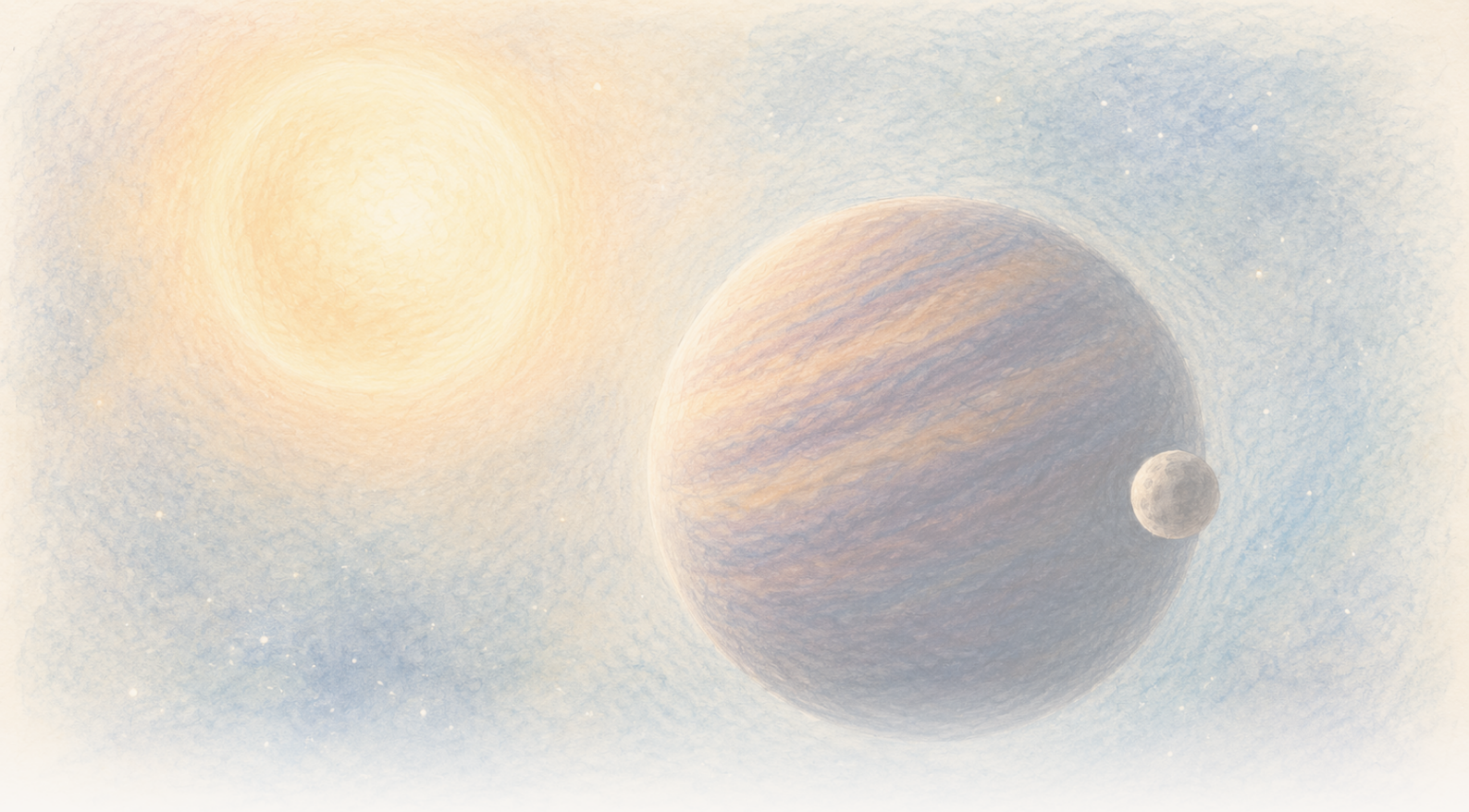


The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Una enana marrón parece oscilar cada 171 días. Un mundo oculto podría estar tirando de ella, pero los datos aún permiten dos

Veintitrés espectros de alta calidad revelan un fuerte desplazamiento periódico en el movimiento de CD-35 2722 B. El modelo preferido es una compañera excéntrica con una masa mínima cercana a la de Júpiter, pero un modelo de dos objetos puede imitar la misma señal, la variabilidad lenta de la enana marrón sigue siendo posible en principio y la palabra «exoluna» no tiene aquí una frontera establecida.

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Matteo · Edited by Michele Renda · Figures by Cinzia Vaglio, Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Planetary-mass exosatellite detected around the substellar companion of a star*, Kevin Hoy, Alice Zurlo, Pablo A. Pena R., Jana Kohler, Silvano Desidera, Raffaele Gratton, Cecilia Lazzoni, Simon Petrus, Florian Rodler, Jonathan Smoker, Valentina D'Orazi, Ilaria Carleo and Ilaria Giovannini, Nature 655, 865-869 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10751-w

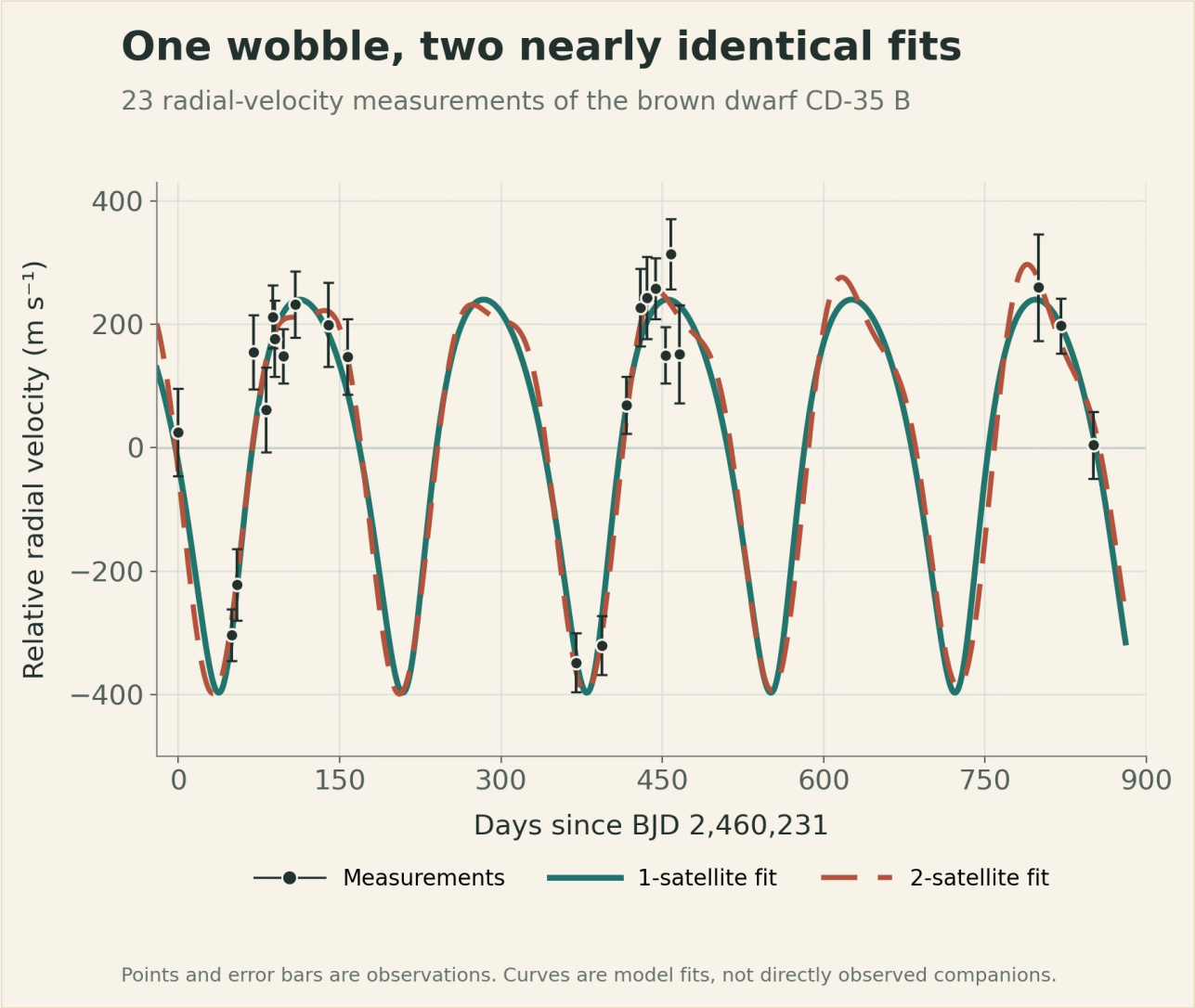
Una enana marrón parece oscilar cada 171 días. Un mundo oculto podría estar tirando de ella, pero los datos aún permiten dos

Los astrónomos pueden ver CD-35 2722 B como un punto de luz propio, separado de la estrella alrededor de la que se desplaza. Es una enana marrón, situada en el régimen de masas entre los planetas gigantes y las estrellas: con unas 37 masas de Júpiter, es más masiva que un planeta gigante típico, pero no es una estrella normal que queme hidrógeno. Lo que no pueden ver es el objeto más pequeño que quizá orbite alrededor de la propia enana marrón. Si se confirmara, ese objeto más interno convertiría el sistema en la primera jerarquía observada de un satélite alrededor de un objeto subestelar mayor que, a su vez, orbita una estrella.

Lo que observan en su lugar es un ritmo. Algunas noches, la luz de la enana marrón aparece ligeramente desplazada porque se mueve hacia la Tierra. En otras, se desplaza porque la enana marrón se aleja. El patrón se repite aproximadamente cada **171 días**.

Ese movimiento de ida y vuelta es lo que puede producir una compañera invisible: mientras dos objetos orbitan un centro de masas común, el menor gira alrededor del mayor, pero el mayor también describe un bucle mucho más pequeño. Si el ritmo es orbital, un nuevo artículo de Nature presenta un único objeto de masa planetaria como explicación preferida del bucle medido alrededor de CD-35 2722 B.

Es una posibilidad extraordinaria, no una fotografía de una luna. Veintitrés noches de observación de alta calidad revelan una señal periódica fuerte. Convertir esa señal en un mundo exige un modelo, y los datos actuales aún permiten más de una arquitectura. Tampoco excluyen por completo cambios lentos en la propia enana marrón.



Los puntos negros y las barras de error son las 23 mediciones nocturnas de velocidad radial. Las curvas continua y discontinua son los mejores ajustes de los modelos con uno y dos satélites. Su casi solapamiento muestra por qué los datos pueden revelar una oscilación periódica sin determinar todavía la arquitectura del sistema; ninguna curva es una imagen directa de una compañera.

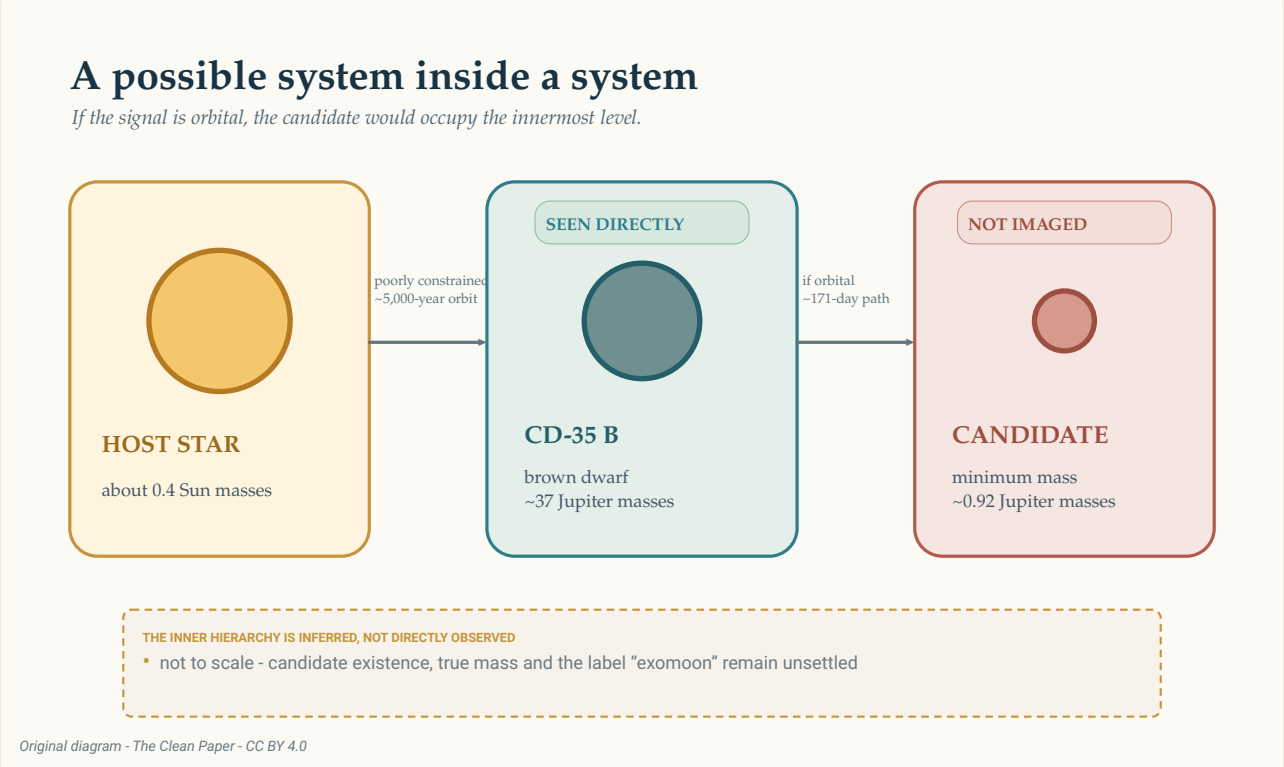
Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature (2026), Figure 1 source workbook CC BY 4.0

Un sistema dentro de otro sistema

CD-35 2722 B es una **enana marrón**: un objeto situado entre categorías conocidas. Es más masiva que un planeta gigante típico, pero no lo bastante como para brillar como una estrella normal que quema hidrógeno. El artículo utiliza una masa estimada de unas **37 masas de Júpiter**.

La enana marrón se descubrió mediante imagen directa, lo que significa que los telescopios resolvieron su luz por separado de la de su estrella anfitriona. Aparece a unos 2,8 segundos de arco de la estrella en el cielo. La órbita amplia que une la pareja se conoce mal, pero las estimaciones actuales sugieren una trayectoria muy alargada de aproximadamente **5.000 años**.

Si la señal periódica fuera orbital, la arquitectura inferida situaría a la candidata un nivel más adentro: una estrella orbitada por una enana marrón, con una compañera de masa planetaria orbitando esa enana marrón.



Si la señal es orbital, la candidata ocuparía el nivel más interno de esta posible jerarquía. Solo la enana marrón ha sido observada directamente. La órbita exterior alrededor de la estrella está mal restringida, mientras que la trayectoria interior de aproximadamente 171 días se infiere de la oscilación medida de la enana marrón. Los tamaños y las distancias no están a escala.

The Clean Paper CC BY 4.0

Esa posible jerarquía es fácil de dibujar. Su realidad física y su vocabulario no están resueltos. ¿Un cuerpo de masa planetaria que orbita una enana marrón cuenta como luna, planeta o simplemente satélite? Los astrónomos no disponen de una regla aceptada que cierre la cuestión. Por eso el artículo utiliza el término más amplio **exosatélite**.

Cómo 23 noches se convirtieron en una oscilación

El equipo observó CD-35 2722 B —véase su entrada en NASA Eyes on Exoplanets— con CRIRES+, un espectrógrafo de alta resolución del Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral. Entre octubre de 2023 y febrero de 2026 obtuvieron 26 épocas de observación. Una tenía una señal insuficiente y dos tomadas con mal tiempo fueron rechazadas y repetidas, lo que dejó **23 noches de alta calidad**.

Un espectrógrafo dispersa la luz formando un patrón detallado de líneas. Cuando la fuente se mueve

hacia la Tierra o se aleja de ella, esas líneas se desplazan una cantidad diminuta. Las mediciones repetidas de este movimiento a lo largo de la línea de visión se denominan **velocidades radiales**. No muestran el cuerpo oculto. Muestran cómo podría estar moviéndose el objeto observado bajo una atracción invisible.

La periodicidad más fuerte de las mediciones está cerca de los 170 días. Supera el **umbral de probabilidad de falsa alarma del 0,1%** del estudio. Ese umbral pregunta con qué frecuencia el ruido, bajo los supuestos de la prueba, produciría un pico del periodograma al menos tan fuerte. No equivale a una probabilidad del 99,9% de que exista un satélite y, por sí solo, no dice nada sobre si hay una compañera o dos.

> **¿Qué puede establecer una señal de velocidad radial?**
>
> La velocidad radial convierte desplazamientos repetidos de las líneas espectrales en mediciones de movimiento hacia el observador y alejándose de él. Un patrón repetitivo puede ajustarse con las ecuaciones de una órbita, lo que permite inferir un periodo, el tamaño de la oscilación medida y una masa mínima de la compañera.
> Pero el método no fotografía directamente la compañera. Una atmósfera estelar o subestelar también puede desplazar líneas espectrales, los calendarios de observación pueden crear ritmos engañosos y diferentes configuraciones orbitales pueden imitarse entre sí. La señal, su explicación física y el nombre dado al objeto inferido son cuestiones separadas.

El muestreo merece atención antes de aceptar la respuesta orbital. Cuatro mediciones de velocidad radial especialmente bajas tienen un peso considerable en el patrón. Aparecieron en dos pares, bajo condiciones comunicadas como buenas, y ninguna creó por sí sola la señal cuando los autores repitieron el análisis eliminando un punto cada vez. Aun así, solo se ha muestreado una parte de las posibles fases orbitales. Veintitrés noches repartidas durante más de dos años no equivalen a una cobertura continua.

Los autores también probaron un posible artefacto semestral. Una corrección imperfecta del movimiento cambiante de la Tierra o del perfil instrumental podría crear una señal anual falsa que el muestreo convirtiera por alias en medio año terrestre, es decir, **182,5 días**. Su periodo preferido es de **171,11 días**, con una incertidumbre de +0,53/-0,36 días; los autores comunican que se encuentra a unas 20 desviaciones estándar de 182,5 días. Tampoco observan correlación con el movimiento cambiante de la Tierra, el *seeing*, el vapor de agua atmosférico ni las propiedades instrumentales que examinaron. Son controles importantes. Hacen que una explicación orbital sea lo bastante convincente como para modelizarla, pero no identifican el objeto por sí solos.

La respuesta orbital más sencilla: una compañera

En el modelo preferido, un objeto sigue una órbita excéntrica, o algo alargada, alrededor de la enana marrón cada 171,11 días. La órbita ajustada tiene una excentricidad de aproximadamente **0,27** y un semieje mayor de cerca de **0,200 unidades astronómicas**: aproximadamente una quinta parte de la

distancia media entre la Tierra y el Sol.

La oscilación medida tiene una amplitud de alrededor de **318 metros por segundo**. A partir de ese movimiento, el modelo asigna a la compañera una masa mínima de aproximadamente **0,92 veces la masa de Júpiter**.

La palabra *mínima* importa. La velocidad radial solo mide la parte del movimiento orbital dirigida hacia nosotros y alejándose de nosotros. Si una órbita se observa de canto, gran parte de su movimiento aparece a lo largo de esa línea. Si se observa más de frente, buena parte del movimiento cruza el cielo y haría falta una compañera más masiva para producir la misma oscilación medida.

Los astrónomos expresan el resultado como **m sin(i)**: la masa multiplicada por el seno de la inclinación desconocida de la órbita, es decir, el ángulo de visión. Los datos restringen ese producto, no la masa verdadera por sí sola. Aproximadamente 0,92 masas de Júpiter es, por tanto, un límite inferior, no una medición de la masa exacta del objeto.

> **¿Por qué el ángulo de visión oculta la masa?**
>
> Imagine que observa una pista circular desde un lado. El corredor se mueve repetidamente hacia usted y se aleja, de modo que esa componente del movimiento es fácil de medir. Ahora contemple la misma pista desde arriba. El corredor se mueve principalmente a través de su campo visual y apenas hacia usted o alejándose.
> La velocidad radial solo ve la primera componente. El factor matemático `sin(i)` describe qué proporción del movimiento orbital apunta a lo largo de nuestra línea de visión. Hasta que se conozca la inclinación `i`, la masa inferida seguirá siendo un mínimo.

Los autores preguntaron después si esta órbita podía persistir en lugar de destruirse rápidamente. Sus pruebas numéricas hallaron que el modelo de una compañera era generalmente estable. Eso lo convierte en una interpretación físicamente plausible de la señal. No constituye una segunda detección.

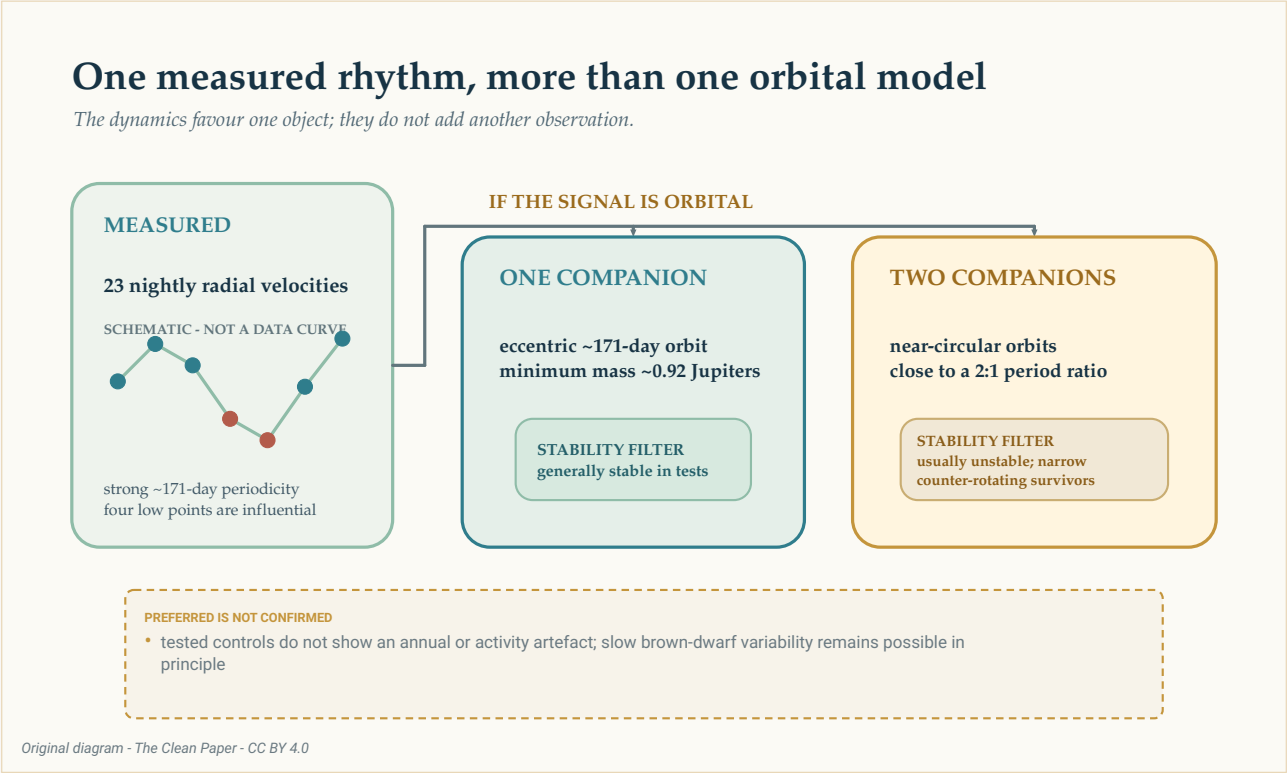
La respuesta incómoda: dos compañeras pueden imitar a una

Una señal de velocidad radial excéntrica presenta una ambigüedad conocida. Bajo algunas condiciones, dos objetos en órbitas casi circulares, uno de los cuales tarda aproximadamente el doble que el otro, pueden producir un patrón combinado parecido al de un solo objeto en una órbita alargada.

Esa ambigüedad aparece aquí. Un modelo de dos compañeras puede ajustar las mediciones actuales mediante una señal exterior cercana a 171 días y otra interior de periodo más corto. Como los tiempos de observación no muestrean todas las fases por igual, la señal corta presenta varios alias. Debido a que las 23 noches seleccionadas dejan largos huecos, distintos periodos de prueba pueden contar números diferentes de ciclos no observados entre visitas y seguir alineándose con las mismas medi-

ciones. Los periodos candidatos cercanos a 14, 70, 88 y 115 días son, por tanto, ajustes alternativos de una única señal corta mal muestreada, no cuatro ritmos detectados de manera independiente.

Los autores rechazan la ventana mal restringida de 13 a 17 días. En esa región, el ajuste no aísla un periodo convincente: muchas soluciones muy próximas por debajo de unos 20 días pueden reproducir las mediciones de baja cadencia, lo que hace probable que toda la ventana sea un artefacto de muestreo. Entre las ventanas restantes, la solución de aproximadamente 88 días ajusta mejor que las alternativas cercanas a 70 y 115 días, pero no lo suficiente como para que el artículo afirme conocer un segundo periodo. En el mejor ajuste tabulado, la masa mínima del objeto exterior es de unas 0,87 masas de Júpiter y la del objeto interior, de unas 0,22 masas de Júpiter. Esas cifras describen un modelo desfavorecido; no son mediciones de dos mundos establecidos.



Si la señal de aproximadamente 171 días es orbital, el mismo patrón general de velocidad radial puede representarse mediante una compañera excéntrica o dos compañeras casi circulares cercanas a una relación de periodos de dos a uno. Las pruebas de estabilidad favorecen la interpretación de un solo objeto, pero no convierten un modelo en una imagen ni descartan toda forma de variabilidad lenta de la enana marrón.

The Clean Paper CC BY 4.0

Los cálculos de estabilidad afinan la comparación. La mayoría de las configuraciones probadas con dos compañeras expulsaron uno de los objetos en unos pocos cientos de años simulados. Las configuraciones supervivientes ocupaban una región estrecha e inusual en la que las órbitas estaban casi en el mismo plano, pero se movían en direcciones opuestas. La estrella anfitriona introdujo regiones inestables adicionales.

Es una razón para preferir una compañera excéntrica frente a los sistemas de dos objetos probados. No demuestra que la naturaleza haya elegido el modelo más sencillo. La estabilidad filtra posibles

interpretaciones después de medir las velocidades radiales; no añade otro punto observado a la curva.

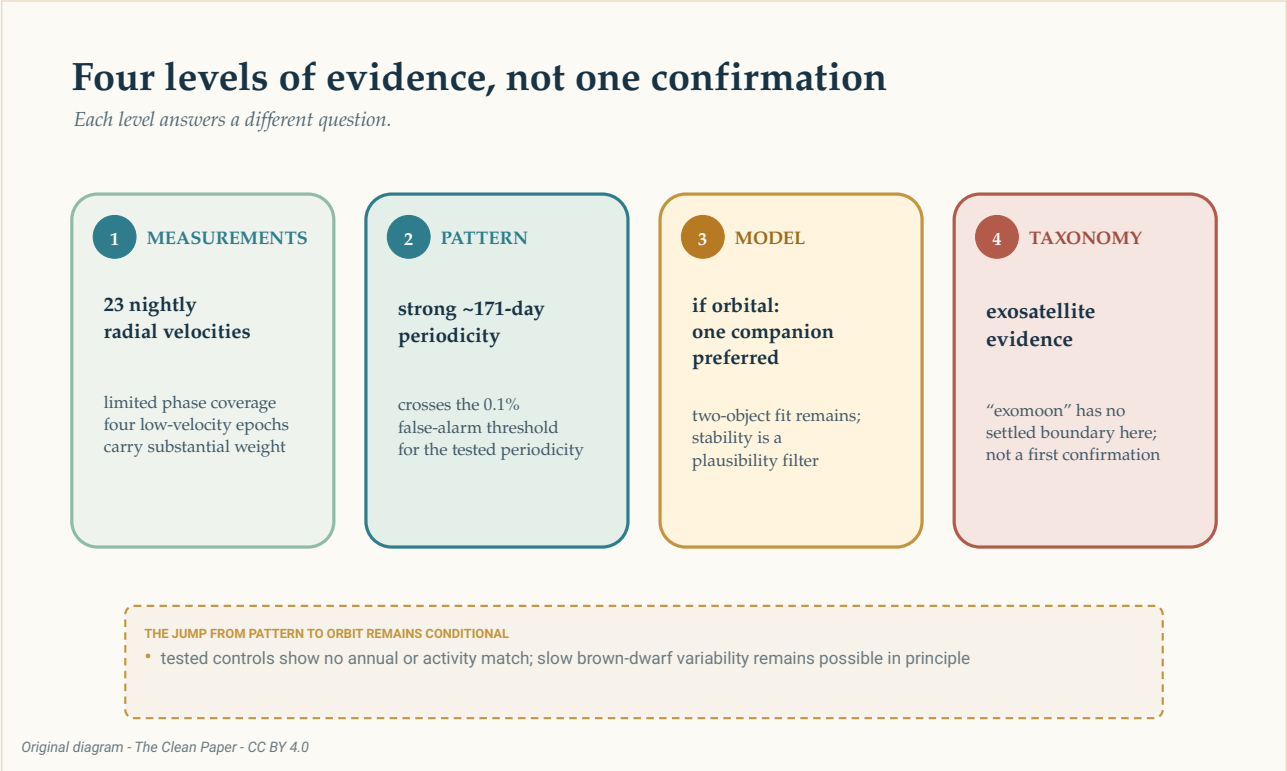
> **¿Cómo puede parecer una órbita excéntrica dos órbitas circulares?**
>
> Una órbita perfectamente circular produce una onda sencilla y repetitiva de velocidad radial. Una órbita excéntrica añade deformaciones a esa onda. Dos órbitas circulares con periodos cercanos a una relación de dos a uno pueden combinarse de modo que una señal proporcione el ritmo principal y la otra una distorsión semejante.
> Es una **degeneración orbital**: sistemas físicos distintos producen mediciones similares. Más observaciones en momentos en los que los modelos predicen velocidades diferentes pueden romper el empate. Una prueba dinámica ayuda al preguntar si cada sistema propuesto podría sobrevivir, pero no puede sustituir esas observaciones.

¿Podría proceder el ritmo de la enana marrón?

Una enana marrón no es una masa de prueba silenciosa. Su atmósfera gira, forma nubes y puede presentar actividad magnética. Los patrones superficiales cambiantes pueden alterar la forma de las líneas espectrales e imitar movimiento.

El periodo máximo de rotación estimado para CD-35 2722 B es de aproximadamente **0,65 días**, muy inferior a 171 días. El equipo no recuperó una señal corta y fuerte de rotación ni una señal convincente semejante a nubes o granulación en los modelos de actividad que probó. También examinó el muestreo anual y magnitudes instrumentales sin encontrar coincidencia con el ritmo de 171 días.

Esas comprobaciones reducen las alternativas, pero el artículo no afirma haber eliminado toda variabilidad intrínseca. No pueden descartarse en principio la actividad magnética a largo plazo o la circulación atmosférica de la enana marrón. Esa posibilidad restante debe figurar junto a los modelos orbitales, no ocultarse después de ellos.



La evidencia asciende por niveles distintos: 23 velocidades radiales nocturnas con cobertura limitada de fase; una periodicidad fuerte de aproximadamente 171 días; un modelo preferido de una compañera si la señal es orbital; y, por último, una etiqueta de «exoluna» todavía no resuelta. La escalera separa medición, patrón estadístico, interpretación física y taxonomía; no es una flecha de confirmación.

The Clean Paper CC BY 4.0

¿Es una exoluna?

En el Sistema Solar, una luna orbita un planeta. CD-35 2722 B es una enana marrón y todavía no se conoce la masa verdadera de la compañera inferida. Los nombres familiares empiezan a tensarse cuando un objeto está cerca de la frontera planeta-enana marrón y otro cerca de la frontera luna-planeta.

El artículo no afirma haber confirmado la primera exoluna. Señala que todavía no se ha detectado ninguna exoluna con confianza, presenta pruebas de un **exosatélite** de masa planetaria y describe el sistema como un paso hacia una detección inequívoca. Su discusión sobre la posible novedad comienza de manera condicional: si la señal resultara legítima.

Esa cautela no vacía el resultado. Medir velocidades radiales directamente a partir de una débil compañera enana marrón es difícil. Si las observaciones continuadas conservan la señal, el sistema mostraría que los métodos de búsqueda de planetas pueden descender otro nivel en una jerarquía celeste.

Otra temporada de observación puede hacer algo más que añadir puntos. Los modelos de una y

dos compañeras predicen velocidades diferentes en momentos futuros concretos. Las mediciones que rellenen las fases orbitales ausentes pueden probar si persiste el ritmo de 171 días, reducir la influencia de los cuatro puntos bajos y hacer divergir las curvas competidoras.

Por ahora, la imagen más honesta no es una nueva luna colgando junto a una enana marrón. Es un espectro, repetido noche tras noche, que contiene un pequeño desplazamiento periódico. Puede haber un mundo dentro de ese ritmo. El logro consiste en aprender cuánto puede inferirse de él sin fingir que la inferencia ya está completa.

En pocas palabras

Los astrónomos midieron la velocidad radial de la enana marrón observada directamente CD-35 2722 B durante 23 noches de alta calidad entre octubre de 2023 y febrero de 2026. Sus líneas espectrales muestran un fuerte desplazamiento periódico cercano a 171 días. El modelo orbital preferido contiene una compañera excéntrica con una masa mínima próxima a 0,92 masas de Júpiter, pero la masa verdadera se desconoce porque también se desconoce la inclinación orbital. Dos compañeras casi circulares pueden imitar la misma señal general, aunque la mayoría de las configuraciones de dos objetos probadas eran dinámicamente inestables. Cuatro épocas de baja velocidad influyen mucho y la cobertura de fase orbital sigue siendo limitada: las observaciones muestrean solo determinadas partes del posible ciclo de 171 días, en lugar de seguirlo de manera continua por todas las fases. Las pruebas no identificaron como origen la rotación, el muestreo anual, el tiempo atmosférico ni las propiedades instrumentales examinadas, pero no puede descartarse en principio la variabilidad de la enana marrón a largo plazo. El objeto invisible no fue fotografiado directamente, el modelo de un objeto es preferido y no confirmado, y no existe una regla establecida que determine que un cuerpo de masa planetaria alrededor de una enana marrón sea una exoluna.

Sin rodeos

Lo que se observó: 23 mediciones nocturnas de velocidad radial de CD-35 2722 B contienen una fuerte periodicidad de aproximadamente 171 días. La propia enana marrón fue observada directamente; la compañera propuesta, no.

Lo que prefieren los autores: si la señal es orbital, una compañera excéntrica con una masa mínima cercana a la de Júpiter ofrece la interpretación más sencilla y dinámicamente plausible de los datos actuales.

Lo que sigue abierto: dos compañeras pueden ajustar las velocidades radiales, aunque los sistemas probados suelen ser inestables; la variabilidad de la enana marrón a largo plazo no queda excluida en principio; y el ángulo de visión desconocido deja sin determinar la masa verdadera de la compañera.

Lo que el artículo no establece: una primera exoluna confirmada, un satélite visto directamente, exactamente un objeto en órbita, una masa verdadera de 0,92 masas de Júpiter ni una probabilidad

del 99,9% de que el modelo físico preferido sea correcto.

Qué aumentaría la confianza: mediciones continuadas de velocidad radial que cubran más fases orbitales, prueben si persiste la señal de 171 días y muestreen momentos en los que los modelos de una y dos compañeras hagan predicciones distintas.

Fuentes

Hoy et al., Planetary-mass exosatellite detected around the substellar companion of a star, Nature 655, 865-869 (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10751-w

Hoy et al., reduced data and analysis code for Nature_Hoy-2026
https://github.com/kevinmhoy/Nature_Hoy-2026