

NO SE HAN DETECTADO ONDAS GRAVITACIONALES CONTINUAS DE 45 PÚLSARES CONOCIDOS EN O4a

La colaboración LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) realizó recientemente una nueva búsqueda de ondas gravitacionales continuas (CWs, del inglés continuous waves) extremadamente débiles provenientes de estrellas de neutrones. Esta búsqueda, basada en datos de la primera parte de la cuarta campaña de observación (O4a), representa otro avance en la búsqueda por hallar ondas gravitacionales emitidas por objetos estables y aislados, en lugar de eventos dramáticos como fusiones de agujeros negros. Las CWs son señales tenues, constantes y casi periódicas que podrían revelarnos información sobre el interior de las estrellas de neutrones, los objetos más densos del universo después de los agujeros negros.

¿QUÉ SON LAS CWs Y POR QUÉ SON IMPORTANTES?

Las ondas gravitacionales son ondulaciones en el espacio-tiempo causadas por objetos masivos en movimiento. Hasta ahora, la colaboración LVK ha publicado la detección de casi 100 señales de ondas gravitacionales, principalmente de fusiones de agujeros negros. Sin embargo, a diferencia de estos eventos explosivos, se cree que las CWs provienen de estrellas de neutrones individuales con pequeñas "imperfecciones". Las estrellas de neutrones son los restos de estrellas masivas que explotaron como supernovas, dejando un núcleo increíblemente denso que puede pesar más que nuestro Sol, comprimido en una esfera de sólo 20 kilómetros de diámetro.

Si una de estas estrellas de neutrones tiene incluso una pequeña protuberancia o deformación, podría emitir ondas gravitacionales periódicas y débiles al girar. Detectar estas ondas sería un gran avance, ya que permitiría a los científicos estudiar la "rigidez" y la estructura de las estrellas de neutrones, revelando nueva información sobre la materia en condiciones extremas.

¿POR QUÉ LOS PÚLSARES?

Los púlsares son objetos especialmente interesantes para las búsquedas de CWs. Son estrellas de neutrones con campos magnéticos poderosos que emiten haces de ondas electromagnéticas en diferentes bandas de frecuencia (radio, rayos X, rayos gamma). A medida que giran, estos haces barren el espacio como un faro cósmico, creando pulsos cada vez que nos alcanzan en la Tierra. Las observaciones electromagnéticas de púlsares con diferentes observatorios proporcionan información precisa sobre su posición en el cielo, tasa de rotación y su evolución temporal. Esta información convierte a los púlsares en candidatos ideales para las búsquedas de CWs, ya que podemos enfocarnos precisamente en el rango de frecuencias donde podrían aparecer las CWs. En esta búsqueda, los científicos de LVK se centraron en 45 púlsares conocidos (ver **Figura 2**) para detectar su emisión continua y tenue. El equipo consideró dos modelos teóricos diferentes que predicen la emisión de CWs: uno a el doble de la frecuencia de rotación (*modelo de armónico único*) y otro, tanto a una, como a dos veces la frecuencia de rotación (*modelo de emisión de doble armónico*).

COMO FUNCIONA LA BÚSQUEDA

La colaboración LVK utiliza algunos de los instrumentos más sensibles del mundo para buscar ondas gravitacionales. Estos detectores, que son interferómetros sofisticados, pueden captar distorsiones increíblemente pequeñas en el espacio-tiempo, pero incluso con su sensibilidad, detectar CWs es extremadamente desafiante. Las CWs son tan tenues que se espera que estén enterradas bajo el ruido de fondo, por lo que los científicos deben confiar en algoritmos sofisticados y técnicas de análisis de datos para profundizar en el ruido.

El equipo utilizó información detallada de diferentes observatorios electromagnéticos sobre la posición y rotación de cada púlsar. Esto se denomina *astronomía de multi-mensajero*: las ondas electromagnéticas informan las búsquedas de CWs para mejorar la posibilidad de detección al ajustar la búsqueda específicamente a las características únicas de cada púlsar.



Figura 1: La nebulosa Crab vista en la banda de rayos-X. El pulsar Crab situado en el centro de la imagen. Crédito: X-ray – NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.; optical – NASA/HST/ASU/J. Hester et al.

DESCUBRE MÁS:

Visita www.ligo.org
nuestras www.virgo-gw.eu
webs: gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



Estas *búsquedas dirigidas* son diferentes de las *búsquedas 'all-sky'* (todo el cielo), donde los científicos buscan cualquier señal en todo el cielo, sin saber de dónde podría provenir. Aquí, al usar púlsares conocidos como guías, los investigadores pueden enfocarse en los rangos de frecuencia donde se esperaría una CW. Las búsquedas dirigidas son los análisis más sensibles, pero dependen en gran medida del modelo de emisión considerado, es decir, del mecanismo físico que genera las CWs.

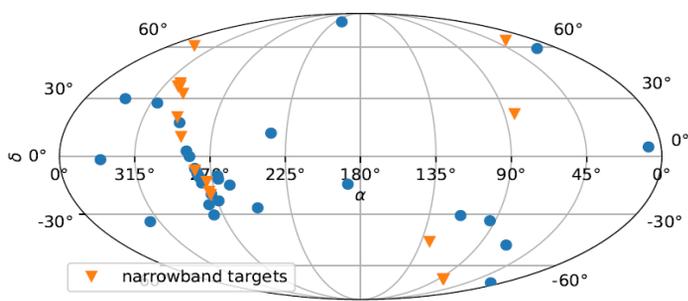


Figura 2: Localización en el cielo de los objetivos analizados, en coordenadas ecuatoriales.

¿QUÉ HEMOS ENCONTRADO?

A partir del análisis de los datos de O4a, la colaboración LVK no encontró ninguna señal definitiva de CW proveniente de los 45 púlsares analizados. Sin embargo, nuestros hallazgos siguen siendo valiosos. Al analizar los datos, pudimos establecer nuevos límites sobre qué tan grandes pueden ser las deformaciones ecuatoriales, o "elipticidad", de estas estrellas de neutrones sin emitir CWs detectables (los llamados *límites superiores*, ver Figura 3). Esto significa que los científicos ahora tienen estimaciones más precisas sobre la cantidad máxima de deformación que podrían tener estos púlsares, incluso si dichas deformaciones no fueron lo suficientemente grandes como para producir una señal detectable. Para el púlsar de milisegundos brillante y cercano J0437-4715, la restricción más estricta sobre la elipticidad es de aproximadamente 9 partes por mil millones, lo que corresponde a una deformación de menos de 100 micrones, asumiendo un radio de estrella de neutrones de 10 km.

¿Y AHORA QUÉ?

Aunque las señales de CW siguen siendo esquivas, cada búsqueda acerca más el campo a una detección futura. Cada mejora en la sensibilidad aumenta la posibilidad de que algún día capturemos una señal de CW y, con ella, una nueva forma de estudiar el universo. La colaboración LVK continuará refinando sus técnicas y mejorando la sensibilidad de los detectores en futuras campañas de observación, acercándonos al día en que podamos encontrar una CW. En el camino, incluso las no detecciones son valiosas, ya que siguen mejorando nuestro conocimiento sobre el límite máximo de deformación que pueden tener las estrellas de neutrones.

La búsqueda de CWs es un esfuerzo a largo plazo, y cada nuevo análisis nos acerca más a captar esa emisión débil y constante de las estrellas de neutrones. Cuando finalmente se detecten, estas ondas podrían proporcionar un flujo constante de información sobre algunos de los objetos más misteriosos del universo, ayudándonos a responder grandes preguntas sobre el comportamiento de la materia en condiciones de densidad extrema.

Artículo traducido por Raúl Rodríguez Domínguez y revisado por Arnau Montava Agudo.

DESCUBRE MÁS:

Visita nuestras webs:

- www.ligo.org
- www.virgo-gw.eu
- gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

Lee un preprint gratuito del artículo científico entero [aquí](https://arxiv.org) o [arXiv.org](https://arxiv.org).

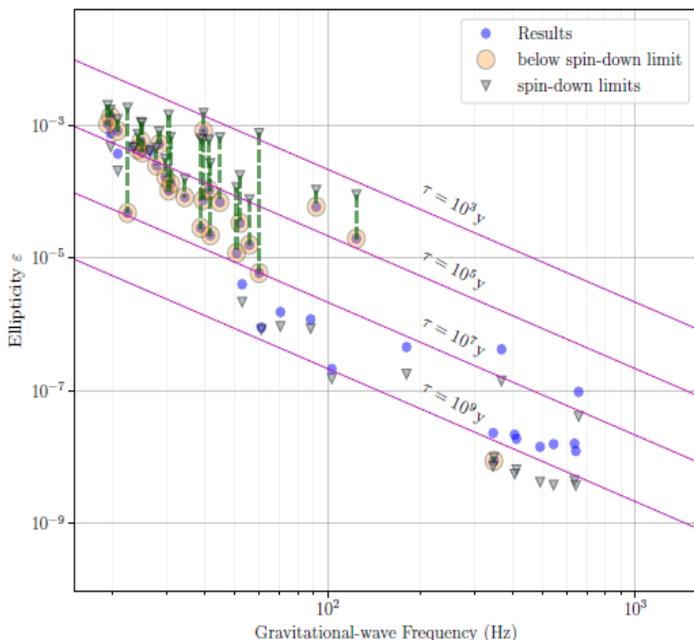


Figura 3: **Círculos azules:** límite superior experimental en la elipticidad para cada púlsar como función de la frecuencia esperada de la CW. **Triángulos grises:** límite superior teórico en la elipticidad asumiendo que la desaceleración de los púlsares es completamente debido a la emisión de CW.

GLOSARIO

Ondas gravitacionales continuas (CWs): Ondas gravitacionales estables, generalmente se espera que provengan de estrellas de neutrones en rotación con pequeñas deformaciones.

Estrellas de neutrones: Restos increíblemente densos de estrellas masivas que explotaron como supernovas.

Púlsares: Un tipo de estrella de neutrones con campos magnéticos intensos que emite haces regulares de radiación electromagnética mientras gira, creando un efecto de pulsación cuando se observa desde la Tierra.

Elipticidad: Una medida de cuánto se desvía la forma de una estrella de neutrones de una esfera perfecta, lo que podría hacer que emita ondas gravitacionales continuas (CWs).