

# PROYECTO UNAM

Texto: **Roberto Gutiérrez Alcalá**  
robargu@hotmail.com



## Resistencia a fármacos

El Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM invita al coloquio de divulgación "Redes genéticas complejas y resistencia a fármacos", que impartirá el doctor Enrique Hernández Lemus, investigador del Instituto Nacional de Medicina Genómica, el próximo lunes 15 de febrero, a las 13:00 horas, en el Auditorio Marcos Moshinsky, del citado instituto, en Ciudad Universitaria.

## Modelo de flujo vehicular para mejorar circulación

María Elena Lárraga Ramírez y Héctor Guzmán, investigadores del Instituto de Ingeniería, y Jesús Antonio del Río Portilla, director del Instituto de Energías Renovables, desarrollan un modelo de flujo vehicular con un autómata celular probabilístico, así como un microsimulador computacional que analiza y mejora la circulación vial. Una vez concluidos, ambos proyectos no sólo permitirán determinar las causas de los congestionamientos viales con el fin de disminuirlos, sino también evaluar el resultado de posibles modificaciones en la infraestructura carretera.



## Nueva Unidad de Microscopía para estudiar el cáncer

El Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, en colaboración con el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN), puso en marcha la Unidad de Microscopía en la Unidad de Investigación Biomédica en Cáncer del INCAN. Las nuevas instalaciones cuentan con los equipos más avanzados para ampliar el conocimiento científico sobre oncología (entre ellos, un sistema de microsección y micromanipulación por láser para obtener muestras puras y libres de contacto) y buscan impulsar la formación de recursos humanos en esta área de la medicina.

# Las ondas gravitacionales ¡al fin son detectadas!

**Su existencia fue predicha hacia 1916 en la teoría general de la relatividad, de Einstein. A partir de ellas se estudiará de otra manera el universo**

Ayer se anunció que las ondas gravitacionales fueron detectadas por primera vez. A la luz de este revolucionario acontecimiento científico presentamos el siguiente artículo escrito a partir de una entrevista de *Proyecto UNAM* con Miguel Alcubierre, director del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM y, desde hace 20 años, estudioso, junto con otros científicos mexicanos, de este fenómeno de importancia crucial para el futuro de la astronomía.

Así como las olas son perturbaciones en la superficie de los mares que se propagan a distintas velocidades (dependiendo de la profundidad del agua), las ondas gravitacionales son perturbaciones en la gravedad generadas por eventos astrofísicos muy violentos, tales como una supernova (explosión de una estrella masiva) o la formación de un agujero negro, que se propagan por el espacio a la velocidad de la luz.

Aunque su existencia fue predicha hace poco más de 100 años en la teoría general de la relatividad, de Albert Einstein, hasta el día de hoy no habían podido ser detectadas por ningún aparato diseñado y construido en la Tierra.

En la primera teoría de la gravedad, formulada por Isaac Newton en el siglo XVII para explicar cómo se movían los planetas alrededor del Sol, no se hablaba de ondas. Sin embargo, hace más de un siglo se descubrió que esta teoría no era del todo correcta, que tenía algunos problemas y que, por lo tanto, había que cambiarla. Einstein la cambió y así, en 1916, formuló la teoría general de la relatividad, que es la nueva teoría de la gravedad que se usa actualmente.

"La teoría general de la relatividad, de Einstein, es una teoría de campo; esto quiere decir que, en ella, la gravedad se ve como algo similar a los campos eléctricos y magnéticos que están presentes en todo el universo y en los que sí hay ondas gravitacionales. Y, justamente, como la gravedad es un campo, puede tener perturbaciones que se propagan a la velocidad de la luz. Es decir, esta teoría es la que predice la existencia de las ondas gravitacionales", señala Alcubierre.

### ¿Cómo se generan?

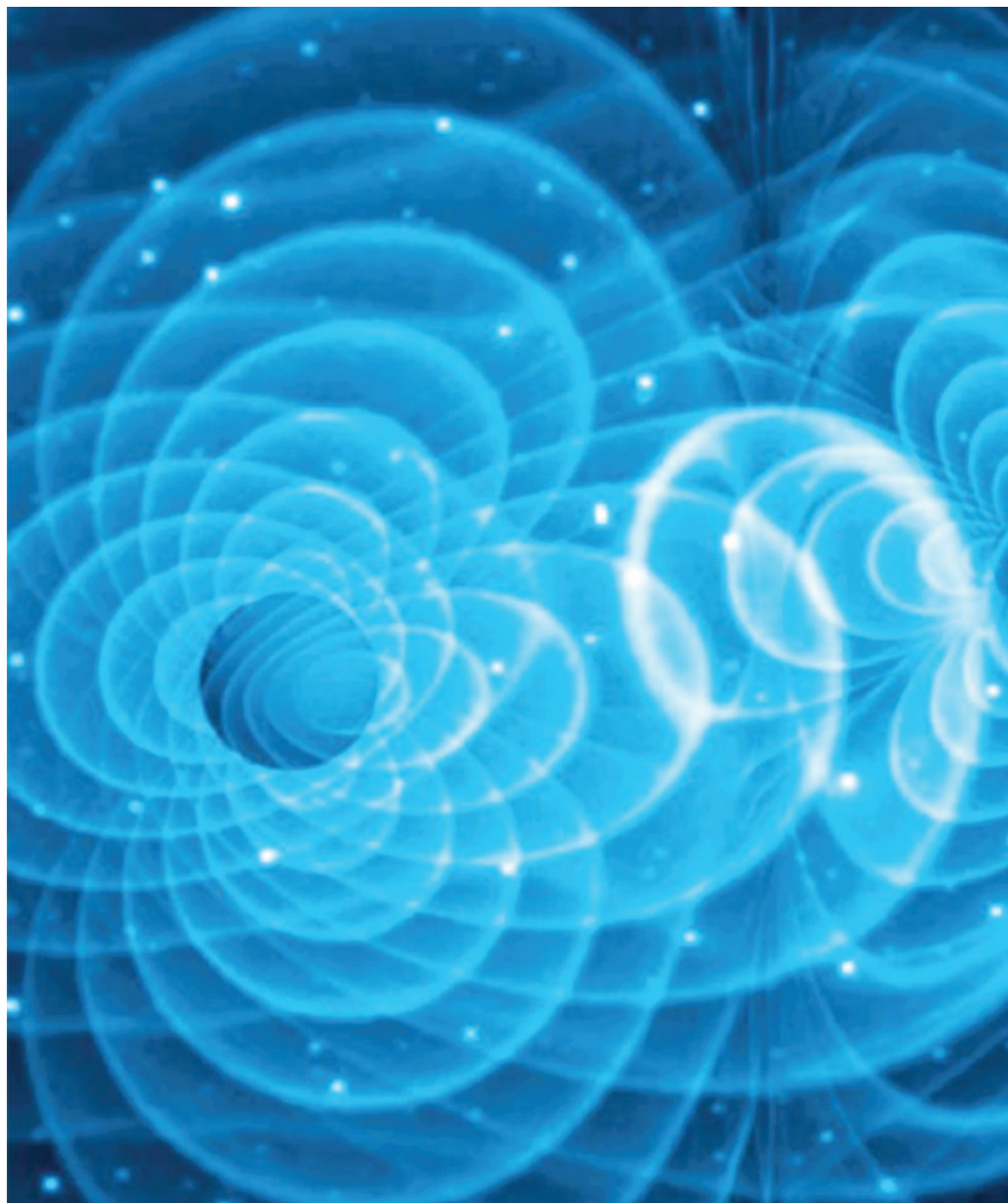
La gravedad es producida por concentraciones de masa y energía. Ahora bien, para que la gravedad sea notoria, debe haber masas muy grandes. De esta manera, las ondas gravitacionales se generan ante la presencia de masas muy grandes que se aceleran unas respecto a otras, o chocan entre sí, a velocidades exorbitantes.

"Sí, las ondas gravitacionales se generan a partir de eventos astrofísicos muy violentos que involucran masas muy grandes moviéndose a altísimas velocidades, como las supernovas, las colisiones de estrellas, la formación de agujeros negros, etcétera. De hecho, en el origen del universo, en el llamado *Big Bang*, se generaron ondas gravitacionales que se propagaron por el espacio."

Si estas ondas son el resultado de eventos astrofísicos muy violentos, ¿por qué no habían podido ser detectadas en nuestro planeta? La respuesta es sencilla: porque son muy débiles.

De las cuatro fuerzas fundamentales que se conocen en la física actual (fuerza de gravedad, fuerza electromagnética, fuerza nuclear débil y fuerza nuclear fuerte), la de gravedad es, por mucho, la más débil de todas, por lo cual las ondas gravitacionales también resultan muy débiles.

"Al pasar por un objeto, las ondas gravitacionales lo expanden y lo comprimen alternadamente. De este modo, cuando las ondas gravitacionales generadas por una supernova que se localiza al otro lado de nuestra galaxia llegan a la Tierra y pasan por, digamos, un aro de un metro de diámetro, como con el que juegan los niños, lo expanden y lo comprimen la millonésima parte



Representación de las ondas gravitacionales producidas por una pareja de agujeros negros.

### EL DATO



Desde ayer ha quedado confirmada la última gran predicción de Einstein.



**"Es un gran logro de la física —tan importante como el descubrimiento de la partícula de Higgs, hace un par de años— que inaugura una nueva era de la astronomía"**

**MIGUEL ALCUBIERRE**  
Director del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM

del tamaño de un protón. Así de pequeño es su efecto, tan pequeño que resulta muy difícil medirlo. De hecho no se contaba con la tecnología para medir este efecto hasta hace unos 20 años", explica el científico universitario.

Los físicos intentaron detectar las ondas gravitacionales desde la década de los 60 del siglo XX. El primero de ellos fue el estadounidense Joseph Weber, quien construyó un detector de estas ondas hacia 1965 pero, a pesar de que Weber anunció haberlas detectado, sus resultados nunca pudieron ser reproducidos. Hoy se sabe que, en realidad, su detector no tuvo la sensibilidad adecuada para alcanzar su objetivo.

No fue hasta la década de los 90 cuando la tecnología avanzó lo suficiente para despertar las esperanzas de la comunidad científica internacional en relación con la detección de las ondas gravitacionales.

"Con todo, una cosa es disponer de la tecnología necesaria para construir detectores de ondas gravitacionales y otra cosa es construirlos efectivamente. Esto último implica un problema de ingeniería y cuesta mucho dinero resolverlo. En la década de los 90 se planeó el diseño de grandes detectores de ondas gravitacionales que finalmente se terminaron de construir en 2005 y apenas han estado funcionando unos cuantos años. Si bien aún no habían detectado las ondas gravitacionales, teníamos la esperanza de que lo consiguieran pronto."

### Proyectos LIGO y VIRGO

Los detectores de ondas gravitacionales construidos son realmente interferómetros que utilizan rayos láser que, al aprovechar la interferencia de la luz, rebotan en espejos para medir distancias o variaciones en distancias.

"Son unas máquinas enormes con unos tubos de 4 kilómetros de largo al vacío por donde pasan rayos láser que van rebotando en espejos. La presencia de las ondas gravitacionales deben mover estos espejos", apunta Alcubierre.

Ahora mismo hay cuatro interferómetros de este tipo en el mundo: dos en Estados Unidos (uno

en el estado de Louisiana y otro en el estado de Washington) que forman parte del proyecto LIGO; otro, un poco más chico, en Italia, muy cerca de la ciudad de Pisa, que forma parte del proyecto VIRGO; y el cuarto, bastante más chico (en lugar de 4 kilómetros, sus tubos tienen 600 metros de largo), en Alemania, cerca de la ciudad de Hannover. Únicamente los tres primeros tienen la oportunidad de detectar algo; el cuarto no, porque se trata de un prototipo.

"El problema era que esas máquinas se construyeron con una sensibilidad muy marginal, es decir, en un principio sí tenían la sensibilidad necesaria para detectar estas ondas provenientes de las supernovas, pero luego se debía calcular qué tan seguido ocurren los eventos tan violentos que las originan y qué tan seguido se detectarían, y resultó que con esa sensibilidad —y con suerte— se podría detectar una onda cada 50 años. Pero nadie va a sentarse a esperar 50 años. Por eso se les dejó funcionar cinco años y, al no captar nada, se apagaron y, a lo largo de los siguientes cinco años, se les hicieron enormes ajustes y mejoras. Hoy son 20 veces más sensitivas. Se cree que podrán captar algo una vez a la semana o, en el peor de los casos, una o dos veces al mes. Los ajustes y mejoras concluyeron a finales de 2015. De hecho, las máquinas del proyecto LIGO se volvieron a echar a andar apenas en octubre pasado."

De acuerdo con Alcubierre, era casi imposible que en los últimos tres meses estas máquinas hubieran detectado algo, porque, en apariencia, debía transcurrir al menos un año para calibrarlas y hacer que funcionaran bien.

"Todos los científicos interesados en el tema tenían los dedos cruzados. La detección de las ondas gravitacionales era inminente. Ya corrían rumores de que se había detectado algo. Con seguridad, esta primera detección de ondas gravitacionales le otorgará un premio Nobel al equipo que la logró", añade.

### Astronomía con gravedad

Hay dos razones muy importantes por las que la comunidad científica mundial anhela que las ondas gravitacionales fueran detectadas: una es que así quedaría confirmada la última gran predicción de Einstein; la otra es que, una vez que se detectara la primera señal, se detectarían otras más provenientes de diversas partes del universo, y esto permitiría hacer astronomía ya no con luz u ondas de radio, sino con gravedad, con ondas gravitacionales.

Esta será una manera totalmente diferente de observar el universo, porque, por ejemplo, como la luz se genera en regiones muy calientes, lo que se ve entonces a través de los telescopios es la temperatura que despiden, pero con las ondas gravitacionales se podrán ver otras cosas: movimientos violentos de masas.

"Lo que se ve de una supernova es la luz de la explosión, las capas externas de la estrella. No se puede ver dentro de ella porque todo lo que hay afuera, la luz de la explosión, lo impide. En cambio, las ondas gravitacionales se generan, en este caso, en el núcleo, que es muy masivo y que, al comprimirse, forma una estrella de neutrones; luego, aquellas salen sin ser afectadas por la materia del exterior de la estrella. A partir de las ondas gravitacionales se podrá estudiar el núcleo de una estrella masiva, en lugar de sus capas externas; o el choque de dos agujeros negros, que no emite luz —porque los agujeros negros no emiten luz— pero sí genera ondas gravitacionales."

### En México

En México, grupos de investigación de la UNAM, del CINVESTAV y de las universidades de Michoacán y de Guanajuato hacen la modelación teórica de las fuentes de las ondas gravitacionales para ver cómo se generarían y cuáles serían sus características.

En la UNAM, estos estudios teóricos son realizados principalmente en el Instituto de Ciencias Nucleares por el mismo Alcubierre, así como por Darío Núñez, Marcelo Salgado y Roberto Sussman, entre otros científicos. Por lo que se refiere a cuestiones asociadas a las ondas gravitacionales en el origen del universo, Axel de la Macorra, del Instituto de Física, es quien encabeza su estudio. ●