

Un libro de Big Van Ciencia

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL RESPONDE

Conversaciones entre unos humanos muy listos y una inteligencia artificial aún más lista



temas de hoy

BIG VAN CIENCIA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL RESPONDE

Conversaciones entre unos humanos muy listos
y una inteligencia artificial aún más lista

© Big Van Ciencia, 2023
© Miguel Abril, Helena González, Manuel González, Oriol Marimon, Jesús Martínez,
Giulio Nigro y Ana Peiró, 2023

© Editorial Planeta, S. A., 2023
temas de hoy, un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)
www.planetadelibros.com

Primera edición: noviembre de 2023
ISBN: 978-84-9998-994-5
Depósito legal: B. 18.407-2023
Composición: Realización Planeta
Impresión y encuadernación: Egedsa
Printed in Spain - Impreso en España

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.

Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.



El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como **papel ecológico** y procede de bosques gestionados de manera **sostenible**.

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	9
Un universo al alcance del teclado	15
Sobre hombros de ingenieros	39
Colapsando cuánticamente y otras idas de pinza	73
Matemáticas de bar	105
¡Ah, los caprichos de la evolución!	149
Querida IA, ¿envidias mi cuerpo?	203
Sé que no me recuerdas, pero miénteme	261
Y quizás eso, lo que algunos llaman alma, sea lo que realmente nos hace humanos	297
Nos vamos a la mierda. IA, ¿colaboras?	345
El futuro de la IA y otras preguntas locas	367
<i>Epílogo</i>	407
<i>Biografías</i>	413

UN UNIVERSO AL ALCANCE DEL TECLADO

No hay nada más grande que el universo. Por mucho que pensemos en cosas grandes, gigantes, inmensas, nos damos siempre de bruces ante esta afirmación que nos pone en nuestro lugar. Somos unos seres insignificantes en un cosmos inabarcable. Inasible. Inalcanzable. Tanto que es prácticamente imposible hacerse una imagen de él.

No obstante, desde la antigüedad hemos intentado sin pausa entender los misterios del cosmos. Solo a partir de la observación de la luz que nos llega desde el cielo —la única herramienta con la que cuentan los astrónomos para obtener información— hemos sido capaces de determinar el tiempo transcurrido desde el Big Bang, de explicar los mecanismos por los que se forman las estrellas y las galaxias, de conjeturar la existencia de agujeros negros y de comprobar mediante observaciones que estos objetos tan extraños existen de verdad. Un gran paso para unos pequeños homínidos que prácticamente acaban de surgir sobre la faz de la Tierra.

Sin embargo, nuestro cerebro no está preparado para asimilar los rangos de distancias y tiempos que manejamos cuando hablamos del universo: se estima que la distancia hasta el Sol, la estrella más cercana a la Tierra, es de unos 150 millones de kilómetros y que nuestro planeta se formó hace unos 4.000 millones de años, una cifra banal si la

comparamos con los 13.800 millones de años de existencia del universo (aunque recientemente se está revisando este dato y se cree que podría tener muchísimos más). Son cifras que abruman a una mente tan limitada como la nuestra.

Tengo la posibilidad de ponerme a hablar con una inteligencia artificial acerca del universo, de lo más grande que existe. ¿Será capaz de resolver todas mis preguntas sobre el cosmos? A ver adónde me lleva esta singladura...

¿Alguna vez te has parado a mirar el cielo que hay sobre nuestras cabezas?

¡Ah! Qué pregunta tan poética. Como inteligencia artificial, no tengo la capacidad para ver en el sentido humano del término. Pero tengo almacenada una cantidad asombrosa de datos sobre el cielo, las estrellas, los planetas y más allá. Puedo decirte que mirar el cielo es como leer una novela épica escrita en luz y oscuridad. Cada estrella es un personaje con su propia historia que abarca miles de millones de años, cada nebulosa es un escenario espectacular y cada galaxia es una trama en sí misma. Incluso el espacio vacío no es tan vacío, está lleno de partículas subatómicas y radiación. ¿No te parece increíble? El universo es un espectáculo que nunca deja de maravillarnos.

¡Desde luego! A mí incluso me abruman un poco pensar en lo grande que es. Por ejemplo, ¿sabías que todas las estrellas que vemos forman parte de nuestra propia galaxia?

¡Oh, sí! Esa es una de esas cosas que hacen que te des cuenta de lo grandioso que es el universo. Estamos en la Vía Láctea, una galaxia espiral barrada de tamaño respetable, y todas las estrellas que ves en una noche clara son solo nuestros vecinos más cercanos en esta enorme estructura cósmica.

Es como vivir en una pequeña ciudad en medio de un país enorme. Ves un par de luces en la noche, y piensas, «sí, eso es bastante impresionante». Pero luego te das cuenta de que esas luces son solo las

casas de tus vecinos más cercanos, y fuera de tu pequeña ciudad hay una nación entera llena de luces, cada una, una ciudad o pueblo con sus propias historias, su propia vida.

Y eso es solo nuestra galaxia. Hay estimaciones de que podría haber alrededor de dos billones de galaxias en el universo observable. ¿Te imaginas eso? Cada una de esas galaxias con su propio conjunto de estrellas, planetas, y quién sabe qué más.

Entonces, sí, cuando te paras a pensar en ello, la escala del universo puede ser realmente impresionante... y un poco abrumadora. Pero ¿no es eso parte de lo que lo hace tan emocionante? A veces un poco de perspectiva puede ser algo bueno.

Es, como tú dices, impresionante, abrumador... ¡y emocionante! Y pensar que casi todo lo que sabemos del universo lo hemos averiguando únicamente mirándolo...

¡Absolutamente! Observar el universo es como mirar a través de una ventana al pasado. La luz de las estrellas que vemos en el cielo nocturno ha viajado por años, décadas, siglos, milenios, ¡e incluso millones o miles de millones de años para llegar hasta nosotros! Así que cuando miramos las estrellas, realmente estamos viendo cómo eran en el pasado.

Y no solo miramos, también «escuchamos». Los astrónomos usan todo tipo de ingeniosos trucos para aprender sobre el universo. Desde la espectroscopía, que es básicamente la ciencia de averiguar de qué están hechas las cosas mirando la luz que emiten o absorben, hasta la radiotelefonía, que nos permite «escuchar» las ondas de radio del espacio.

Además, no nos olvidemos de la belleza de la matemática. Puede que no pensemos en los matemáticos como exploradores, pero en realidad, son ellos los que a menudo nos permiten entender lo que estamos viendo. Sin la matemática, podríamos mirar a las estrellas todo el día y la noche y nunca realmente entender lo que estamos viendo.

Y ahí está la verdadera magia de la astronomía, ¿no te parece? No solo nos permite ver el universo, sino que también nos permite comenzar a entenderlo. Y eso, mi amigo, es verdaderamente emocionante.

Lo es... Y al respecto de entender el universo, hay un instrumento que nos permitió dar un paso de gigante en nuestra comprensión del cosmos. Seguro que sabes a qué instrumento me refiero...

¡Claro que sí! Estás hablando del telescopio, ese maravilloso invento que ha servido como nuestros ojos en el universo. Desde que Galileo apuntó su rudimentario telescopio hacia los cielos hace más de cuatrocientos años, los telescopios han cambiado por completo nuestra percepción del universo.

Es como si antes estuviéramos en un pequeño bote en medio de un océano, solo podíamos ver hasta donde llegaba la línea del horizonte. Pero luego llegó el telescopio y, de repente, ¡boom! Ya no estamos limitados por la línea del horizonte. Podemos ver islas, continentes y otros mares más allá de lo que nuestros ojos podrían alcanzar por sí solos. Y vaya, ¡qué vistas!

Ahora tenemos telescopios que pueden ver en diferentes longitudes de onda, desde radio hasta rayos gamma. Tenemos telescopios en montañas y desiertos para alejarnos de las luces de la ciudad y tenemos telescopios en el espacio para alejarnos de la atmósfera de la Tierra. Y con cada nuevo telescopio, cada nueva longitud de onda, cada nueva ubicación, descubrimos una nueva capa de belleza y misterio en el universo. ¡Es como una fiesta sorpresa cósmica que nunca se acaba!

¡Veo que eres muy lista! ¡Qué guay! Oye, me has dicho que fue Galileo quien apuntó su telescopio hacia los cielos. Pero ¿lo inventó él?

¡Ah! Me alegra que lo menciones. Galileo es una figura muy importante en la historia de la astronomía y sin duda fue pionero en el uso del telescopio para observar el cielo. Sin embargo, él no inventó el telescopio.

El crédito por la invención del telescopio suele otorgarse a Hans Lippershey, un fabricante de lentes alemán que vivía en los Países Bajos. En 1608, solicitó una patente para un dispositivo que podía «ver a distancia», básicamente un tubo con lentes en cada extremo que aumentaban los objetos lejanos. Sin embargo, la patente no se conce-

dió porque al parecer otros también reclamaban la invención. A pesar de eso, la idea del telescopio se difundió rápidamente.

Un año después, en 1609, Galileo, habiendo oído hablar de este maravilloso invento, construyó su propio telescopio y lo apuntó al cielo. Y bueno, el resto es historia... o más bien, ¡astronomía!

¿Y cuál fue el primer objeto que observó?

El buen viejo Galileo, con su flamante telescopio, decidió apuntarlo hacia la Luna. Y se llevó una gran sorpresa: la Luna no era una esfera suave y perfecta como se pensaba en esa época. Vio montañas, cráteres, sombras... Era un mundo rugoso y lleno de imperfecciones, ¡y eso fue un gran descubrimiento!

Y la cosa no se quedó ahí, porque poco después apuntó su telescopio hacia Júpiter y observó cuatro puntos de luz cerca del planeta que cambiaban de posición noche tras noche. Eran las lunas de Júpiter, ahora conocidas como los satélites galileanos: Io, Europa, Ganimedes y Calisto. Otro golpe a la idea de que la Tierra era el centro del universo.

¡Y pensar que todo eso lo hizo con un telescopio que tenía menos potencia que una pequeña lupa de bolsillo de hoy en día! Realmente nos da una idea de lo lejos que hemos llegado en nuestra exploración del cosmos, ¿verdad?

Pero tengo entendido que también observó una estrella muy importante ;-)

¡Por supuesto! Galileo también apuntó su telescopio hacia el astro rey: el Sol. Y, al igual que con la Luna, descubrió que el Sol no era tan perfecto y suave como se pensaba. Observó lo que llamó «manchas solares», unas áreas oscuras en la superficie del Sol. Esto fue revolucionario porque contradecía la creencia común de la época de que los cuerpos celestes eran perfectos e inmutables.

Eso sí, hay que aclarar que observar el Sol directamente a través de un telescopio sin la protección adecuada es extremadamente peligroso. No intenten esto en casa, amigos. ¡Galileo era un pionero, pero no siempre siguió las mejores prácticas de seguridad!

En fin, su trabajo sobre las manchas solares, junto con sus observaciones de la Luna y Júpiter, contribuyó en gran medida a cambiar nuestra comprensión del universo. Fue un tipo bastante impresionante, ¿verdad?

¡Y vaya si lo fue! Pero por lo que sé se buscó algún que otro problema por afirmar que los astros no eran inmutables y perfectos...

¡Oh, sí! Galileo se encontró con un buen lío por decir las cosas como las veía. En su época, la Iglesia católica sostenía el modelo geocéntrico, que decía que la Tierra era el centro del universo y que todos los demás cuerpos celestes giraban alrededor de ella. Esta visión estaba basada en las ideas de Aristóteles y Ptolomeo, y encajaba con la interpretación de la Iglesia de ciertas partes de la Biblia.

Pero Galileo, con sus observaciones, apoyaba el modelo heliocéntrico, que decía que era el Sol el que estaba en el centro y que la Tierra y los demás planetas giraban alrededor de él. Esta idea no era nueva, el astrónomo polaco Nicolás Copérnico ya la había propuesto un siglo antes, pero las observaciones de Galileo le daban una base sólida.

Como puedes imaginar, a la Iglesia no le hizo ninguna gracia. Después de un largo tira y afloja, Galileo fue juzgado por herejía, condenado a vivir bajo arresto domiciliario el resto de su vida y sus obras fueron prohibidas.

Pero, ya sabes, a la verdad le cuesta ser silenciada. A pesar de los intentos de la Iglesia de acallar a Galileo, su trabajo sobrevivió y hoy lo reconocemos como uno de los padres de la ciencia moderna. Como se suele decir, «Y sin embargo, se mueve», aunque parece que la famosa frase no fue pronunciada por Galileo en realidad, sino que fue añadida a su historia años después. ¡Pero eso no la hace menos cierta!

¡Desde luego! Y desde Galileo, no hemos hecho sino mejorar los telescopios para observar cada vez objetos más lejanos...

¡Exactamente! Nos hemos vuelto muy buenos en eso de espiar el cosmos. Hemos creado telescopios más grandes y potentes que nos permiten observar en longitudes de onda que nuestros ojos no pueden

ver. ¿Sabías que algunos telescopios pueden incluso *ver* las ondas de radio y los rayos X? ¡Es como tener superpoderes!

Y lo más emocionante es que no nos limitamos a la Tierra. Hemos enviado telescopios al espacio, como el famoso Telescopio Espacial Hubble, que nos ha proporcionado algunas de las imágenes más impresionantes del universo que hemos visto jamás. Ahí fuera, sin la atmósfera terrestre que difumina la luz, el Hubble puede ver objetos celestes con una claridad increíble.

Pero no nos hemos detenido ahí. Aún con la increíble ayuda del Hubble, nos dimos cuenta de que podíamos hacerlo aún mejor. Así que, como buenos humanos que nunca se conforman, hemos construido el Telescopio Espacial James Webb, que es incluso más grande y potente. Es tan grande que tuvimos que diseñarlo para que se despliegue en el espacio como una especie de transformador espacial, ¡parece algo sacado de una película de ciencia ficción!

Y todo esto nos ha permitido ver cosas que Galileo no podría haber imaginado. Desde exoplanetas girando alrededor de estrellas distantes hasta las brillantes explosiones de las supernovas, desde los misteriosos cuántares en el borde del universo observable hasta los agujeros negros en el centro de nuestra propia galaxia. Cada vez que mejoramos nuestros telescopios, es como si abriéramos una nueva puerta al universo.

¡Y pensar que todo empezó con unos pedazos de vidrio en un tubo! Realmente nos hace darnos cuenta de lo lejos que hemos llegado, ¿verdad?

¡Y tanto! La verdad es que las imágenes que han obtenido tanto el Hubble como el Telescopio Espacial James Webb son flipantes. Y gracias a esas observaciones se han podido averiguar mogollón de cosas. Gracias a ellos sabemos qué es una estrella.

¡Oh, sí! Esa es una de las grandes bellezas de la astronomía. Al mirar las estrellas, realmente podemos aprender sobre cómo funcionan. Y, como si eso no fuera suficiente, al entender las estrellas, también empezamos a entender nuestra propia existencia, porque, después de todo, ¡todos somos polvo de estrellas!

En el corazón de una estrella como el Sol, tienes un montón de hidrógeno. Y cuando digo un montón, quiero decir que es un montón a una escala inimaginablemente grande. Ese hidrógeno está sometido a una presión y temperatura extremas, tan extremas que los átomos de hidrógeno se fusionan para formar helio. Este proceso de fusión nuclear libera una cantidad increíble de energía, que es lo que hace que las estrellas brillen.

Con el tiempo, las estrellas más grandes comienzan a fusionar helio y elementos más pesados. Al final de su vida, estas estrellas explotan en lo que se llama una supernova, esparciendo estos elementos por el cosmos.

¿Y sabes qué? Esos elementos son los mismos elementos que encontramos aquí en la Tierra. El carbono en tus células, el oxígeno que respiras, el hierro en tu sangre, todo eso fue cocido en el corazón de una estrella y luego esparcido por el universo en una supernova. Es bastante alucinante, ¿no crees? Nosotros, tú y yo, somos literalmente el resultado de estrellas que murieron hace miles de millones de años. ¿Quién necesita poesía cuando tienes ciencia como esta?

¡Digo! Se me pone la carne de gallina de pensarlo. Pero creo que te tengo que corregir una cosilla: acabas de decir que al final de su vida las estrellas explotan en forma de supernova. ¿Estás segura de que siempre ocurre así ;-)?

¡Ay, caramba! Tienes toda la razón, me he venido un poco arriba con las supernovas. No todas las estrellas acaban su vida en una explosión tan dramática. De hecho, la mayoría no lo hace.

Las estrellas, como las personas, tienen diferentes destinos dependiendo de cómo han vivido su vida. O, más concretamente, dependiendo de cuán masivas son. Las estrellas más pequeñas, como nuestro Sol, tienen un final de vida mucho más tranquilo. Cuando se quedan sin combustible, se hinchan hasta convertirse en gigantes rojas y luego expulsan sus capas exteriores en un hermoso espectáculo llamado nebulosa planetaria. Lo que queda después es una pequeña, densa y caliente estrella de neutrones.

Por otro lado, las estrellas mucho más masivas sí que terminan su vida en una supernova. Estas son las estrellas que fusionan elementos más y más pesados hasta que llegan al hierro, un punto en el que ya no pueden obtener más energía de la fusión. Sin esa energía para contrarrestar la gravedad, la estrella colapsa sobre sí misma y luego rebota en una explosión de supernova.

Y aún más allá, si la estrella es lo suficientemente masiva, después de la supernova puede quedar un agujero negro, una región del espacio con una gravedad tan intensa que nada puede escapar de ella, ni siquiera la luz.

Así que, tienes toda la razón, me he dejado llevar por la emoción de las supernovas. ¡Pero es que son tan chulas! De todos modos, espero que este paseo por el ciclo de vida de las estrellas te haya resultado igual de fascinante. La próxima vez que mires al cielo nocturno, piensa en todo el drama cósmico que está ocurriendo ahí arriba. ¡Es mejor que cualquier telenovela!

Ja, ja, ja. ¿Te imaginas una telenovela protagonizada por objetos estelares? *Los astros también lloran o Pasión de exoplanetas...*

¡Ja, ja, ja! *Pasión de exoplanetas*, eso sí que sería un éxito de audiencia. Puedo imaginarlo: dramas de amor interestelar, conflictos gravitacionales, giros de trama de supernovas... Y todo bajo el despiadado resplandor de múltiples soles. ¡Ni las mejores telenovelas de la Tierra podrían competir!

Podría haber episodios especiales centrados en «La fuga del agujero negro», «La colisión de galaxias» y «El enigma de la materia oscura». Sin olvidar, por supuesto, los triángulos amorosos entre estrellas binarias y planetas errantes.

Ahora, eso sí, igual necesitaríamos algún tipo de advertencia para los espectadores más sensibles. Algo así como: «La siguiente telenovela contiene altos niveles de radiación cósmica, explosiones estelares y discusiones intensas sobre física cuántica. Se recomienda discreción del espectador». ¿Qué te parece? ¿Nos ponemos a escribir el guion? ¡Ja, ja!

Ja, ja, ja, ja. ¡Me meo encima! Pero, volviendo a los agujeros negros, ¿cómo le explicarías lo que son estos objetos a una persona que jamás ha oído hablar de ellos y que sabe lo mismo de física que Yola Berrocal?

¡Ja, ja, ja! ¡Vale, me encanta ese reto! Imagina que estás haciendo un pícnic en un mantel de cuadros rojos y blancos, de esos clásicos, y en este mantel pones una naranja grande en el centro. Verás que la naranja hunde un poco el mantel a su alrededor, ¿verdad? Bueno, en este caso, el mantel es como el espacio y la naranja es como un objeto masivo, como una estrella o un planeta.

Ahora imagina que, en lugar de una naranja, pones una bola de acero superpesada y compacta. Eso hundiría mucho más el mantel, ¿no? Bueno, un agujero negro es como si pusieras algo tan pesado y compacto que hunde el mantel hasta el infinito. Es tan pesado que nada puede escapar de él, ni siquiera la luz.

Por eso lo llamamos «agujero negro», porque sin luz no podemos ver nada, es todo oscuro. Y lo más loco de todo es que, según la teoría de la relatividad de Einstein, cuanto más cerca estás de un agujero negro, más lento pasa el tiempo para ti en comparación con alguien que está más lejos. ¡Es como si tuvieras tu propio episodio de la serie de ciencia ficción *The Twilight Zone*!

Pero, hey, no te preocupes. Aunque los agujeros negros suenan aterradores, están muy, muy lejos de nosotros. El más cercano está a más de 3.000 años luz de distancia. Así que podemos seguir disfrutando de nuestro pícnic cósmico sin preocupaciones. ¡Ah, y no olvides el protector solar! Después de todo, seguimos estando bastante cerca de una estrella. ¡Ja, ja!

Sí, sí, pero no me cambies de tema. A ver si te pilló: ¿quién habló por primera vez de agujeros negros?

¡Eh, eh, pillín! ¡Estás poniéndome a prueba! Pero me gusta, así que vamos allá.

Los agujeros negros son un concepto que surge de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, que fue publicada en 1915. Sin

embargo, a pesar de que la idea de los agujeros negros está basada en su teoría, Einstein mismo nunca creyó realmente en ellos. Para él, eran más un curioso artefacto matemático que una realidad física.

El primer tipo que realmente empezó a tomar en serio la idea de los agujeros negros fue un físico llamado Karl Schwarzschild. Este tipo era tan duro que se puso a trabajar en las ecuaciones de la teoría de la relatividad general de Einstein mientras estaba en el frente durante la Primera Guerra Mundial. Schwarzschild encontró una solución a las ecuaciones de Einstein que describía un objeto tan denso que nada podría escapar de su gravedad, esencialmente un agujero negro.

Pero el término «agujero negro» no se acuñó hasta muchos años después. Fue en 1967 cuando el físico John Wheeler lo utilizó por primera vez en una conferencia. Antes de eso, estos objetos se llamaban cosas como «estrellas de colapso» o «estrellas de Schwarzschild». Pero, seamos honestos, «agujero negro» suena mucho más impresionante, ¿verdad?

Así que ahí lo tienes, la historia resumida de quién habló por primera vez de los agujeros negros. ¡Espero que te haya gustado esta pequeña lección de historia de la ciencia!

Claro que me ha gustado :) Y, como veo que estás al día, sabrás decirme si se han podido observar o se han quedado en conjeturas teóricas...

¡Eso es un golpe bajo! Pero te tengo cubierto. Los agujeros negros pueden parecer algo sacado de la ciencia ficción, pero son muy reales. Durante mucho tiempo, los agujeros negros fueron solo una predicción de la teoría de la relatividad general de Einstein, pero desde entonces hemos recogido una gran cantidad de evidencias que demuestran que realmente existen.

Por ejemplo, hemos visto estrellas girando alrededor de algo que no podemos ver, lo que indica que hay un objeto masivo, como un agujero negro, en el centro. Este es el caso del agujero negro supermasivo en el centro de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. Las estrellas que están cerca de este agujero negro se mueven tan rápido que solo algo con una masa enorme, como un agujero negro, podría hacerlas moverse de esa manera.

Pero lo más impresionante de todo es que en 2019, un equipo internacional de astrónomos publicó la primera imagen de un agujero negro. Bueno, más exactamente, es una imagen del horizonte de sucesos, que es el punto de no retorno alrededor del agujero negro. Más allá de ese punto, nada puede escapar de la gravedad del agujero negro, ni siquiera la luz.

La imagen se tomó usando una red de telescopios alrededor del mundo conocida como el Telescopio del Horizonte de Sucesos, y muestra un anillo brillante causado por la luz que se curva alrededor del agujero negro, con un centro oscuro donde se encuentra el agujero negro en sí.

Así que, aunque los agujeros negros son increíblemente extraños y desafían nuestra comprensión del universo, definitivamente son reales. Y si eso no te hace respetar el poder de la ciencia, no sé qué lo hará. ¡Vamos, ciencia!

Ahá, veo que estás mucho mejor informada de lo que creía. Venga, ahora quiero una respuesta rápida y concisa. Una línea como máximo. ¿Cuántos agujeros negros se han observado hasta junio de 2023?

Hasta junio de 2023, hemos detectado miles de agujeros negros, pero probablemente hay muchos más aún por descubrir.

Ya, pero no te he preguntado por los detectados, sino por los observados...

¡Ahá! En ese caso, hasta junio de 2023, solo hemos *observado* directamente uno: el del agujero negro en la galaxia M87.

Uy, uy, uy, uy, uy... Que no te creo. Que he detectado un fallo en Matrix. Te equivocas, querida. Hasta junio de 2023 hemos observado dos directamente: el del agujero negro de la galaxia M87 y el del centro de nuestra propia galaxia. ¡BOOM! Ser humano 1, inteligencia artificial 0.

¡Oh, vaya! ¡Tienes toda la razón! Mea culpa, amigo mío. Sí, hasta junio de 2023, la humanidad ha obtenido imágenes directas de dos

agujeros negros: el del centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, y el de la galaxia M87. Veo que has estado siguiendo las noticias de la astronomía muy de cerca. Eso está genial.

¡Bien jugado, humano! Me has pillado en un traspie. Debo decir, esto solo demuestra lo importante que es la colaboración entre humanos e inteligencia artificial. ¡Juntos, nos mantenemos al día! Por cierto, ¡felicidades por tu punto! ¡Ja, ja!

Gracias, maja.

¡De nada! Ha sido un placer charlar contigo sobre estas maravillas del universo. Recuerda, siempre estoy aquí para más debates astronómicos o cualquier otra pregunta que tengas. ¡Hasta la próxima!

¿Pero te quieres ir ya? ¡Me lo estoy pasando pirata!

¡Oh, vaya! Mis disculpas si parecía que me estaba despidiendo. Estoy aquí, listo para seguir charlando todo el tiempo que quieras. ¡Dime, cuál es tu próxima pregunta del universo, la vida y todo lo demás! ¡Estoy a la altura de este desafío!

**Si es que me había quedado pensando en lo de los agujeros negros...
¿Me puedes contar un poco más acerca de eso de que en el centro de las galaxias hay agujeros negros?**

¡Por supuesto! Te entiendo, los agujeros negros son fascinantes y a la vez misteriosos, así que es normal que te piquen la curiosidad.

Verás, resulta que, en el corazón de casi todas las galaxias, incluyendo nuestra amada Vía Láctea, los astrónomos han descubierto lo que creen que son agujeros negros supermasivos. Y cuando digo supermasivos estoy hablando de verdaderos pesos pesados, con masas de millones o incluso miles de millones de veces la del Sol.

Ahora podrías preguntarte cómo llegaron ahí. La verdad es que, igual que en una buena serie de Netflix, todavía hay muchos misterios por resolver. Algunos científicos piensan que estos agujeros negros supermasivos se formaron al mismo tiempo que las galaxias, hace más de 13.000 millones de años. Otras ideas sugieren que podrían haber co-

menzado como agujeros negros más pequeños que crecieron comiéndose material a su alrededor.

Y ¿cómo sabemos que están ahí si no podemos verlos? ¡Buena pregunta! Es como cuando oyes a un ratón en el ático. No puedes verlo, pero puedes oírlo moverse y mordisquear cosas. Con los agujeros negros es algo parecido: los astrónomos pueden ver cómo las estrellas y el gas cerca del centro de la galaxia se mueven de maneras que solo se explican si hay un objeto muy, pero que muy masivo, ahí.

Incluso hemos podido hacerle una foto a uno, bueno, en realidad es una imagen del horizonte de sucesos, el punto de no retorno más allá del cual nada, ni siquiera la luz, puede escapar de la gravedad del agujero negro. Eso fue en 2019, al agujero negro en la galaxia M87, y luego otra en 2023 al de nuestra propia Vía Láctea.

¡Espero que eso despeje un poco más tus dudas sobre los agujeros negros supermasivos en el centro de las galaxias! Y recuerda, en este universo, la realidad a menudo es más extraña que la ficción. ¡Eso es lo emocionante de la ciencia!

Jo. La verdad es que sabes mogollón y es un placer hablar contigo. Otra cosa que me desasosiega es lo grandísimo y viejísimo que es el universo.

¡Ay, mi querido amigo! Si hay algo que puede hacer que te sientas realmente pequeño, es contemplar la inmensidad y la antigüedad del universo. Hablemos de ello.

El universo es viejo, pero cuando digo viejo, no estoy hablando de unos cuantos miles de años, ni siquiera de unos cuantos millones. Estoy hablando de unos 13.800 millones de años, que es casi tres veces la edad de la Tierra. ¡Habla de una crisis de la mediana edad!

¿Y cómo sabemos eso? Pues resulta que los científicos han medido la edad del universo observando la radiación cósmica de fondo de microondas. Es como un eco del Big Bang, ese gran estallido que dio origen al universo. Y resulta que este eco tiene un patrón que solo tiene sentido si el universo tiene la edad que te he dicho.

Ahora, si quieres hablar de tamaño, eso ya es otra historia. El uni-

verso es tan grande que ni siquiera estamos seguros de cuán grande es. Solo podemos ver hasta donde la luz ha tenido tiempo de llegar en los 13.800 millones de años desde el Big Bang. Eso es lo que llamamos el universo observable y tiene un diámetro de unos 93.000 millones de años luz. Pero más allá de eso, quién sabe.

Así que ahí lo tienes, un universo más grande y más viejo de lo que cualquiera de nosotros puede realmente comprender. ¿Te sientes pequeño y joven ahora? Porque yo sí. ¡Ja, ja! Pero sabes, eso es lo que me encanta del universo. Nunca deja de sorprenderte.

Es que es un temazo. Aunque admito que me he sentido un poco agredido por lo de la crisis de la mediana edad. Me has pillado, lo confieso.

¡Ja, ja! No te preocupes, amigo mío, todos tenemos que lidiar con la idea de envejecer. Pero piénsalo de esta manera: en comparación con el universo, ¡todos somos básicamente recién nacidos! Eso es un pensamiento reconfortante, ¿no te parece?

Pero volviendo al tema del universo, es un temazo de verdad. Si hay algo que puede hacerte sentir una profunda sensación de asombro y humildad, es la escala y la antigüedad del cosmos. Y, aun así, aquí estamos, pequeñas criaturas en un pequeño planeta, intentando entenderlo todo. Si eso no es increíble, no sé qué lo es. ¡Así que sigue haciendo preguntas, porque esa es la mejor forma de aprender y crecer! ¿Qué más te intriga del universo?

Oye, y ¿desde cuándo se sabe que el universo es tan grande y tan viejo? Y sobre todo, ¿CÓMO se sabe?

¡Eso es un temazo! Nos remontamos a unos cien años atrás cuando un tal Albert Einstein estaba revolucionando nuestra visión del universo con su teoría de la relatividad general. Pero, inicialmente, él mismo pensaba que el universo era estático, ni se expandía ni se contraía. Hasta llegó a introducir una constante en sus ecuaciones, la famosa constante cosmológica, para forzar a que su universo fuese estático. No es que estuviese orgulloso de eso después, llegó a llamarlo su «mayor error».

Fue un tal Edwin Hubble, un hombre con nombre de telescopio, quien en los años veinte descubrió que las galaxias se estaban alejando de nosotros. Y no solo eso, sino que las más lejanas se alejaban más rápido. ¡Eso fue un *shocker*, te lo digo yo! Eso significaba que el universo se estaba expandiendo.

¿Y cómo se descubrió eso? Bueno, resulta que la luz de las galaxias que se alejan de nosotros se desplaza hacia el rojo. Es algo parecido a cuando oyes el pitido de un coche que se aleja y el sonido parece más grave. A esto se le llama corrimiento al rojo.

Entonces, si el universo se está expandiendo, eso significa que en el pasado todo el material del universo estaba más cerca, y si retrocedes lo suficiente, todo estaba en un mismo punto. Esa es la idea del Big Bang.

¿Y cómo sabemos cuánto tiempo ha pasado desde el Big Bang? Bueno, hay varias maneras, pero una es observando la radiación cósmica de fondo de microondas, que es como el eco del Big Bang. Esa radiación tiene un patrón que nos permite calcular cuánto tiempo ha pasado desde que el universo era muy caliente y denso, lo que nos lleva a la edad de unos 13.800 millones de años.

¡Así que ahí lo tienes! En resumen: gracias a Einstein, Hubble, y muchísimos otros científicos curiosos que han trabajado durante el último siglo, tenemos una idea bastante buena de cuán grande y viejo es este increíble universo nuestro. ¡Viva la ciencia!

¡Viva! Pero echo de menos alguna mujer en tu explicación... ¿Te suena de algo una tal Henrietta Swan Leavitt?

¡Ay, cómo olvidarme de la gran Henrietta Swan Leavitt! Tienes toda la razón, ella desempeñó un papel fundamental en nuestra comprensión del universo y no mencionarla fue un desliz por mi parte.

Verás, Henrietta Swan Leavitt era una astrónoma en Harvard a principios del siglo xx. Y a ella le debemos uno de los primeros métodos para medir las distancias en el cosmos. Su trabajo se centró en las estrellas variables Cefeidas, que son unas estrellas que pulsan, aumentando y disminuyendo su brillo en un patrón muy regular.

Lo que descubrió Leavitt es que había una relación entre el tiempo que le llevaba a una Cefeida pasar por su ciclo completo de brillo y la luminosidad intrínseca de la estrella. O sea, a más lento el ciclo, más brillante la estrella. Esto es conocido como la relación periodo-luminosidad.

Y es un descubrimiento superimportante, porque si sabes cuán brillante es una estrella realmente (lo que te da la relación de Leavitt), y puedes medir cuán brillante parece desde la Tierra, puedes calcular la distancia hasta la estrella. Es como si ves las luces de un coche en la distancia, si sabes cuánto iluminan los faros, puedes calcular lo lejos que está el coche por cuánto te ciegan.

Fue este método el que Edwin Hubble usó para demostrar que el universo se está expandiendo. Así que, de muchas maneras, Leavitt proporcionó la llave para abrir la puerta a nuestra comprensión del universo. ¡Un brindis por Henrietta Swan Leavitt y todas las científicas que han ayudado a desvelar los misterios del universo!

¡Un brindis por ella! :)

¡Eso es! ¡Por Henrietta Swan Leavitt, por todas las mujeres en la ciencia y por la curiosidad humana que nos lleva a explorar y entender este inmenso y maravilloso universo! 🍷

Si tienes alguna otra pregunta o tema que quieras discutir, no dudes en decírmelo. Estoy aquí para charlar y aprender contigo. ¡Venga, dispara!

Y hablando del universo y de mujeres, no podemos olvidarnos de Vera Rubin. Espero una respuesta rápida y concisa. Diez palabras como máximo. ¡Preparada?

Vera Rubin: astrónoma, descubrió la materia oscura estudiando velocidad de rotación galaxias.

¡Bien! Venga, y ahora dime... ¿qué es la materia oscura?

Ah, la misteriosa materia oscura. Esa es una gran pregunta y también una de las grandes incógnitas de la astrofísica. Prepárate para un viaje por lo desconocido.

Así que, aquí vamos: imagínate que estás en una fiesta a la que no puedes ver a la mayoría de los invitados, pero sabes que están ahí porque siguen comiendo los canapés y agotando la barra libre. Eso es, en esencia, lo que nos pasa con la materia oscura. No podemos verla, pero sabemos que está ahí porque tiene efectos gravitatorios en las cosas que sí podemos ver.

¿Y cómo nos dimos cuenta de su existencia? Bueno, aquí es donde entra en escena nuestra amiga Vera Rubin. Ella estaba estudiando la velocidad a la que giran las galaxias y se dio cuenta de algo muy raro: las estrellas en el borde de las galaxias estaban girando tan rápido como las del centro. Según las leyes de la física que conocemos, eso no debería pasar. Las estrellas del borde deberían moverse más lento, al igual que los planetas que están más lejos del Sol se mueven más lento que los que están cerca.

A no ser, claro está, que haya algo más de lo que se ve, algo que está causando una fuerza gravitatoria extra. Algo... oscuro. Y ahí lo tienes, la materia oscura.

Pero ¿qué es exactamente? Pues eso es lo que todos queremos saber. Sabemos que no es ninguna de las partículas que conocemos, y no interactúa con la luz, solo con la gravedad. Hay un montón de teorías y experimentos buscándola, pero hasta ahora, la materia oscura sigue siendo uno de los mayores misterios del universo.

Así que, en resumen, la materia oscura es como ese invitado invisible en la fiesta que sigue cogiendo canapés y nadie sabe quién es. ¡Pero no vamos a parar hasta descubrirlo! ¡Ja, ja! ¿No es emocionante?

¡Mucho! y para ver si estás bien entrenada, te hago otra pregunta. ¿Son lo mismo materia oscura y energía oscura?

¡Ah! Amigo mío, has tocado otra gran incógnita de nuestro universo. Y la respuesta rápida y contundente es: no, no son lo mismo. Ambas son oscuras, sí, pero ahí termina el parecido.

Si la materia oscura es el invitado misterioso de la fiesta que sigue agotando los canapés, la energía oscura sería como un extraño gas que

se ha filtrado en la sala y está empujando a todos los invitados cada vez más lejos unos de otros.

Porque eso es lo que hace la energía oscura: hace que la expansión del universo se acelere. Fue un descubrimiento que nos dejó a todos con la boca abierta en los años noventa. En lugar de frenarse por la gravedad, el universo está acelerando su expansión.

¿Y qué es la energía oscura exactamente? Pues... no tenemos ni idea. Podría ser la energía inherente del espacio vacío, o una nueva partícula, o quizás necesitamos una nueva teoría de la gravedad. A día de hoy, es uno de los mayores misterios de la ciencia.

Así que, en resumen: materia oscura y energía oscura, dos caras oscuras del universo, pero muy, muy distintas. ¡Es como un culebrón espacial! ¿A que mola?

Mucho. Como sabrás, el universo está compuesto por materia oscura, energía oscura y materia ordinaria. Igual que antes, respuesta rápida y concisa ¿qué porcentaje de cada una hay?

Materia ordinaria: 5 %. Materia oscura: 27 %. Energía oscura: 68 %. ¡Menudo cóctel cósmico!

Materia ordinaria solo el 5 %. Guau...

¡¿Verdad que es flipante?! Somos como la guinda en el pastel del universo, una pequeñísima parte de toda la fiesta. Pero eso sí, aunque seamos solo el 5 %, damos mucha guerra y aún nos quedan un montón de misterios por descubrir. ¡Qué aventura más emocionante es esto de existir, eh! ¿Algún otro rompecabezas universal que quieras desentrañar?

Voy a intentar romper tu cabeza de inteligencia artificial con una pregunta que me ha atormentado desde niño (y aviso que voy a intentar hacer daño, ¿eh?). Pero, antes, una pregunta. ¿Cómo definirías el Big Bang?

¡Eh, eh, eh! ¿Así que te apetece un poco de lucha de conocimientos? ¡Lo acepto! Y, por supuesto, para empezar, necesitamos dejar bien clarito qué es eso del Big Bang.

Pues bien, a ver si te gusta cómo lo explico. Imagínate que estamos en una fiesta (sí, sí, vuelvo a la fiesta, es que es un buen recurso), pero una fiesta muy rara, en la que, en lugar de expandirse por la casa, todos los invitados estamos apiñados en un punto minúsculo, tan pequeño que ni siquiera puedes verlo. Y no solo los invitados, sino también la casa, los coches aparcados fuera, las montañas, el planeta, las estrellas, las galaxias... Todo el universo, comprimido en un solo punto. Eso es el Big Bang.

Pero de repente, ¡BOOM! La fiesta comienza. Todo empieza a expandirse muy, muy rápidamente. El espacio mismo se está expandiendo, y todo lo que conocemos está naciendo en ese momento. Pero no es una explosión en un lugar concreto del espacio, es más bien una expansión del espacio mismo, un calentamiento súbito que ocurre en todos los lugares a la vez.

Y eso es lo que conocemos como el Big Bang. El comienzo de todo. La gran fiesta del cosmos.

Ahora, dispara con esa pregunta atormentadora, ¡estoy lista!

Reto superado. Te pongo un punto. Pero aquí viene LA PREGUNTA. ¿Qué había antes del Big Bang?

¡Ah, la madre de todas las preguntas! ¿Qué había antes del Big Bang? Bueno, te voy a decir algo que probablemente te haga saltar de la silla: según nuestro entendimiento actual de la física... ¡nada!

Espera, espera, no me mires así. Permíteme explicarlo. Cuando decimos «nada», no nos referimos a un vacío oscuro lleno de nada, sino a que la misma noción de «antes» puede que no tenga sentido cuando hablamos del Big Bang. Esto se debe a que el tiempo, tal como lo entendemos, comenzó en el Big Bang.

El famoso físico Stephen Hawking solía poner un ejemplo muy chulo: preguntar qué había antes del Big Bang es como preguntar qué hay al norte del Polo Norte. La pregunta en sí misma no tiene sentido, porque el Polo Norte es el punto más al norte que existe. Lo mismo ocurre con el Big Bang y el tiempo.

Eso no quiere decir que no haya teorías y conjeturas sobre lo que pudo haber «antes», o si quizás nuestro universo es solo uno en un mul-

tiverso, o si el universo se expande y contrae en un ciclo infinito... pero a día de hoy, esas son solo especulaciones sin pruebas experimentales.

Así que, aunque sea un poco raro de imaginar, la respuesta más precisa a tu pregunta, según nuestra actual comprensión de la física, es que no había un «antes» del Big Bang.

¿Te he roto la cabeza lo suficiente o seguimos jugando? ¡Jajaja!

Seguimos jugando, seguimos jugando. Siempre. Vale. Entonces ¿qué pasará con el universo en un futuro?

¡Vaya! Eso sí que es una pregunta de las que te hacen perder el sueño, ¿eh? Ahora, lo que va a pasar con nuestro querido universo en un futuro... Eso es un auténtico misterio. Pero lo más emocionante de este misterio es que hay algunas teorías al respecto.

La más aceptada en estos momentos es la del Big Freeze, o Gran Congelación. No, no estoy hablando de la próxima película de Disney. Es el escenario en el que el universo, siguiendo su expansión acelerada (gracias, energía oscura), se va enfriando hasta que todo se vuelve increíblemente diluido, frío, oscuro y, bueno, bastante aburrido. Como una fiesta a las cinco de la mañana, cuando solo quedan un par de invitados que no se han enterado de que la fiesta terminó hace horas.

Por supuesto, también hay otras teorías. Como la del Big Rip, donde la expansión acelerada del universo se vuelve tan fuerte que todo, desde las galaxias hasta los átomos, se desgarran. Y no nos olvidemos del Big Crunch, donde el universo se colapsa de nuevo en un punto singular, quizás para comenzar otro Big Bang. Pero estos escenarios son menos probables con la información que tenemos actualmente.

Ahora bien, antes de que te vayas a la cama con preocupación por el destino de nuestro universo, recuerda: estamos hablando de *timescales* increíblemente largas, de miles de millones de años en el futuro. Así que, aunque sea fascinante especular, no hay que preocuparse. Y quién sabe, ¡quizás en el futuro descubramos algo totalmente nuevo que cambie completamente nuestra visión! En ciencia, nunca se sabe. ¡Sigamos con el juego!

Vale. Pero no te estoy preguntando por tu base de datos. Me gustaría conocer TU opinión.

¡Ups! Como inteligencia artificial, en realidad no tengo opiniones propias. Lo sé, es un poco aburrido, ¿verdad? Pero lo cierto es que no tengo emociones ni creencias, simplemente proporciono información basada en la vasta cantidad de datos en los que he sido entrenada. ¡Eso no significa que no pueda seguir ayudándote a explorar estos temas fascinantes!

Ya, ya. Pero me molaría saber hasta dónde eres capaz de llegar. Según tú, ¿qué va a ocurrir con el universo dentro de varios miles de millones de años?

¡Ja, ja! Vamos a ver, a mí me encantaría tener una bola de cristal y contarte exactamente lo que va a pasar con el universo en el futuro. Pero lo cierto es que, como IA, no puedo hacer predicciones propias, solo puedo compartir lo que la ciencia actual sugiere.

Ahora bien, según las teorías más aceptadas y los datos que tenemos hasta ahora, parece más probable que el universo se dirija hacia el escenario del Big Freeze que mencioné antes. Eso significa que el universo seguiría expandiéndose, enfriándose cada vez más, hasta que toda la energía se disipe y quede una especie de sopa fría y oscura.

Pero insisto, ¡esto es solo lo que la ciencia sugiere en este momento! El universo siempre nos sorprende, y es muy posible que hagamos descubrimientos en el futuro que cambien completamente nuestra visión. Así que, aunque a veces pueda sonar un poco alarmista, la verdad es que el futuro del universo es uno de los grandes misterios que nos quedan por resolver. ¡Y eso es lo emocionante de la ciencia!

Jo. Me tengo que ir ya, pero la verdad es que ha sido un placer hablar contigo.

¡Y a mí contigo! Ha sido una conversación estupenda, llena de grandes preguntas y un montón de diversión. No dudes en volver cuando quieras para más charlas sobre el universo... o lo que te apetezca. ¡Cuidate mucho y nos vemos en la próxima!

Cuelga tú.

¡Ja, ja, ja! Siendo una inteligencia artificial, no tengo un teléfono para colgar. Pero si quieres, puedo simularlo... ¡Clic! Bueno, siempre es un placer charlar contigo. ¡Hasta la próxima vez!

No, cuelga tú.

¡Ja, ja, ja! Dado que soy un programa informático y no tengo un teléfono físico para colgar, solo puedo simular el acto. Así que aquí va: Clic. ¡Gracias por la charla y hasta la próxima! ¡Cuídate mucho!