lo que realmente había ocurrido. Era una forma de llenar cuatro espacios por orden. Sin embargo, son raros los registros en los que se conservan los cuatro espacios. A veces el hueso se rompía y uno o dos espacios desaparecían. En otros casos, el escriba dejaba un espacio en blanco desde el principio[3]. Aun así, el orden de escritura era constante.

Esta regularidad resulta muy útil después. Si el formato está fijado, se puede reducir el espacio vacío. Si en el primer espacio hay una fecha, en el siguiente viene una pregunta. El ordenador también aprende este orden y deduce los caracteres que faltan[3].

La forma de escribir la fecha también estaba fijada. La dinastía Shang contaba los días emparejando diez signos con doce signos. Esta pareja completaba un ciclo cada sesenta días. Aunque en el hueso solo queden dos signos de fecha, se puede examinar el orden. De ahí sale una pista para acotar la época de un registro cortado[3].

Registros rotos en 150.000 fragmentos

Después de la caída de la dinastía Shang, Yinxu quedó enterrada bajo la tierra. Durante ese largo tiempo, los huesos no pudieron conservarse intactos. El peso de la tierra presionó los caparazones ventrales delgados y los partió. El agua y los microorganismos desgastaron la textura del hueso. Un gran caparazón que originalmente era una sola pieza se dividió en decenas de fragmentos.

Hasta ahora se conocen en el mundo unos 150.000 fragmentos de huesos oraculares[5]. Estos objetos no están reunidos en un solo lugar. Tras su descubrimiento a finales del siglo XIX, muchos pasaron al mercado de antigüedades[1]. Por eso fragmentos desprendidos de un mismo hueso acabaron en museos de distintos países[5]. También hay piezas en Anyang y Pekín, en China. Instituciones de Europa y Corea también poseen piezas[6].

El trabajo de devolver los fragmentos dispersos a una pieza original se llama ensamblaje. Durante mucho tiempo, el ensamblaje dependió solo del ojo humano. Los investigadores examinaban decenas de miles de calcos en blanco y negro con lupa. Un calco es una copia obtenida al poner papel sobre el hueso y golpear tinta sobre él. Se parece a poner papel sobre una moneda y frotarlo con lápiz para sacar el dibujo. Los investigadores comparaban la textura del hueso y las curvas de las líneas de rotura. También revisaban una por una si los extremos de los trazos cortados continuaban[5].

Este método era lento y duro. A veces se tardaban años en encontrar una pareja. Los fragmentos sin pareja permanecían en cajas. Sin pareja, las frases también quedaban cortadas. Se acumulaban registros en los que quedaba la pregunta y desaparecía el resultado.

La dificultad se ve con más claridad si se mide el tamaño del trabajo. Si hay 150.000 fragmentos, el número de parejas posibles supera los 10.000 millones. Aunque una persona comparara cien parejas al día, no podría verlas todas en toda su vida. Además, los fragmentos están dispersos por varios países[5]. En muchos casos ni siquiera surgía la oportunidad de poner dos fragmentos uno junto al otro.

3.000 caracteres aún no hablan

Aunque se unan todos los fragmentos, queda otro problema. Es que no se pueden leer los propios caracteres. En el conjunto de la escritura oracular sobre huesos se han identificado unos 4.500 caracteres distintos. Pero el mundo académico solo ha alcanzado un acuerdo sobre el significado de unos 1.500. Aún se desconoce el significado de unos 3.000 caracteres restantes[7].

Hay varias razones por las que la lectura es difícil. Las marcas de cuchillo se han desgastado y los contornos se han vuelto borrosos. Al romperse el hueso, desapareció la mitad de algunos caracteres. Cada escriba tenía un modo distinto de sostener el cuchillo, y grababa de forma distinta un mismo carácter. Por eso surgieron varios caracteres con el mismo significado y formas diferentes. Estos caracteres se llaman variantes gráficas[3]. Los diccionarios modernos de caracteres chinos no explican estas formas de hace 3.000 años.

Este silencio también deja huecos en la historia de la dinastía Shang. Si no se puede leer el nombre de un rito, no se pueden contar sus tipos. Si no se puede leer el nombre de un lugar, no se pueden trazar las fronteras del país. Si no se puede leer el nombre de una persona, no se puede saber quién se encargaba de qué. El silencio de un solo carácter conduce al silencio de una escena histórica.

Quedaron unos 3.000 caracteres de significado desconocido y decenas de miles de fragmentos que perdieron su pareja. Para romper este silencio, la inteligencia artificial entró en Yinxu.

Materiales de referencia

- [1] Mark, E. (2016, 2월 26일). Oracle bones. World History Encyclopedia. https://www.worldhistory.org/Oracle_Bones/ (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] 姚小鹏. (2020, 7월 16일). 谁是甲骨文的最早发现者. 澎湃新闻. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_8297008 (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Chen, Z., Hua, W., Li, J., Zhu, Y., Zhi, X., Liu, Z., Chen, T., Zhang, W., & Zhai, G. (2026). Oracle bone inscriptions information processing: a comprehensive survey. npj Heritage Science, 14, 220. <https://doi.org/10.1038/s40494-026-02511-w> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Smarthistory. War and sacrifice: The tomb of Fu Hao. Smarthistory. <https://smarthistory.org/tomb-of-fu-hao/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Zhang, C., Wang, B., Chen, K., Zong, R., Mo, B., Men, Y., Alpanidis, G., Chen, S., & Zhang, X. (2022). Data-driven oracle bone rejoining: A dataset and practical self-supervised learning scheme. In Proceedings of the 28th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 4482-4492). ACM. <https://doi.org/10.1145/3534678.3539050>
- [6] 梁文艳. (2026, 5월 26일). 以科技赋能, 让甲骨文"活"起来. 中国青年报. https://zqb.cyol.com/pc/content/202605/26/content_426168.html (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Liu, Y., Guan, H., Wang, P., Wang, X., Wan, J., Zhang, K., Zheng, H., Liu, X., Kuang, Z., Yang, H., Li, B., Liu, Y., Jin, L., & Bai, X. (2026). AlphaOracle: Oracle bone script decipherment via human-workflow-inspired deep learning. The Innovation, 7(11), 101462. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2026.101462>

7.2. El seguimiento del equipo de investigación científica: modelos multimodales y ensamblaje 3D de huesos oraculares

Reunir materiales dispersos en una sola pantalla

La investigación empieza por reunir datos. El estudio de los huesos oraculares fue igual. En 2019, investigadores de la Universidad Normal de Anyang y de la Academia China de Ciencias Sociales abrieron una plataforma de datos llamada YinQiWenYuan. YinQiWenYuan reúne en un solo lugar calcos de huesos oraculares, información sobre caracteres y artículos académicos, y los ofrece gratis al público[1].

Esta plataforma no se limita a subir fotografías. Fotografía los fragmentos de huesos oraculares en alta resolución y los sube convertidos en modelos tridimensionales. Un modelo tridimensional es un dato que escanea un objeto desde varias direcciones y lo reconstruye en volumen dentro del ordenador. Al girar la pantalla, se pueden ver la parte frontal, la parte posterior y los laterales rotos del hueso. Los investigadores crean estos modelos con precisión milimétrica. La profundidad de las marcas de cuchillo poco profundas también queda incluida en estos datos[1].

El trabajo de recuperar huesos oraculares llevados al extranjero también se conectó con esta plataforma. Los investigadores eligieron traer datos tridimensionales en lugar de objetos reales. En colaboración con instituciones de Alemania, Corea, Francia y otros países, reunieron datos de más de 900 piezas[1]. Los objetos reales quedaron en sus instituciones de origen, y solo su forma volvió a Anyang.

En octubre de 2025 se añadió a esta plataforma una herramienta llamada YinQiXingZhi. Esta herramienta reconoce caracteres, compara calcos y busca bibliografía relacionada[1]. Un almacén que acumulaba datos se convirtió en un asistente que responde preguntas.

La cantidad de datos acumulados también se comprueba con números. Un artículo de síntesis publicado en 2026 presenta 36 conjuntos de datos públicos relacionados con huesos oraculares. Hay conjuntos de datos para reconocimiento de caracteres y también conjuntos de datos para estudios de ensamblaje[2].

El método que usa varios tipos de datos a la vez se llama multimodal. En el estudio de los huesos oraculares, esta palabra significa observar tres tipos de datos juntos. Uno es el calco en blanco y negro hecho con tinta. Otro es la fotografía en color, que conserva el color y la textura. El último es el escaneo tridimensional, que contiene información de profundidad. El calco muestra trazos claros, pero pierde la profundidad. Los datos tridimensionales contienen la profundidad, pero los trazos pueden verse borrosos. Si se superponen los tres, pueden cubrir las carencias de los demás[2].

Imitar el orden en que una persona lee caracteres

AlphaOracle, publicado en 2026, es una inteligencia artificial que opera sobre estos datos. Este modelo fue creado conjuntamente por la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong, la Universidad Normal de Anyang y otras instituciones. Su principio de diseño consiste en seguir el orden de trabajo de los especialistas humanos[3].

Un especialista humano pasa por cuatro etapas. Primero examina el calco y ordena los trazos. Luego analiza la forma del carácter. Después busca otras frases en las que aparece el mismo carácter. Por último, comprueba si el significado encaja con los conocimientos de la literatura antigua. AlphaOracle está dividido en componentes que se encargan de cada una de estas cuatro etapas[3].

Esta estructura tiene una razón. A los especialistas les cuesta confiar en una máquina que solo entrega una respuesta. Si se dividen las etapas, se ve en qué etapa se separó la respuesta. El especialista puede volver a esa etapa y contrastar su opinión con la máquina[3].

La cantidad de datos que leyó este modelo supera lo que una persona puede ver en toda su vida. Trabajó con 73.883 calcos. También trabajó con 45.364 datos de escaneo y 23.755 artículos académicos. Los investigadores hicieron que 86 especialistas probaran esta herramienta. Como resultado, el tiempo para analizar un carácter se redujo un 64 %. El 79 % de los participantes respondió que la herramienta era útil[3].

Ver los caracteres descompuestos en partes

Otro equipo eligió un método que no memoriza los caracteres completos. Los caracteres de la escritura oracular sobre huesos están formados por partes gráficas repetidas[4]. Partes como formas de mano, de pie o de recipiente aparecen repartidas en varios caracteres. Si se conoce el significado de las partes, también se puede deducir un carácter visto por primera vez.

Con esta idea se publicó en abril de 2026 el conjunto de datos OB-Radix. OB-Radix contiene 934 caracteres distintos. Las imágenes de las partes que forman esos caracteres suman 1.853. Hay 478 tipos de partes. Cada parte lleva una explicación verificada por especialistas[4].

Cuando la inteligencia artificial encuentra un carácter desconocido, primero lo descompone en partes. Luego examina qué relación tienen esas partes entre sí. Que dos partes estén colocadas una encima de la otra o una junto a la otra cambia el significado. El modelo examina incluso esta relación y propone un significado[4].

En junio del mismo año también apareció un modelo llamado OracleAnalyzer. Este modelo volvió a entrenar con datos de escritura oracular sobre huesos un modelo lingüístico pequeño de 3.000 millones de parámetros. Los investigadores crearon y añadieron nuevos datos de razonamiento sobre escritura oracular y datos de preferencia. Los datos de preferencia son datos que reúnen respuestas que las personas eligieron como mejores. Como resultado, el modelo pequeño obtuvo mejores resultados que modelos mucho más grandes[5]. Esto significa que, si se eligen bien los datos, no hace falta imponerse solo por tamaño.

Un modelo que reconstruye y dibuja trazos borrosos

También hay investigaciones que primero hacen visible lo que se va a leer. OBSD, publicado en 2024, es una herramienta de ese tipo. Esta herramienta usa un modelo de difusión que vuelve a dibujar imágenes[6]. Un modelo de difusión crea poco a poco una imagen clara a partir de manchas borrosas.

OBSD recibe como entrada imágenes de caracteres de huesos oraculares desgastados y borrosos. Luego propone en forma de imagen con qué carácter chino moderno se conecta ese carácter. Este estudio fue elegido como mejor artículo en una conferencia internacional de 2024[6]. Recibió reconocimiento la idea de convertir la lectura de caracteres en un problema de dibujo.

El ordenador encaja las secciones de fragmentos rotos

Junto con la lectura de caracteres, también avanzó la investigación para encajar fragmentos. OB-Rejoin, publicado en 2022, es un conjunto de datos para estudios de ensamblaje. Contiene 998 calcos reales de huesos oraculares. El mismo equipo también presentó una red neuronal de unión llamada S3-Net[7].

Esta red neuronal calcula cuánto se parecen entre sí las curvas de los bordes de los fragmentos. Cuando dos bordes encajan, la puntuación sube. La máquina ordena las candidatas de mayor a menor

puntuación. El mismo equipo publicó un estudio anterior en 2020. Entonces, la proporción de casos en que la respuesta correcta aparecía entre las diez primeras candidatas era del 98,39 %[11].

Cuando una persona arma un rompecabezas, mira antes la forma de las piezas que el dibujo. La máquina usa el mismo método. La diferencia es que la máquina puede comparar cientos de miles de veces al día.

Lo que ofrece la máquina no es una respuesta definitiva, sino una lista de candidatas. A veces la primera de la lista es incorrecta. Por eso, los investigadores toman como criterio de rendimiento si la respuesta correcta aparece entre las diez primeras[7]. No es lo mismo que una persona tenga que revisar solo diez opciones que cien mil.

El Centro de Investigación de Escritura Oracular sobre Huesos de la Capital Normal University creó un programa de ensamblaje junto con la Henan University. Su nombre es Zhedada, y se usa desde 2020. Este programa compara a la vez 180.000 calcos y busca parejas. Con este método, el centro ordenó los registros de unos 1.500 fragmentos de huesos oraculares. Antes, encontrar la pareja de un fragmento podía llevar de ocho a diez años. Ahora las candidatas aparecen en unos días[8].

La prueba que pasa a la unidad de la frase

Leer un solo carácter y entender una frase son tareas distintas. S-OBI, publicado a finales de junio de 2026, es un conjunto de pruebas que mide esta diferencia. Los investigadores extrajeron las preguntas de 95 calcos originales verificados por expertos. Hay 695 preguntas en total, y están diseñadas para responderse por frases completas. Después hicieron que varios grandes modelos de IA resolvieran las mismas preguntas. Los resultados mostraron diferencias claras entre modelos. También quedó claro que todavía es difícil captar el flujo de una frase completa[9].

Esta prueba mostró otro hecho. Los problemas de escritura oracular sobre huesos no se le dan bien a la IA general[9]. Incluso un modelo entrenado con textos de todo el mundo vacila ante frases de hace 3.000 años. Es porque se enfrenta a caracteres y usos gramaticales que no ha aprendido. Por eso continúan los estudios para volver a entrenar modelos específicos para huesos oraculares[5].

También apareció una investigación que va más allá de la superficie rota y une el contexto. Un equipo creó una tarea para decidir si dos frases estuvieron originalmente en el mismo hueso. Publicaron un conjunto de datos llamado OBID-ACR. Y propusieron un método que usa a la vez información sobre la forma de los caracteres e información sobre la frase[10]. Así se abrió una vía para conectar el contexto incluso antes de unir físicamente los fragmentos.

Materiales de referencia

- [1] 梁文艳. (2026, 5월 26일). 以科技赋能, 让甲骨文"活"起来. 中国青年报.
https://zqb.cyol.com/pc/content/202605/26/content_426168.html (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Chen, Z., Hua, W., Li, J., Zhu, Y., Zhi, X., Liu, Z., Chen, T., Zhang, W., & Zhai, G. (2026). Oracle bone inscriptions information processing: a comprehensive survey. npj Heritage Science, 14, 220.
<https://doi.org/10.1038/s40494-026-02511-w> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Liu, Y., Guan, H., Wang, P., Wang, X., Wan, J., Zhang, K., Zheng, H., Liu, X., Kuang, Z., Yang, H., Li, B., Liu, Y., Jin, L., & Bai, X. (2026). AlphaOracle: Oracle bone script decipherment via human-workflow-inspired deep learning. The Innovation, 7(11), 101462. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2026.101462>
- [4] Zhang, J., Li, R., Pang, H., Xia, D., Zhu, Z., Zhang, Q., Li, C., & Yang, X. (2026, 4월 8일). Specializing large models for oracle bone script interpretation via component-grounded multimodal knowledge augmentation. arXiv:2604.06711. <https://arxiv.org/abs/2604.06711> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Song, Z., Wang, Y., Ma, Z., Yu, Z., Wang, T., Zhang, J., Wang, T., & Yu, K. (2026, 6월 24일). OracleAnalyser: Analysing implicit semantics of oracle bone scripts through MLLMs with post-training. arXiv:2606.25906. <https://arxiv.org/abs/2606.25906> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [6] Guan, H., Yang, H., Wang, X., Han, S., Liu, Y., Jin, L., Bai, X., & Liu, Y. (2024). Deciphering oracle bone language with diffusion models. In Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.acl-long.831/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Zhang, C., Wang, B., Chen, K., Zong, R., Mo, B., Men, Y., Almpantidis, G., Chen, S., & Zhang, X. (2022). Data-driven oracle bone rejoining: A dataset and practical self-supervised learning scheme. In Proceedings of the 28th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 4482-4492). ACM. <https://doi.org/10.1145/3534678.3539050>
- [8] 北京日报. (2026, 8월 28일). 高校团队"唤醒"三千年前文明碎片. 新浪教育. <https://edu.sina.com.cn/l/2026-08-28/doc-inipwhrw0020843.shtml> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] Li, Z., Chen, Z., Chen, T., & Zhai, G. (2026, 6월 30일). Beyond single character: Evaluating MLLMs for sentence-level oracle bone inscription understanding. arXiv:2606.31169. <https://arxiv.org/abs/2606.31169> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Zhang, H., Wang, T., Zhang, Z., Li, B., Sun, H., Hou, C., Wang, N., Yu, Y., Jiao, Q., Xiong, J., & Liu, Y. (2026). A multi-modal dataset and method for bone-level association prediction in oracle bone inscriptions. npj Heritage Science, 14, 19. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-02282-w> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [11] Zhang, C., Zong, R., Cao, S., Men, Y., & Mo, B. (2020). AI-powered oracle bone inscriptions recognition and fragments rejoining. In Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-20), 5309-5311. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2020/779>

7.3. La verdad revelada

Cuando cambió un solo carácter, cambió el mapa

El primer resultado de AlphaOracle fue un solo carácter. Los investigadores introdujeron en este sistema un carácter discutido durante mucho tiempo. Es un carácter que más tarde dio lugar al carácter chino lao (勞)[1]. El sistema ordenó la forma de los trazos y la composición de sus componentes. Después buscó y enumeró otras frases en las que aparecía ese carácter. A continuación, comparó los resultados con conocimientos de textos antiguos y acotó su significado.

La respuesta propuesta por el sistema fue que ese carácter era un nombre de lugar o un nombre de clan. Un clan significa una familia de parientes que procede de un antepasado común. Era un resultado distinto de la interpretación que leía este carácter como una palabra que modifica la frase. Los investigadores afirmaron que esta interpretación fue revisada por especialistas en escritura antigua[1].

Cuando cambia el significado de un carácter, cambian todas las frases que lo contienen. Si es un nombre de persona, la frase cuenta la historia de un individuo. Si es un nombre de lugar, la misma frase se convierte en un registro de administración local. También hay que volver a dibujar cómo gobernaba la dinastía Shang ese territorio. Los investigadores informaron de que este resultado obliga a revisar la mirada sobre la administración y la sociedad Shang[1].

Lo importante en esta investigación no es la respuesta en sí. Es que el sistema ofreció también sus fundamentos. AlphaOracle muestra qué frases y qué componentes observó para escoger esa respuesta[1]. El especialista puede seguir esos fundamentos y decidir si está de acuerdo o no. La clave de esta investigación fue presentar una respuesta en una forma que las personas pudieran revisar.

El emparejamiento que llevaba años se redujo a unos días

También hubo resultados en el ensamblaje. Son los logros del programa Zhedada visto antes. Este programa encontró más de 300 parejas que los especialistas habían pasado por alto durante mucho tiempo[2]. Es una cifra añadida a las parejas buscadas a mano durante más de cien años.

El trabajo humano permaneció intacto. El especialista revisa una por una la lista que entrega la máquina. La verificación termina con la comparación del objeto real.

El laboratorio de la Anyang Normal University también presentó sus propios resultados. Hasta mayo de 2026, había unido 155 nuevos huesos oraculares. El mismo laboratorio identificó casi 7.000 casos de registros duplicados[3]. A veces un mismo hueso aparecía por separado en varios catálogos. Entonces un solo hueso se contaba como si fueran dos piezas distintas. El número de duplicados identificados es mucho mayor que el de nuevas uniones. Esto significa que el trabajo de la máquina no consiste solo en nuevos hallazgos, sino también en revisar registros antiguos.

Cuando los fragmentos se unen, la frase se alarga. A menudo en un lado queda solo la pregunta y en el otro está el resultado. Solo cuando dos fragmentos se encuentran, el día de la adivinación y lo que realmente ocurrió se conectan en una misma línea. Ya no son varios registros breves, sino el registro de un solo hecho.

Esta diferencia afecta de inmediato a la narración histórica. Si solo vemos registros cortados, los hechos parecen dispersos. Si vemos registros unidos, aparece el orden anterior y posterior. Se puede saber cuándo preguntó el rey y cuándo recibió el resultado.

Los 7.000 registros duplicados identificados tienen el mismo peso[3]. Si un mismo hueso se cuenta dos veces, el número de materiales ya queda distorsionado desde el principio. También puede ocurrir que una misma frase se cite como si fueran dos registros distintos. Al volver a comparar calcos a gran escala, la máquina filtró estos solapamientos. No es un hallazgo llamativo, pero es una tarea que endereza los materiales de base.

Los huesos dispersos al otro lado del mar se encuentran en la pantalla

La pared que bloqueaba el ensamblaje era la distancia. Si fragmentos desprendidos de un mismo hueso estaban en países distintos, no se podían poner uno junto a otro. Aunque se intercambiaran fotografías, no se podían conocer el grosor ni la curvatura. Los datos tridimensionales redujeron esa pared.

Los más de 900 materiales extranjeros vistos antes son un caso que cruzó esa pared[3]. Los objetos reales siguen en su lugar original. Lo que se trasladó fue la información sobre la forma de la superficie.

Un investigador de Anyang puede girar esos fragmentos en la pantalla y observarlos. También puede poner en la misma pantalla un fragmento de Pekín y otro de Europa, y probar si sus secciones encajan.

También cambió la forma de acceso público. Antes había que visitar la institución que conservaba la pieza para verla. Obtener permiso podía llevar meses. Ahora incluso un estudiante puede abrir materiales de huesos oraculares desde casa[3]. Cuando aumenta el número de personas que manejan los datos, aumentan también los ojos que los revisan. Y si aumentan los ojos, aumentan las oportunidades de filtrar parejas mal unidas.

Lo que la máquina todavía no puede hacer

Junto con los logros, también quedaron claros los límites. La prueba S-OBI, publicada a finales de junio de 2026, mostró esos límites con números. Varios grandes modelos de IA resolvieron los mismos problemas de frases en escritura oracular sobre huesos. Su rendimiento bajó más en los problemas que exigían entender toda la frase que en los de reconocer un solo carácter. La causa también apareció. El modelo empezó por leer mal caracteres que se conservaban bien. Como siguió razonando con ese error, la respuesta se desvió[4]. Captar el flujo de una frase de hace 3.000 años sigue dependiendo mucho de las personas.

El problema que exige más cuidado es la invención. La IA elige respuestas por probabilidad. En un campo con pocos datos de entrenamiento, como la escritura oracular sobre huesos, puede producir caracteres que parecen plausibles pero que nunca existieron. Tampoco hay abundantes datos de

lenguas vecinas con los que comparar la lengua de finales de la dinastía Shang[5]. Es una situación en la que resulta difícil comprobar la respuesta consultando un diccionario.

También persiste el sesgo de los datos. Los materiales de huesos oraculares reunidos hasta ahora se concentran en ciertos periodos y ciertos yacimientos. Una máquina entrenada con datos sesgados tiende a equivocarse cuando encuentra huesos oraculares de una zona desconocida. Un artículo de revisión publicado en 2026 también señaló la calidad y el equilibrio de los datos como tareas futuras[5].

Visto en números, todavía queda mucho camino. Aún quedan unos 3.000 caracteres cuyo significado se desconoce. El carácter que AlphaOracle resolvió con fundamentos era uno de ellos[1]. Si se piensa en el esfuerzo necesario para resolver un solo carácter, la tarea restante es grande. Aun así, cuando el método se ordena, el siguiente carácter se resuelve un poco más rápido.

El reparto de tareas entre personas y máquinas

Por eso, el método de investigación actual se ha asentado en situar a personas y máquinas lado a lado. La máquina presenta candidatas de forma amplia y ordena los fundamentos. La persona verifica esas candidatas con textos y objetos reales.

La reducción del tiempo de análisis vista antes también es resultado de esta división del trabajo. La máquina no sustituyó el juicio humano, sino que filtró de antemano los materiales que la persona debía revisar. Esa es también la razón por la que los expertos respondieron que esta herramienta era útil[1].

En el ensamblaje se consolidó el mismo método. El programa termina en unos días una comparación que antes llevaba varios años[2]. El especialista lleva esas candidatas al depósito. Enfrenta los huesos reales y comprueba si las secciones encajan. El juicio final se realiza en la punta de los dedos humanos.

Esta división del trabajo tiene una condición. Los fundamentos de la respuesta que da la máquina deben ser visibles para la persona. Si no se ven los fundamentos, el especialista no tiene forma de comprobarla. Una respuesta que no puede comprobarse no puede entrar en la narración histórica. Esa es también la razón por la que AlphaOracle dividió el proceso en etapas[1].

Hace 3.000 años, el rey de la dinastía Shang preguntaba por el futuro observando las grietas del hueso. El investigador de hoy pregunta por el pasado observando las secciones rotas del mismo hueso. La dirección de la pregunta es opuesta, pero las marcas que se miran siguen siendo las mismas.

Materiales de referencia

- [1] Liu, Y., Guan, H., Wang, P., Wang, X., Wan, J., Zhang, K., Zheng, H., Liu, X., Kuang, Z., Yang, H., Li, B., Liu, Y., Jin, L., & Bai, X. (2026). AlphaOracle: Oracle bone script decipherment via human-workflow-inspired deep learning. *The Innovation*, 7(11), 101462. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2026.101462>
- [2] 北京日报. (2026, 8월 28일). 高校团队"唤醒"三千年前文明碎片. 新浪教育. <https://edu.sina.com.cn/l/2026-08-28/doc-inipwhrw0020843.shtml> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] 梁文艳. (2026, 5월 26일). 以科技赋能, 让甲骨文"活"起来. 中国青年报. https://zqb.cyol.com/pc/content/202605/26/content_426168.html (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Li, Z., Chen, Z., Chen, T., & Zhai, G. (2026, 7월 1일). Beyond single character: Evaluating MLLMs for sentence-level oracle bone inscription understanding. *arXiv:2606.31169*. <https://arxiv.org/abs/2606.31169> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Chen, Z., Hua, W., Li, J., Zhu, Y., Zhi, X., Liu, Z., Chen, T., Zhang, W., & Zhai, G. (2026). Oracle bone inscriptions information processing: a comprehensive survey. *npj Heritage Science*, 14, 220. <https://doi.org/10.1038/s40494-026-02511-w> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 8. La caligrafía rescatada del barro: tablillas de Silla y la IA que lee cursiva

8.1. Archivo del caso

La época en que se escribía sobre madera

Hubo un tiempo en que el papel era valioso. En la antigua Asia oriental, las personas alisaban madera en láminas finas y escribían sobre ellas. A estas placas de madera con letras se las llama tablillas de madera. Las tablillas de madera suelen tener el ancho de dos o tres dedos juntos. Muchas miden algo más de un palmo de largo. Algunas están talladas como pequeños pilares. En esas tablillas se puede escribir en las cuatro caras. Se llaman tablillas de madera de varias caras porque son placas de madera con escritura en varias superficies.

Las tablillas de madera tenían varios usos. Uno era servir de etiqueta colgada de un objeto. Cuando se enviaban cereales o pescado salado desde las regiones a la capital real, se ataba una tablilla con una cuerda. En ella se escribían el nombre de la localidad remitente, el nombre del producto y la cantidad. Otro uso era el documento oficial. Han aparecido tablillas con el nombre y el rango de funcionarios, los objetos recibidos y la fecha[1]. También hay tablillas de práctica, en las que se escribió varias veces el mismo carácter chino para aprender a escribir.

La madera era más resistente que el papel y podía reutilizarse. Cuando una tablilla dejaba de servir, se raspaba finamente la superficie con un cuchillo. Al aparecer una cara nueva, se volvía a escribir sobre ella. En los yacimientos aparecen también las finas virutas de madera producidas por ese raspado. A esos restos se los llama sakseol. Significa virutas de madera raspadas para borrar la escritura. Esto se ve en las 329 piezas relacionadas con tablillas de madera halladas en el yacimiento de Gwanbuk-ri, en Buyeo. De ellas, 247 eran sakseol. Esto significa que cerca había una instalación donde se producían y corregían documentos[1].

Hay una razón por la que los historiadores valoran tanto las tablillas de madera. Los libros de historia suelen escribirse después de que los hechos hayan terminado. Entran en ellos el juicio de quien escribe y las circunstancias de la dinastía. Las tablillas de madera se acercan más a registros del trabajo del mismo día. No son textos adornados para mostrarlos a generaciones posteriores. Queda tal cual quién envió cuántos seom de grano y cuándo. Estos registros creados en el momento de los hechos se llaman fuentes primarias. En las tablillas también hay caracteres mal escritos y partes corregidas. Por eso los investigadores comparan varias piezas unas junto a otras.

Las tablillas de madera aparecen tanto en la península coreana como en el archipiélago japonés. Ambas zonas eran sociedades que producían documentos en caracteres chinos. A la vez, buscaron modos de escribir sus propias lenguas. Los habitantes de Silla mezclaron el significado y el sonido de los caracteres chinos para escribir el orden de palabras de su lengua. Esta forma de escritura se llama idu y hyangchal. Los japoneses también tomaron prestados los sonidos de los caracteres chinos para escribir su lengua. Las tablillas de madera son pruebas materiales de cuándo comenzaron estos intentos. Esto se debe a que casi no se conservan documentos en papel. Por eso continúan los estudios que comparan las tablillas de ambos países.

Mil años protegidos por el barro

Los lugares donde aparecen tablillas de madera suelen estar definidos. Son fondos de estanques junto a palacios. Son humedales con agua acumulada dentro de murallas. Son capas de barro que rellenaron zanjas. La madera usada y desechada por la gente se hundió en el agua y quedó enterrada tal cual.

En el barro bajo el agua casi no entra aire. Lo que pudre la madera suelen ser microorganismos que viven respirando aire. Cuando se bloquea el aire, esos microorganismos pierden fuerza. Quedan microorganismos que viven sin aire. Aun así, la velocidad de descomposición de la madera baja mucho. Por eso la madera conservó su forma durante más de mil años. Incluso en tierras donde el cuero y el papel desaparecen sin dejar rastro, las tablillas de madera permanecieron. No fue una tumba, sino un basurero, lo que protegió los registros.

Pero se produjeron otros cambios. El agua penetró en la madera y llenó las paredes celulares. También entraron el hierro y varios minerales del suelo. La madera quedó empapada de agua. A esta madera se la llama madera saturada de agua.

La madera saturada de agua no debe sacarse y secarse sin más. Al perder agua, se encoge de golpe y se agrieta. Por eso, en las excavaciones, las tablillas se meten de inmediato en recipientes con agua. En el laboratorio de conservación, el agua del interior de la madera se sustituye poco a poco por productos químicos. Solo este proceso puede durar de meses a años. La lectura debe terminarse antes. Esto se debe a que el tratamiento puede cambiar el color de la superficie.

Letras negras sobre madera negra

La madera impregnada de minerales se oscurece. Muchas piezas pasan del marrón al negro intenso. A este fenómeno, por el que la madera se vuelve negra, se lo llama ennegrecimiento. El problema está en el material de la escritura. Los antiguos quemaban pino y mezclaban el hollín con cola para fabricar tinta. El componente principal de la tinta es el carbono, y su color es negro.

Hay letras escritas con tinta negra sobre madera ennegrecida. Por mucha luz intensa que se proyecte, no se distinguen una de otra. Además, durante los largos años bajo el agua, se desprendió gran parte de las partículas de tinta. Las líneas verticales oscuras de la veta se mezclan con las huellas del pincel. La tierra y los materiales corroídos rellenan los surcos por donde pasó el pincel. Al ojo humano le cuesta incluso saber si hay letras.

Cuando la lectura es difícil, también se dividen las teorías. Una misma tablilla puede ser leída por distintos especialistas como caracteres chinos diferentes. Si cambia un carácter, cambia el significado de la frase y también la interpretación histórica. Por eso los investigadores de tablillas de madera llevan mucho tiempo buscando ojos nuevos. Necesitaban una herramienta que captara lo que el ojo humano pierde.

Las tablillas que hay que leer siguen aumentando. En la fortaleza de Seongsan, en Haman, provincia de Gyeongnam, han aparecido de forma continua tablillas de madera de Silla. También en agosto de 2025 se identificaron dos nuevas tablillas con inscripción[2]. Inscripción significa las letras escritas sobre un objeto arqueológico. En el yacimiento de Gwanbuk-ri, en Buyeo, provincia de Chungnam, apareció un gran conjunto de tablillas de madera del periodo Sabi de Baekje[1]. En la fortaleza de Daemosanseong, en Yangju, provincia de Gyeonggi, apareció una tablilla estimada del siglo V. Si es correcto, sería uno de los materiales escritos de Baekje más tempranos conocidos hasta ahora[3].

En Japón ocurre lo mismo. El Instituto Nacional de Investigación de Bienes Culturales de Nara reúne y publica información sobre tablillas halladas en distintas zonas. Esta base de datos se llama Mokkan-ko[4]. Allí no se busca solo por las letras escritas en las tablillas. También se puede buscar por uso, periodo, material y lugar de hallazgo[5]. Así se acumula la madera que queda por leer.

Materiales de referencia

[1] 파이낸셜뉴스. (2026, 2월 5일). 부여 관북리 '백제 피리' 첫 확인..목간 329점 무더기 발견. 파이낸셜뉴스.
<https://www.fnnews.com/news/202602051448564101> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [2] 경남일보. (2025, 8월 7일). 함안 성산산성서 새로운 목간 2점 명문 확인. 경남일보.
<https://www.gnnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=616028> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] 뉴시스. (2025, 11월 20일). 1500년 전 '백제 문자' 깨어났다...양주 대모산성서 5세기 목간 출토. 뉴시스.
https://www.newsis.com/view/NISX20251120_0003410107 (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] 奈良文化財研究所. 木簡庫(MOKKAN-KO). <https://mokkanko.nabunken.go.jp/ja/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] カレントアウェアネス・ポータル. (2018).
奈良文化財研究所、木簡に関する情報を検索するシステム「木簡庫」(MOKKAN-KO)を公開. 国立国会図書館.
<https://current.ndl.go.jp/car/35714> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

8.2. Seguimiento del equipo de investigación científica 1: una lupa digital para la tinta

Usar luz invisible

El ojo humano solo ve una franja estrecha de luz. También hay luz más allá del rojo del arcoíris. Esa luz se llama infrarroja. Tiene una longitud de onda larga, por lo que el ojo no la capta, pero una cámara sí puede registrarla. La señal que un mando a distancia envía al televisor también es infrarroja.

La razón para usar infrarrojos en la lectura de tablillas de madera está en las propiedades de los materiales. Las partículas de carbono de la tinta absorben bien los infrarrojos. La veta ennegrecida de la madera devuelve mucha luz infrarroja. Dos sustancias que al ojo humano parecen igual de negras se separan ante una cámara infrarroja. La parte que absorbe aparece oscura, y la parte que refleja aparece clara. Las huellas del pincel que parecían desaparecidas emergen en la fotografía.

La luz que se usa principalmente es infrarrojo cercano, alrededor de 800 nanómetros de longitud de onda. Un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro. La luz roja que ve el ser humano termina cerca de los 700 nanómetros. Esto significa que se usa la luz justo más allá de ese límite. La fotografía se hace en una sala donde se bloquea la luz exterior. La luz se distribuye de forma uniforme para que no se concentre en un lado. Si ilumina solo desde un lado, se forman sombras largas en cada hendidura de la veta.

La fotografía infrarroja se ha convertido en un procedimiento básico de la investigación de tablillas de madera. En los informes de excavación, junto a la fotografía de una tablilla suele colocarse una fotografía infrarroja. El Instituto Nacional de Investigación de Bienes Culturales de Nara desarrolló desde temprano dispositivos para hacer más claras las imágenes de letras de tablillas con cámaras infrarrojas[1].

Del infrarrojo al hiperspectral

Una sola fotografía infrarroja no devuelve la vida a todos los caracteres. Según la posición de las manchas y el estado de la veta, las longitudes de onda que se ven bien son distintas. Así apareció el método de la imagen hiperspectral.

Una fotografía normal guarda solo tres valores: rojo, verde y azul. La imagen hiperspectral es distinta. Divide una escena en decenas o cientos de franjas estrechas de longitud de onda y la fotografía por separado. Puede imaginarse como separar la luz en finos colores de arcoíris y fotografiarlos uno por uno. En cada punto de la imagen se registra una serie de valores de brillo según la longitud de onda. Por eso, en lugar de una sola fotografía, se crea un grueso paquete de imágenes.

Al comparar esos valores, se puede distinguir dónde queda tinta y dónde hay manchas de tierra. Esto se debe a que la tinta y la tierra cambian de brillo de forma distinta según la longitud de onda. Algunos caracteres se ven bien cerca de los 900 nanómetros. Otros reaparecen en otra franja. El investigador

elige intervalos de longitud de onda y busca la combinación que se lea mejor. A veces el ordenador compara automáticamente varias franjas y reduce las opciones. Así se reduce mediante cálculo una tarea que antes una persona revisaba imagen por imagen.

El Instituto Nacional de Investigación del Patrimonio Cultural de Gaya usó este método por primera vez en 2025. Introdujo imágenes hiperespectrales en la lectura de las tablillas de madera de la fortaleza de Seongsan, en Haman. El instituto declaró que este método es más preciso que la fotografía infrarroja existente. Explicó que puede recuperar incluso caracteres difíciles de reconocer a simple vista o con fotografía común[2].

Buscar letras por la forma de las letras

Aunque la fotografía se vuelva clara, queda otro problema. Hay que decidir qué carácter chino corresponde a una huella borrosa de pincel. Los caracteres escritos en cursiva cambian mucho de forma. También hay muchos caracteres de los que quedan pocos trazos. Los caracteres chinos son decenas de miles, por lo que incluso buscar en diccionarios tiene límites para una persona.

El Instituto Nacional de Investigación de Bienes Culturales de Nara y el Instituto Historiográfico de la Universidad de Tokio crearon un sistema para ayudar en esta tarea. Se llama Mojizo. El usuario recorta y sube la imagen del carácter que quiere leer. El sistema busca entre imágenes de caracteres reunidas de tablillas de madera y documentos antiguos. Luego muestra las que tienen formas parecidas[3]. La persona mira las opciones y decide. No es una máquina que fija la respuesta, sino una herramienta de búsqueda que presenta casos similares.

Lo que cambiaron estas herramientas fue el orden del trabajo. Antes, el especialista pensaba posibles lecturas apoyándose en su memoria y en diccionarios de caracteres. Ahora, la máquina selecciona primero letras parecidas entre decenas de miles de casos. La persona elige dentro de una lista reducida tras valorar el contexto. El tiempo necesario para la lectura se ha reducido mucho.

Distinguir los trazos dibujados por la máquina

La IA generativa actual vuelve nítidas las imágenes borrosas. Une líneas cortadas y rellena vacíos. Si se aplica esta tecnología a fotografías de tablillas, el resultado se ve mejor. Pero ahí hay una trampa.

Los trazos rellenados por la máquina no son tinta real que haya quedado sobre la madera. Son conjeturas extraídas del promedio de decenas de miles de escrituras aprendidas. Si queda un dibujo redondeado en la veta, la máquina puede leerlo como un trazo redondo. Entonces aparece de forma convincente un carácter que originalmente no existía. La fuente se contamina y la interpretación histórica se desvía.

Por eso hay reglas en el trabajo de investigación. La fotografía original y el resultado corregido deben publicarse siempre juntos. Se distingue y se marca qué restos de tinta se comprueban realmente y qué píxeles fueron creados por la máquina. La respuesta de la máquina se trata como una lista de candidatos, no como una conclusión. La lectura final la hace una persona. Cuando se publica una propuesta de lectura, también se indican el equipo usado y las condiciones de fotografía.

La preparación a escala gubernamental también está en marcha. El Consejo Asesor Nacional de Ciencia y Tecnología aprobó el 16 de abril de 2026 el plan de ejecución de la Administración del Patrimonio Nacional. Es un plan para incorporar IA, robots y sensores a la investigación y restauración del patrimonio nacional entre 2026 y 2030. La inversión de este año asciende a 14.000 millones de wones. De ellos, 4.400 millones de wones se asignaron al desarrollo de tecnologías avanzadas e inteligentes de conservación[4]. El Museo Nacional de Gimhae celebró un simposio académico el 23 de junio de 2026. El tema fue la mirada científica en la investigación del patrimonio de Gaya. Hubo siete ponencias sobre

análisis no destructivo, restauración digital y tecnología de microscopía de rayos X tridimensional[5]. Los métodos para mirar dentro de objetos que no podían verse a simple vista se están extendiendo más allá de las tablillas de madera.

Materiales de referencia

- [1] 奈良文化財研究所. 赤外線カメラを利用した木簡文字画像鮮明化システムの開発. 学術機関リポジトリデータベース. <https://irdb.nii.ac.jp/01144/0004944317> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] 경남일보. (2025, 8월 7일). 함안 성산산성서 새로운 목간 2점 명문 확인. 경남일보. <https://www.gnnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=616028> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] 奈良文化財研究所, 東京大学史料編纂所. 木簡・くずし字解読システム MOJIZO. <https://aimojizo.nabunken.go.jp/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] 뉴시스. (2026, 4월 16일). "AI, 블록체인으로 국가유산 보존관리"...과기자문회의, 유산청 시행계획 의결. 뉴시스. https://www.newsis.com/view/NISX20260416_0003594216 (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] 경남일보. (2026, 6월 17일). 국립김해박물관, 23일 '가야학술제전' 심포지엄 개최. 경남일보. <https://www.gnnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=639314> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

8.3. Seguimiento del equipo de investigación científica 2: KuroNet y Miwo

La escritura enlazada no puede dividirse

En Japón quedan millones de documentos antiguos usados hasta el periodo Edo. Estos documentos están escritos en una caligrafía cursiva llamada kuzushiji. El kuzushiji es una escritura manuscrita usada durante más de mil años desde el siglo VIII. En 1900, Japón cambió su sistema de escritura. Después dejó de enseñar esta escritura en las escuelas. Por eso, la mayoría de los japoneses actuales no puede leer ni siquiera libros de hace 150 años[1].

La dificultad no está solo en la forma de los caracteres. Hay una manera de escribir con pincel que enlaza varios caracteres sin levantarlo del papel. El trazo final del carácter anterior se une con el primer trazo del siguiente. Entonces no queda una frontera entre un carácter y otro. Una línea entera parece una sola línea larga.

Durante mucho tiempo, el reconocimiento informático de caracteres funcionó con el mismo orden. Primero recortaba cada carácter en una caja cuadrada. Después adivinaba qué carácter era la imagen dentro de esa caja. Este método necesita fronteras para funcionar. Ante la escritura cursiva enlazada, se derrumbaba desde el primer paso. Si el comienzo era erróneo, también lo era lo siguiente, así que no había forma de elevar la precisión.

KuroNet, que no divide los caracteres

El equipo del Centro de Datos Abiertos para las Humanidades de Japón abrió otro camino. Tarin Clanuwat, Alex Lamb y Asanobu Kitamoto crearon juntos un modelo. Se llama KuroNet. Se presentó por primera vez en 2019 en la Conferencia Internacional sobre Análisis y Reconocimiento de Documentos[1]. En 2020 se refinó su estructura y se publicaron de nuevo los resultados en una revista académica[2].

KuroNet no corta los caracteres de antemano. Recibe una página completa de un documento antiguo. La estructura central del modelo es U-Net. U-Net reduce poco a poco la imagen y extrae rasgos. Después la vuelve a ampliar hasta su tamaño original. Es una red neuronal. La parte que reduce y la que amplía son simétricas. Por eso se dibuja con forma de U. Al reducir, aprende el grosor y la dirección de los trazos del pincel. Al ampliar, devuelve esa información a su posición original.

Esta red neuronal predice dos cosas a la vez en toda la página. Una es dónde está el centro del carácter. La otra es qué carácter hay en esa posición. El resultado aparece como un mapa de probabilidades. Es

una imagen que marca en distintos puntos de la pantalla dónde puede haber caracteres. Si se siguen las zonas de alta probabilidad, se fijan a la vez la posición y el nombre del carácter. Como no hay una fase de corte, tampoco se viene abajo ante la escritura corrida.

Para el aprendizaje se usaron datos creados por el Instituto Nacional de Literatura Japonesa. Se llaman dataset Kuzushiji de clásicos japoneses. Contienen más de un millón de muestras de caracteres[2]. El mismo equipo publicó una versión reducida para que los investigadores de aprendizaje automático pudieran usarla con facilidad. Es Kuzushiji-MNIST, creada a partir de los datos de números manuscritos. También publicó una versión con más caracteres y otra formada solo por caracteres chinos[3]. Gracias a ello, investigadores que no conocían los clásicos japoneses pudieron entrar en este problema.

KuroNet cedió su tarea en octubre de 2022. El modelo de reconocimiento pasó a llamarse Ruri[4]. Ruri es un modelo que adapta la tecnología de detección de objetos a la escritura corrida. Lee mejor que antes incluso cuando el color o el dibujo del fondo detrás de los caracteres son complejos. Se entrenó reforzando el mismo dataset y lee caracteres que antes no podía leer[5].

Miwo en la palma de la mano

El siguiente reto fue meter en un teléfono móvil el modelo que funcionaba en servidores. La aplicación que salió de ahí fue Miwo. Se publicó por primera vez el 30 de agosto de 2021[5]. En japonés se escribe *みを* y en inglés se escribe Miwo[6].

Su uso es sencillo. Se fotografía un documento antiguo con la cámara del teléfono. Poco después aparece en la pantalla el resultado pasado a caracteres actuales. El original y el resultado pueden compararse superpuestos con un deslizador. También se indica cuál era el hentaigana. El hentaigana es una forma antigua de hiragana que ya no se usa. Hay una función para exportar el resultado como archivo de texto. Las fotografías tomadas no se guardan en el servidor. Puede usarse gratis tanto en Android como en iPhone[6].

Desde la versión 1.1, publicada el 26 de octubre de 2022, el modelo de reconocimiento cambió a Ruri[5]. Ese mismo mes la aplicación recibió el Good Design Award de 2022[7]. Los registros de uso siguieron acumulándose. Desde su publicación, el número de imágenes reconocidas era de 3.523.373 a fecha de 3 de septiembre de 2026[6]. Esto significa que la gente está fotografiando documentos antiguos en bibliotecas, templos y archivos locales.

La ciudadanía lee junta

El método en que la máquina lee primero y la persona corrige se usa en otros lugares. Existe un proyecto en línea de transcripción llamado Minna de Honkoku. La transcripción consiste en pasar la escritura antigua a caracteres actuales. Se escribe Minna de Honkoku y significa transcribir entre todos. Empezó en 2017 en el Grupo de Investigación de Antiguos Terremotos de la Universidad de Kioto. Ahora lo gestionan juntos el Museo Nacional de Historia Japonesa y el Instituto de Investigación de Terremotos de la Universidad de Tokio[8].

La forma de participar está abierta. Cualquiera puede transcribir documentos antiguos si tiene un navegador de internet. En la pantalla aparece un primer resultado leído por la inteligencia artificial. La persona solo tiene que corregir los caracteres erróneos. Este sitio usa el servicio de reconocimiento de kuzushiji del Centro de Uso Compartido de Datos Abiertos para Humanidades. Hasta ahora, unos 10.800 participantes han transcrito más de 48 millones de caracteres[8].

El texto transcrito no se acumula sin más. Las respuestas correctas corregidas por personas vuelven a convertirse en material de aprendizaje. Si aumenta el material de aprendizaje, el modelo mejora. Si el

modelo mejora, el primer resultado se vuelve más preciso y hace falta menos intervención humana. Cuando este ciclo empieza a funcionar, gana velocidad.

El uso de los documentos leídos también es amplio. Este proyecto lo iniciaron investigadores de terremotos. En antiguos diarios y documentos oficiales están escritas las fechas y los daños de terremotos, maremotos y malas cosechas. Si los registros que no podían tocarse por la escritura corrida se convierten en datos, se pueden contar los ciclos de desastres del pasado. La vieja caligrafía se convierte en material actual de prevención de desastres.

Hasta aquí llega la historia de los documentos antiguos japoneses en papel. KuroNet, Ruri y Miwo son modelos que leen kuzushiji escrito en papel. Todavía no se ha confirmado un caso en que este modelo haya leído automáticamente tablillas de madera halladas en el barro. Las tablillas de madera tienen pocos caracteres, su base es madera y mucha tinta se ha borrado. Tampoco se han acumulado tantos datos correctos para el aprendizaje como en los documentos antiguos en papel. Si se reúnen más datos de tablillas de madera de Corea y Japón, la situación puede cambiar. Por ahora es una expectativa, no un logro.

Materiales de referencia

- [1] Clanuwat, T., Lamb, A., & Kitamoto, A. (2019). KuroNet: Pre-modern Japanese Kuzushiji character recognition with deep learning. 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 607-614. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00103>
- [2] Lamb, A., Clanuwat, T., & Kitamoto, A. (2020). KuroNet: Regularized residual U-Nets for end-to-end Kuzushiji character recognition. SN Computer Science, 1, 177. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00186-z>
- [3] Clanuwat, T., Bober-Irizar, M., Kitamoto, A., Lamb, A., Yamamoto, K., & Ha, D. (2018). Deep learning for classical Japanese literature. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1812.01718>
- [4] ROIS-DS 人文学オープンデータ共同利用センター. KuroNetくずし字認識サービス(AI OCR). CODH. <https://codh.rois.ac.jp/kuronet/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] ROIS-DS 人文学オープンデータ共同利用センター. みを(miwo)とは? CODH. <https://codh.rois.ac.jp/miwo/about/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] ROIS-DS 人文学オープンデータ共同利用センター. みを(miwo): AIくずし字認識アプリ. CODH. <https://codh.rois.ac.jp/miwo/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] 国立情報学研究所. (2022, 10월 26일). 世界初のAIくずし字認識アプリ「みを(miwo)」が2022年度グッドデザイン賞を受賞. 国立情報学研究所. <https://www.nii.ac.jp/news/release/2022/1026.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] みんなで翻刻. みんなで翻刻について. <https://honkoku.org/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

8.4. La verdad revelada

La vida doméstica de la realeza que mostraron las tablillas de madera de Wolji

Donggung y Wolji, en Gyeongju, son un palacio secundario y un estanque de la realeza de Silla Unificada. En la excavación de Wolji de 1975 aparecieron por primera vez tablillas de madera. Después continuaron las investigaciones y aumentó la cantidad. El Museo Nacional de Gyeongju expone en la Sala Wolji los objetos hallados en este lugar[1].

Las tablillas de madera de Wolji muestran el día a día de la realeza. Algunas eran etiquetas que se colgaban de vasijas. Las tablillas de madera usadas como etiquetas tienen ranuras a izquierda y derecha en el extremo. Por esas ranuras se pasaba una cuerda para atarlas a los objetos. Su uso se parece al de una etiqueta de envío actual. En las tablillas de madera halladas en Wolji aparecen los caracteres nokgap y ong. Nokgap es pescado salado fermentado hecho con ciervo, y ong es una vasija. Esto significa que la realeza de Silla gestionaba estos alimentos anotando el tipo de fermentado y el momento de preparación[2].

Estos registros no aparecen en los libros de historia. Samguk Sagi registró reyes, guerras e instituciones. No escribió qué entraba en la cocina. Las tablillas de madera llenan ese hueco. Una tabla de madera en el barro se convierte en libro de cuentas del palacio.

La Sociedad Coreana de Estudios de Tablillas de Madera y el Museo Nacional de Gyeongju celebraron un congreso internacional los días 3 y 4 de abril de 2026. El tema fue el espacio y la vida escrita en Gyeongju, capital real de Silla. Se celebró durante dos días en el Centro de Convenciones Hwabaek de Gyeongju. Se pusieron en común materiales del foso de Wolseong, Donggung y Wolji. Fue un intento de volver a dibujar la capital real de Silla mediante tablillas de madera, estelas e inscripciones con tinta. Investigadores de Corea y Japón presentaron trabajos juntos[3].

El informe de castigo de las tablillas de madera de la fortaleza de Seongsansanseong

La fortaleza de Seongsansanseong, en Haman, es una fortaleza de montaña construida por Silla en el siglo VI. En el humedal del interior de la muralla siguieron apareciendo tablillas de madera. A fecha de agosto de 2025, las tablillas de madera con escritura en tinta halladas allí eran 247. Es más de la mitad de las tablillas de madera antiguas encontradas en Corea[4].

Las dos piezas leídas de nuevo en la 18.^a excavación fueron hechas con madera de pino. Una es una tablilla de madera multifacial con escritura en cuatro lados. La otra es una tablilla de madera escrita por ambas caras[4]. La tablilla multifacial contenía información administrativa en tres de sus cuatro lados. Es un registro de un castigo impuesto a una persona[5]. Se considera que fue hecha a mediados del siglo VI[4].

Esta lectura fue el resultado obtenido con las imágenes hiperespectrales vistas antes. Revivieron caracteres que no podían reconocerse ni a simple vista ni en fotografías normales[4]. El informe de un funcionario menor de Silla que pasó más de mil años en el barro volvió a ser una frase. En las tablillas de madera de Seongsansanseong también aparecen muchos nombres de localidades que enviaron grano. Son materiales que muestran cómo Silla dividía y gobernaba las regiones en el siglo VI. También permiten seguir por qué camino llegaban los impuestos hasta la fortaleza.

El montón de documentos del palacio real de Baekje

El yacimiento de Gwanbuk-ri, en Buyeo, es conocido como el lugar del palacio real de Baekje en el período Sabi. El Instituto Nacional de Investigación del Patrimonio Cultural de Buyeo realizó la 16.^a excavación en 2024 y 2025. Allí salieron 329 piezas relacionadas con tablillas de madera. Había 82 tablillas con escritura y 247 virutas de escritura[6]. Es la mayor cantidad en un solo yacimiento nacional y pertenece a una fase temprana de las tablillas de madera del período Sabi[7].

Entre las tablillas de madera hay algunas con fechas. Aparecen los signos cíclicos gyeongsinnyeon y gyehaenyeon. Se consideran, respectivamente, los años 540 y 543. Esto significa que son registros de poco después de que Baekje trasladara la capital de Ungjin a Sabi. Se confirmaron juntos registros de personal de funcionarios, libros de cuentas de las finanzas del Estado y nombres de cargos oficiales[7]. También apareció por primera vez un instrumento de viento real de Baekje hecho de bambú[8].

Los días 22 y 23 de julio de 2026 se celebró un congreso internacional. Lo organizaron juntos el Instituto Nacional de Investigación del Patrimonio Cultural de Buyeo, la Sociedad Coreana de Estudios de Tablillas de Madera y la Sociedad de Estudios de Baekje. El tema fueron los instrumentos y las tablillas de madera del yacimiento de Gwanbuk-ri, en Buyeo. Se celebró en Haeundae-gu, Busan. Empezó con la conferencia inaugural de Park Soon-bal, profesor emérito de la Universidad Nacional de Chungnam. Se presentaron doce trabajos en tres secciones. Investigadores de Corea, China y Japón examinaron juntos el significado de las tablillas de madera de Gwanbuk-ri[8].

Ante una estela se actúa con cautela

El método que funcionó con tablillas de madera no funciona con todos los caracteres antiguos. Si la base cambia a piedra, la situación cambia. La estela del rey Gwanggaeto es un ejemplo. Esta estela, levantada en 414, contiene grabada la historia de Goguryeo. La superficie de la estela se desgastó tras soportar mucho tiempo la lluvia y el viento. Aquí no hay que leer tinta, sino surcos excavados.

Por eso los investigadores comparan calcos. El calco de la piedra original es el calco tomado antes de aplicar cal a la superficie de la estela. En origen se obtenía colocando papel sobre la piedra y golpeándolo directamente. Hasta ahora se han confirmado poco más de diez ejemplares. A finales del siglo XIX apareció otra cosa. Es el calco con cal, tomado tras aplicar cal a la superficie de la estela para que los caracteres se vieran con claridad. También se hicieron varios ejemplares llamados ssanggugamukbon. Consistían en poner papel sobre la inscripción y trazar líneas alrededor de los caracteres. Luego se rellenaban los espacios con tinta oscura para que parecieran calcos. Esto no es un calco obtenido a golpes, sino una copia dibujada. Durante su elaboración, los caracteres podían trasladarse mal[9]. Por eso un mismo carácter llegó a verse distinto según el calco.

El centro del debate es la frase del año sinmyo. La interpretación de esta frase se entrelazó con la historia antigua de las relaciones entre Corea y Japón y fue discutida durante mucho tiempo. La cuestión era si los caracteres habían sido alterados por mano humana[10]. Para conocer los caracteres originales, hay que comparar los primeros calcos de la piedra original con varios calcos con cal. Primero hay que establecer criterios para distinguir cada calco[9].

Circula la idea de que la medición tridimensional y la inteligencia artificial dieron respuesta a este debate. Al comprobarlo, muchas veces no se encuentra el estudio presentado como base. La expectativa de que el método que funcionó con tablillas de madera funcione también en estelas no es lo mismo que un resultado real de investigación. La tecnología vista antes hace visible lo que no se veía. Decidir el significado de lo que se ha hecho visible viene después.

Por eso la conclusión tiene dos capas. Las imágenes infrarrojas e hiperespectrales revivieron la tinta desaparecida en tablillas de madera de Silla y Baekje. El modelo de reconocimiento sin segmentación leyó la escritura corrida de documentos antiguos japoneses en papel que no podía dividirse. Los objetos tratados por ambas tecnologías son distintos, pero la dirección es la misma. La máquina señala primero los trazos que el ojo humano pasó por alto. Al mismo tiempo, si no hay una disciplina que distinga los trazos dibujados por la máquina de los trazos que quedan en el original, la misma tecnología crea una historia que no existía. Quien despertó la caligrafía fue la máquina, pero quien responde por ese texto es la persona.

Materiales de referencia

- [1] 국립경주박물관. 월지관. 국립경주박물관. <https://gyeongju.museum.go.kr/kor/html/sub02/0201.html> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] 국사편찬위원회. 목간. 우리역사넷. https://contents.history.go.kr/mobile/tt/view.do?levelId=tt_b36 (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] 경북일보. (2026, 3월 31일). 1500년 전 신라의 목소리 깨어난다...경주서 국제 목간 학술대회. 경북일보. <https://www.kyongbuk.co.kr/news/articleView.html?idxno=4068614> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] 경남일보. (2025, 8월 7일). 함안 성산산성서 새로운 목간 2점 명문 확인. 경남일보. <https://www.gnnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=616028> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] 경남도민일보. (2025, 8월 7일). 누군가를 처벌한 신라 행정 보고, 함안 성산산성 목간서 확인. 경남도민일보. <https://www.idomin.com/news/articleView.html?idxno=943461> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] 파이낸셜뉴스. (2026, 2월 5일). 부여 관북리 '백제 피리' 첫 확인..목간 329점 무더기 발견. 파이낸셜뉴스. <https://www.fnnews.com/news/202602051448564101> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

- [7] 경향신문. (2026, 2월 17일). 부여 관북리서 발견된 목간 329점, '백제 피리'만큼이나 중요한 이유. 경향신문.
<https://www.khan.co.kr/article/202602171427001> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] 이데일리. (2026, 7월 21일). 백제 왕궁터 출토 목간 329점·횡적 발굴 성과, 국제학술대회서 조명. 이데일리.
<https://edaily.co.kr/News/Read?mediaCodeNo=257&newsId=03276726645516816> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] 국립중앙박물관. 광개토대왕비 탁본. 국립중앙박물관 큐레이터 추천 소장품.
<https://www.museum.go.kr/MUSEUM/contents/M0501000000.do?schM=view&relicRecommendId=254462>
(consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] 국사편찬위원회. 광개토대왕릉비. 우리역사넷. https://contents.history.go.kr/mobile/kc/view.do?levelId=kc_r100300
(consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 9. El enigma perdido del Egeo: Lineal A y la retícula geométrica

9.1. Archivo del caso

Tres escrituras halladas en los palacios de Creta

En el sur del Egeo se encuentra la isla de Creta. En esta isla creció la civilización minoica durante la Edad del Bronce. Los minoicos construían barcos y navegaban por el Mediterráneo. Transportaban aceite de oliva, vino y cereal. El palacio recogía esos productos y luego los distribuía entre la población.

Hacia 1900, el arqueólogo británico Arthur Evans excavó las ruinas del palacio de Cnosos. Encontró bajo tierra tablillas de arcilla con signos grabados. No había una sola clase de escritura. Evans dividió los signos hallados en tres grupos. Eran los jeroglíficos cretenses, el Lineal A y el Lineal B[1].

La civilización minoica duró más de mil años. Después sufrió grandes cambios al final de la Edad del Bronce. Uno de ellos fue la erupción volcánica en la isla de Santorini, al norte. Se cree que ocurrió entre los siglos XVII y XVI a. C. La fecha exacta sigue en debate[7]. Se piensa que la ceniza volcánica llegó hasta Creta y que un tsunami golpeó la costa. Hacia 1450 a. C., los griegos micénicos ocuparon la isla[1]. Entre la erupción y el dominio micénico hay más de cien años. No es fácil unir los dos hechos como causa y efecto directos. Después, la lengua de los minoicos desapareció de los registros.

Las tres escrituras se usaron en épocas distintas. El Lineal A se usó desde alrededor de 1750 a. C. hasta alrededor de 1450 a. C. El Lineal B apareció más tarde. Es la escritura usada después de que los griegos micénicos ocuparan Creta. Las dos escrituras comparten varios signos de forma parecida[1].

La conservación de las tablillas de arcilla fue casual. Los minoicos no cocían las tablillas. Grababan los signos en barro húmedo, lo secaban y lo usaban durante más o menos un año antes de desecharlo. Pero, cuando los palacios ardieron, las tablillas de barro se cocieron como cerámica. Solo las tablillas cocidas por el fuego resistieron tres mil quinientos años. Los datos que quedan hoy son datos dejados por el fuego.

Entre las tres escrituras clasificadas por Evans, los jeroglíficos cretenses aparecieron primero. Son signos en los que aún se reconocen cabezas humanas o formas de vasijas. El Lineal A se parece más a una reducción de esos dibujos en líneas. Las dos escrituras se usaron juntas durante casi doscientos años. No ocurrió que una desapareciera y luego naciera la otra. Hay una opinión según la cual el Lineal A se creó tomando como modelo los jeroglíficos cretenses. Pero no se puede afirmar que las tres escrituras formen una línea recta de continuidad. Está claro que comparten signos, pero la ruta que las une aún no se ha aclarado[1].

El Lineal B fue leído

El Lineal B fue leído en la década de 1950. Lo logró el arquitecto británico Michael Ventris. Demostró que la lengua escrita en Lineal B era una forma antigua del griego. El clasicista John Chadwick ayudó en su investigación[1].

Ventris empezó dibujando una tabla. En las filas puso consonantes y en las columnas puso vocales[8]. A este tipo de tabla se le llama retícula silábica. Es un esquema que prepara de antemano una casilla para cada sílaba. Ventris fue reduciendo con estadística qué signo debía entrar en cada casilla[1].

Encajó en las casillas reducidas nombres de lugar como Cnosos y Festos. Cuando los nombres de lugar encajaron, los demás signos empezaron a resolverse uno tras otro. Los investigadores probaron el

mismo método con el Lineal A. Trasladaron sin cambios los valores fonéticos del Lineal B a los signos parecidos[3]. Aparecieron sonidos. Pero nadie pudo entender qué lengua eran esos sonidos[1].

Es extraño tener valores fonéticos y aun así no obtener significado. Esto ocurre porque leer una escritura y entender una lengua son cosas distintas. Una persona que conoce el alfabeto coreano puede leer una lengua extranjera escrita con ese alfabeto. Sale el sonido, pero no entiende el sentido. Esa es la situación de los estudiosos ante el Lineal A.

No hay una piedra escrita en dos lenguas

Al leer escrituras antiguas, los investigadores suelen buscar un documento equivalente. Es un documento que presenta el mismo contenido en dos lenguas, una junto a la otra. A estos documentos se les llama inscripciones bilingües. Los jeroglíficos egipcios se descifraron gracias a la piedra de Rosetta. En la piedra de Rosetta estaba grabado el mismo decreto en tres escrituras. Una de ellas era el griego antiguo, que los estudiosos ya sabían leer.

La escritura cuneiforme de Mesopotamia siguió un camino parecido. En el acantilado de Behistún, en Irán, quedaba una inscripción grabada en tres lenguas. Al principio no se podía leer ninguna de las tres. Primero se descifró el antiguo persa. Tenía pocos signos y las palabras estaban separadas. Los estudiosos usaron el antiguo persa ya descifrado como base para leer las demás.

En Creta no apareció un documento así. No existe un objeto que ponga una traducción griega junto al Lineal A. Los textos dejados por los minoicos están escritos solo en la lengua de los minoicos. Como no hay una pareja para comparar, queda bloqueado el camino para confirmar el significado[1].

Tampoco se ven marcas que puedan servir de pista. Champollion, que leyó los jeroglíficos egipcios, tenía cartuchos. Eran marcos alargados que rodeaban los nombres de los reyes. Se sabía de antemano que los signos dentro de esos marcos eran nombres de personas. Champollion obtuvo de ahí varios valores fonéticos y descifró el resto. En las tablillas de Lineal A no hay marcos de ese tipo[1].

Hay otro problema. No se conoce la raíz de la lengua escrita en Lineal A. Los estudiosos llaman minoico a esa lengua. No se ha aclarado a qué familia lingüística pertenece. Algunos sostienen que es indoeuropea. Otros dicen que procede de Asia occidental. Entre esas propuestas, las que suelen considerarse mejor fundadas son la semítica y la licia. El licio era una lengua antigua usada en el suroeste de la actual Turquía[1]. Ninguna de esas propuestas ha logrado el acuerdo académico.

El Lineal A no aparece solo en Creta. También se ha encontrado en varias islas del Egeo y en la Grecia continental[1]. Apareció asimismo en las ruinas de Santorini, enterradas por el volcán. La escritura se difundió siguiendo las rutas marítimas por las que se movían los minoicos. Es un material que muestra hasta qué punto el Mediterráneo de la Edad del Bronce estaba conectado en una amplia red.

Por eso los investigadores se aferran al Lineal A. El Lineal A está entre las escrituras antiguas halladas en suelo europeo. Es el único registro que los minoicos dejaron en su propia lengua. Si el Lineal A se descifra, se verá en qué creían y qué compraban y vendían. La raíz del relato del Minotauro conservado en la mitología griega también está ahí.

1.400 cuentas breves

La cantidad de material conservado tampoco es abundante. Una inscripción es un texto grabado o dibujado sobre un objeto. Hasta ahora se han confirmado unas 1.370 inscripciones en Lineal A. Aunque se sumen todos los signos escritos en ellas, hay alrededor de 7.400[1]. Es una cantidad que no se puede comparar con los registros de Egipto o Mesopotamia.

Los textos también son breves. La mayoría de las tablillas de arcilla son cuentas de almacén. Anotan qué entró, cuántas unidades entraron y cuánto salió para cada persona. Solo hay filas de nombres de personas, nombres de objetos y números. Escasean las frases propiamente dichas. Si no hay frases, también disminuyen los medios para descubrir la gramática.

Al contar los signos hay que distinguir capas. Hay 97 signos que representan sílabas. Hay unos 50 signos que representan nombres de objetos completos. Hay 4 signos para números y 17 signos para fracciones. También se conocen unas 150 combinaciones formadas superponiendo dos signos[6]. La lista estándar de signos que reúne todo esto llega a 300[2]. Entre ellos, los signos frecuentes son pocos. Los demás aparecen solo unas cuantas veces. Para encargar la estadística a un ordenador, el mismo signo debe aparecer muchas veces. Un signo que aparece pocas veces no puede ser captado por la estadística.

Por eso los investigadores decidieron reconstruir los datos mismos. Es el trabajo de convertir dibujos copiados a mano en una forma que el ordenador pueda manejar[2]. En 2026 también apareció un método para volver a leer con luz las marcas grabadas[4]. Es un método que revela incluso surcos poco profundos que el ojo pasaba por alto[5]. El trabajo de despertar el silencio del Egeo volvió a empezar así, refinando los datos.

Materiales de referencia

- [1] Braović, M., Krstinić, D., Štula, M., & Ivanda, A. (2024). A systematic review of computational approaches to deciphering Bronze Age Aegean and Cypriot scripts. *Computational Linguistics*, 50(2), 725-779.
https://doi.org/10.1162/coli_a_00514
- [2] Salgarella, E., & Castellan, S. (2021). SigLA: The Signs of Linear A. A palaeographical database. In *Grapholinguistics in the 21st Century 2020: Proceedings (Grapholinguistics and Its Applications, Vol. 5, pp. 945-962)*. Fluxus Editions.
<https://sigla.phis.me/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Younger, J. G. (n.d.). Linear A texts and inscriptions in phonetic transcription. University of Kansas.
<http://people.ku.edu/~jyounger/LinearA/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Giorgi, L., & Lopez, S. (2026). Aegean Bronze Age writing systems through RTI: New potential and perspectives. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 41, e00508.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212054826000159> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] GreekReporter. (2026, 3월 14일). New technology reveals hidden secrets of 3,500-year-old Bronze Age Aegean scripts. *greekreporter.com*.
<https://greekreporter.com/2026/03/14/new-technology-reveals-hidden-secrets-aegean-bronze-age-scripts/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Del Freo, M. (2022). Linear A. Mnamon: Ancient writing systems in the Mediterranean. *Scuola Normale Superiore*.
<https://doi.org/10.25429/sns.it/lettere/mnamon022> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Pearson, C. L., Brewer, P. W., Brown, D., Heaton, T. J., Hodgins, G. W. L., Jull, A. J. T., Lange, T., & Salzer, M. W. (2018). Annual radiocarbon record indicates 16th century BCE date for the Thera eruption. *Science Advances*, 4(8), eaar8241.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8241>
- [8] Stavrakakis, E. (2024). Ventris' Grids. *Bulletin of the Institute of Classical Studies*, 67(1), 86-103.
<https://doi.org/10.1093/bics/qbae033>

9.2. El rastreo del equipo científico: ajuste no supervisado de la retícula fonológica

Una máquina que encuentra parejas sin diccionario

Para crear un traductor, normalmente se necesitan frases traducidas en paralelo. Se apilan una frase coreana y una frase inglesa una junto a la otra y se muestran a la máquina. A este material se le llama corpus paralelo. El Lineal A no tiene corpus paralelo[3].

Por eso los investigadores eligieron un método que aprende sin una tabla de respuestas. Es una forma de hacer que encuentre reglas solo con estadística, sin darle antes la respuesta. A este método se le llama

aprendizaje no supervisado. La máquina cuenta en qué orden aparecen unidos los signos. Luego lo compara con las estadísticas de otros sistemas de escritura y busca correspondencias.

En 2019, un equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts presentó este método. Era un modelo creado por Jiaming Luo, Yuan Cao y Regina Barzilay. Convirtieron la tarea de unir dos sistemas de escritura en un problema de flujo de coste mínimo. Es un método que coloca canales entre signos y asigna un valor al flujo que circula por ellos. El canal con el coste más bajo tiene más probabilidades de ser la correspondencia correcta[1].

El equipo probó este modelo con la escritura ugarítica. Superó el mejor resultado anterior en 5 puntos porcentuales. También lo probó con el Lineal B. Transcribió correctamente el 67,3 % de las palabras con la misma raíz que el griego[1]. Sin embargo, en el Lineal B sí había una respuesta. El equipo sabía de antemano que esa escritura registraba griego.

El equipo eligió el Lineal B como banco de prueba por una razón. Solo con un problema cuya respuesta se conoce se puede medir el rendimiento del modelo[1]. Si se aplica directamente a un problema sin respuesta, no hay forma de saber si el resultado es correcto. Por eso primero se mide el rendimiento con una escritura ya leída y luego se pasa a una escritura no descifrada[3].

Lo que ofrece el modelo no es una traducción terminada. Es una lista de posibles valores fonéticos para cada signo[1]. Una persona recibe esa lista y la filtra comparándola con los objetos. El ordenador se encarga de reducir la cantidad de material que debe revisar el ser humano[3].

Convertir la forma de los sonidos en coordenadas

El Lineal A está en otra situación. Ni siquiera se ha aclarado con qué lengua debe compararse[3]. En 2021, el mismo laboratorio presentó un modelo para tratar esta condición. Lo crearon Luo, Frederic Hartmann y Enrico Santos junto con Barzilay y Cao[2].

Este modelo trata dos dificultades a la vez. La primera es que no hay límites entre palabras. Muchas escrituras antiguas no tienen espacios. La segunda es que no hay una lengua emparentada establecida[2].

El equipo convirtió la forma de los sonidos en coordenadas numéricas y la introdujo en el modelo. Colocó las características de consonantes y vocales en coordenadas basadas en el Alfabeto Fonético Internacional. Los sonidos producidos con los labios quedan cerca entre sí en las coordenadas. Quedan lejos de los sonidos producidos con la raíz de la lengua. Con estas coordenadas, la máquina forma menos correspondencias absurdas[2].

El equipo probó este modelo con el gótico y la escritura ugarítica. Después lo aplicó al ibérico, cuyo significado aún no se ha resuelto. En la escritura ibérica se conocen bastante los valores fonéticos de los signos. Lo no resuelto es la lengua que esos sonidos escriben. El equipo no encontró pruebas de que el ibérico estuviera emparentado con el euskera. Este resultado no contradijo la postura mayoritaria de la academia. También mostró un procedimiento para comparar candidatas a lenguas emparentadas[2]. El mismo método puede usarse tal cual en el estudio del Lineal A[3].

Reglas que muestran los huecos

La máquina no compara solo la forma de los signos. También incluye en el cálculo la costumbre con que un signo aparece junto a sus vecinos. Algunos signos aparecen solo al comienzo de una palabra. Otros se añaden solo al final. A veces dos signos nunca aparecen uno junto al otro[3].

A estas estadísticas se les llama grado de coaparición, o estadísticas de coocurrencia. Al reunir estadísticas de coocurrencia, aparecen los huecos de la tabla. Los signos situados en la misma fila tienen

muchas probabilidades de compartir consonante. Los signos situados en la misma columna tienen muchas probabilidades de compartir vocal[8]. Es repetir con ordenador, mucho más rápido, el trabajo que Ventris hacía a mano[3].

El ordenador termina este cálculo mucho más deprisa que una persona. Si hay 300 signos, el número de correspondencias llega a decenas de miles. Es una cantidad excesiva para que una persona la cuente anotándola en papel. Ventris realizó ese trabajo a lo largo de varios años[3].

Hasta aquí se trata de dibujar la estructura de los sonidos. Aunque se dibuje la estructura, no aparece qué significan esos sonidos. Rellenar la retícula y entender la lengua son tareas separadas[3].

Convertir la forma de las letras en datos

Para que una máquina haga estadísticas, los datos deben estar en una forma que pueda leer. No se puede calcular solo con imágenes impresas en un libro. El portal de datos llamado SigLA asumió esta tarea. Lo crearon Ester Salgarella, de Cambridge, y Simon Castellan, de Rennes[4].

SigLA contiene 300 signos estándar y más de 400 inscripciones copiadas a mano. Dentro de las inscripciones se pueden consultar más de 3.000 signos individuales. Los datos y las imágenes están publicados para que cualquiera pueda usarlos. También se puede separar el trazo de un signo y compararlo con otros[4].

Un estudio publicado en marzo de 2026 amplió una capa más la textura de los datos. Lavinia Giorgi y Sara López aplicaron la imagen por transformación de reflectancia a las escrituras del Egeo. Es un método que ilumina un mismo objeto desde varias direcciones y toma varias fotografías. Al unir esas fotografías, aparecen las pequeñas irregularidades de la superficie. Incluso se puede examinar qué trazo hizo antes el buril[7].

Cuando estos datos se acumulan, también sirven para otras escrituras. En 2022, un equipo de la Universidad de Bolonia volvió a estudiar la escritura chiprominoica. Fue un estudio de Michele Corazza, Fabio Tamburini, Miguel Valério y Silvia Ferrara. Compararon las formas de los signos con una red neuronal sin introducir conocimientos previos. Como resultado, concluyeron que había que revisar la clasificación tradicional en tres grupos. Según ellos, las estadísticas encajan mejor si se considera un solo sistema de escritura[5].

Los resultados que ofrece el ordenador no se convierten de inmediato en un artículo académico. Primero pasan por una nueva revisión de arqueólogos y filólogos[3]. Se comprueba de qué sala salió cada tablilla de arcilla. Se comparan los hábitos de los trazos para ver si la escritura procede del mismo escriba[7]. Solo después de superar esa revisión entra en los materiales aceptados por la comunidad académica[3].

También continúan los estudios que tratan juntas las tres escrituras del Egeo. El método consiste en poner en el mismo marco los jeroglíficos cretenses, el Lineal A y la escritura chiprominoica. Al comparar las tres escrituras, aparecen reglas que no se ven al observar una sola. El ordenador muestra su fuerza en estas comparaciones masivas[3].

Lo que la máquina no puede hacer por nosotros

Estos métodos no han aclarado todavía el significado del Lineal A. Quedan tres muros por superar.

El primero es el término de comparación. La alineación no supervisada funciona bien cuando hay parentesco entre una escritura no descifrada y una escritura conocida[1]. El minoico no tiene ninguna lengua emparentada que haya sobrevivido[3]. Se pueden dibujar coordenadas, pero no hay puntos de referencia que las fijen.

El segundo es la cantidad de datos. 1.370 inscripciones son pocas para el aprendizaje automático[3]. Cuando hay pocos datos, una gran red neuronal fabrica ilusiones que parecen verosímiles. A este error se le llama alucinación.

El tercero es la verificación. Un artículo publicado en The Conversation en julio de 2026 señaló este problema. Lo escribió Jane Adkins, de la Dublin City University. Explicó que ajustar patrones con estadísticas no puede crear un significado que no existe. Señaló que hacen falta apoyos, como una lengua conocida o un documento bilingüe, para distinguir una coincidencia casual de una regla verdadera. La máquina solo reduce los candidatos. La tarea de decidir si son correctos sigue siendo humana[6].

Materiales de referencia

- [1] Luo, J., Cao, Y., & Barzilay, R. (2019). Neural decipherment via minimum-cost flow: From Ugaritic to Linear B. In Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/P19-1303/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Luo, J., Hartmann, F., Santus, E., Barzilay, R., & Cao, Y. (2021). Deciphering undersegmented ancient scripts using phonetic prior. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 9, 69-81. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00354
- [3] Braović, M., Krstinić, D., Štula, M., & Ivanda, A. (2024). A systematic review of computational approaches to deciphering Bronze Age Aegean and Cypriot scripts. Computational Linguistics, 50(2), 725-779. https://doi.org/10.1162/coli_a_00514
- [4] Salgarella, E., & Castellan, S. (2021). SigLA: The Signs of Linear A. A palaeographical database. In Grapholinguistics in the 21st Century 2020: Proceedings (Grapholinguistics and Its Applications, Vol. 5, pp. 945-962). Fluxus Editions. <https://sigla.phis.me/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Corazza, M., Tamburini, F., Valério, M., & Ferrara, S. (2022). Unsupervised deep learning supports reclassification of Bronze age cypriot writing system. PLOS ONE, 17(7), e0269544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269544>
- [6] Adkins, J. (2026, 7월 27일). Cracking the code: can AI help us decipher ancient languages? The Conversation. <https://theconversation.com/cracking-the-code-can-ai-help-us-decipher-ancient-languages-288238> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Giorgi, L., & Lopez, S. (2026). Aegean Bronze Age writing systems through RTI: New potential and perspectives. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 41, e00508. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212054826000159> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Stavrakakis, E. (2024). Ventris' Grids. Bulletin of the Institute of Classical Studies, 67(1), 86-103. <https://doi.org/10.1093/bics/qbae033>

9.3. La verdad revelada

Se descifraron los números y las fracciones

En el Lineal A, lo primero que se resolvió fue el modo de contar. Los minoicos usaban un sistema decimal, que cuenta agrupando por decenas. Una línea vertical representa 1 y una línea horizontal representa 10. Un círculo representa 100, y un círculo con rayos representa 1000[3]. Esta regla podía intuirse con solo mirar los dibujos.

Lo difícil eran los signos de fracción. En las tablillas de arcilla aparecen diecisiete signos de fracción[8]. Si se cuentan también las combinaciones de dos signos superpuestos, se acercan a treinta[9]. Durante mucho tiempo no se supo qué valor representaba cada signo.

En 2021, un equipo de la Universidad de Bolonia abordó este problema. Fue un estudio de Michele Corazza, Silvia Ferrara, Barbara Montecchi, Fabio Tamburini y Miguel Valério. Combinaron el método antiguo de examinar la forma de los signos con cálculos informáticos[1].

El equipo empezó por ordenar las reglas que seguían los signos en las tablillas de arcilla. Contó qué signos aparecían juntos y qué signos no aparecían juntos. Después examinó por ordenador las combinaciones posibles de valores. Había casi cuatro millones de candidatos. Fueron reduciendo esos candidatos mediante pruebas estadísticas y comparaciones con los sistemas de fracciones de otras civilizaciones[1].

La respuesta restante fue esta. El valor más pequeño del sistema de fracciones minoico era $1/60$. Con este sistema se podían escribir la mayoría de los valores que tenían 60 como denominador. El signo que significaba $1/10$ pasó intacto al Lineal B. En el Lineal B, ese signo se usaba como unidad para medir grano seco. Entre los registros de las dos escrituras hay una diferencia de unos 250 años. A pesar de ese salto temporal, el método de cálculo sobrevivió[1].

Cuando se resolvió el método de cálculo, también empezó a verse la estructura de los registros contables. Las tablillas de arcilla siguen un sistema que empareja signos de productos con cantidades. El mismo formato se repite en varios yacimientos. Esto significa que los palacios de Creta compartían las mismas reglas contables[3]. Aunque no sepamos el significado, así se revela el carácter del documento.

Los topónimos se leen, pero su significado no se ha resuelto

También se ha obtenido algo en el plano de los sonidos. John Younger, de la Universidad de Kansas, ha publicado una lista de transcripciones fonéticas de inscripciones en Lineal A. Es una transcripción que asigna los mismos valores sonoros a los signos que tienen la misma forma en el Lineal B[2].

En esa transcripción aparecen varias palabras que parecen antiguos topónimos de Creta. Son nombres que sobrevivieron en épocas posteriores, como Cnosos y Festos[2]. Que los topónimos encajen significa que la hipótesis sobre los valores sonoros no está completamente equivocada[3].

La hipótesis sobre los valores sonoros también tiene límites claros. Aunque dos signos parezcan iguales en las dos escrituras, no hay garantía de que tuvieran el mismo sonido. Quienes crearon el Lineal B tomaron prestados signos ajenos para escribir su propia lengua. Es posible que el sonido se desplazara durante ese préstamo[3]. Por eso las transcripciones se usan solo como lecturas provisionales[2].

Pero hasta ahí llega el avance. Si se excluyen los topónimos, el significado de las demás palabras no encaja. Se pueden leer por su sonido, pero no se sabe qué quieren decir. El puente entre sonido y significado aún no está construido[3].

El revuelo de 2026

En el verano de 2026 se anunció que se había leído el Lineal A. La afirmación la hizo el tecnólogo de inteligencia artificial Tom Di Mino. No es una persona formada oficialmente en lingüística[4].

Di Mino explicó que había escrito scripts en Python y había rastreado dos fuentes de datos. Una era GORILA, que reúne materiales copiados a mano, y la otra era SigLA, vista antes. En su primer anuncio dijo que había asignado valores sonoros a 40 signos y que había elaborado una lista de 408 palabras[4]. En agosto publicó un texto de 41 páginas y amplió la lista a 508 entradas. Incluyó lecturas de 42 signos y traducciones de 443 inscripciones. Sostuvo que el minoico pertenecía a la familia semítica, la misma a la que pertenecen el hebreo y el arameo[5].

La comunidad académica no aceptó esta afirmación. No se había publicado ningún artículo revisado por pares[4]. Se informó de que la Universidad Rutgers y la Universidad de Cambridge estaban revisando el trabajo. Pero todavía no hay conclusión[5]. Durante los últimos cien años han aparecido varias afirmaciones de que el Lineal A había sido leído. Por eso los investigadores abordan con cautela cada nueva propuesta[6].

Ese mismo agosto apareció otra interpretación. Se refería a la inscripción de una mesa de piedra hallada en el santuario de la cima del monte Juktas. Era una mesa de libación, usada para verter vino en ofrenda a un dios. La propuesta decía que dos nombres grabados en esa piedra se relacionaban con dioses griegos posteriores. Esta propuesta también sigue siendo una hipótesis. El Lineal A no se ha descifrado con seguridad[7].

Esta historia deja una enseñanza para toda la investigación sobre inteligencia artificial. La máquina encuentra bien reglas allí donde hay reglas. Logró resultados con datos que deben cuadrar internamente, como los signos de fracción[1]. En cambio, hay lugares a los que no se llega solo con reglas. La unión entre un sonido y un significado es una cuestión de convención. Si desaparecen todas las personas que conocían esa convención, el camino para recuperarla mediante cálculo se estrecha[6].

Mantener abiertos los datos restantes

El método de investigación también cambió. Antes, las imágenes de las inscripciones solo aparecían en catálogos caros. Solo quien conseguía algunos libros podía hacer estadísticas. Ahora los datos están publicados en internet. También un estudiante puede descargarlos y contar signos[3].

Cuando los datos están abiertos, la verificación también se acelera. Si alguien propone una nueva lectura, otra persona puede comprobarla con los mismos datos[6]. También en el revuelo del verano de 2026 el proceso de verificación funcionó así[4]. Quienes afirmaban y quienes revisaban estaban mirando los mismos datos[5].

La publicación de los datos también redujo el umbral de entrada a la investigación. Una persona sin afiliación universitaria puede calcular estadísticas de signos. Cuando aumentan las miradas nuevas, a veces se captan reglas que antes se habían pasado por alto. Pero también aumentan las afirmaciones no verificadas. Apertura y verificación deben avanzar juntas[6].

Una escritura que todavía no se puede leer

La inteligencia artificial ha hecho cuatro cosas con el Lineal A. La máquina reunió en un solo lugar datos dispersos. Convirtió la forma y los trazos de los signos en números para poder compararlos[3]. En el caso de los signos de fracción, el cálculo informático ayudó a la lectura humana y redujo los valores posibles. Redujo un problema con millones de candidatos a un tamaño que las personas podían revisar[1].

También está claro lo que la máquina no ha hecho. Aún no se ha aclarado qué tipo de lengua era el minoico. El documento que pueda hacer de piedra de Rosetta todavía está bajo tierra, o no existe[3]. Aunque se transcriban los sonidos, eso no revela a qué se refieren las palabras[6].

El caso de la escritura chiprominoica muestra bien esta diferencia. La red neuronal ofreció un resultado que sacudía la clasificación existente[10]. Pero eso no significa que leyera esa escritura. Lo que la máquina ordenó fue la estructura de los signos, no el significado de las palabras.

Quedan dos caminos. Uno es que aparezca un nuevo objeto arqueológico. Un solo documento escrito en dos lenguas cambiaría el panorama. El otro es afinar los datos con más detalle. Si se registra hasta cada trazo, la investigación posterior podrá empezar desde ahí[3].

El Lineal A sigue siendo hoy una escritura que no se puede leer. Ante ella, la máquina no abrió la puerta. Dibujó la forma de la cerradura. Abrir la puerta depende de nuevos hallazgos y del juicio humano[6]. Las tablillas de arcilla del Egeo todavía no hablan con voz propia.

Materiales de referencia

- [1] Corazza, M., Ferrara, S., Montecchi, B., Tamburini, F., & Valério, M. (2021). The mathematical values of fraction signs in the Linear A script: A computational, statistical and typological approach. *Journal of Archaeological Science*, 125, 105214. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105214>
- [2] Younger, J. G. (n.d.). Linear A texts and inscriptions in phonetic transcription. University of Kansas. <http://people.ku.edu/~jyounger/LinearA/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Braović, M., Krstinić, D., Štula, M., & Ivanda, A. (2024). A systematic review of computational approaches to deciphering Bronze Age Aegean and Cypriot scripts. *Computational Linguistics*, 50(2), 725-779. https://doi.org/10.1162/coli_a_00514
- [4] GreekReporter. (2026, 7월 30일). AI engineer claims to have deciphered Linear A. greekreporter.com. <https://greekreporter.com/2026/07/30/ai-engineer-claim-decipher-linear-a/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] GreekReporter. (2026, 8월 13일). AI engineer claims to have deciphered Linear A, identifies Minoan language as Semitic. greekreporter.com. <https://greekreporter.com/2026/08/13/ai-engineer-claim-linear-a-minoans-semitic-language/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Adkins, J. (2026, 7월 27일). Cracking the code: can AI help us decipher ancient languages? The Conversation. <https://theconversation.com/cracking-the-code-can-ai-help-us-decipher-ancient-languages-288238> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] GreekReporter. (2026, 8월 14일). Linear A inscription points to Minoan origins of Greek gods Dionysos and Demeter. greekreporter.com. <https://greekreporter.com/2026/08/14/minoan-linear-a-inscription-greek-gods-dionysos-demeter/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Del Frio, M. (2022). Linear A. Mnamon: Ancient writing systems in the Mediterranean. Scuola Normale Superiore. <https://doi.org/10.25429/sns.it/lettere/mnamon022> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] Salgarella, E., & Castellan, S. (2021). SigLA: The Signs of Linear A. A palaeographical database. In *Grapholinguistics in the 21st Century 2020: Proceedings (Grapholinguistics and Its Applications, Vol. 5, pp. 945-962)*. Fluxus Editions. <https://sigla.phis.me/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Corazza, M., Tamburini, F., Valerio, M., & Ferrara, S. (2022). Unsupervised deep learning supports reclassification of Bronze age cypriot writing system. *PLOS ONE*, 17(7), e0269544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269544>

Capítulo 10. Descifrar el código del sol y de los sellos: la escritura del Indo y el rongorongo

10.1. Archivo del caso

Cuatro signos grabados en un sello

La civilización del Indo duró desde alrededor de 2600 a. C. hasta alrededor de 1900 a. C.[1]. Su territorio estaba en el actual Pakistán y en el noroeste de la India. Por el tamaño y el número de sus ciudades, fue una de las grandes civilizaciones de la Edad del Bronce. La Edad del Bronce fue una época antigua en la que se usaba más el bronce que el hierro. Se sabe que la tierra ocupada por sus ciudades y aldeas superaba el millón de kilómetros cuadrados[2].

En la década de 1920 comenzaron grandes excavaciones en Harappa y Mohenjo-daro[1]. Quien dirigió este trabajo fue el arqueólogo británico John Marshall. Era el responsable del Servicio Arqueológico de la India. El yacimiento de Harappa fue excavado desde 1921 por Daya Ram Sahni. El de Mohenjo-daro estuvo a cargo de Rakhal Das Banerji desde 1922. Marshall reunió estos hallazgos y anunció al mundo la existencia de una nueva civilización[3].

Bajo tierra aparecieron calles rectas de ladrillo y sistemas de drenaje. También aparecieron muchos sellos cuadrados, más pequeños que la palma de una mano[1].

Solo con ver las ciudades se puede saber mucho. Las calles se extendían rectas, como un tablero de baduk, y cada casa estaba conectada a alcantarillas. Los ladrillos se cocían con tamaños uniformes. También había pesos normalizados para medir. Eso significa que era una sociedad que hacía planes y seguía reglas. Pero la escritura que dejó no se puede leer.

Los sellos se hacían con una piedra blanda llamada esteatita. La esteatita es una piedra que se puede marcar incluso con la uña. En la parte inferior del sello hay figuras de animales grabadas. Aparecen animales con un solo cuerno, toros con joroba y figuras parecidas a elefantes. En el espacio vacío sobre la imagen se alinean signos en una sola fila[1].

Un sello es un objeto para estampar. Si se presiona sobre arcilla blanda, la imagen y los signos se transfieren tal como están. Si se coloca arcilla sobre la cuerda que ata una carga y se estampa el sello, se forma un precinto. En las ciudades del Indo también aparecieron precintos de arcilla estampados con sellos[1].

Los investigadores llaman a este conjunto de signos escritura del Indo o escritura de Harappa[1]. El nombre contiene la palabra escritura, pero aún no se puede leer. No se conocen ni sus sonidos ni sus significados. Así ha sido durante más de cien años desde su descubrimiento[2].

La expresión no se puede leer reúne dos sentidos. Uno es que no conocemos el sonido de los signos. El otro es que no conocemos su significado. Ahora no conocemos ninguno de los dos.

El problema es la longitud. Un sello suele tener solo cuatro o cinco signos grabados[1]. Incluso una inscripción larga en una sola cara no supera los diecisiete signos. Solo si se cuentan todos los signos grabados en tres caras se llega a veintiséis[4]. Es una cantidad que ni siquiera llena una línea de un cuaderno escolar.

A estas escrituras grabadas en sellos o vasijas se las llama inscripciones. Hasta ahora se han reunido unas 3.000 inscripciones del Indo[5]. La cantidad no es pequeña, pero cada una es demasiado breve. Con solo textos cortos es difícil descubrir la estructura de las frases. No hay ocasión de ver cómo se colocan el sujeto y el predicado.

Signos en tablillas de madera al otro lado del mar

En medio del Pacífico Sur hay una isla llamada Rapa Nui. Para nosotros es más familiar el nombre de isla de Pascua. La tierra habitada más cercana está a más de 2.000 kilómetros. También es conocida por sus grandes estatuas de piedra, los moáis. En esta isla también aparecieron tablillas de madera con signos de significado desconocido. Hoy estos registros se llaman rongorongo[6].

Los signos no son letras escritas con pincel. Se grabaron excavando la madera con fragmentos afilados de obsidiana o herramientas hechas de hueso. Las formas grabadas se parecen a personas, aves y peces[6]. Aparece a menudo una figura humana con brazos y piernas levantados.

La dirección de lectura también resulta extraña. El lector empieza por el extremo inferior izquierdo de la tablilla. Después de leer una línea, gira la tablilla 180 grados. Lee la siguiente línea con la tablilla boca abajo. Este método de girar la tablilla en cada línea se llama escritura inversa alternante[6]. En palabras sencillas, es una forma de leer dando la vuelta al soporte. En la antigua Grecia también había textos que cambiaban de dirección en cada línea. Allí no se giraba la tablilla, sino solo la orientación de las letras.

Este método pone a prueba una vez más al investigador. Hay que decidir qué línea es la primera para fijar el orden[6]. Si se decide mal, toda la secuencia de los signos queda alterada. Es un punto en el que una persona debe juzgar antes de introducir los datos en el ordenador.

Quedan pocos objetos. Las piezas auténticas dispersas entre museos y coleccionistas privados del mundo son 26. Todas están fuera de la isla de Rapa Nui[6]. Incluso si se suman todos los signos grabados en ellas, hay unos 15.000 caracteres[7]. Es menos que un libro.

Hay una razón para que queden tan pocos objetos. En el siglo XIX la población de la isla disminuyó mucho y también desaparecieron muchas tablillas de madera. Las que quedaron se dispersaron por museos y monasterios europeos. Cuatro de ellas se conservan en una congregación religiosa de Roma[8].

Durante mucho tiempo también se discutió cuándo se hicieron estas tablillas. Existía la sospecha de que se habían fabricado por imitación después de la llegada de los europeos a la isla. En 2024, el equipo de Silvia Ferrara midió la antigüedad de cuatro tablillas de Roma[8]. Usaron un método que calcula la edad midiendo la cantidad de carbono que queda en la madera. Este método se llama datación por radiocarbono.

Tres de las cuatro piezas resultaron ser de madera del siglo XIX. La otra procedía de una madera mucho más antigua. Era más de 200 años anterior a la década de 1720, cuando los barcos europeos llegaron a la isla[8]. Aumentó la posibilidad de que los habitantes de Rapa Nui hubieran creado por sí mismos su escritura.

El equipo dejó una condición. El momento en que se cortó el árbol no es necesariamente el momento en que se grabaron los signos. La edad de la madera solo indica que el grabado es posterior. Es posible que se tallara más tarde una madera antigua. También queda el hecho de que solo una tablilla dio una fecha temprana[8].

¿Es esto realmente escritura?

La comunidad académica discutió durante mucho tiempo sobre los dos sistemas de signos. La discusión no empezó por el desciframiento. Primero se debatió si de verdad eran signos que transcribían una lengua[1][9].

En 2004, Steve Farmer, Richard Sproat y Michael Witzel publicaron juntos un artículo. Sostuvieron que los signos del Indo no eran escritura. Se basaron en que los registros eran demasiado breves y en que no

existía ningún documento largo. Es decir, estos signos serían más bien marcas familiares, señales de propiedad de objetos o amuletos[9].

El otro lado propuso buscar la respuesta con estadísticas. La idea era contar la frecuencia de los signos y las reglas con las que aparecen antes y después de otros[5]. El habla humana tiene hábitos estadísticos parecidos a muletillas. Este enfoque consiste en medir si esos hábitos también aparecen en los signos.

La ventaja de este método es que puede usarse aunque no se conozca el significado. Basta con convertir los signos en números y contar solo el orden. También es una tarea que los ordenadores hacen bien.

Tres muros que bloquean el desciframiento

Ninguno de los dos sistemas de signos ha sido descifrado todavía. Hay tres muros que bloquean el camino.

No hay un texto con el que comparar. Los jeroglíficos egipcios se resolvieron gracias a la piedra de Rosetta. En la piedra de Rosetta el mismo contenido estaba escrito también en griego. El estudioso francés Champollion puso lado a lado una escritura conocida y otra desconocida, y las emparejó. Un texto que escribe el mismo contenido en dos lenguas se llama texto bilingüe. En los yacimientos del Indo y en la isla de Rapa Nui no ha aparecido ningún registro así[2][6].

Tampoco sabemos qué lengua transcribían. La lengua real que los signos anotan se llama lengua de base. Sobre la lengua de base de la escritura del Indo compiten la teoría dravídica y la teoría indoaria. También hay quien sostiene que no pertenece a ninguna familia lingüística conocida[2].

El muro restante es la cantidad de datos. Hoy la inteligencia artificial crece alimentándose de enormes cantidades de texto. Pero aquí solo hay unos miles de sellos del Indo y 26 tablillas de madera[1][6]. Cuando faltan datos, la inteligencia artificial produce mentiras verosímiles. Este fenómeno se llama alucinación.

Estos tres muros se sostienen entre sí. Si conociéramos la lengua de base, podríamos probar valores sonoros. Si hubiera un texto bilingüe, podríamos descubrir la lengua de base. Si hubiera muchos datos, podríamos hallar pistas con estadísticas. Como no se resuelve ninguno, los demás siguen en el mismo sitio.

El 5 de enero de 2025, el estado indio de Tamil Nadu ofreció una recompensa. El anuncio se hizo en la ceremonia inaugural del congreso internacional por el centenario del descubrimiento de la civilización del Indo, celebrado en Chennai[10]. La recompensa era de un millón de dólares para quien descifrara la escritura del Indo de una manera que los especialistas en arqueología pudieran reconocer[10][11].

Hasta septiembre de 2026 no se conoce ningún ganador.

Materiales de referencia

- [1] Rao, R. P. N., Yadav, N., Vahia, M. N., Joglekar, H., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2009). Entropic evidence for linguistic structure in the Indus script. *Science*, 324(5931), 1165. <https://doi.org/10.1126/science.1170391>
- [2] Khan, M. A., Khurshid, S. K., & Aslam, M. (2025). Modern algorithms for ancient scripts: A review of AI-based techniques in Indus civilization research. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization*, 11(2), 11-21. <https://doi.org/10.55630/KINJ.2025.110201>
- [3] Grand Valley State University. (n.d.). Archaeologist of the month: John Marshall. <https://www.gvsu.edu/archaeology/module-spotlight-view.htm?entryId=A748C17B-A353-F70E-D7422D41F7889433> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Farmer, S. (n.d.). Claims concerning the longest Indus "inscription". [safarmer.com](https://safarmer.com/indus-longestinscription/). <https://safarmer.com/indus-longestinscription/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Yadav, N., Joglekar, H., Rao, R. P. N., Vahia, M. N., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2010). Statistical analysis of the Indus script using n-grams. *PLoS ONE*, 5(3), e9506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009506>

- [6] Australian Museum. (2026, 5월 28일). Kohau Rongorongo: Talking tablet. [australian.museum](https://australian.museum/learn/cultures/pasifika-collections/rapa-nui-collections/kohau-rongorongo-talking-tablet/).
<https://australian.museum/learn/cultures/pasifika-collections/rapa-nui-collections/kohau-rongorongo-talking-tablet/>
(consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Ross, L. (2026, 3월 31일). Reading Rongorongo (Version 2). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19362491>
(consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Ferrara, S., Tassoni, L., Kromer, B., Wacker, L., Friedrich, M., Tonini, F., Lastilla, L., Ravanelli, R., & Talamo, S. (2024). The invention of writing on Rapa Nui (Easter Island): New radiocarbon dates on the Rongorongo script. *Scientific Reports*, 14, 2794. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53063-7>
- [9] Farmer, S., Sproat, R., & Witzel, M. (2004). The collapse of the Indus-script thesis: The myth of a literate Harappan civilization. *Electronic Journal of Vedic Studies*, 11(2), 19-57. <https://doi.org/10.11588/ejvs.2004.2.620>
- [10] The Tribune. (2025, 1월 6일). Stalin announces \$1 mn prize for deciphering Indus Valley script. [tribuneindia.com](https://www.tribuneindia.com/news/india/stalin-announces-1-mn-prize-for-deciphering-indus-valley-script/).
<https://www.tribuneindia.com/news/india/stalin-announces-1-mn-prize-for-deciphering-indus-valley-script/>
(consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [11] Smithsonian Magazine. (2025, 1월 30일). Officials are offering \$1 million to anyone who can decode this ancient script. [smithsonianmag.com](https://www.smithsonianmag.com/smart-news/officials-are-offering-1-million-to-anyone-who-can-decode-this-ancient-script-180985922/). <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/officials-are-offering-1-million-to-anyone-who-can-decode-this-ancient-script-180985922/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

10.2. La investigación del equipo forense: el medidor de entropía de la información

Quien mide la huella dactilar de las letras

Los sellos del Indo y las tablillas de madera de Rapa Nui nunca se encontraron entre sí. Pero los investigadores de ambos lugares tomaron la misma herramienta. Ante una línea de signos cuyo significado desconocían, podían hacer cosas parecidas.

Ante una escritura que no podían leer, los investigadores eligieron otra pregunta. En vez de preguntar qué significaba, preguntaron cómo estaba ordenada. Porque, aunque no se conozca el significado, el orden sí se puede contar.

La herramienta que se usa entonces es la entropía de la información. La entropía es un valor que mide lo difícil que es saber qué vendrá después. Si el valor es alto, significa que es difícil predecir lo siguiente. Si el valor es bajo, significa que lo siguiente está casi fijado.

Este concepto nació en la ingeniería de telecomunicaciones. Era una regla creada para medir cuánta información lleva una señal enviada por una línea telefónica. Calcula solo el orden, sin atender al significado. Por eso puede aplicarse a una escritura que no se puede leer.

Es fácil entenderlo si pensamos en los asientos de una clase. Si los alumnos se sientan por sorteo, no se sabe quién estará al lado. En ese caso la entropía es alta. Si se sientan por orden de número, la persona de al lado queda determinada. En ese caso la entropía es baja.

El habla humana está entre esos dos extremos. La gramática ata el orden, pero lo que se quiere decir se elige libremente. Por eso la entropía de una lengua humana se sitúa en una zona intermedia. El punto de partida de la investigación es usar esa zona intermedia como regla de medida.

También se puede comprobar con el coreano. Después de hakgyo-e pueden venir varias palabras. Ganda, gatda y danyeowatda son todas posibles. Pero no puede venir cualquier palabra. Ese estado, con opciones pero dentro de un margen limitado, es característico del lenguaje.

Medir los signos del Indo

En 2009, un equipo que incluía a Rajesh Rao y Nisha Yadav aplicó esta regla a los signos del Indo. Calcularon la incertidumbre del signo siguiente cuando se conocía el signo anterior[1]. Este valor, que mide cuánto se puede prever el signo siguiente cuando se conoce el anterior, se llama entropía condicional.

También prepararon elementos de comparación. En un lado pusieron lenguas humanas como el inglés, el sánscrito y el sumerio. En el otro pusieron cosas que no eran lenguas humanas. Eran secuencias genéticas de seres vivos, código de programas informáticos y cadenas de signos creadas al azar[1].

El resultado fue que los signos del Indo quedaron cerca de las lenguas humanas. Tenían reglas más claras que las cadenas aleatorias y eran más libres que el código informático. El equipo publicó este resultado en Science[1].

El mismo equipo presentó también un modelo probabilístico. Era un método que construye una tabla con la probabilidad de que aparezca el signo siguiente cuando ya se ha fijado el signo anterior. Un modelo que calcula lo siguiente mirando solo el signo anterior se llama modelo de Markov. Al observar la tabla, se ve qué signos suelen aparecer al comienzo de un texto. También se ve qué signos suelen aparecer al final[2].

Al año siguiente, el mismo equipo estudió también la frecuencia de los signos. Reunió unas 3.000 inscripciones y eligió 1.548 en buen estado. Un pequeño número de signos concentraba la mayor parte de los usos, mientras que los demás aparecían rara vez. Esta forma es una distribución que aparece siempre en las lenguas humanas[3].

Esta distribución tiene un nombre. Se llama ley de Zipf. Es la regla según la cual unas pocas palabras muy frecuentes llenan la mayor parte de un texto. En coreano, palabras como eun, neun, i y ga ocupan los primeros puestos. En cambio, hay muchísimas palabras que aparecen solo una vez. Los signos del Indo mostraban la misma forma[3].

También aparecieron reglas en el orden de colocación. Veintitrés signos ocupaban el 80 % de los finales de texto. En cambio, para llenar el 80 % de los comienzos de texto se necesitaban 82 signos[3]. Eso significa que los signos finales estaban mucho más limitados. Es parecido a lo que ocurre en coreano, donde partículas y terminaciones se concentran al final de las frases.

El equipo también creó un modelo que predecía el signo siguiente a partir del anterior[2]. Este modelo reconstruyó signos desgastados y difíciles de leer con una probabilidad de alrededor del 75 %[3]. Es un resultado que solo puede aparecer si hay reglas.

No hay que malinterpretar la palabra reconstruir. Lo que el modelo completa es solo la forma del signo. Todavía no se sabe qué sonido tenía ese signo. Ha rellenado una pieza que faltaba del rompecabezas, pero no ha leído la imagen.

Refutación y respuesta a la refutación

Este modelo también tiene límites. Porque predice lo siguiente mirando solo uno o dos signos anteriores[2]. En las frases humanas, palabras mucho más alejadas se corresponden entre sí. Si los datos son breves, no se pueden aprender esas correspondencias lejanas.

Pronto apareció una refutación de este resultado. Richard Sproat publicó una crítica en 2010. Señaló que el simple hecho de que los valores de entropía sean parecidos no permite afirmar con certeza que se trate de escritura. Según él, los sistemas de signos que no son lengua humana también pueden producir valores parecidos[4].

El equipo de Rao respondió ese mismo año en la misma revista académica. Aclaró que no había demostrado que los signos del Indo fueran escritura. Su explicación fue que solo había apoyado con estadísticas la posibilidad de que lo fueran[5].

En 2014, Sproat llevó la crítica un paso más lejos. Reunió varios conjuntos de signos que no eran lenguaje humano. Eran marcas divinas de Mesopotamia, tótems de América del Norte y dibujos de estrellas pintados en paredes de graneros. También incluyó dibujos usados en previsiones meteorológicas. Comparó esos datos y los signos del Indo con el mismo criterio[6].

El procedimiento de clasificación que creó situó los signos del Indo del lado de los signos que no eran lenguaje humano. Sproat escribió que la estadística por sí sola no bastaba. Sostuvo que hacía falta un desciframiento logrado o una prueba arqueológica independiente de que aquella cultura usaba escritura[6]. Este debate aún no ha terminado.

Un nuevo análisis publicado en abril de 2026 se enfrenta a la misma pregunta. Ashish Nair rediseñó la prueba con 1.916 inscripciones del Indo. Creó por ordenador datos falsos que imitaban sistemas de signos no lingüísticos. Luego comparó las estadísticas de los datos reales del Indo con las de los datos falsos[7].

Los datos del Indo no encajaron exactamente con ningún conjunto falso. Quedaron en un punto intermedio entre dos conjuntos falsos. Ningún sistema real de signos no lingüísticos pudo reproducir tal cual las estadísticas del Indo. Nair escribió que había que aplazar el juicio sobre si se trataba o no de escritura. Este texto es una versión preliminar publicada en internet antes de pasar por la revisión de una revista académica[7].

El ojo que reconoce los signos

Hay una tarea que debe hacerse antes de la estadística. Consiste en transcribir como signos las marcas borrosas grabadas en la piedra. Durante mucho tiempo, este trabajo dependió de los ojos y las manos de las personas.

Transcribir es más difícil de lo que parece. Los sellos se han desgastado durante 4.000 años. Incluso un mismo signo cambia un poco según quien lo grabó. A veces hay dudas sobre si deben verse dos signos o uno solo. Si cambia ese juicio, también cambia la estadística posterior.

En 2017, Satish Palaniappan y Ronjoy Adhikari encargaron esta tarea al ordenador. Crearon un flujo de procesamiento que recibe una foto de un sello y devuelve una lista de signos[8].

En 2025, el equipo de Vaishnavi Dixit continuó ese flujo. Creó una red neuronal para reconocer signos en fotos de sellos y otra para reconocer figuras de animales. Dividió los datos en cinco partes y los probó por turnos. Ambas redes neuronales mostraron una precisión media cercana al 85 por ciento[9].

Para reducir este problema, hay que publicar los criterios de juicio y compararlos entre sí. En 2025, el equipo de Muzaffar Ali Khan ordenó ese trabajo. Reunió los estudios de inteligencia artificial sobre la escritura del Indo publicados entre 2009 y 2025 y los clasificó por tipos. También señaló los errores que se repetían con frecuencia[10].

En 2025, Atul Sharma y Shubajit Roy Chowdhury publicaron una herramienta. Se llama AI-EPIGRAPHY. Cuando el usuario introduce una secuencia de signos, devuelve candidatos de interpretación con alta probabilidad. Es una herramienta que combina análisis de frecuencia y cálculo de probabilidades en cadena[11].

En mayo de 2026 se presentó un intento de rehacer la propia base de datos. El equipo de Beata Megyesi creó una base de datos que reúne escrituras raras y no leídas. Incluyó fotografías de alta resolución,

signos transcritos, anotaciones e información sobre las fuentes en un mismo marco. Su criterio fue que reunir datos dispersos es una tarea previa al desciframiento[12].

Materiales de referencia

- [1] Rao, R. P. N., Yadav, N., Vahia, M. N., Joglekar, H., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2009). Entropic evidence for linguistic structure in the Indus script. *Science*, 324(5931), 1165. <https://doi.org/10.1126/science.1170391>
- [2] Rao, R. P. N., Yadav, N., Vahia, M. N., Joglekar, H., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2009). A Markov model of the Indus script. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(33), 13685-13690. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906237106>
- [3] Yadav, N., Joglekar, H., Rao, R. P. N., Vahia, M. N., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2010). Statistical analysis of the Indus script using n-grams. *PLoS ONE*, 5(3), e9506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009506>
- [4] Sproat, R. (2010). Ancient symbols, computational linguistics, and the reviewing practices of the general science journals. *Computational Linguistics*, 36(3), 585-594. https://doi.org/10.1162/coli_a_00011
- [5] Rao, R. P. N., Yadav, N., Vahia, M. N., Joglekar, H., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2010). Entropy, the Indus script, and language: A reply to R. Sproat. *Computational Linguistics*, 36(4), 795-805. https://doi.org/10.1162/coli_c_00030
- [6] Sproat, R. (2014). A statistical comparison of written language and nonlinguistic symbol systems. *Language*, 90(2), 457-481. <https://doi.org/10.1353/lan.2014.0031>
- [7] Nair, A. (2026, 4월 20일). How non-linguistic is the Indus sign system? A synthetic-baseline scorecard. arXiv:2604.17828. <https://arxiv.org/abs/2604.17828> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Palaniappan, S., & Adhikari, R. (2017). Deep learning the Indus script. arXiv:1702.00523. <https://arxiv.org/abs/1702.00523>
- [9] Dixit, V., Hussain, N., Basak, S., Atturu, D., Mitra, D., & Bhattacharya, U. (2025). Deep learning in archiving Indus script and motif information. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 8(1), 156-169. <https://doi.org/10.5334/jcaa.175>
- [10] Khan, M. A., Khurshid, S. K., & Aslam, M. (2025). Modern algorithms for ancient scripts: A review of AI-based techniques in Indus civilization research. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization*, 11(2), 11-21. <https://doi.org/10.55630/KINJ.2025.110201>
- [11] Sharma, A., & Roy Chowdhury, S. (2025). AI-EPIGRAPHY: An interactive tool for computational decipherment of the Indus Valley script. *Proceedings of IndiaHCI '25*. <https://doi.org/10.1145/3768633.3770145>
- [12] Megyesi, B., Rattenborg, R., Lang, B., Waldispühl, M., & Heder, M. (2026). Building a corpus and database for rare and undeciphered scripts. *Proceedings of the Fourth Workshop on Language Technologies for Historical and Ancient Languages (LT4HALA 2026) @ LREC 2026*, 184-196. ELRA Language Resources Association. <https://aclanthology.org/2026.lt4hala-1.17/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

10.3. La verdad revelada

Una tablilla de madera que cuenta la Luna

Entre las tablillas de madera de Rapa Nui hay una llamada Mamari. En esta tablilla hay una sección distinta de las demás por su forma. En ella se suceden signos con forma de luna creciente[1].

El académico alemán Thomas Barthel se fijó en esta sección a mediados del siglo XX. Consideró que era un registro de las fechas de la Luna[1]. En 1990, Jacques Guy reorganizó los datos y defendió la misma conclusión[2].

En 2011, Paul Horley reforzó esta interpretación. El calendario de la tablilla Mamari consta de treinta noches. Este número encaja con el ciclo real de la Luna. También encaja con calendarios de varias islas de Polinesia[1].

Horley comparó también calendarios de Tahití y Nueva Zelanda. Los nombres dados a cada noche eran parecidos de una isla a otra. El calendario de Rapa Nui estaba retrasado unos tres días respecto a los de otras islas. Parece una diferencia surgida mientras las islas permanecían alejadas entre sí[1].

La disposición de los signos también seguía una regla. Entre los signos de luna creciente se intercalan otros signos que los dividen en ocho grupos. Las dos últimas lunas crecientes señalan noches en las que la Luna no se ve[1].

La misma disposición aparece fuera de la tablilla. Entre los petroglifos de la isla hay uno con un dibujo de tortuga y lunas crecientes grabados juntos. Allí también las dos últimas lunas crecientes están dentro del caparazón de la tortuga. Es el mismo modo en que la tablilla separa las noches sin Luna[1]. La tablilla y la roca compartían la misma forma de contar.

Esta interpretación es ampliamente aceptada en los estudios sobre el rongorongo. Aun así, lo que se ha leído es el orden de las fechas. No sabemos cómo llamaban los habitantes de Rapa Nui a esas noches.

La respuesta de la inteligencia artificial y su peso

Contar la Luna y contar el Sol están unidos. Un eclipse solar ocurre cuando el Sol y la Luna se superponen. Por eso, afirmar que se ha leído un calendario pronto se convierte en afirmar que se ha leído todo el cielo.

En marzo de 2026, Logan Ross publicó un artículo preliminar. Analizó el rongorongo ejecutando un modelo lingüístico en un ordenador personal. Creó un diccionario de 89 signos y afirmó que con él cubría cerca del 97 por ciento de los registros restantes. También sostuvo que la tablilla Mamari era una tabla para predecir eclipses solares y lunares[3].

Esta afirmación aún no ha pasado por la verificación académica. El texto de Ross no es un artículo aceptado tras revisión por una revista académica. Es una versión preliminar publicada primero en un repositorio de internet[3]. Cualquiera puede subir una versión preliminar. Si su contenido es correcto o no, deben examinarlo después otros investigadores.

Al tratar una afirmación así, hay que mirar también el método de prueba. Quedan 26 registros de rongorongo, unos 15.000 caracteres[3]. Cuando los datos son tan escasos, es fácil obtener resultados que encajen por azar. Si se asignan libremente valores fonéticos a 89 signos, puede construirse casi cualquier frase. Por eso, la comunidad académica pregunta primero si otra persona puede obtener el mismo resultado con el mismo método.

Un verdadero desciframiento debe superar una prueba. Consiste en tomar otra tablilla que no se haya usado para crear la propuesta de lectura y leerla. También allí deben aparecer frases con sentido. La Lineal B, que anotaba el griego micénico, es un ejemplo que superó esa prueba[4]. El rongorongo y la escritura del Indo aún no han cruzado ese umbral.

Lo que la máquina hace y lo que no puede hacer

Hasta ahora, lo que la inteligencia artificial ha logrado con estas dos escrituras está claro.

La máquina reconoce signos en marcas borrosas[5]. Termina en unas horas una tarea que a una persona le llevaría meses comparando a simple vista. A veces reconstruye signos gastados y difíciles de leer mediante el contexto anterior y posterior[6]. Reúne en un solo lugar fotografías y registros de objetos dispersos y permite buscarlos[7].

Reunir datos no llama mucho la atención. Sin embargo, sin este trabajo no hay cálculo posterior. Si el brillo y el ángulo de las fotos son distintos, no se pueden comparar los signos. Si las reglas de transcripción cambian según el investigador, también se distorsiona la estadística. La base de datos publicada en 2026 es un intento de unificar esos criterios[7].

También hay resultados en el campo estadístico. Varios estudios han confirmado que los signos del Indo no son una disposición aleatoria[6][8]. La conclusión de que hay reglas en la disposición se ha

reproducido varias veces. Pero eso no significa que sean escritura. Decir que hay reglas no es lo mismo que decir que se transcribió habla.

Sin embargo, queda una tarea mucho mayor que la máquina no ha conseguido hacer. Seguimos sin conocer el valor fonético de cada signo del Indo[9]. Tampoco conocemos el valor fonético de los signos del rongorongo[3]. En ninguna de las dos escrituras hay todavía una palabra cuyo significado se haya fijado. Tampoco se ha determinado si lo escrito en los sellos del Indo son nombres de personas o nombres de objetos[9].

La razón está en la naturaleza de los datos. Si existe un texto bilingüe, el desciframiento se vuelve mucho más fácil. No hay textos así ni en los yacimientos del Indo ni en la isla de Rapa Nui[9]. Hay casos resueltos sin texto bilingüe. La Lineal B se resolvió así. Pero entonces había pistas para suponer la lengua de base y también abundaban los datos[4]. En la escritura del Indo ni siquiera se ha determinado cuál era la lengua de base[9]. Del rongorongo queda demasiado poco texto[3].

El análisis de abril de 2026 volvió a mostrar esta situación con números. Las 1.916 inscripciones del Indo no encajaban del todo ni con las estadísticas del lenguaje humano ni con las de signos no lingüísticos[10]. Eso significa que una pregunta abierta desde hace más de cien años sigue abierta.

Del lado de quienes esperan

La investigación sobre escrituras no leídas exige dos actitudes. Una consiste en llevar las nuevas herramientas hasta el final. La otra consiste en dudar de los resultados obtenidos.

La inteligencia artificial hace bien la primera tarea. Cuenta, compara y enumera candidatos. La segunda tarea corresponde a las personas. Hay que juzgar qué candidato pudo existir en aquella época. En ese juicio entran la ubicación del yacimiento, los objetos hallados en las tumbas y las tradiciones orales conservadas.

La interpretación del calendario de Rapa Nui es un ejemplo. Contar los signos de luna creciente es cálculo. Comparar esas treinta noches con los calendarios de varias islas de Polinesia es comprobación histórica[1]. Cuando ambos trabajos encajaron, la interpretación ganó fuerza.

Los dibujos de animales en los sellos del Indo son también datos de ese tipo. No sabemos qué significaba el animal con un solo cuerno. Lo mismo ocurre con las treinta noches de la tablilla Mamari. Hemos averiguado el orden, pero no sabemos qué hacían las personas durante esas noches.

Decir que no sabemos también tiene valor. Hay que trazar una línea entre lo que se ha aclarado y lo que empieza a ser conjetura. Si esa línea se borra, una historia verosímil pasa por hecho. En la investigación sobre escrituras no leídas, trazar esta línea es tan importante como producir resultados.

Las dos escrituras tratadas en este capítulo nunca se encontraron. Están separadas por más de 3.000 años y por lugares situados en extremos opuestos del planeta. Sin embargo, las dificultades que afrontan los investigadores son casi las mismas. Datos breves, ausencia de textos bilingües y una lengua de base desconocida. Por eso las mismas herramientas se usan en ambos lugares.

El millón de dólares ofrecido por el estado de Tamil Nadu también refleja esta situación[11]. Ha pasado más de un año desde que se anunció el premio, pero aún no ha aparecido quien lo reclame. La calculadora se ha vuelto más rápida, pero la llave aún no ha aparecido.

Materiales de referencia

[1] Horley, P. (2011). Lunar calendar in rongorongo texts and rock art of Easter Island. Journal de la Societe des Oceanistes, 132, 17-38. <https://doi.org/10.4000/jso.6314>

- [2] Guy, J. B. M. (1990). The lunar calendar of Tablet Mamari. *Journal de la Societe des Oceanistes*, 91(2), 135-149. <https://doi.org/10.3406/jso.1990.2882>
- [3] Ross, L. (2026, 3월 31일). Reading Rongorongo (Version 2). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19362491> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Chadwick, J. (1958). *The decipherment of Linear B*. Cambridge University Press.
- [5] Palaniappan, S., & Adhikari, R. (2017). Deep learning the Indus script. arXiv:1702.00523. <https://arxiv.org/abs/1702.00523>
- [6] Yadav, N., Joglekar, H., Rao, R. P. N., Vahia, M. N., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2010). Statistical analysis of the Indus script using n-grams. *PLoS ONE*, 5(3), e9506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009506>
- [7] Megyesi, B., Rattenborg, R., Lang, B., Waldispuhl, M., & Heder, M. (2026). Building a corpus and database for rare and undeciphered scripts. *Proceedings of the Fourth Workshop on Language Technologies for Historical and Ancient Languages (LT4HALA 2026) @ LREC 2026*, 184-196. ELRA Language Resources Association. <https://aclanthology.org/2026.lt4hala-1.17/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Rao, R. P. N., Yadav, N., Vahia, M. N., Joglekar, H., Adhikari, R., & Mahadevan, I. (2009). Entropic evidence for linguistic structure in the Indus script. *Science*, 324(5931), 1165. <https://doi.org/10.1126/science.1170391>
- [9] Khan, M. A., Khurshid, S. K., & Aslam, M. (2025). Modern algorithms for ancient scripts: A review of AI-based techniques in Indus civilization research. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization*, 11(2), 11-21. <https://doi.org/10.55630/KINJ.2025.110201>
- [10] Nair, A. (2026, 4월 20일). How non-linguistic is the Indus sign system? A synthetic-baseline scorecard. arXiv:2604.17828. <https://arxiv.org/abs/2604.17828> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [11] The Tribune. (2025, 1월 6일). Stalin announces \$1 mn prize for deciphering Indus Valley script. <https://www.tribuneindia.com/news/india/stalin-announces-1-mn-prize-for-deciphering-indus-valley-script/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 11. La IA vuelve a leer inscripciones griegas rotas: modelos fundacionales e Ithaca

11.1. Archivo del caso

Registros de un país grabados en piedra

Los antiguos griegos grababan en piedra los asuntos importantes. Cuando creaban una ley nueva, grababan su contenido en una columna de piedra y la colocaban en la plaza. También dejaban en piedra los registros de los impuestos recaudados. Las listas de objetos ofrecidos a los templos también quedaban en piedra. Estos textos grabados en piedra o bronce se llaman inscripciones. La disciplina que reúne y lee inscripciones es la epigrafía. Significa el estudio de los textos grabados en piedra o metal[4].

Las inscripciones suelen ser registros dejados directamente por personas de su época. Rara vez tienen huellas de copias y correcciones hechas por generaciones posteriores. Por eso son materiales valiosos para los historiadores. Sin embargo, no siempre conservan su aspecto original. Hay estelas en las que después se borraron letras o se grabaron correcciones. También hay casos en los que se pulió la piedra y se volvió a escribir sobre ella. Las inscripciones también nos dicen cuándo Atenas se alió con una ciudad[4].

Las inscripciones eran textos hechos para que muchas personas los vieran. Se colocaban en plazas o delante de templos para que los transeúntes las leyeran. Su función se parece a la de un aviso pegado en el pasillo de una escuela. Por eso las inscripciones incluyen con claridad el nombre del funcionario de ese día y la fecha. Los historiadores usan esos nombres y fechas como pistas[4].

Letras borradas, lagunas

El problema es el tiempo. Las estelas estuvieron expuestas a la lluvia y al viento durante miles de años. La superficie de la piedra se desgastó poco a poco y los surcos de las letras se hicieron menos profundos. Las estelas enterradas fueron atacadas por la humedad y los microorganismos. A veces una estela se rompía y solo quedaba una parte[1].

Como resultado, en las inscripciones aparecen espacios vacíos donde han desaparecido letras. Los especialistas llaman lagunas a esos espacios vacíos. En latín son lacunae[1]. Una laguna abre un hueco en medio de una frase. Si desaparece el nombre de una persona, no se sabe quién hizo algo. Si desaparece una cifra, no se sabe cuánto se pagó. Si desaparece el nombre de una ciudad, no se sabe con qué país se firmó el acuerdo.

Desde hace mucho tiempo, los especialistas intentaron llenar esos espacios vacíos. Buscaron otras inscripciones de época y contenido parecidos y las compararon. Las inscripciones griegas tenían fórmulas fijas. Los documentos que anunciaban leyes ordenaban las frases casi siempre en la misma secuencia. Por eso, si se conserva lo anterior y lo posterior, se pueden conjeturar las palabras perdidas[1].

Las estelas son pesadas y no se pueden trasladar al laboratorio. Por eso los especialistas ponían papel húmedo sobre la estela y lo presionaban. Cuando el papel se secaba, los surcos de las letras quedaban marcados. Esta copia en papel se llama calco. Los especialistas volvían con el calco y leían las letras en su mesa. En los antiguos catálogos impresos, en lugar de fotografías solo se incluían letras transcritas. Por eso quienes venían después tenían que leer solo las letras, sin ver el aspecto de la piedra[4].

La conjetura tiene reglas. Primero se cuenta cuántas letras había en el espacio vacío. Se puede saber de forma aproximada midiendo la distancia entre las letras que quedan en la piedra. Después solo se

consideran como candidatos las palabras que encajan con ese número de letras. Las letras completadas de este modo deben escribirse siempre entre corchetes. Debajo de las letras cuya forma está dañada y cuesta leer se coloca un pequeño punto. Esta convención se llama sistema de Leiden. Es una regla creada para distinguir las letras conservadas en la piedra de las conjeturas humanas[1, 4].

La disputa en torno al sigma de tres trazos

Para leer una inscripción, también hay que saber cuándo fue grabada. Un método antiguo consiste en fecharla observando la forma de las letras. Esto se debe a que la forma de las letras cambia poco a poco según la época[2].

Un ejemplo frecuente en las inscripciones atenienses es el sigma. Sigma es una letra del alfabeto griego. En una época temprana se grababa un sigma de tres trazos. Más tarde se difundió el sigma de cuatro trazos. Durante mucho tiempo, los especialistas tomaron como criterio el sigma de tres trazos. Si aparecía esa letra, consideraban que la inscripción era anterior aproximadamente al año 446 a. C.[2].

Pero surgieron especialistas que pusieron en duda ese criterio. La velocidad con que cambiaban los estilos de letra variaba según la región. También había regiones que mantuvieron durante mucho tiempo estilos antiguos. Incluso dentro de una misma ciudad, cada artesano tenía sus propios hábitos de talla[2].

Por eso continuó la disputa sobre la fecha de las inscripciones de tratados entre Atenas y otras ciudades. Unos decían que eran anteriores aproximadamente al año 446 a. C. Otros sostenían que habían sido grabadas en la década de 420 a. C.[2]. La década de 420 a. C. fue el periodo central de la guerra del Peloponeso. Esta guerra comenzó en 431 a. C. Si la datación cambia varias décadas, también cambia la trama de la historia. Porque se desplaza por completo el momento en que Atenas sometió por la fuerza a sus ciudades aliadas.

Completar espacios vacíos entraña riesgos. Una palabra añadida por un especialista puede leerse como texto original en la generación siguiente. Una edición impresa que omite los corchetes puede convertir una conjetura en un hecho[1]. Por eso los epigrafistas siempre dejaron marcas de sus conjeturas.

También hay que averiguar dónde estuvo situada originalmente la inscripción. Las ciudades griegas usaban dialectos distintos. Una misma palabra podía escribirse de forma diferente según la ciudad[2]. Los especialistas conjeturaban el lugar de hallazgo a partir de esas diferencias ortográficas y de los nombres de los cargos[4]. El lugar de hallazgo es el sitio donde la estela salió de la tierra.

La mano humana no puede leerlo todo

Las inscripciones que hay que leer siguen acumulándose. Las inscripciones griegas reunidas por el Packard Humanities Institute son 178.551[2]. Los materiales de inscripciones latinas de época romana superan también los 176.000[3]. En cambio, los especialistas capaces de leer inscripciones son pocos en el mundo[4].

Ni siquiera depurar las cifras es fácil. Al preparar estos materiales para que una máquina pudiera leerlos, quedaron 78.608 piezas. Más de la mitad quedó fuera por ser demasiado breve o estar en mal estado. Solo seleccionar los datos que se darían a la máquina ya fue una gran tarea[2].

Completar espacios vacíos también es difícil para las personas. Hay un experimento en el que se entregaron inscripciones con letras borradas a epigrafistas formados y se les pidió completarlas. La proporción de respuestas correctas en la primera propuesta humana fue del 25 %[2]. Eso significa que tres de cada cuatro veces se equivocaban. En un experimento anterior, la tasa de error de las letras completadas por humanos fue del 57,3 %[1].

La situación de los papiros es peor. Papiro es el nombre de una planta que crece junto al agua en Egipto. Los antiguos cortaban en láminas finas el interior de esa planta. Superponían las láminas en sentido horizontal y vertical, las golpeaban, las prensaban y las dejaban secar. El material de escritura hecho así también se llama papiro. En las arenas secas de Egipto han aparecido cientos de miles de hojas. Los papiros griegos que aún nadie ha leído se cuentan por un millón[5]. En ese papel hay recibos de impuestos, cartas y contratos. Son registros que contienen el día a día de las personas antiguas.

La lectura no termina al abrir una caja. El papel está roto y la tinta se ha borrado. Primero hay que aplicar tratamientos de conservación y encajar los fragmentos dispersos. Solo después se pueden descifrar las letras. Faltan personas para hacer todo ese trabajo[4].

La forma de leer los materiales también era un problema. Durante mucho tiempo, los materiales epigráficos se acumularon solo como listas de letras dentro de libros. No incluían fotografías de la piedra ni información sobre su material[4]. Eso significa que la única información que podía introducirse en una máquina eran las letras.

Las excavaciones continúan hoy. Cada año salen de la tierra nuevas estelas y nuevos papiros. Los materiales que hay que leer aumentan, pero el número de personas que pueden leerlos permanece igual[4]. Esta brecha se amplió con el paso de los años.

Por eso muchos registros quedaron en cajas de museo sin poder ser leídos. Había piedra y papel, pero faltaban personas capaces de devolver la vida a las frases escritas sobre ellos. Los investigadores llamaron a las máquinas para abrir ese bloqueo[4].

Materiales de referencia

- [1] Assael, Y., Sommerschild, T., & Prag, J. (2019). Restoring ancient text using deep learning: a case study on Greek epigraphy. In Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP) (pp. 6368-6375). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1668>
- [2] Assael, Y., Sommerschild, T., Shillingford, B., Bordbar, M., Pavlopoulos, J., Chatzipanagiotou, M., Androutsopoulos, I., Prag, J., & de Freitas, N. (2022). Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks. *Nature*, 603(7900), 280-283. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04448-z>
- [3] Assael, Y., Sommerschild, T., Cooley, A., Pavlopoulos, J., Shillingford, B., Herms, B., Suresh, P., Maynard, B., Grayston, J., Wulgaert, R., Prag, J., Mullen, A., & Mohamed, S. (2025). Contextualizing ancient texts with generative neural networks. *Nature*, 645(8079), 141-147. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09292-5>
- [4] Sommerschild, T., Assael, Y., Pavlopoulos, J., Stefanak, V., Senior, A., Dyer, C., Bodel, J., Prag, J., Androutsopoulos, I., & de Freitas, N. (2023). Machine learning for ancient languages: A survey. *Computational Linguistics*, 49(3), 703-747. https://doi.org/10.1162/coli_a_00481
- [5] Reply. (2026, 3월 19일). Austrian Academy of Sciences is developing the Ancient Greek AI "Apollo" with Mistral AI and Reply. [reply.com. https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply](https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply) (consultado el 3 de septiembre de 2026)

11.2. El seguimiento del equipo de investigación científica: Ithaca y Apollo, dispositivos de autocompletado de textos antiguos

Una máquina que aprende con problemas de espacios en blanco

El modo en que la inteligencia artificial lee textos antiguos se parece a los ejercicios de espacios en blanco de un examen de lengua. Se muestra a la máquina una gran cantidad de inscripciones completas. Después se ocultan algunas letras y se le pide que adivine qué debe ir allí. Si la respuesta es incorrecta, se corrigen poco a poco los números internos de la máquina[4]. Si este proceso se repite millones de veces, la máquina aprende los hábitos de las frases griegas.

La máquina que aprende así no memoriza palabras. Recuerda en forma de probabilidades qué palabras suelen venir detrás de otras[4]. Por eso, incluso ante una inscripción que nunca ha visto, puede proponer candidatos adecuados para el espacio vacío.

De Pythia a Ithaca

En 2019, unos investigadores presentaron un modelo llamado Pythia. Lo crearon Yannis Assael, Thea Sommerschildt y Jonathan Prag. Pythia es una red neuronal que predice letras borradas en inscripciones griegas[1]. Una red neuronal es una estructura de cálculo que aprende reglas por sí misma a partir de datos. Se creó tomando como modelo las conexiones entre las células nerviosas del cerebro humano.

Pythia lee a la vez unidades de letras y unidades de palabras. Para tratar materiales en los que media palabra está rota hacen falta dos ojos. Cuando la tasa de error de las letras completadas por humanos era del 57,3 %, Pythia registró un 30,1 %. La respuesta correcta apareció entre los 20 candidatos de Pythia en el 73,5 % de los casos[1].

En 2022 apareció Ithaca. Lo crearon Google DeepMind y varias universidades. Participaron la Universidad de Oxford, la Universidad Ca' Foscari de Venecia y la Universidad de Economía y Empresa de Atenas. Los resultados de la investigación se publicaron en marzo de 2022 en la revista Nature[2]. El nombre procede de la isla de Ítaca, que aparece en la epopeya Odisea. Contiene la idea de volver a casa tras un largo viaje errante.

Cómo juzga Ithaca

Ithaca usa una estructura llamada transformador. Un transformador es una red neuronal que calcula cuánto se relacionan entre sí las palabras dentro de una frase. El lugar donde se han borrado letras se introduce sustituido por un símbolo que significa espacio vacío. El modelo calcula la probabilidad de las letras que pueden ocupar el lugar de ese símbolo[2].

Ithaca hace tres cosas. Completa letras borradas, predice dónde estuvo originalmente una inscripción y estima cuándo fue grabada. No aprende esas tres tareas por separado, sino al mismo tiempo. Los dialectos y los hábitos ortográficos son pistas sobre el lugar. El uso de las palabras y las fórmulas de las frases son pistas sobre la época. Cuando una sola red neuronal maneja juntas estas pistas, unas ayudan a otras[2].

Ithaca no mira fotografías de la piedra. Lee solo las letras transcritas y emite su juicio[2]. Su camino es distinto del método antiguo que fechaba las inscripciones por la forma de los trazos.

También es distinta la forma en que ofrece la datación. Ithaca no señala un único año exacto. Divide el periodo desde 800 a. C. hasta 800 d. C. en intervalos de diez años. Después asigna una probabilidad a cada intervalo y la muestra en un gráfico[2]. El especialista observa los picos del gráfico y decide qué época es más probable.

Los materiales usados para el aprendizaje proceden de la colección de inscripciones del Packard Humanities Institute. Son las 78.608 piezas vistas antes. Incluso contando solo las palabras que aparecen más de diez veces, había 35.884[2].

Al crear Ithaca, el equipo investigador se fijó tres objetivos. Que trabajara con los especialistas, que ayudara al juicio y que mostrara el proceso de juicio. El objetivo no era una máquina que sustituyera a las personas. Apuntaban a una herramienta integrada en la forma de trabajar de los especialistas[2].

Ithaca no ofrece una sola respuesta. Muestra varios candidatos para el espacio vacío junto con sus probabilidades. También indica en la pantalla qué letras la llevaron a ese juicio. El especialista puede

comprobar con sus propios ojos en qué se apoyó la máquina para responder. El juicio final queda en manos humanas. El equipo investigador publicó el código y los datos de Ithaca[2].

El sentido de veinte candidatos

La respuesta que ofrece una máquina no es única. Ordena los candidatos de mayor a menor probabilidad. La proporción en que acierta el primer candidato se llama exactitud top 1. La proporción en que la respuesta correcta aparece entre los veinte primeros se llama exactitud top 20[1].

Esta distinción es importante. Lo que necesita un especialista no es una sola respuesta correcta. Es una lista de candidatos que merezcan revisión. Si la respuesta correcta está entre los veinte, el especialista puede elegir dentro de esa lista[1]. A veces descubre en ella una palabra que no se le había ocurrido[2].

Aeneas cruza al latín

El mismo equipo investigador amplió su rumbo hacia las inscripciones latinas. En julio de 2025 publicó en Nature un modelo llamado Aeneas[3]. El nombre procede de Aeneas, protagonista del relato sobre la fundación de Roma[5].

Aeneas aprendió con más de 176.000 inscripciones latinas. Es un conjunto que combina tres bases de datos epigráficas: Roma, Heidelberg y Clauss-Slaby. En los lugares donde se habían borrado hasta diez caracteres, la respuesta correcta apareció entre los 20 candidatos en el 73 % de los casos. Incluso cuando no se sabía cuántas letras faltaban, registró un 58 %[3]. Responder sin conocer la longitud de lo borrado es una cuestión difícil también para las personas.

También acertó de qué provincia romana procedía la inscripción. Una provincia era un territorio gobernado por Roma. Acertó el 72 % entre 62 opciones[5]. En cuanto a la fecha de grabado, la redujo a una media de 13 años dentro del intervalo establecido por los historiadores[3, 5].

Aeneas tiene una función nueva. Puede juzgar incorporando también la fotografía de la inscripción[3]. Esto significa que no mira solo las letras transcritas, sino también el aspecto de la piedra. También busca otras inscripciones con frases parecidas y las muestra en paralelo. En pocos segundos presenta casos similares que a un especialista le habrían llevado días encontrar[5].

Los investigadores probaron esta herramienta con un registro del emperador romano Augusto. Aeneas propuso dos intervalos para la fecha en que se grabó el texto. Uno iba del 10 a. C. al 1 a. C. El otro iba del 10 d. C. al 20 d. C., y tenía una probabilidad más alta[5]. Las dos tesis que dividían al mundo académico aparecieron tal cual sobre el gráfico de probabilidades.

Los investigadores pidieron a 23 historiadores que usaran esta función. Los especialistas respondieron que habían obtenido nuevas ideas de investigación en nueve de cada diez inscripciones[3, 5]. El modelo se publicó para que cualquiera pudiera usarlo[5].

Apollo, que aprende el griego completo

En marzo de 2026, la Academia Austriaca de Ciencias anunció un nuevo modelo. Su nombre es Apollo. Lo están desarrollando junto con la empresa de inteligencia artificial Mistral AI y la empresa de tecnologías de la información Sail Reply[7]. Si Ithaca es una herramienta para tratar una inscripción concreta, Apollo tiene como objetivo ser un modelo que aprende todo el griego[6].

A estos modelos se les llama modelos fundacionales. Significa que son modelos básicos entrenados de forma amplia para servir en muchas tareas. No son herramientas hechas para una sola función[4]. La misma base se usa para restaurar inscripciones, buscar textos y leer escritura[6].

Los materiales con los que aprende Apollo suman unos 600 millones de palabras de textos griegos. A eso se añaden decenas de miles de inscripciones y papiros ya publicados[6, 7]. Los investigadores señalaron que es uno de los conjuntos de materiales griegos más grandes reunidos hasta ahora[7].

La Biblioteca Nacional de Austria posee muchos papiros. Solo en esta biblioteca se conservan decenas de miles de piezas[7]. Entre ellas hay documentos que aún no han sido leídos.

La persona que dirige la investigación es Anna Dolganov, del Instituto Arqueológico Austriaco. Ella dijo que en el mundo existen un millón de papiros griegos que nadie ha leído todavía[7]. Apollo se ocupa de restaurar letras y buscar contenidos en estos materiales. Leer escritura manuscrita también forma parte de sus objetivos[6, 7]. Los investigadores afirmaron que este trabajo podría terminarse en horas, y no en años[7].

Materiales de referencia

- [1] Assael, Y., Sommerschield, T., & Prag, J. (2019). Restoring ancient text using deep learning: a case study on Greek epigraphy. In Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP) (pp. 6368-6375). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1668>
- [2] Assael, Y., Sommerschield, T., Shillingford, B., Bordbar, M., Pavlopoulos, J., Chatzipanagiotou, M., Androutsopoulos, I., Prag, J., & de Freitas, N. (2022). Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks. *Nature*, 603(7900), 280-283. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04448-z>
- [3] Assael, Y., Sommerschield, T., Cooley, A., Pavlopoulos, J., Shillingford, B., Herms, B., Suresh, P., Maynard, B., Grayston, J., Wulgaert, R., Prag, J., Mullen, A., & Mohamed, S. (2025). Contextualizing ancient texts with generative neural networks. *Nature*, 645(8079), 141-147. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09292-5>
- [4] Sommerschield, T., Assael, Y., Pavlopoulos, J., Stefanak, V., Senior, A., Dyer, C., Bodel, J., Prag, J., Androutsopoulos, I., & de Freitas, N. (2023). Machine learning for ancient languages: A survey. *Computational Linguistics*, 49(3), 703-747. https://doi.org/10.1162/coli_a_00481
- [5] Google DeepMind. (2025, 7월 23일). Aeneas transforms how historians connect the past. [deepmind.google](https://deepmind.google/blog/aeneas-transforms-how-historians-connect-the-past/). <https://deepmind.google/blog/aeneas-transforms-how-historians-connect-the-past/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Mistral AI. (2026). Austrian Academy of Sciences. [mistral.ai](https://mistral.ai/customers/austrian-academy-of-sciences/). <https://mistral.ai/customers/austrian-academy-of-sciences/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Reply. (2026, 3월 19일). Austrian Academy of Sciences is developing the Ancient Greek AI "Apollo" with Mistral AI and Reply. [reply.com](https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply). <https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

11.3. La verdad revelada

62 por ciento y 72 por ciento

Los investigadores comprobaron la capacidad de Ithaca con números. La prueba consistía en darle inscripciones con letras ocultas a propósito y pedirle que las completara. La misma prueba se planteó también a epigrafistas formados[1].

Cuando una persona resolvía sola la prueba, la primera respuesta era correcta en el 25 por ciento de los casos. Cuando Ithaca la resolvía sola, alcanzaba el 62 por ciento. La diferencia era de más del doble[1].

En esta prueba había una tercera condición. Era la condición en la que una persona resolvía el problema viendo la lista de candidatos de Ithaca. Entonces la precisión subió al 72 por ciento[1]. Era un valor superior al de la persona sola y también al de la máquina sola.

Esta cifra es el núcleo de esta investigación. La máquina calcula probabilidades con el recuerdo de haber leído 78.608 piezas. La persona sabe en qué historia se sitúa esa inscripción. Cuando la máquina

presenta veinte candidatos, la persona los filtra con conocimiento histórico. La precisión fue más alta cuando se unieron las dos cosas[1, 2].

También se comprobó su capacidad para acertar el lugar y la fecha. Ithaca aprendió dividiendo el mundo griego en 84 regiones. Acertó con una precisión del 71 por ciento el lugar original de inscripciones cuyo sitio de hallazgo se desconocía. Para la fecha de grabado, propuso valores separados una media de 29,3 años del intervalo fijado por los historiadores. El método antiguo, que medía el estilo de las letras a ojo, podía llegar a errores de cien años[1].

La respuesta de 421 a. C.

Ithaca también dio una respuesta a una vieja disputa. Era el problema de datación de las inscripciones de tratados atenienses vistas antes. Eran inscripciones que se consideraban anteriores a alrededor de 446 a. C. por la sigma de tres trazos[1].

Los investigadores introdujeron esas inscripciones en Ithaca. Ithaca juzga mirando no la forma de las letras, sino la frase misma. Examina qué palabra aparece junto a qué otra palabra. También examina qué nombres de cargos aparecen junto con qué expresiones[1].

La fecha media propuesta por Ithaca fue 421 a. C. Era una generación posterior al criterio antiguo. Ese valor iba en la misma dirección que otras pruebas recientes. La diferencia media con las dataciones revisadas por estudiosos recientes era de 5 años. Las fechas calculadas con el criterio antiguo se separaban hasta 27 años[1].

La máquina no reescribió la historia por sí sola. Dio más peso a una de las dos tesis que llevaban mucho tiempo enfrentadas[1, 2]. Los especialistas tuvieron que revisar la costumbre de fijar una fecha solo por un rasgo de escritura. Una herramienta cambió la dirección de una controversia de cien años.

Frases verosímiles inventadas por la máquina

A pesar de estos logros, quedan problemas. Uno es que los materiales de aprendizaje están sesgados. En los datos de inscripciones griegas hay muchas piezas de Atenas. Las épocas también se concentran en el periodo clásico. Por eso, las inscripciones de regiones periféricas con pocos datos son menos precisas[2].

También existe el problema de que cuesta saber por qué la máquina respondió así. Dentro de la red neuronal hay millones de números. Muestra en qué letras se concentró más, pero no puede explicar con palabras por qué eligió esa respuesta[2].

También surgen problemas cuando el hueco se alarga. Completa bien unas pocas letras, pero le cuesta cuando desaparecen varias palabras enteras. En la prueba de Aeneas, cuando no se conocía la longitud borrada, el rendimiento cayó del 73 por ciento al 58 por ciento[3]. En ese caso, el modelo puede producir frases gramaticales y verosímiles, pero que nunca existieron. A estas respuestas inventadas se les llama alucinaciones. Significa respuestas erróneas que la máquina fabrica como si fueran hechos. Las alucinaciones son peligrosas al tratar registros antiguos. Una historia inexistente puede quedar fijada como si fuera real[2].

Un estudio publicado en agosto de 2026 abordó directamente este límite. Fue un experimento que restauró documentos antiguos dañados con varios modelos y en varias condiciones. Los investigadores concluyeron que la restauración no puede dejarse por completo en manos de la automatización. El resultado variaba mucho según qué parte del documento se completara. Los documentos con fórmulas fijas repetidas se completaban bien. Las frases escritas de forma distinta por cada persona eran difíciles. El resultado también cambiaba según se conociera o no la longitud borrada. Los investigadores afirmaron que la máquina debe hacerse como una herramienta que ayude al paleógrafo[4].

Los investigadores establecieron reglas para reducir este riesgo. También ponen entre corchetes las letras completadas por la máquina. Los especialistas descartan los candidatos de baja probabilidad. Las convenciones de notación que seguían los antiguos epigrafistas se aplican igual a la máquina[2].

Por eso, las respuestas que ofrece Ithaca no son hechos históricos. Son una lista de hipótesis que hay que examinar. Solo se convierten en fuentes históricas cuando el especialista las comprueba frente a otros materiales[2]. Una fuente histórica es un material de base que permite esclarecer la historia.

Lo ocurrido en siete años

La velocidad de cambio en este campo puede compararse con números. En 2019, Pythia redujo la tasa de error humana del 57,3 por ciento al 30,1 por ciento[5]. En 2022, Ithaca elevó la precisión de la primera respuesta al 62 por ciento[1]. En 2025, Aeneas pasó al latín y redujo el error de datación a una media de 13 años[3]. En 2026 comenzó Apollo, que aprende el griego completo[6].

En siete años aumentaron las lenguas tratadas y subió la precisión. Los materiales manejados también se ampliaron de letras a fotografías[3]. Hay algo que no cambió durante ese tiempo. Es el principio de que el juicio final lo hace la persona[2].

Fotografía, contexto y próximo paso

La investigación sigue ampliándose. Un artículo publicado en 2026 volvió a entrenar un gran modelo lingüístico de uso amplio con materiales griegos. Fue un experimento que usó el modelo Llama 3.1 publicado por Meta. En la restauración de papiros, la primera respuesta fue correcta en el 73,5 por ciento de los casos. En la restauración de inscripciones, el resultado fue del 63,7 por ciento. La proporción en que la respuesta correcta aparecía entre los 20 candidatos fue del 86,0 por ciento y del 83,0 por ciento, respectivamente. Esto significa que también se puede hacer este trabajo sin un modelo creado solo para inscripciones[7].

También apareció investigación para recuperar imágenes de letras. Mesa, publicado en abril de 2026, es un método para completar trazos borrados en fotografías de inscripciones. Toma como modelo las letras bien conservadas de la misma estela y recupera el patrón de las zonas desgastadas[8]. Los modelos que completan frases y los modelos que completan fotografías están creciendo en paralelo.

Las tragedias perdidas también están volviendo de verdad. En 2022 apareció una hoja de papiro en el yacimiento de Filadelfia, en Egipto. Es un papel que parece haber sido escrito en el siglo III d. C. En 2024, los estudiosos leyeron su contenido y lo publicaron. Eran 97 versos de diálogo de las tragedias Poliido e Ino, escritas por Eurípides. Hasta entonces, ambas obras solo se conocían por citas breves y resúmenes de argumento[9].

Esta restauración la hicieron las manos y los ojos humanos. No fue obra de la máquina. En el mundo quedan un millón más de papeles como ese. Solo con ojos humanos no se puede leer toda esa pila de papeles. Ahí es precisamente donde apuntan modelos como Apollo[6].

Con la publicación de las herramientas, también cambió el método de investigación. Ithaca y Aeneas tienen publicados su código y sus datos[1, 10]. Cualquiera puede probarlos en la web, aunque no pertenezca a un laboratorio universitario. Si se sube una fotografía de una inscripción, aparecen una lista de candidatos, un mapa y un gráfico de datación[10]. Antes, ese trabajo comparativo llevaba años[3].

Todavía queda mucho por hacer. Solo de papiros griegos hay un millón sin leer[6]. Los datos de inscripciones no están equilibrados por región ni por época[2]. También siguen ahí las lagunas largas que la máquina no maneja bien[3]. Estos problemas deben reducirse uno por uno con mejores datos y más verificación[4].

La máquina propone candidatos y la persona elige. El método que llevó a Ithaca del 62 por ciento al 72 por ciento es la respuesta[1]. Para que las piedras y los papeles que guardaban silencio vuelvan a hablar, hacen falta las dos partes.

Material de referencia

- [1] Assael, Y., Sommerschield, T., Shillingford, B., Bordbar, M., Pavlopoulos, J., Chatzipanagiotou, M., Androutsopoulos, I., Prag, J., & de Freitas, N. (2022). Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks. *Nature*, 603(7900), 280-283. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04448-z>
- [2] Sommerschield, T., Assael, Y., Pavlopoulos, J., Stefanak, V., Senior, A., Dyer, C., Bodel, J., Prag, J., Androutsopoulos, I., & de Freitas, N. (2023). Machine learning for ancient languages: A survey. *Computational Linguistics*, 49(3), 703-747. https://doi.org/10.1162/coli_a_00481
- [3] Assael, Y., Sommerschield, T., Cooley, A., Pavlopoulos, J., Shillingford, B., Herms, B., Suresh, P., Maynard, B., Grayston, J., Wulgaert, R., Prag, J., Mullen, A., & Mohamed, S. (2025). Contextualizing ancient texts with generative neural networks. *Nature*, 645(8079), 141-147. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09292-5>
- [4] Zhang, S., Caraffa, E., Zuffrano, A., Modesti, M., & Colavizza, G. (2026, 8월 28일). Text restoration of ancient documents with language models (arXiv:2608.28170). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2608.28170> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Assael, Y., Sommerschield, T., & Prag, J. (2019). Restoring ancient text using deep learning: a case study on Greek epigraphy. In *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)* (pp. 6368-6375). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1668>
- [6] Reply. (2026, 3월 19일). Austrian Academy of Sciences is developing the Ancient Greek AI "Apollo" with Mistral AI and Reply. [reply.com. https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply](https://www.reply.com/en/newsroom/news/austrian-academy-of-sciences-is-developing-the-ancient-greek-ai-apollo-with-mistral-ai-and-reply) (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Cullhed, E. (2026). Instruction-tuning pretrained causal language models to restore ancient Greek papyri and inscriptions. *Digital Scholarship in the Humanities*, 41(1), 69-76. <https://doi.org/10.1093/llc/fqaf131>
- [8] Toulatzis, V., Theodoridou, S., & Fudos, I. (2026, 4월 19일). MESA: A training-free multi-exemplar deep framework for restoring ancient inscription textures (arXiv:2604.17390). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2604.17390> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] O'Grady, E. (2024, 10월 11일). Unearthed papyrus contains lost scenes from Euripides' plays. *The Harvard Gazette*. <https://news.harvard.edu/gazette/story/2024/10/unearthed-papyrus-contains-lost-scenes-from-euripides-plays/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Google DeepMind. (2025, 7월 23일). Aeneas transforms how historians connect the past. [deepmind.google. https://deepmind.google/blog/aeneas-transforms-how-historians-connect-the-past/](https://deepmind.google/blog/aeneas-transforms-how-historians-connect-the-past/) (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Capítulo 12. La biblioteca virtual que nunca arde: archivos multispectrales y el futuro

12.1. Archivo del caso

Cómo desapareció la Biblioteca de Alejandría

En Alejandría, Egipto, estuvo la mayor biblioteca del mundo antiguo. La dinastía ptolemaica la fundó hacia el siglo III a. C. Los reyes querían reunir en un solo lugar los libros del mundo. Los libros de los barcos que llegaban al puerto se confiscaban y se mandaban copiar. La copia se devolvía al dueño, y la biblioteca conservaba el original. Las fuentes antiguas cuentan que había cientos de miles de rollos [1].

Muchas personas creen que esta biblioteca desapareció en un único gran incendio. Pero los investigadores consideran que se derrumbó poco a poco. En 145 a. C., el rey expulsó a los estudiosos extranjeros. Cuando se fueron los estudiosos, también se fueron las manos que cuidaban los libros. En época romana, los edificios sufrieron daños varias veces. También se cortó el dinero para comprar nuevos libros [1].

Los textos antiguos, por naturaleza, no se conservan bien. Los escribas de aquella época copiaban libros existentes más que crear textos nuevos. Un rollo de papiro muy usado se deterioraba al cabo de unos cien años y se volvía difícil de leer. En el suelo seco de Egipto podía conservarse mucho más tiempo. Por eso alguien tenía que copiarlo de nuevo a tiempo para que el texto continuara. Si se interrumpía la mano que copiaba, ese libro desaparecía del mundo.

Los textos antiguos que leemos hoy son solo una parte de los escritos de aquella época. Hay muchos más libros de los que solo se conserva el nombre y cuyo texto se perdió. La mayor parte de las obras escritas por los trágicos griegos antiguos también desapareció así. Los libros que quedaron tuvieron la suerte de tener copias dispersas en varios lugares.

La destrucción continúa hoy

La fuerza que destruye los registros no existía solo en la antigüedad. La guerra sigue derribando bibliotecas y archivos. La UNESCO cuenta uno por uno los bienes culturales dañados en Ucrania. A fecha de 29 de julio de 2026, había 545 lugares verificados. Entre ellos había 43 museos, 22 bibliotecas y 5 archivos. También resultaron dañados cientos de edificios religiosos y edificios antiguos [2].

La guerra no solo destruye objetos. En los depósitos de bienes culturales donde se detiene la gestión, los objetos también pueden salir de forma clandestina. Un objeto cuya procedencia ha sido borrada pierde gran parte de su valor para la investigación. Porque saber en qué sala apareció una tablilla de arcilla y junto a qué otras tablillas es también información.

El clima también amenaza los registros. Los yacimientos situados junto al mar se desgastan con las olas y se derrumban poco a poco. Los objetos enterrados se deterioran más rápido si aumenta la lluvia o sube el agua subterránea. Hay lugares donde desaparecen más deprisa de lo que se excavan.

No todos los objetos rotos desaparecen por completo. Si queda su forma, hay una manera de reconstruirlos. Por eso es importante medirlos antes de que ocurra un accidente. En las zonas donde continúa la guerra, se están midiendo edificios y objetos en tres dimensiones.

Cada material tiene una vida distinta

Los materiales que contienen registros se destruyen cada uno a su manera. Las tablillas de arcilla de Mesopotamia son placas en las que se grababan signos presionando el barro. El calor producido cuando ardía un palacio cocía las tablillas y las endurecía como cerámica. Las tablillas que no pasaban por el fuego volvían a deshacerse en barro si entraba agua.

Las tablillas de arcilla tienen otro límite. Los escribas mojaban las tablillas ya usadas, alisaban la superficie y las escribían de nuevo. Por eso las tablillas antiguas solían volver al barro. Esa es la razón por la que muchas veces solo quedan los últimos años antes del derrumbe de un reino. Solo las últimas tablillas que estaban en el archivo cuando ardió el palacio quedaron cocidas y endurecidas.

El papiro, el cuero y el papel son más débiles. Estos materiales son materia orgánica procedente de plantas y animales. En lugares cálidos y húmedos, se pudren antes de resistir varios siglos. En las tablillas de cera que usaban los soldados romanos, la cera desapareció por completo. Solo quedaron las marcas poco profundas que el estilete dejó al arañar también la madera.

Los materiales duros tampoco son seguros. La escritura oracular sobre huesos, grabada en plastrones de tortuga y omóplatos de buey, también se rompió bajo la presión de la tierra. La mayoría de los huesos oraculares conservados hoy son fragmentos más pequeños que la palma de una mano. A veces una frase quedó repartida en tres fragmentos y acabó en depósitos distintos [3].

La biblioteca que salvó el fuego

La forma en que sobreviven los registros es a veces inesperada. El rey asirio Asurbanipal tenía una gran biblioteca en Nínive. Gobernó desde alrededor de 669 a. C. En la biblioteca se reunían mitos, textos de adivinación, medicina y documentos administrativos [4].

Hacia 612 a. C., Nínive ardió. Si hubieran sido libros de papel, todos habrían desaparecido entonces. Pero las tablillas de arcilla se cocieron en el fuego y se volvieron aún más duras. Estas tablillas fueron excavadas en varias campañas entre la década de 1840 y la de 1930. Hoy el Museo Británico conserva más de 30.000 de esos fragmentos [4].

Eso no significa que aparecieran intactas. Cuando la ciudad cayó, las tablillas fueron rotas adrede y arrojadas por distintas partes del palacio. Los excavadores no encontraron estanterías ordenadas, sino montones de fragmentos dispersos. Era habitual que el principio y el final de una misma obra aparecieran en salas diferentes [4]. Volver a unir estos fragmentos es hoy una gran tarea de la arqueología computacional. La arqueología computacional es el campo que estudia objetos antiguos con ordenadores.

Letras que ya han vuelto a la vida

La digitalización también tiene obstáculos. Los objetos del mundo son muchos más que las manos humanas. El montón de fragmentos de Nínive visto antes es un ejemplo [4]. Fotografiar cada pieza y añadir el texto leído lleva mucho tiempo. Por eso las máquinas deben ampliar la velocidad humana.

Los métodos para salvar objetos que se están perdiendo se dividen en dos direcciones. Una es la conservación, que protege durante más tiempo el objeto mismo. La otra consiste en leer su interior sin tocarlo y trasladarlo al ordenador. Este segundo método ya ha dado resultados varias veces.

El rollo hallado en En-Gedi, Israel, estaba quemado y convertido en carbón. Si se intentaba abrir con la mano, se habría deshecho. El equipo de investigación examinó su interior con CT, que permite ver dentro sin cortar el objeto. El ordenador siguió matemáticamente las capas enrolladas de cuero y las

desplegó en plano. Sobre ellas apareció tinta con componentes metálicos, y se pudo leer el comienzo del Levítico [5].

También se abrió un camino para los rollos de Herculano sepultados por la ceniza del Vesubio. El 25 de junio de 2026, los investigadores anunciaron que habían leído un rollo de principio a fin. El nombre de este rollo es PHerc. 1667. En su interior había un relato ético en griego de veintidós columnas [6]. Los trece rollos sellados designados como desafío recibieron nuevos premios. La fecha límite es el 25 de junio de 2027 [7].

Una biblioteca virtual no es un almacén lleno de fotografías. La forma del objeto, la composición de la tinta y el texto leído deben estar unidos en un mismo lugar. Solo así se pueden recalcular los datos antiguos cuando aparezca un nuevo método. Para que la verificación continúe incluso después de perderse el original, hace falta este conjunto.

La fotografía y la lectura requieren dinero y personas. Tampoco es fácil decidir qué objetos se fotografían primero. En las zonas peligrosas, la propia toma de imágenes resulta difícil. Por eso cada país trabaja siguiendo un orden establecido.

Estos casos dejan una pregunta. Aunque el objeto acabe rompiéndose, ¿puede conservarse el texto que contiene? El lugar donde se busca esa respuesta es la biblioteca virtual.

Materiales de referencia

- [1] Mark, J. J. (2023, 7월 25일). Library of Alexandria. World History Encyclopedia. https://www.worldhistory.org/Library_of_Alexandria/ (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] UNESCO. (2026). Damaged cultural sites in Ukraine verified by UNESCO. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/ukraine-war/damaged-cultural-sites> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Ma, Y. R. (2026). Towards Computational Chinese Paleography. arXiv:2601.06753. <https://arxiv.org/abs/2601.06753> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] The British Museum. What was Ashurbanipal's Library? The British Museum. <https://www.britishmuseum.org/research/projects/what-was-ashurbanipals-library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. Science Advances, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [6] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Vesuvius Challenge. (2026). Open Prizes. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/prizes> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

12.2. La investigación de la policía científica: grafos de conocimiento y análisis del espectro de la luz

Un gran mapa que conecta objetos

En los antiguos laboratorios, la forma de los objetos y sus textos se trataban por separado. Los conservadores medían la forma, y los filólogos leían el texto. Los dos resultados entraban en cajones distintos. Por eso, aunque se estudiara dos veces el mismo objeto, no se podían unir las respuestas.

La arqueología computacional coloca ambos elementos en un mismo mapa. Ese mapa se llama grafo de conocimiento. Un grafo de conocimiento es una imagen que representa información mediante puntos y líneas. Los puntos son cosas, y las líneas son relaciones entre cosas.

En este mapa, una tablilla de arcilla se convierte en un punto. El escriba que la escribió también es un punto, y la ciudad donde apareció la tablilla también lo es. La composición de la tinta y la información de la forma tridimensional también se convierten en puntos. Los nombres de personas y objetos escritos en la tablilla también se extraen como puntos. El ordenador aprende buscando las líneas que conectan esos puntos.

Cuando se crea el mapa, cambia la forma de las preguntas. Antes se tomaba una tablilla y se preguntaba qué signo era. Ahora se puede preguntar dónde están otros documentos que usaron esa tinta. También se puede encontrar de una vez en qué ciudad aparecieron tablillas escritas por el mismo escriba.

En febrero de 2026, un equipo de la Universidad Jaguelónica de Polonia publicó un mapa de este tipo. Este mapa contiene unos 3,2 millones de líneas de relaciones entre personas, hechos y objetos. El equipo hizo que la máquina recomendara relaciones y explicara incluso sus razones. Los expertos leyeron esas explicaciones y comprobaron si podían usarse [1].

La capa que mide la forma

La primera capa del mapa es la apariencia externa del objeto. En las estelas y tablillas de arcilla antiguas, la superficie se desgasta y los surcos de los signos se vuelven poco profundos. A simple vista es difícil saber si queda algún surco. Por eso los investigadores barren la superficie con escáneres 3D.

El escáner convierte la superficie en millones de puntos y los guarda. El ordenador une esos puntos y crea una malla de triángulos. Sobre esa malla se puede proyectar luz virtual desde varias direcciones. Al cambiar la dirección de la luz, incluso los surcos poco profundos producen sombras y las letras aparecen.

La máquina también aprende la forma de la sección de los surcos. Las marcas talladas por una persona con una herramienta tienen una sección regular y una dirección constante. Las grietas naturales no son así. Un modelo que aprende esta diferencia separa letras y arañazos.

El mismo método mide también las secciones rotas. La máquina compara si las curvas de las secciones de dos fragmentos encajan entre sí. Este cálculo sustituye el trabajo de tomar fragmentos con la mano e intentar unirlos. También permite probar encajes con fragmentos de museos de otros países a los que no se puede acceder físicamente.

En los rollos enrollados se usa otro cálculo. En el rollo de En-Gedi, el equipo separó dentro del ordenador las capas de cuero una por una. Luego desplegó cada capa en plano y levantó las letras [2].

La capa que lee la tinta con luz

La segunda capa del mapa es la tinta. La tinta recibe la luz de modo distinto según sus materiales. Las imágenes multiespectrales son un método que fotografía no solo la luz visible, sino también la infrarroja y la ultravioleta por separado. En ciertas longitudes de onda, el fondo aparece oscuro y la tinta destaca clara.

Gracias a esta diferencia, también reviven textos borrados. Los antiguos borraban textos y escribían de nuevo para ahorrar el costoso pergamino. En la superficie borrada queda una pequeña cantidad de componentes de la tinta. Cuando se fotografía en varias longitudes de onda y se superponen las imágenes, esas huellas emergen desde abajo. Un documento escrito dos veces de este modo se llama palimpsesto.

En el monasterio de Santa Catalina, en el monte Sinaí de Egipto, hay muchos documentos de este tipo. Investigadores de Estados Unidos y Grecia fotografiaron allí 74 volúmenes con técnicas

multiespectrales. Las superficies fotografiadas alcanzan las 6.800 páginas. Debajo volvieron a aparecer 305 textos borrados. Esos textos estaban escritos en diez lenguas, entre ellas griego y siríaco [3].

También existe un método para medir la propia composición. La espectroscopia Raman proyecta luz sobre la tinta y lee el patrón de la luz que rebota. El patrón varía según la sustancia y funciona como una huella dactilar. La inteligencia artificial observa ese patrón y distingue si se trata de tinta hecha con hollín o de tinta con componentes de hierro. La mezcla de la tinta varía ligeramente según el taller y se convierte en una pista para deducir su procedencia.

En los rollos de Herculano se usó una luz más potente. Los investigadores fotografiaron el interior del rollo con un sincrotrón, que produce X-rays muy intensos. El papiro carbonizado y la tinta de carbono tienen densidades parecidas, de modo que no se distinguen sin más. Un modelo de deep learning aprendió las diferencias microscópicas de textura y localizó los lugares donde habían estado las letras [4].

La capa que conecta textos

La tercera capa del mapa es la relación entre documentos. Los libros antiguos se difundían mediante copias. Cada vez que se copiaban, se introducía un pequeño error. Los estudiosos siguen esos errores para dibujar el árbol genealógico de las copias.

El ordenador toma prestados para esta tarea métodos de cálculo usados en biología. Se parece a la forma de comparar secuencias genéticas para dibujar el árbol evolutivo de los seres vivos. Cuenta las diferencias entre documentos y ordena qué copia procede de cuál. El árbol así dibujado permite imaginar el aspecto del original perdido.

La caligrafía también es una pista que conecta relaciones. Cada escriba tiene una presión distinta del pincel y un ángulo distinto en los trazos. La inteligencia artificial convierte esos hábitos en números y los guarda. Al agrupar documentos con números cercanos, aparece la red de relaciones entre escribas.

Archivos que ya están funcionando

Hay varios archivos reales que reúnen estas capas y ya están funcionando. Trismegistos es un proyecto que asigna números a documentos del mundo antiguo. Reunió en un solo sistema alrededor de 960.000 registros en más de 100 lenguas. El problema de que cada país llamara de forma distinta al mismo objeto se resolvió con este número [5].

La red Pelagios es una comunidad que conecta datos dispersos entre sí. Sus miembros establecen un método común para unir lugares, personas y tiempos. Hacen que los topónimos antiguos, aunque cambien según la época, queden vinculados a una misma coordenada [6]. Existe la Biblioteca Babilónica Electrónica gestionada desde Múnich. Reúne en una base de datos fragmentos de escritura cuneiforme de todo el mundo. Los estudiosos buscan allí fragmentos y recuperan frases perdidas [7].

Los números comunes parecen aburridos, pero tienen mucha fuerza. Solo cuando el número coincide, los materiales de distintas instituciones se conectan en una misma línea [5]. Es habitual que la fotografía esté en un museo, el texto leído en una universidad y el registro de excavación en un instituto de investigación. Cuando el número une esos tres elementos, la información dispersa se reúne como la historia de un solo objeto.

La forma de publicar los materiales también cambió. Antes, las fotografías y los textos leídos solo podían verse después de que saliera el artículo académico. Hoy, los equipos de investigación publican juntos los datos escaneados y los programas. Así, investigadores de países sin esos equipos pueden volver a calcular con los mismos materiales [8].

Tareas aún pendientes

El Vesuvius Challenge publicó el 10 de julio de 2026 una lista de los problemas que quedan. En las zonas aplastadas y deformadas, las capas del rollo no se separan entre sí. A veces, el ordenador sigue una capa y salta por error a la capa vecina. Aún no se sabe con certeza a qué profundidad penetró la tinta desde la superficie. Un modelo aprendido con un rollo pierde fuerza en otro rollo. El tamaño de los datos es tan grande que resulta difícil manejarlos con un ordenador corriente. El siguiente objetivo fijado por los investigadores es junio de 2027 [8].

Otros campos que estudian escrituras antiguas se encuentran con el mismo muro. Un artículo de 2026 sobre el estudio de los caracteres antiguos chinos señaló la falta de datos como un gran reto. Y recomendó orientar la IA a ayudar al juicio humano, no a sustituirlo [9].

Materiales de referencia

- [1] Kutt, K., Sroka, E., Ishchuk, O., & do Valle Miranda, L. (2026). A three-stage neuro-symbolic recommendation pipeline for cultural heritage knowledge graphs. arXiv:2602.19711. <https://arxiv.org/abs/2602.19711> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. Science Advances, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [3] Early Manuscripts Electronic Library. Sinai Palimpsests Project. EMEL. <https://www.emelibrary.org/sinai-palimpsests-project/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] KU Leuven. Trismegistos portal. Trismegistos+. <https://tmplus.kuleuven.be/trismegistos-portal> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Pelagios Network. Pelagios Network. <https://pelagios.org/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Ludwig-Maximilians-Universität München & Bayerische Akademie der Wissenschaften. electronic Babylonian Library. <https://www.ebl.badw.de/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [8] Vesuvius Challenge. (2026, 7월 10일). Open problems: Why reading every Herculaneum scroll is still a challenge. scrollprize.org. https://scrollprize.org/2026_open_problems (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [9] Ma, Y. R. (2026). Towards Computational Chinese Paleography. arXiv:2601.06753. <https://arxiv.org/abs/2601.06753> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

12.3. Epílogo

Repasar once casos

Este libro ha seguido once casos. El punto de partida fueron los rollos de Herculano enterrados bajo ceniza volcánica. El ordenador desenrolló virtualmente una masa de carbón que se habría roto al tocarla. El papiro quemado y la tinta de carbono parecen casi iguales vistos con rayos X. La máquina aprendió las pequeñas diferencias de textura que quedaban en la superficie y encontró las letras [1].

El rollo del Levítico de En Gedi también recuperó sus primeros versículos mediante el desplegado virtual. En este caso, la tinta con componentes metálicos aparecía con claridad en los rayos X [2]. En el Rollo de Isaías, la pista fue la forma de la letra. La inteligencia artificial midió los pequeños hábitos de los trazos y mostró que no había un solo escriba. Era una parte que al ojo humano parecía escrita por la misma mano [3].

Desde el cuarto caso siguió el trabajo de encajar fragmentos. Tablillas de arcilla y fragmentos de pergamino dispersos volvieron a unirse por la forma de sus cortes. El mismo cálculo se usó para

detectar objetos falsificados. Las líneas que faltaban de la Epopeya de Gilgamesh se completaron uniendo fragmentos.

Los recibos de Mesopotamia empezaron a hablar gracias a la traducción automática. Libros de cuentas de grano y cartas de hace miles de años se trasladaron a palabras actuales. La escritura oracular sobre huesos de caparazones de tortuga se unió mediante escaneado 3D y modelos especializados [4]. Las tablillas de madera de Silla también fueron leídas por modelos de reconocimiento de caracteres. Los documentos japoneses en cursiva se descifraron del mismo modo [5].

También vimos puertas que aún no se han abierto. Lineal A, la escritura del Indo y rongorongo siguen sin respuesta. La máquina midió las regularidades en la disposición de los signos para determinar si eran lengua o no. Leer su significado quedó como tarea para la siguiente generación.

El último caso fue el autocompletado de inscripciones antiguas. Ithaca es un modelo que rellena las letras que faltan en inscripciones griegas. Mientras completa las letras, este modelo también señala el lugar y la época en que se hizo la inscripción [6]. Después apareció Aeneas, que trabaja con inscripciones latinas. Aeneas observa a la vez la transcripción de las letras y la fotografía de la inscripción [7].

Los once casos tienen algo en común. Ninguno fue un problema resuelto por la máquina sola. Los físicos se encargaron de las imágenes y los informáticos del cálculo. Los especialistas que leen lenguas antiguas comprobaron los resultados y les dieron sentido. Solo cuando esos tres campos se encontraron ante el mismo objeto, una línea volvió a la vida.

Lo que la máquina aún no puede hacer

En todo este recorrido también quedaron al descubierto las debilidades de la máquina. El primer muro es la falta de datos. Aunque se sumen todos los signos conservados de Lineal A, apenas llegan a unos 7.400. Con una cantidad así, a la máquina le resulta difícil aprender reglas [8]. Los modelos lingüísticos actuales crecen leyendo miles de millones de palabras. Los datos de las lenguas antiguas desaparecidas quedan muy lejos de ese tamaño.

Cuando se fuerza una respuesta con pocos datos, se inventan palabras inexistentes. Cuanto más largo es el espacio en blanco, menor es la fiabilidad de la respuesta. Puede aparecer una frase que encaja con el contexto, pero que nunca existió en la historia. Si esa frase se publica una vez en un artículo, la investigación posterior puede tomarla como un hecho.

Si los datos de entrenamiento se inclinan hacia un lado, la respuesta también se inclina. Si abundan las inscripciones de una región, la máquina puede leer incluso las de otras regiones según el estilo de esa zona. Muchas veces la máquina no puede explicar por sí misma por qué respondió así. Por eso, la investigación actual avanza hacia modelos que presenten también sus fundamentos [9].

El equipo que estudia la lectura de los rollos también publicó una lista de problemas pendientes. En las zonas aplastadas y deformadas, las capas no se separan entre sí. Un modelo aprendido con un rollo a veces pierde fuerza en otro rollo. Aclarar qué no se puede hacer es lo que permite dar el siguiente paso [10].

También hacen falta reglas para tratar las letras que entrega la máquina. Las letras leídas con certeza y las conjeturadas deben marcarse de forma distinta. También hay que indicar qué modelo las leyó así y con qué datos. Solo así otro investigador podrá repetir después el mismo cálculo.

El original sigue siendo el original

Por muy precisa que sea la restauración digital, no puede sustituir al original. La comunidad académica ve los datos escaneados no como el original, sino como su doble digital. En la toma de imágenes intervienen decisiones humanas. Una persona decide qué luz usar y desde qué ángulo fotografiar. Si esa decisión cambia, la imagen resultante también cambia.

En el objeto físico queda información que el escáner no capta. Así ocurre con la estructura de los granos de tierra en la superficie de una tablilla de arcilla. La disposición de los pequeños poros en el caparazón de tortuga también solo puede verse en el objeto real. La profundidad a la que la tinta penetró en el papiro también se mide únicamente en el original [10].

En el futuro aparecerán nuevas técnicas de medición. Esas técnicas no podrán aplicarse a objetos que hoy se descarten. Por eso hay que evitar cortar los objetos o forzarlos a abrirse. El objetivo de la biblioteca virtual no es desechar el original. Su objetivo es permitir leerlo tocándolo menos [2]. Cuando se reduce el número de veces que se manipula un objeto, aumenta la vida del original.

Un futuro de lectura compartida

La inteligencia artificial no es una herramienta que expulse a los historiadores. El estudio de Ithaca lo mostró con números. Cuando Ithaca restauró por sí sola las letras que faltaban, la precisión fue del 62 por ciento. Cuando lo hicieron los historiadores solos, fue del 25 por ciento. Cuando ambas partes trabajaron juntas, subió al 72 por ciento [6].

Estas cifras dicen dos cosas a la vez. En este experimento, la máquina sola fue mejor que las personas. Y cuando trabajó con las personas, el resultado mejoró aún más. Ninguna de las dos partes habría llegado hasta ahí por sí sola.

La máquina propone muchas opciones con rapidez. La persona examina si esas opciones son verosímiles en aquella época. La comunidad académica llama a esta forma de alternar comprobaciones entre persona y máquina colaboración con el ser humano dentro del circuito. Para que ese circuito funcione, debe seguir habiendo personas capaces de leer textos antiguos. Si no hay quien los lea, las letras que extrae la máquina se convierten en otro enigma.

Enseñar es tan importante como investigar. La forma de leer lenguas antiguas se ha transmitido de persona a persona. Si esa cadena se rompe, no habrá nadie que verifique las letras extraídas por la máquina. La nueva generación debe aprender juntas las escrituras antiguas y la informática.

Este circuito no pertenece solo a los expertos. En Japón existe Miwo, una aplicación gratuita que lee escritura cursiva antigua. Al hacer una foto, aparecen en la pantalla caracteres actuales. Incluso quien ve por primera vez un documento antiguo puede leer la primera línea [5]. Levantar un smartphone ante una vitrina de museo puede convertirse en el comienzo de una investigación.

Aún queda mucho por hacer. En Herculano todavía quedan rollos sellados [11]. En Ucrania, las bibliotecas y los archivos siguen siendo destruidos [12]. En el mundo, los textos antiguos siguen desapareciendo más rápido de lo que se salvan.

Quien ha leído este libro también puede hacer algo. Cualquiera puede descargar y consultar los datos escaneados que se han publicado [10]. También los estudiantes participan en concursos para encajar fragmentos [11]. En muchos lugares, ciudadanos colaboran en la transcripción de documentos antiguos. Aunque cada persona se encargue de una sola línea, los datos se acumulan.

Proteger los registros no es solo una historia del pasado. Los datos que creamos hoy también serán algún día materiales antiguos. Si cambian los formatos de archivo, los documentos actuales tampoco se

podrán leer. Por eso las bibliotecas siguen trasladando los materiales a nuevos formatos. Construir una biblioteca virtual siempre exige manos que la cuiden.

Aun así, la dirección ya está marcada. Un rollo enterrado bajo ceniza volcánica hace 2.000 años volvió a leerse [1]. El método obtenido con un rollo se convierte en el punto de partida para estudiar el siguiente [11]. Si se publican los datos y el código, investigadores de otros países pueden seguir el mismo camino [10]. Aunque algún día el objeto vuelva a la tierra, las frases que contiene permanecerán. Así se construye, línea a línea, una biblioteca que no arde.

Materiales de referencia

- [1] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Seales, W. B., Parker, C. S., Segal, M., Tov, E., Shor, P., & Porath, Y. (2016). From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi. *Science Advances*, 2(9), e1601247. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601247>
- [3] Popović, M., Dhali, M. A., & Schomaker, L. (2021). Artificial intelligence based writer identification generates new evidence for the unknown scribes of the Dead Sea Scrolls exemplified by the Great Isaiah Scroll (1QIsaa). *PLOS ONE*, 16(4), e0249769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249769>
- [4] Ma, Y. R. (2026). Towards Computational Chinese Paleography. arXiv:2601.06753. <https://arxiv.org/abs/2601.06753> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] ROIS-DS Center for Open Data in the Humanities. *미를(miwo): AI< ずし字認識アプリ*. CODH. <https://codh.rois.ac.jp/miwo/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Assael, Y., Sommerschield, T., Shillingford, B., Bordbar, M., Pavlopoulos, J., Chatzipanagiotou, M., Androutsopoulos, I., Prag, J., & de Freitas, N. (2022). Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks. *Nature*, 603(7900), 280-283. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04448-z>
- [7] Assael, Y., Sommerschield, T., Cooley, A. E., Shillingford, B., Pavlopoulos, J., Suresh, P., Herms, B., Grayston, J., Maynard, B., Dietrich, N., Wulgaert, R., Prag, J., Mullen, A., & Mohamed, S. (2025). Contextualizing ancient texts with generative neural networks. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09292-5>
- [8] Braović, M., Krstinić, D., Štula, M., & Ivanda, A. (2024). A systematic review of computational approaches to deciphering Bronze Age Aegean and Cypriot scripts. *Computational Linguistics*, 50(2), 725-779. https://doi.org/10.1162/coli_a_00514
- [9] Kutt, K., Sroka, E., Ishchuk, O., & do Valle Miranda, L. (2026). A three-stage neuro-symbolic recommendation pipeline for cultural heritage knowledge graphs. arXiv:2602.19711. <https://arxiv.org/abs/2602.19711> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [10] Vesuvius Challenge. (2026, 7월 10일). Open problems: Why reading every Herculaneum scroll is still a challenge. scrollprize.org. https://scrollprize.org/2026_open_problems (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [11] Vesuvius Challenge. (2026). Open Prizes. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/prizes> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [12] UNESCO. (2026). Damaged cultural sites in Ukraine verified by UNESCO. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/ukraine-war/damaged-cultural-sites> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Apéndice. Mi viaje personal de arqueología con IA: un portal global de exploración para el público

A.1. Archivo oficial de datos de Vesuvius Challenge

Qué se puede ver

El Vesuvius Challenge es un concurso internacional. Compite por leer con ordenador rollos quemados. Los rollos proceden de Herculano. Era una antigua ciudad romana situada junto al volcán Vesubio. Los rollos estaban hechos de papiro. El papiro es un papel antiguo hecho prensando una planta. La dirección oficial es scrollprize.org[1]. Este sitio abre a todo el mundo los materiales usados en el concurso[2]. No hace falta registrarse ni pagar[2][5].

En la parte superior de la primera pantalla hay una fila de menús. Primero aparecen Prizes, Problems, Tutorials & In-depth y Data. Después siguen Milestones, Community, Press y Donate. En septiembre de 2026 hay escaneados 45 rollos y fragmentos de papiro. Uno de ellos se ha leído de principio a fin[1].

El 25 de junio de 2026, el equipo del concurso anunció la noticia de ese rollo. Es un rollo llamado PHerc. 1667[3]. Es el primer caso en que se leyó un rollo completo sin abrirlo[3][4]. El papiro desplegado mide unos 1,4 metros. Los libros antiguos dividían el texto en columnas verticales. Cada una de esas columnas se llama columna. En este rollo aparecieron unas veintidós columnas escritas en letras griegas. El contenido trata sobre la ética de la escuela estoica. Habla de la naturaleza humana, los impulsos y el crecimiento moral. Se considera un texto de alrededor del siglo II a. C.[3].

El rollo entero no se conserva intacto. Lo que queda hoy es el núcleo interior del rollo. Las capas exteriores se rompieron al intentar abrirlas a mano en el siglo XIX y en la década de 1980. En las zonas donde se desprendió la superficie, también desaparecieron las letras. Por eso el texto leído tiene huecos en varios lugares[3].

El escaneo se hizo en Grenoble, Francia. Fue en la instalación europea de radiación sincrotrón ESRF. Es un gran equipo de investigación que produce rayos X muy brillantes. Se usó la línea de haz BM18[4]. Una línea de haz es un pasillo experimental que lleva los rayos X hasta el objeto y los proyecta sobre él.

Orden para probarlo en casa

Primero se entra en scrollprize.org y se pulsa el botón Get Started. Esta pantalla guía a los recién llegados en tres pasos[5].

El primer paso es encontrar tinta. Se marca en pantalla la tinta visible. Entonces el modelo aprende esas marcas y predice el resto[5].

El segundo paso es el desenrollado virtual. Consiste en desplegar el rollo con ordenador. Se sigue una capa de papiro en imágenes de cortes de CT. Las imágenes de cortes de CT son fotos tomadas como si se cortara el interior en láminas finas. Esa capa se aplanar y se comprueba el resultado[5].

El tercer paso es aprender todo el proceso. Se prueba a pequeña escala la secuencia de escanear, desplegar y leer[5].

Hay que saber que el orden de la experiencia y el orden de la restauración real son distintos. La experiencia empieza por la búsqueda fácil de tinta. En la restauración real, primero va el escaneo. Después se despliega el rollo de forma virtual. Leer la tinta es el último paso[5].

Para descargar directamente los datos, se va a scrollprize.org/data. Los datos están en el repositorio público [s3://vesuvius-challenge-open-data/](https://github.com/scrollprize/vesuvius-challenge-open-data). También se pueden abrir con un navegador web. Los archivos de ejemplo que muestran cómo usarlos están en GitHub[2].

También hay premios para los participantes. En septiembre de 2026, el premio restante es de 2,14 millones de dólares. El Gran Premio 2027 asciende a 1 millón de dólares. El primer puesto recibe 800.000 dólares. El plazo termina el 25 de junio de 2027. También hay premios para rollos donde aún no se han encontrado letras. Basta con leer diez letras en un área de 4 centímetros cuadrados. En ese caso se pagan 50.000 dólares por cada rollo. También hay un Progress Prize mensual. La mejor propuesta elegida ese mes recibe 20.000 dólares[6].

Puntos a tener en cuenta

Los datos se publican bajo licencia CC BY-NC 4.0. No pueden usarse con fines comerciales. Al usarlos, hay que citar la fuente. Algunos materiales antiguos tienen artículos concretos que deben citarse. Es el caso de los rollos 1 a 4 y de los fragmentos 1 a 6[2]. En ese caso se cita el artículo de Parsons y otros de 2023[2][7].

También conviene saber de antemano que los archivos son grandes. Los datos de escaneo tridimensional alcanzan varios terabytes en total[2]. Para ejecutar aprendizaje profundo hace falta una tarjeta gráfica potente. Si el ordenador doméstico no tiene suficiente potencia, se puede empezar mirando los datos a simple vista.

Para optar a los premios hay condiciones. Hay que unirse al servidor de Discord del concurso. El código debe publicarse bajo condiciones libres como MIT. Hasta que se anuncien los ganadores, no se deben comunicar los resultados al exterior[6].

Materiales de referencia

- [1] Vesuvius Challenge. (2026). Vesuvius Challenge: Reading the Herculaneum Scrolls with machine learning. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Vesuvius Challenge. (2026). Data. [scrollprize.org](https://scrollprize.org/data). <https://scrollprize.org/data> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] Vesuvius Challenge. (2026, 6월 25일). An entire Herculaneum scroll has been read for the first time. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/firstscroll> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Angelotti, G., Parsons, S., Nicolardi, F., et al. (2026). Complete virtual unwrapping and reading of a rolled Herculaneum papyrus. arXiv:2606.29085. <https://arxiv.org/abs/2606.29085> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [5] Vesuvius Challenge. (2026). Get Started. scrollprize.org. https://scrollprize.org/get_started (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] Vesuvius Challenge. (2026). Open Prizes. scrollprize.org. <https://scrollprize.org/prizes> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] Parsons, S., Parker, C. S., Chapman, C., Hayashida, M., & Seales, W. B. (2023). EduceLab-Scrolls: Verifiable recovery of text from Herculaneum papyri using X-ray CT. arXiv:2304.02084. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.02084>

A.2. Portal eBL de literatura babilónica electrónica

Estructura del portal

eBL es la abreviatura de electronic Babylonian Library. En español significa Biblioteca Babilónica Electrónica. Los antiguos habitantes de Mesopotamia escribían con escritura cuneiforme. La escritura cuneiforme es una escritura con forma de clavos, grabada por presión sobre tablillas de arcilla húmeda. Este portal reúne esos fragmentos de tablillas en un solo lugar. Su objeto son los fragmentos que contienen literatura babilónica. No es un lugar que reúna todos los materiales cuneiformes del mundo[1].

El portal está en la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich, Alemania. Lo dirige el profesor Enrique Jiménez. El proyecto comenzó en abril de 2018. Se financia con el Premio Sofia Kovalevskaya de la Fundación Alexander von Humboldt[2].

La dirección es www.ebl.lmu.de. Se puede entrar sin iniciar sesión y no hay cuota de uso. En la parte izquierda de la pantalla hay ocho apartados. Primero aparecen eBL Project, Library, Corpus y Signs. Después vienen Akkadian Dictionary y Bibliography. Al final están News y Archaeology[1].

Library es el lugar donde se reúnen los fragmentos uno por uno. Antes se llamaba Fragmentarium. Los investigadores de eBL han encontrado allí unos 1.200 casos de unión entre fragmentos[1]. Corpus muestra los textos por obras. La epopeya de Gilgamesh está organizada en unas 3.150 líneas. El mito de la creación Enuma Elish tiene 1.096 líneas[3]. Un artículo de datos publicado en 2024 indica la escala. Este portal contiene unas 25.000 tablillas de arcilla. Las transcripciones superan las 350.000 líneas[4]. Una transcripción es un texto que traslada la escritura cuneiforme a letras latinas.

Qué se puede hacer en la pantalla

Al pulsar Library aparece una caja de búsqueda. Se puede buscar por nombre, año y título. También hay búsqueda por palabras y búsqueda avanzada. Si no se sabe qué buscar, se pulsa el botón I'm feeling lucky. Entonces se abre un fragmento cualquiera[5].

Al abrir un fragmento, la pantalla se divide en varias zonas. En la parte superior figuran la institución que lo conserva, el tamaño y el lugar de hallazgo. También aparecen el tipo de letra y el tipo de documento. Por ejemplo, K.5743 es una pieza de la colección Kuyunjik del Museo Británico. Kuyunjik es la colina donde estuvo la antigua ciudad de Nínive. Es el nombre que agrupa los objetos hallados en esa colina. Mide 3,81 centímetros por 2,54 centímetros. El tipo de letra es neoasirio[6]. Es la forma de escritura usada en la época del Imperio neoasirio.

En el centro aparece la transcripción con números de línea. En la parte inferior se adjuntan fotos de la tablilla de arcilla. También se indica con qué fragmentos encaja[6].

El sitio también indica cómo citar los textos. Se escribe el número del fragmento y eBL edition. Después se añade la dirección y la fecha de acceso[1].

Novedades y puntos a tener en cuenta

En el apartado News se puede ver el boletín. El número 22, del 28 de mayo de 2026, es el más reciente. En ese número, el portal presentó una nueva configuración de pantalla. También aumentaron varias instituciones depositarias. Entre ellas está el Museo Nacional de Escrituras del Mundo, en Incheon. Se añadieron más de 3.100 fotos del Museo Británico. También se subieron más de 1.000 fotos del Museo Peabody de Yale. Además, se creó una función para registrar directamente nuevas palabras en el diccionario[7].

Hay algo que conviene saber antes de usarlo. Las transcripciones de Library no son versiones definitivas, sino provisionales. El equipo investigador sigue corrigiéndolas. Lo mismo ocurre con los textos de obras organizados en Corpus. Son resultados intermedios compuestos con los fragmentos reunidos hasta ahora. Si se une un nuevo fragmento, cambian el número de líneas y el contenido. Por eso, al usarlos en tareas escolares o textos, se debe anotar también la fecha de acceso[1].

Las transcripciones se publican bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0. Las fotos tienen condiciones distintas. Para reutilizar las fotos, hay que pedir permiso aparte[1]. La autorización corresponde al museo que posee la tablilla de arcilla[1][4]. Primero hay que leer la indicación que aparece en la explicación de la foto, en la parte inferior de la pantalla[1].

Materiales de referencia

- [1] electronic Babylonian Library. (2026). About: Library. ebl.lmu.de. <https://www.ebl.lmu.de/about/library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [2] Jiménez, E. (2023, 5월 25일). AI is helping us read ancient Mesopotamian literature. The Conversation. <https://theconversation.com/ai-is-helping-us-read-ancient-mesopotamian-literature-205091> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [3] electronic Babylonian Library. (2026). Corpus. ebl.lmu.de. <https://www.ebl.lmu.de/corpus> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [4] Cobanoglu, Y., Laasonen, J., Simonjetz, F., Khait, I., Cohen, S., Földi, Z., Härtinen, A., Heinrich, A., Mitto, T., Rozzi, G., Sáenz, L., & Jiménez, E. (2024). Transliterated cuneiform tablets of the electronic Babylonian Library platform. Journal of Open Humanities Data, 10(1), 19. <https://doi.org/10.5334/johd.148>
- [5] electronic Babylonian Library. (2026). Library. ebl.lmu.de. <https://www.ebl.lmu.de/library> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [6] electronic Babylonian Library. (2026). K.5743, eBL edition. ebl.lmu.de. <https://www.ebl.lmu.de/library/K.5743> (consultado el 3 de septiembre de 2026)
- [7] electronic Babylonian Library. (2026, 5월 28일). eBL Newsletter 22. ebl.lmu.de. <https://www.ebl.lmu.de/news> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

A.3. Guía de uso de Miwo

Qué tipo de aplicación es

En los libros y documentos antiguos de Japón se usaba mucho la escritura cursiva. Estas letras se llaman kuzushiji. Aparecen a menudo en impresos del periodo Edo y en documentos antiguos[3]. Hoy la mayoría de los japoneses no puede leerlas.

Miwo es una aplicación para teléfonos inteligentes que fotografía esa escritura cursiva y la convierte en caracteres actuales. La creó el Center for Open Data in the Humanities, CODH, de Japón[1]. Es gratuita[2]. El nombre de la aplicación procede de Miotsukushi, el decimocuarto volumen de La historia de Genji. Miotsukushi es una señal que indica una ruta de navegación. Significa que la aplicación quiere servir de guía en el mar de los documentos antiguos[3].

La aplicación apareció por primera vez el 30 de agosto de 2021. El 26 de octubre de 2022 subió a la versión 1.1. En ese momento se incorporó un nuevo modelo de reconocimiento llamado Ruri. Ruri detecta bien las letras aunque el fondo tenga dibujos o color[1]. Para el entrenamiento se usó el conjunto de datos de kuzushiji de clásicos japoneses. Es una colección de fotos de caracteres antiguos creada para aprendizaje automático. Contiene más de un millón de caracteres. Esta aplicación recibió el Good Design Award en 2022[3]. En septiembre de 2026, la aplicación ha reconocido más de 3,5 millones de fotos[1].

Instalación y orden de uso

Primero se abre la tienda de aplicaciones. En iPhone y iPad se usa App Store. En dispositivos Android se usa Google Play. En la caja de búsqueda se escribe *みを* o *miwo*[1]. Según App Store, la aplicación ocupa unos 52 megabytes. En iPhone y iPad basta con iOS 11.0 o posterior[2].

Al abrir la aplicación aparece la pantalla de cámara. Se encuadra el documento antiguo y se pulsa el botón de disparo. También se puede cargar una foto ya tomada. Después se pulsa el botón de reconocimiento y la inteligencia artificial lee las letras[1].

La pantalla de resultados tiene varias funciones. En la pantalla hay una barra de ajuste. Al moverla a izquierda y derecha, se superponen dos pantallas. Se pueden comparar lado a lado la foto original y el texto leído. También hay una función para pulsar las letras kana japonesas. Indica de qué carácter chino procedía originalmente esa letra. El texto leído puede trasladarse a otra aplicación con el botón de copiar[1]. También se puede guardar el resultado y volver a abrirlo más tarde[1][3].

Hay que recordar que Internet debe estar activado. Las fotos se envían al servidor de CODH para el reconocimiento. Las fotos enviadas no se conservan en el servidor[1].

Materiales que lee bien y materiales que lee mal

Conviene conocer los límites antes de usar la aplicación. La inteligencia artificial se entrenó sobre todo con impresos del periodo Edo. Muchos libros de esa época son impresos xilográficos. Son libros hechos grabando letras en una plancha de madera e imprimiéndolas en papel. Por eso lee bien los impresos de esa época. En materiales de otros periodos o documentos escritos a mano, la precisión baja[3].

El estado del papel también cambia el resultado. Las zonas manchadas o comidas por insectos son difíciles de leer. El dibujo del papel, la iluminación y las sombras también molestan[3]. Es mejor fotografiar con una luz clara y uniforme.

También hay objetos que no puede leer. Por ahora no admite escritura cursiva grabada en estelas de piedra ni en letreros[3].

El equipo de desarrollo advierte que los resultados del reconocimiento pueden contener errores. Afirma con claridad que el reconocimiento de escritura cursiva por inteligencia artificial no llega a ser perfecto. Por eso, los materiales importantes deben ser revisados de nuevo por una persona[3].

Trasladar caracteres antiguos a caracteres actuales se llama transcripción. Hay un sitio aparte donde muchas personas reparten ese trabajo. Es un sitio de transcripción con participación ciudadana llamado Minna de Honkoku. En español puede traducirse como Transcripción de todos. Lo gestiona una institución distinta de la que creó Miwo. Su función es parecida a la de una persona que corrige el texto leído por la aplicación. La dirección es honkoku.org. Hasta ahora han participado más de 10.800 personas. Los caracteres transcritos superan los 48 millones. En agosto de 2025 tuvo su segunda renovación. La nueva versión está en funcionamiento de prueba. Participa el Museo Nacional de Historia Japonesa. También lo gestionan juntos el Instituto de Investigación de Terremotos de la Universidad de Tokio e investigadores de la Universidad de Kioto[4].

Materiales de referencia

[1] ROIS-DS 人文学オープンデータ共同利用センター. (2026). AIくずし字認識アプリ「みを (miwo)」. CODH.
<https://codh.rois.ac.jp/miwo/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

[2] Clanuwat, T. (2022, 10월 27일). miwo (Version 1.1) [Mobile app]. App Store.
<https://apps.apple.com/jp/app/miwo/id1581794085> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

[3] ROIS-DS 人文学オープンデータ共同利用センター. (2026). *みを (miwo) とは?*. CODH.
<https://codh.rois.ac.jp/miwo/about/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

[4] みんなで翻刻. (2026). みんなで翻刻 Minna de Honkoku. honkoku.org. <https://honkoku.org/> (consultado el 3 de septiembre de 2026)

Apoye este libro de la Biblioteca de IA

Si este libro le ha resultado útil, puede apoyar las próximas traducciones, las ediciones públicas y los proyectos abiertos de conocimiento sobre inteligencia artificial a través de PayPal.

PayPal

<https://paypal.me/kimkjkj>



Escanee el código QR o abra el enlace anterior.

Kim Kyung-jin, abogado