

GW231123: EL SISTEMA BINARIO DE AGUJEROS NEGROS MÁS MASIVO DETECTADO POR ONDAS GRAVITACIONALES

El 23 de noviembre de 2023, a las 13:54:30 UTC, la colaboración LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) detectó GW231123, una señal de ondas gravitacionales consistente con la fusión de dos agujeros negros con la mayor masa combinada observada hasta la fecha por dicha colaboración. Estos agujeros negros habrían estado girando a velocidades increíblemente altas, y sus masas individuales parecen situarse en un rango que desafía las teorías actuales sobre cómo evolucionan las estrellas masivas y cómo terminan sus vidas.

DETECCIÓN DE LA SEÑAL

Esta onda gravitacional fue observada por los dos detectores avanzados de LIGO, en Hanford y Livingston, durante la primera parte del cuarto periodo de observación de LVK (O4a). La coherencia entre los dos observatorios fue esencial para realizar una detección confiable. Como se muestra en la **Figura 1**, la señal duró aproximadamente una décima de segundo, pero destacó claramente, siendo unas **20 veces más intensa** que el ruido típico del detector. Para asegurarnos de que no se tratara de una fluctuación aleatoria en los datos, realizamos rigurosas comprobaciones estadísticas. Utilizando técnicas que simulan miles de años de datos falsos, encontramos que la probabilidad de que el ruido imitara a GW231123 era inferior a una vez cada 10 000 años! Esto nos dio plena certeza para descartar un origen terrestre de la señal y, por tanto, aceptar su realidad como una auténtica detección de ondas gravitacionales.

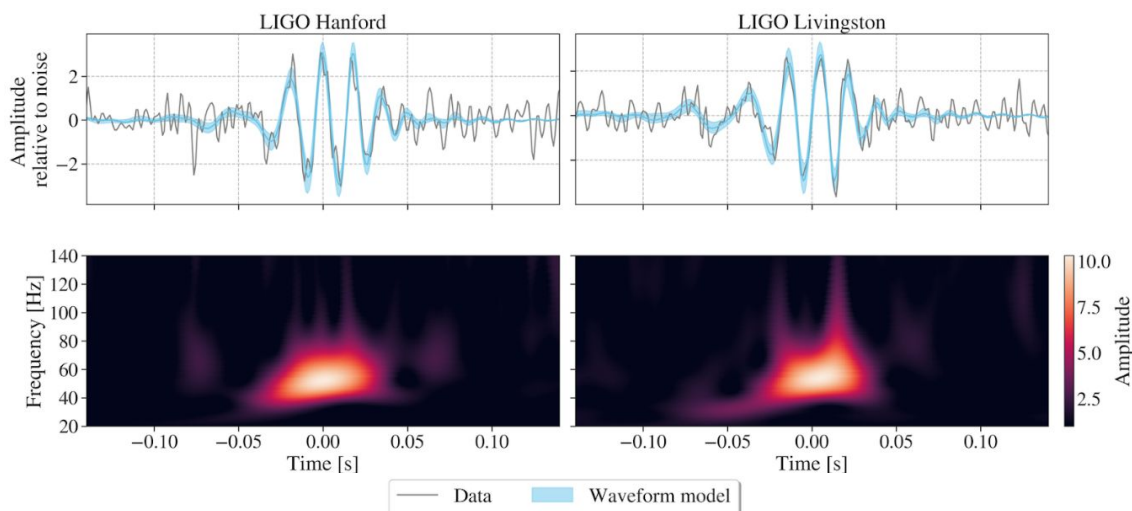


Figura 1: Señal GW231123 en los datos de los detectores LIGO Hanford (izquierda) y Livingston (derecha). Los paneles superiores muestran la amplitud de los datos en el tiempo (trazas grises). La banda azul sombreada muestra nuestra estimación de la señal real. Los paneles inferiores son espectrogramas, también conocidos como mapas tiempo-frecuencia, que muestran la amplitud de la señal a lo largo del tiempo (eje horizontal) y de las frecuencias (eje vertical). Los colores más brillantes representan una señal más fuerte.

LA FUENTE DETRÁS DE LA SEÑAL

Los datos sugieren firmemente que esta señal provino de la violenta fusión de dos agujeros negros. Para conocer más sobre estos objetos, como cuán masivos eran y qué espín tenían, utilizamos varios modelos basados en la teoría de la relatividad general de Einstein para simular cómo sería una señal de este tipo para diferentes sistemas binarios de agujeros negros.

Comparando los datos con estos modelos, descubrimos que estos agujeros negros tenían aproximadamente 137 y 103 veces la masa del Sol, respectivamente. Teniendo en cuenta todas las incertidumbres, su masa total probablemente se encontraba entre 190 y 265 masas solares, destronando a GW190521 como el binario de agujeros negros más masivo observado hasta la fecha.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

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



Como si esto no fuera lo suficientemente impresionante, es probable que ambos agujeros negros tuvieran un espín tan rápido como lo permite la teoría, **convirtiendo a GW231123 no solo en el evento más masivo jamás detectado, sino también en el sistema binario de agujeros negros cuyo espín es el más rápido detectado por ondas gravitacionales.**

Estimamos que la fusión produjo un agujero negro con una masa entre 182 y 251 masas solares. Esto lo sitúa en una categoría poco común conocida como [agujeros negros de masa intermedia](#): más pesados que los formados por el colapso estelar, pero mucho más ligeros que los agujeros negros supermasivos que se encuentran en los centros de las galaxias. Los objetos remanentes de la fusión de GW231123 y GW190521 destacan como las detecciones más claras mediante ondas gravitacionales de estos elusivos agujeros negros de masa intermedia.

¿POR QUÉ SON TAN INTERESANTES ESTAS PROPIEDADES?

Las teorías actuales sobre la evolución estelar sugieren que los agujeros negros con masas entre aproximadamente 60 y 130 masas solares deberían ser muy raros o incluso inexistentes. Este rango "prohibido" de masas, conocido como la [brecha de masas de agujeros negros](#), se cree que es consecuencia de tipos especiales de explosiones que o bien destruyen completamente las estrellas masivas ([supernovas por inestabilidad de pares](#)) o bien expulsan gran parte de su masa antes del colapso ([supernovas pulsacionales por inestabilidad de pares](#)), impidiendo la formación de agujeros negros tan pesados.

Sin embargo, GW231123 desafía esta expectativa. Es casi seguro que el agujero negro más ligero se encuentra dentro de esta brecha de masas, con un 83% de probabilidad de situarse en ella, mientras que el más pesado tiene un 26% de probabilidad. Esto sugiere que la evolución estelar tradicional podría no explicar completamente su origen.

Una posibilidad intrigante es que uno o ambos agujeros negros se hayan formado como resultado de fusiones previas de otros agujeros negros. Esto explicaría sus altas masas y espines estimados, y sugeriría que vivían en un entorno astrofísico extremadamente denso, como un [cúmulo estelar nuclear](#) o el [núcleo activo de una galaxia](#), donde es más probable que colisionen. Estos entornos densos también pueden provocar que los agujeros negros orbiten entre sí en trayectorias más alargadas o [excéntricas](#). Sin embargo, para limitar la complejidad, nuestros modelos actualmente asumen que los agujeros negros giran en órbitas casi circulares que se reducen gradualmente al emitir ondas gravitacionales. Si las órbitas fueran muy excéntricas, especialmente justo antes de la fusión, esto podría afectar las formas de onda emitidas de maneras que nuestros modelos no capturan. Para GW231123, esta posibilidad permanece abierta y requiere modelos más avanzados para ser evaluada.

Otros escenarios alternativos que podrían haber producido una señal como esta, como [lentes gravitatorias](#), [agujeros negros primordiales](#), [supernovas de colapso del núcleo](#), [fusiones de estrellas de bosones](#) o [cuerdas cósmicas](#), son astrofísicamente menos probables que los discutidos anteriormente.

LOS MOMENTOS FINALES DE LA FUSIÓN

En la mayoría de las fusiones de agujeros negros observadas por LIGO (casi 300 en el momento de la redacción de este resumen científico), los detectores son más sensibles a las primeras partes de la señal, cuando los agujeros negros se aproximan en espiral entre sí y finalmente se fusionan. Sin embargo, debido a su gran masa, GW231123 nos proporcionó una visión aún más clara de su gran final: la fase de fusión y la de [amortiguamiento](#). En estas etapas, el agujero negro recién formado irradia energía mediante ondas gravitacionales, vibrando hasta que finalmente se estabiliza, de manera similar a una campana que resuena hasta quedar en silencio.

Comparamos esta parte final de la señal con las predicciones de la relatividad general sobre cómo debería amortiguarse un agujero negro, y encontramos una fuerte concordancia entre la teoría y los datos. No obstante, las propiedades extremas de GW231123 llevan nuestros modelos al límite, dejando algunas características sutiles sin explicar y señalando áreas donde nuestras formas de onda pueden mejorar.

CONCLUSIÓN

Hace unos años, en nuestro [resumen de GW190521](#), comentamos que los récords están para romperse, y GW231123 lo ha demostrado. Con propiedades que podrían incluir agujeros negros en la brecha de masas y espines cercanos al límite teórico, este evento destaca por ser extraordinario y difícil de interpretar. Nos impulsa a explorar vías alternativas de formación de agujeros negros más allá de la evolución estelar tradicional y pone de manifiesto las limitaciones de nuestros modelos actuales de formas de onda. A medida que seguimos escuchando el universo mediante ondas gravitacionales, GW231123 nos recuerda de manera contundente que el cosmos aún guarda muchos secretos, y que apenas estamos empezando a desvelarlos.

PARA MÁS INFORMACIÓN:

Visita nuestras páginas:

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

Lee [aquí](#) un preprint gratuito del artículo científico completo.

El Gravitational-Wave Open Science Centre ha publicado [aquí](#) los datos de GW231123.

Traducido al español por Alicia Calafat y revisado por Monica Rincon-Ramirez a partir de la versión original en inglés disponible [aquí](#).