

Así es como lo recordamos

El 14 de Septiembre de 2015 quedará marcado en nuestra memoria y pasará a la historia como el comienzo de una nueva era: la astronomía gravitacional

Alicia Sintes

- Profesora del Departamento de Física de la Universidad de las Illes Balears
- Investigadora del Grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB
- Miembro del Consejo de la Colaboración Científica LIGO

Justo antes de mediodía hora española del 14 de Septiembre de 2015, saltaban las alarmas en ambas salas de control de los observatorios LIGO en Hanford y Livingston, tan solo 3 minutos después de que una señal procedente del lejano universo llegase a la Tierra.

Este era un lunes especial para todos nosotros en la UIB. Acabábamos de organizar los Encuentros Relativistas Españoles (ERE2015), el viernes Alex Vañó Viñuales había defendido su tesis doctoral, nos visitaban futuros miembros del grupo (que se incorporarían a finales de mes), había obras dentro y fuera de nuestro edificio y ¡las clases acababan de empezar!

En menos de una hora nuestro correo de entrada se inundaba de mensajes técnicos apuntando a unos resultados del sistema de análisis de datos en línea. Era algo muy extraño, ya que los detectores estaban operando en modo de prueba y aún no había empezado de forma oficial el primer periodo de observación de Advanced LIGO, que se inició el 18 de septiembre.

Pero el número de mensajes incrementaba exageradamente y eso que la mayoría de nuestros colegas americanos aún debían estar durmiendo. Empecé a mirar enlaces. Todas las figuras correspondían a una señal proveniente del colapso de un sistema binario. Todo parecía muy extraño. ¡La señal era clara, de libro de texto! Y me cuestionaba si volvían a poner a prueba a la colaboración con otra inyección artificial a ciegas. Pero según la información que disponíamos, el sistema de inyecciones estaba desconectado. La sensibilidad de los detectores era ya muy buena, en comparación con la de los detectores LIGO de primera generación. Advanced LIGO en su modo más inicial era ya capaz de explorar un volumen 27 veces superior al del último periodo de observación de LIGO de finales de 2010.

Y más gente saltaba a comentar los datos. Por la tarde, Sacha y yo estábamos ansiosos de poder hablar con Miquel Oliver, nuestro estudiante de doctorado, que desde hacía dos semanas estaba haciendo turnos en la sala de control en el observatorio LIGO-Hanford, en el estado de Washington. ¡Teníamos que esperar a que se levantara!

Sascha Husa

- Profesor del Departamento de Física de la Universidad de las Illes Balears
- Investigador del Grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB
- Miembro del Consejo de la Colaboración Científica LIGO

El 14 de Septiembre de 2015 fue un lunes muy ocupado. Aún estábamos cansados después de organizar los Encuentros Relativistas Españoles una semana antes, además de una defensa de tesis exitosa de Alex Vañó Viñuales. La semana anterior había estado en Budapest, asistiendo al encuentro LIGO-Virgo, con nuestra hija de seis años atendiendo todas las sesiones, dibujando, jugando, y mirando Disney en su iPad. Y la semana antes había sido frenética ya que teníamos que acabar una serie de dos *papers* en los que había estado trabajando los últimos veinte meses, presentando la última edición del modelo de onda de agujeros negros que había estado en el centro de mi investigación durante al menos una década.

El martes por la mañana a las once dos solicitudes para tiempo de computación en centros de supercomputación de España estaban pendientes, y el lunes por la mañana aún no había empezado a escribir. Finalmente, terminé de escribir por la tarde, con nuestro nuevo postdoc David Keitel. Él había estado algo febril con un virus durante el fin de semana, y tenía que volver a Alemania el día siguiente, para no volver hasta un par de semanas más tarde. Su mujer y él acababan de encontrar un apartamento en tiempo récord, además de firmar el contrato, terminar el papeleo con la universidad, además de asistir a la conferencia. Nunca habíamos trabajado juntos, y ahora estábamos sentados escribiendo dos solicitudes al mismo tiempo, una sobre el estudio de agujeros negros, y otra sobre la búsqueda de púlsares en los datos de LIGO. Estaba claro que habíamos contratado al tipo perfecto. Estaba concentrado y sabía lo que estaba haciendo.

No había tiempo para atender una de las teleconferencias habituales de nuestros grupos de trabajo a las cinco de la tarde, así como tampoco había tiempo para leer la interminable cadena de emails que llegaba, en particular provenientes del grupo CBC (coalescencia de binarios compactos). La temperatura en el grupo había estado subiendo durante los últimos meses, en anticipación del primer periodo de observación de Advanced LIGO, que había de empezar al día siguiente, después de una serie de periodos de prueba.

18:21 h: las solicitudes habían tomado forma, ahora necesitábamos información administrativa de uno de nuestros alumnos, Miquel Oliver, que acababa de irse al observatorio de Hanford para una visita de tres meses. La única manera de comunicarse de manera rápida era a través de Facebook. La mayoría de la redacción ya estaba hecha, y finalmente David podía irse a casa, para poder hacer las maletas o simplemente echarse en el sofá. Había llegado la hora de que yo también me fuera a casa, de tener una cena rápida con la familia, acabar de redactar, hacer una lectura de prueba, revisar los números. Tenía unos pocos minutos para ponerme al día con el email.

Un largo hilo de emails había empezado alrededor de la hora de comer, enviado por Marco Drago, con un título sugerente: un evento muy interesante en ER8 (el periodo de ingeniería 8, el periodo actual de pruebas, que había de convertirse en periodo de observación). Había estado en muchas teleconferencias con Marco durante el último año y medio, siendo uno de los revisores del código que aparentemente había encontrado una señal. Marco creó una lista con los enlaces a las páginas webs con datos del detector y un análisis preliminar, y terminó con una pregunta: “No está señalada como una inyección de hardware, así como lo entendemos después de una investigación rápida. ¿Puede alguien confirmar que no es una inyección de hardware?” Esa era una manera educada de decir “que demonios está pasando aquí”.

Finalmente había visto los emails, poniéndome al día unos minutos antes de preparar la cena, y estaba leyendo rápidamente el hilo, comprobando las primeras figuras online. Tenía que ser una inyección, intencionalmente ciega, o no señalada apropiadamente (después de todo, era un periodo de test). Era eso, o una señal real. Una fusión de agujeros negros muy masivos, claramente visible en los dos detectores.

19:42 h: al fin llegó una respuesta de Miquel sobre la información administrativa que necesitaba para la solicitud: “Ok, te lo enviaré. ¿Has visto el evento hoy? Dame unos minutos en el email.” Miquel podría no estar autorizado a decirme que estaba pasando realmente, aunque lo supiera. A lo mejor me diría algo si no le preguntaba directamente, sino con una pregunta más sutil: “Si, lo he visto, supongo que es una inyección ciega. He visto el q-scan, parece un ‘inspiral’ de masa elevada (un ‘inspiral’ define el dominio de tiempo en el que el ritmo de decaimiento orbital es aún suave) a primera vista.”

19:57 h: al fin el siguiente mensaje en Facebook: “Desde aquí no parece uno”, junto a un enlace a uno de los logbook en línea. ¿Que quería decir?, “¿No parece una inyección ciega?” ¿Como lo sabría él? Disparé: “Creo que las inyecciones ciegas no aparecen en el logbook”, y volví rápido a la solicitud.

Finalmente el último mensaje llegó a las 20:29, y empezó una nueva era. El equipo del observatorio de Hanford había estado confundido. Era claro que no se suponía que fuera una inyección normal, y claramente tampoco era una inyección ciega. ¿Mejor ser audaz y comprobarlo ahora, que agonizar sobre la decisión durante días, semanas, o meses? Así que ellos habían echado un vistazo, y habían descubierto que era real. Aún no se había anunciado nada en las listas de email de los grupos de análisis de datos, y Miquel confirmó que esta información era completamente confidencial. Así que me levanté del sofá, y caminé al dormitorio donde mi mujer Alicia, la directora de tesis de Miquel, estaba leyendo: “Tenemos la primera detección, he hablado con Miquel, es real. Aún es confidencial, nada en las listas de email. Podemos hablar con él por Skype.” No teníamos ni idea de lo que vendría los próximos meses, pero estaba bastante claro que no dormiríamos mucho antes de Navidad.

Miquel Oliver Alimiñana

- Estudiante de doctorado de la Universidad de las Illes Balears
- Investigador del Grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB
- Miembro de la Colaboración Científica LIGO

La experiencia de estar haciendo un fellow ship en el LIGO Hanford observatory durante el periodo en el que se detecto la primera onda gravitacional en la historia fue increíble y para ser sincero muy difícil de explicar. El día del evento me desperté con mis compañeros que también estaban haciendo una estada debido al incesante aluvión de emails, todos estábamos extremadamente intrigados por entender que estaba pasando. ¿Era posible que hubiera comenzado la fase de *blind injection* durante un *engineering run*?

Pero la respuesta llego de manera inesperada nada mas llegar al observatorio, Jeff Kissel publicó un *alog* que hacia evidente que no era un *blind injection*, este mostraba una señal nula de los canales sobre los que se producen este tipo de procedimientos. En ese momento un tsunami de preguntas y más preguntas se junto con una sensación de euforia que arramblo con todos los que nos encontrábamos allí.

Unas horas después pregunte a Michael Landry, mi tutor en el observatorio, si podía comunicarme por Skype con Alicia Sintés, mi directora de tesis, para intercambiar impresiones sobre lo que estaba pasando. Lo primero que Alicia quiso saber era cual era mi sensación al estar en el observatorio, yo le respondí inmediatamente que la incertidumbre sobre lo que había pasado estaba en todos y cada uno de los que allí nos encontrábamos, pero que la visión general era que en este caso no había sido una *blind injection*; sino de que algo asombroso había sucedido.

Al pasar los días el optimismo crecía de manera silenciosa en el observatorio. Todo el mundo sufría por la dificultad de creer lo que acababa de pasar, sin embargo día tras día la imposibilidad de encontrar otra explicación hacia ineludible pensar que efectivamente las ondas gravitacionales habían sido detectadas por primera vez, que en definitiva se había hecho historia y que una nueva era comenzaba a partir de ese momento.

Para terminar mi visión del evento me gustaría incluir los nombres de los *fellows* que compartieron esta maravillosa experiencia conmigo: Chris Biwer, Elli King, Vincent Roma, Jordan Palamos y Marissa Walker.

Xisco Jiménez Forteza

- Estudiante de doctorado de la Universidad de las Illes Balears
- Investigador del Grupo de Relatividad y Gravitación de la UIB
- Miembro de la Colaboración Científica LIGO

Todo empezaría un lunes 14/09/2015... cuando lo poco probable se hizo posible. Amanecía una mañana como cualquier otra en el grupo de Relatividad General y Gravitación de la UIB. El merecido 'descanso' de fin de semana después de la organización de los Encuentros Relativistas Españoles (ERE2015) daba paso a un nuevo y aparentemente común lunes. Lo que aún desconocíamos, es que estábamos a pocas horas de que una colisión de dos agujeros negros a unos 1470 millones de años luz de distancia produjera un minúsculo tintineo en nuestros detectores el cual se convertiría en el más gran terremoto científico de la física de ondas gravitacionales... ya las teníamos aquí.

Recuerdo que en la mañana siguiente, uno de mis directores de tesis, Sascha Husa, me llamaba a su despacho a través de un email. Nada parecía extraño, un email más de trabajo para hablar de mi tesis doctoral en el modelado de modelos de ondas gravitacionales. Sin embargo, si bien es cierto que lo primero que tratamos fueron temas técnicos directamente relacionados con mi proyecto de investigación, recuerdo que sus palabras fueron 'and now, look at this' mostrándome en la pantalla del ordenador una gráfica que provenía del detector de Hanford, que nunca había visto y que no requería de más explicación que la visual; la evolución y crecimiento de la frecuencia en el tiempo de las ondas gravitacionales hasta alcanzar su máximo en la colisión o 'merger'. Era aquello que tantas veces habíamos simulado y representado como modelos teóricos en nuestros ordenadores, ahora visto como una señal real en el detector.

De hecho, algo parecido ya se había vivido antes en las anteriores observaciones de los antiguos detectores LIGO durante 2010, antes de que finalizara mi carrera en ciencias físicas y me involucrara en la colaboración. En aquellos tiempos, una señal similar hacía tambalear los detectores de manera parecida a la vivida en septiembre de 2015, solo que en aquella ocasión se trató de una señal artificialmente inyectada por el propio equipo científico para testar la respuesta y eficiencia de los códigos de detección y de la colaboración en sí misma a un evento de tales características. Sin embargo, el grupo de la UIB tenía a alguien en los detectores ese septiembre. Nos llegaba información fresca gracias a mi compañero de doctorado y a sus efectos 'enviado especial' en Hanford Miquel Oliver, para que nos confirmara a los pocos días lo que todos queríamos oír; aquella señal no era una inyección artificial. Tocaba empezar a trabajar en ello.

Dicho evento coincidió con la publicación de dos artículos en los que participábamos Sascha Husa y yo mismo, en los que se proponía un nuevo (PhenomD) y más preciso modelo fenomenológico de ondas gravitacionales para sistemas sin precesión (cuando una peonza está perfectamente alineada sobre su eje y no gira alrededor de

él), el cuál serviría para identificación y estudio de parámetros de cada uno de los eventos que pudieran producirse. Los duros años de trabajos en la simulación numérica de agujeros negros binarios, extracción y tratamiento de las ondas, construcción de modelos híbridos y modelaje analítico, daba sus frutos justo cuando los detectores vibraban por primera vez gracias a una señal real que por primera vez superaba claramente los valores de ruido de los detectores. Empezaba entonces, un duro trabajo de adaptación del modelo a los códigos de los detectores y de estudio y revisión del modelo, además de revisar y optimizar también su versión equivalente para sistemas en precesión (PhenomP), tarea en la que también ha participado concienzudamente el nuevo contratado postdoctoral del grupo David Keitel. Por otra parte, al tiempo que llegaban a nuestros oídos los primeros resultados de la estimación de parámetros del evento, surgió el interés de ajustar modelos analíticos a cantidades tales como el pico de luminosidad, la energía total radiada y el espín final. Dichas cantidades iban a aparecer en los artículos de la detección y estimación de parámetros entre otros, así que teníamos más trabajo de revisión y optimización de los ajustes analíticos a estas cantidades. A día de hoy, estos modelos y sus valores resultantes han sido incluidos en los citados artículos y Sascha, David y yo mismo seguimos trabajando y desarrollando esta línea de investigación.

Junto todo esto, formamos un grupo de amplia contribución a la relatividad numérica y simulación de dichos eventos liderada por Sascha Husa, el cuál él mismo desarrolló junto con otros colaboradores el código de simulación numérica BAM, ampliamente usado hasta la fecha para simulación de sistemas binarios de agujeros negros. Así pues, teníamos la oportunidad de ‘visualizar’ el evento, es decir, llevar a cabo simulaciones numéricas con los parámetros estimados y producir vídeos que muestren su evolución y colisión. En esta tarea hemos tenido la magnífica y esencial ayuda de nuestro estudiante y colaborador Rafel Jaume, el cuál ha hecho un trabajo magnífico en la producción y postproducción de estos vídeos que se pueden encontrar en la web del grupo (<http://grg.uib.es/ligo>) y en youtube (canal GRG@UIB) así que, parafraseando a la jerga ‘youtuber’, dadle al ‘like’.

Así pues, empieza una excitante y vibrante etapa de observaciones de las que esperamos conocer mejor los mayores cataclismos producidos en los confines más alejados del Universo. Nosotros, el grupo de la UIB, desde la bonita y pequeña localidad de Palma, seguiremos expectantes para descifrar cada sinfonía gravitacional que el cosmos nos quiera mandar.



Desde el 14 de septiembre, el entusiasmo, el estrés y el trabajo no han cesado en nuestro grupo.

Queremos agradecer a todos los miembros del grupo por el intenso trabajo realizado y por su comportamiento ejemplar; y a la Universitat de les Illes Balears, nuestra institución, por el apoyo recibido, incluyendo los servicios administrativos, de comunicación y del CTI que nos han ayudado de forma incondicional con todas nuestra exigencias.

Nuestro trabajo ha sido posible gracias al apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad (FPA2013-41042-P), la Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats del Govern de les Illes Balears, el Fondo Social Europeo, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, la Red Española de Supercomputación y PRACE, además del proyecto Consolider Ingenio Multidark (CSD2009-00064), la red Consolider: Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN – FPA2015-69037-REDC) y de las redes de excelencia: red nacional de astropartículas (RENATA-FPA2015-68783-REDT) y red temática de ondas gravitacionales (REDONGRA – FPA2015-69815-REDT).