

Elizabeth Martínez Gómez

Impulsando nuestra comprensión del universo con inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) ha revolucionado la astronomía al facilitar el análisis de grandes volúmenes de datos y abordar desafíos como el ruido y las escalas de tiempo. Este artículo examina cómo la IA mejora la identificación y clasificación de objetos celestes, así como la predicción de fenómenos astronómicos. Gracias a sus técnicas, nuestro conocimiento del cosmos se ha ampliado.

La inteligencia artificial: ¿otro tipo de inteligencia?

El término inteligencia artificial (IA) surgió en la informática hace más de 60 años y constituye un área que ha experimentado un avance notable gracias al incremento en la capacidad de procesamiento de datos y al desarrollo de algoritmos más complejos, apoyados por ramas de las matemáticas como la topología y el álgebra lineal. Esto ha dado lugar a aplicaciones en medicina, robótica, seguridad, agricultura, entre otras áreas.

Comúnmente, se asocia la IA con un robot que tiene características humanas y puede tomar decisiones autónomas (**Figura 1**); sin embargo, esta representación no refleja completamente la realidad. Por ejemplo, las recomendaciones en plataformas de *streaming* no dependen de robots físicos, sino de algoritmos computacionales que procesan la información generada por el usuario al visualizar contenido. Estos algoritmos identifican patrones de comportamiento y preferencias para sugerir contenido personalizado, optimizando la experiencia del usuario al mostrar opciones relevantes.

Al buscar “inteligencia artificial” en un motor de búsqueda, se encontrarán cientos de resultados con definiciones diversas. Tras analizar varias, se puede concluir que la inteligencia artificial es un término general que abarca un conjunto de técnicas y metodologías diseñadas para realizar tareas complejas, como la identificación de patrones de comportamiento o la predicción de características de interés. No representa un nuevo tipo de inteligencia, sino una evolución de la inteligencia humana aplicada en el ámbito informático.



Figura 1. La inteligencia artificial vista como un robot con características humanas y tomando decisiones. Creado con el generador de imágenes de IA de Microsoft.

Actualmente, la mayoría de las aplicaciones de IA de las que escuchamos hablar, desde computadoras que juegan ajedrez hasta vehículos autónomos, se basan principalmente en métodos de aprendizaje automático (*machine learning*), aprendizaje profundo (*deep learning*), redes neuronales artificiales (*artificial neural networks*) y en el procesamiento del lenguaje natural (*natural language processing*).

Astronomía antes de la IA

La astronomía es una ciencia observacional y de las primeras practicadas por la humanidad. Requiere de la física y de las matemáticas para dar una explicación de los mecanismos de evolución de los astros y del universo mismo (**Figura 2**). Antes de la época

de los avanzados telescopios que llevaron al manejo de grandes cantidades de datos, hubo varios descubrimientos que marcaron nuestra historia. Entre los más destacados se pueden mencionar:

- **Las fases de la Luna:** en la Edad de Piedra (año 32000 a. C.) se hacían registros de este fenómeno.
- **La duración del año terrestre:** Hiparco de Nicea (año 150 a. C.) calculó con gran exactitud la duración del año midiendo el valor de la precesión de los equinoccios.
- **El Sol como centro del sistema solar:** Copérnico (1543) formuló la teoría heliocéntrica del sistema solar.
- **Las leyes de Kepler:** entre 1609 y 1619, Kepler propuso tres leyes del movimiento de los planetas

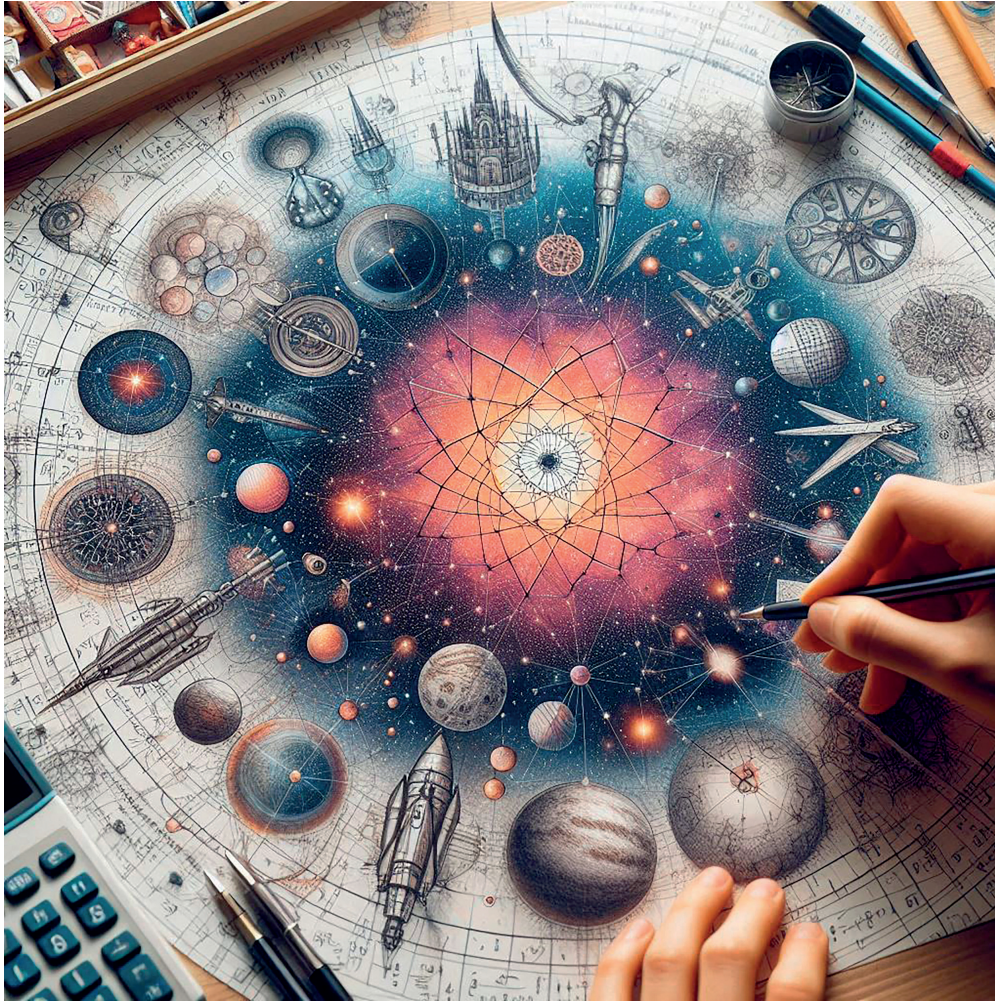


Figura 2. La investigación astronómica antes de la IA. Creado con el generador de imágenes de IA de Microsoft.

que han servido para sentar las bases de la astronomía moderna.

- **El efecto Doppler:** en 1842, Doppler enuncia este efecto, según el cual la longitud de onda varía en función de la distancia y el movimiento del objeto emisor y receptor.
- **La teoría de la relatividad:** en 1915, Einstein publica su teoría general, en donde establece que el espacio y el tiempo son relativos, que forman un “continuo” llamado espacio-tiempo y que la masa de los objetos hace que el espacio-tiempo se curve.
- **La radiación de microondas de fondo:** Penzias y Wilson (1965) detectaron esta radiación, la cual es una consecuencia de la explosión del *Big Bang* hace 13 mil 820 millones de años.

- **El primer exoplaneta:** en 1995, Mayor y Queloz anunciaron al mundo la existencia del primer planeta orbitando una estrella distinta al Sol. A estos cuerpos se les conoce simplemente como *exoplanetas* o planetas extrasolares.
- **Las ondas gravitacionales:** en 2016, el equipo del observatorio LIGO anunció la detección de ondas gravitacionales. Con esto se confirmaron las teorías de Einstein y también permitió el estudio del universo sin necesidad de luz (lo que finalmente captan los telescopios).

■ **La astronomía después de la IA**

- Dos de las necesidades actuales para emplear las técnicas de IA son el almacenamiento y la visuali-

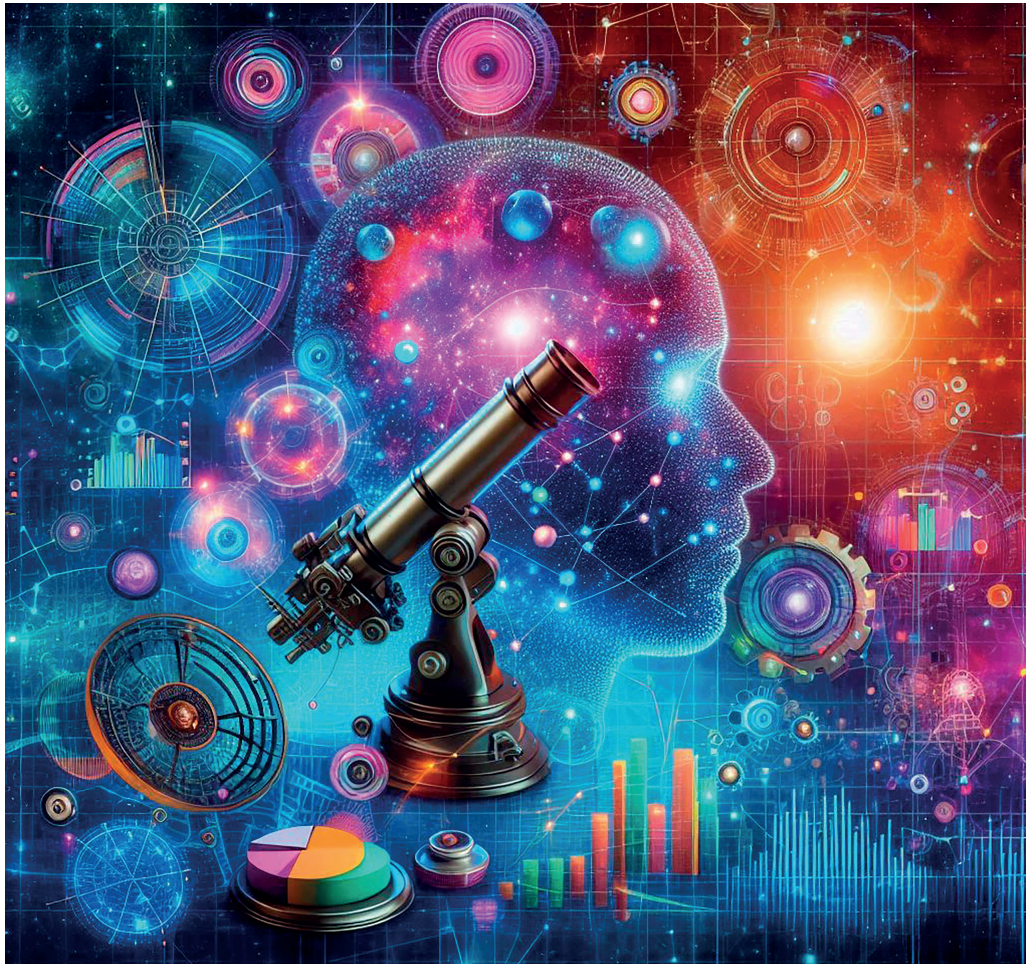


Figura 3. La investigación astronómica y el uso de la IA. Creado con el generador de imágenes de IA de Microsoft.

zación de enormes cantidades de datos (proceso llamado *Big Data*). Aunque los términos IA y *Big Data* no son sinónimos, es un hecho que los algoritmos desarrollados en la IA ayudan al preprocesamiento y análisis del llamado *Big Data*.

Además de los desafíos relacionados con el volumen, la variedad, la velocidad y el valor de los datos astronómicos, se requiere cada vez de una mayor resolución y de un mínimo de errores en las estimaciones de los parámetros de los modelos teóricos. Estos modelos, formados por ecuaciones derivadas de la física, describen el fenómeno de interés y, cuando es posible, predicen su evolución. Esto hace imprescindible el uso de algoritmos computacionales más eficientes y precisos, lo que ha llevado a que la inteligencia artificial (IA) transforme o redirija el enfoque de las investigaciones astronómicas (**Figura 3**). Algunos de

los problemas científicos modernos en astronomía que están siendo abordados mediante IA son:

Detección de objetos celestes

Ésta siempre ha sido una de las tareas más complejas y las imágenes actuales logran una más alta resolución, brillo, rotación, ruido, entre otros. Por ejemplo, en abril de 2023, se aplicó un cambio de imagen mediante la técnica de aprendizaje automático a una imagen del año 2019 del agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia Messier 87 (M87), lo que produjo una imagen significativamente más nítida de la estructura del agujero negro (Medeiros y cols., 2023).

Las técnicas de IA han permitido desarrollar nuevos métodos para la detección de exoplanetas. Un ejemplo destacado es el uso de redes neuronales para analizar curvas de luz, que representan la intensidad lumínica

de un objeto celeste a lo largo del tiempo. Estas redes permiten detectar exoplanetas utilizando datos de telescopios espaciales como Kepler o TESS (Chatterjee y cols., 2024), los cuales observan la luminosidad de las estrellas en busca de variaciones generadas por los tránsitos de exoplanetas frente a sus estrellas huésped.

Clasificación de objetos celestes

Éste es otro de los problemas comunes en astronomía. Una vez que se detectaron los objetos hay que clasificarlos en grupos para poder estudiar las propiedades particulares de cada uno.

Cuando se cuenta con un conjunto amplio de imágenes, el aprendizaje profundo mediante redes neuronales convolucionales es una técnica muy útil para su clasificación (O'Shea y Nash, 2015). A diferencia de las redes neuronales artificiales tradicionales, las redes convolucionales requieren un operador matemático específico que permita relacionar los datos de manera espacial, como ocurre en las imágenes.

Una aplicación de esta técnica en astronomía es la clasificación morfológica de galaxias (Serrano-Pérez y cols., 2024). En este caso, una red neuronal convolucional es entrenada con imágenes de los cuatro tipos de galaxias conocidas y, utilizando un enfoque bayesiano, puede predecirse la morfología de una nueva imagen con aproximadamente un 80% de precisión.

Otro enfoque innovador consiste en clasificar las señales débiles provenientes de posibles exoplanetas. Estas señales son difíciles de detectar debido a la distancia y a la interferencia del ruido cósmico. Sin embargo, las redes neuronales entrenadas con señales de exoplanetas conocidos pueden distinguir entre señales reales y ruido, ayudando a encontrar nuevos candidatos a exoplanetas, como se realizó en el trabajo de Nieto y Díaz (2023).

Tanto la detección (o identificación) como la clasificación (o categorización) de objetos celestes es fundamental para un mejor entendimiento de la composición y evolución del universo.

Identificación de patrones

Gracias al aprendizaje automático se pueden entrenar (ejecutar) cientos de modelos en un tiempo relativamente corto con la finalidad de que se reconoz-

Recuadro 1.

Se le llama *objeto celeste* o *astronómico* (Figura 4) a una estructura compleja, menos cohesionada (unida), que puede estar formada por múltiples cuerpos o incluso por otros objetos con subestructuras. A menudo este término también es referido como cuerpo. Los sistemas planetarios, cúmulos estelares, galaxias y nebulosas, son ejemplos de objetos astronómicos.



Figura 4. Algunos ejemplos de objetos astronómicos. Panel superior (izquierda a derecha): región "Pilares de la Creación", sistema planetario, nebulosa planetaria; Panel inferior (izquierda a derecha): galaxia espiral, cometa y cúmulos estelares.

can patrones en los datos astronómicos. Por ejemplo, estos patrones pueden indicar la presencia de un exoplaneta, o bien la identificación de ciertos elementos químicos y propiedades físicas en espectros complejos (el espectro es el resultado de separar las frecuencias presentes en la luz o, más precisamente, la radiación, y medir la cantidad de energía recibida en cada una de esas frecuencias).

¿Estamos ante una nueva apreciación del universo?

Es importante destacar que lo que conocemos hasta el momento proviene del universo observable (esto es, la parte visible del universo total, la cual es lo suficientemente pequeña como para que la luz emitida de las regiones más remotas haya tenido tiempo de llegar a la Tierra).

Conforme los algoritmos de la IA se perfeccionan es seguro que habrá más descubrimientos nuevos o se confirmarán con mayor precisión los ya existentes. Lo

más alentador es que tal vez se disponga por primera vez de modelos físicos con una alta capacidad predictiva, lo cual impactará de manera significativa en la comprensión de los fenómenos astrofísicos subyacentes y ayudará en la planeación de proyectos espaciales.

Si se piensa en un universo ajeno al nuestro, la IA podría finalmente brindar pruebas más precisas para detectar la presencia de vida extraterrestre, tal y como un equipo de científicos liderado por Robert Hazen del Instituto Carnegie para la Ciencia y Jim Cleaves del departamento de Química de la Universidad de Howard y del Instituto Espacial de Ciencias de Blue Marble señalan en su trabajo publicado en 2023. En su investigación, utilizando modelos basados en bosques aleatorios, lograron distinguir con una tasa de precisión del 90% entre muestras bióticas y abióticas. Las muestras incluyeron células vivas, material fósil, meteoritos ricos en carbono y compuestos orgánicos sintetizados en el laboratorio. Esto significa que pudieron identificar variaciones mínimas en los patrones moleculares de las muestras con gran claridad (Cleaves II y cols., 2023).

La siguiente generación de telescopios, como el Extremely Large Telescope (ELT) y el Large-Aper-

ture Synoptic Survey Telescope (LSST), se están diseñando con capacidades de IA integradas para permitir el almacenamiento y procesamiento de datos en tiempo real, lo cual indudablemente acelerará el estudio del espacio y continuará sorprendiéndonos.

Conclusiones

La inteligencia artificial ha revolucionado la investigación astronómica al facilitar el análisis de grandes volúmenes de datos, mejorando la detección y clasificación de objetos celestes. Además, sus técnicas abren nuevas posibilidades en la búsqueda de vida extraterrestre al identificar patrones moleculares en muestras. Finalmente, con la próxima generación de telescopios integrados con IA, se prevé un avance acelerado en la ciencia espacial y una mejor comprensión del universo y sus fenómenos.

Elizabeth Martínez Gómez

Departamento de Ciencia, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey-Campus Cuernavaca.

eli.mago@tec.mx

Lecturas recomendadas

Delgado Inglada, G. (2023), “Aplicaciones de la inteligencia artificial en la astrofísica”, *Muy Interesante*. Disponible en: <https://www.muyinteresante.com.mx/espacio/38253.html>, consultado el 26 de junio de 2024.

Duarte Muñoz, C. (2019), “Inteligencia artificial y astronomía”, *Hacia el espacio*. Disponible en: <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=1036>, consultado el 26 de junio de 2024.

Referencias específicas

Chatterjee, M., A. Sen y S. Roy (2024), “ExoSpikeNet: A Light Curve Analysis Based Spiking Neural Network for Exoplanet Detection”, *13th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT 2024)*. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/2406.07927>, consultado el 11 de octubre de 2024.

Cleaves II, H. J., G. Hystad, A. Prabhu y R. M. Hazen (2023), “A robust, agnostic molecular biosignature based on machine learning”, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. Disponible en: www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2307149120, consultado el 11 de octubre de 2024.

Medeiros, L., D. Psaltis, T. R. Lauer y F. Özel (2023), “The image of the M87 black hole reconstructed with PRIMO”, *The Astrophysical Journal Letters*, 947(1). Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/acc32d>, consultado el 11 de octubre de 2024.

Nieto, L. A. y R. F. Díaz (2023), “EXOPLANNET: A deep learning algorithm to detect and identify planetary signals in radial velocity data”, *Astronomy & Astrophysics*, 677, id. A48. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2303.09335>, consultado el 11 de octubre de 2024.

O’Shea, K. y R. Nash (2015), “An Introduction to Convolutional Neural Networks”, *ArXiv e-prints*. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1511.08458>, consultado el 11 de octubre de 2024.

Serrano-Pérez, J., R. Díaz-Hernández y L. E. Succar (2024), “Bayesian and convolutional networks for hierarchical morphological classification of galaxies”, *Experimental Astronomy*, 58(2), id.5. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/2405.02366>, consultado el 11 de octubre de 2024.