

Nota de Interés

## PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2017

Prof. Hugo Lanás, Ing. Elect. Alberto Shocron

Cátedra de Física

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Rosario

Este artículo tiene la intención de hacer conocer a la Comunidad de la Facultad de Ciencias Agrarias las contribuciones científicas relacionadas con el Premio Nobel de Física otorgado en 2017.

### I.- Premio Nobel de Física 2017

El Premio Nobel de Física de este año fue otorgado a Rainer Weiss (Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, EEUU); Kip Thorne (California Institute of Technology, Pasadena, EEUU) y Ronald Drever (California Institute of Technology, Pasadena, EEUU) por *sus decisivas contribuciones al detector LIGO y a la observación de las ondas gravitacionales*.

El LIGO es el **Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory** (Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría LASER). El diseño de este observatorio (en el que trabajan y dirigen los premiados) tiene como objetivo corroborar la existencia de las ondas gravitacionales predichas por la Teoría General de la Relatividad y medir sus propiedades.

El **11 de febrero de 2016** se anunció el descubrimiento de la existencia (en forma directa) de ondas gravitacionales provenientes del Universo. Se trata de **la última de las predicciones realizadas por Albert Einstein en la Teoría de la Relatividad General (1916)**, que no había sido corroborada de forma directa y se produce en el centenario de dicha teoría.

«**El 14 de septiembre de 2015 vimos una señal en el detector de Livingston (Lousiana), una distorsión de una pequeña fracción de segundos. Pocos segundos después, vimos la misma señal en el detector de Hanford (Washington)**». Palabras de Gabriela González, portavoz del experimento LIGO que ha realizado el descubrimiento.

La Dra. Gabriela González es una Física e Investigadora argentina, nacida en la ciudad de Córdoba, que trabaja en el grupo dirigido por el Nobel Dr. Rainer Weiss. Ha sido designada como vocera oficial del LIGO para comunicar el descubrimiento de las ondas gravitacionales a la comunidad científica.

### II.- Un comentario sobre el concepto de gravedad aportado por Albert Einstein: La deformación del espacio-tiempo.

Albert Einstein (1879-1955) elaboró **una nueva teoría de la gravitación** (hasta esa época la comunidad científica aceptaba a la Teoría de la Gravitación Universal, formulada por Isaac Newton (1642-1787)). Se basa en la idea de que lo que percibimos del espacio-tiempo es relativo al estado de movimiento de cada observador, aunque las leyes físicas fundamentales se satisfagan por igual para todos ellos.



*La masa produce una curvatura en la estructura del espacio-tiempo. Es a esa curvatura y a los efectos que ésta produce en su entorno, lo que llamamos "gravedad".*

En la Teoría de Newton la Fuerza de Gravedad se *propaga instantáneamente*; y en la Teoría de Einstein *ninguna información puede viajar más rápido que la luz*, por lo que la **Teoría de la Gravitación Universal es incompatible con la Teoría de la Relatividad**.

La solución llegó a comienzos de 1916 (hace 100 años)... *La idea más feliz de su vida: "UNA PERSONA EN CAÍDA LIBRE NO SIENTE SU PROPIO PESO"* (A. Einstein).

*No se puede distinguir, por medio de observaciones locales, entre un sistema de referencia en presencia de un campo gravitatorio y un sistema de referencia que está apropiadamente acelerado con respecto a un sistema inercial local.* Principio de superposición.

Luego de la interpretación de Einstein, la "gravedad" se manifiesta como la interacción más evidente en el Universo y esa gravedad determina la forma de los objetos que existen en él como también afecta y determina los movimientos de esos objetos.

+ Espacio y Tiempo no son independientes sino que forman un *continuo Espacio-Tiempo*.



Dra. Gabriela González (Física Argentina)



LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)

- + *Espacio-Tiempo y Materia, conjuntamente, producen Gravedad.*
- + *La Masa modifica al Espacio-Tiempo curvándolo.*
- + *El Espacio-Tiempo modifica la dinámica de la Masa.*
- + *El Universo es finito pero ilimitado.* Esta afirmación se fundamenta en que en el modelo newtoniano original el Universo es infinito, pero de acuerdo con la Teoría del Big Bang el mismo tiene una cierta edad y un cierto tamaño acorde con esa edad.
- + *“c” (la velocidad de la luz en el vacío) es la máxima velocidad para la propagación de la Materia y de los Campos en el Universo.* No hay acción instantánea de ninguna clase.

### III.- Conozcamos algo acerca de las Ondas Gravitacionales

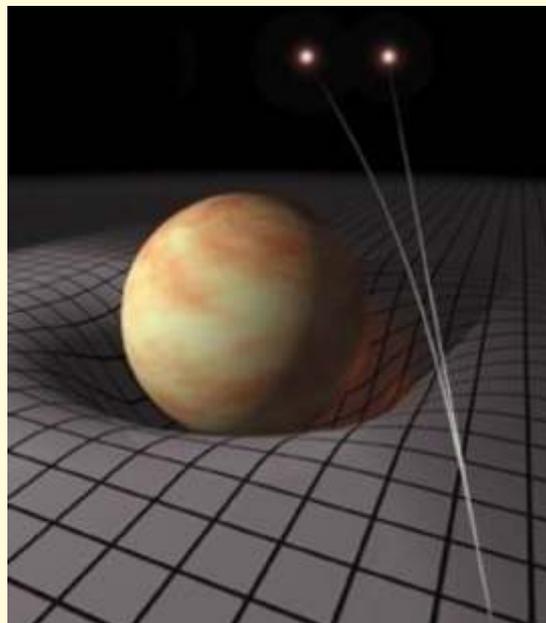
Según Einstein, todos los cuerpos en movimiento acelerado emiten ondas gravitacionales y producen perturbaciones en el espacio-tiempo. Una de las predicciones de la Teoría General de la Relatividad, tal como lo comentamos, es que **la gravitación es curvatura del espacio-tiempo. La masa en movimiento acelerado provoca ondulaciones, en la curvatura, que se propagan a la velocidad de la luz. Estas son las ondas gravitacionales.**

Por esta razón, para observar ondas gravitacionales de manera directa se necesita un observatorio altamente sofisticado tecnológicamente, como el caso del LIGO. Y además se necesita que las ondas gravitacionales provengan de eventos astrofísicos muy energéticos (explosiones de supernovas, choques de agujeros negros, etc.).

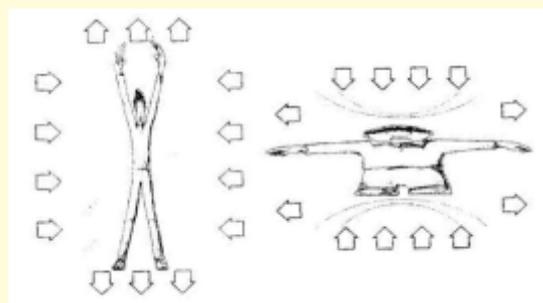
En los últimos 50 años del siglo XX se determinó la existencia de ondas gravitacionales pero de manera indirecta. En 1974 *Russell Hulse y Joseph Taylor* (obtuvieron el Nobel en 1993) descubrieron el pulsar binario PSR 1913 +16 y *comprobaron indirectamente que emite ondas gravitacionales.*

Pero, lo sucedido en 2015 cambió la historia. Por primera vez, la especie humana detectó en forma directa ondas asociadas a otro tipo de interacción: la gravitatoria. El Observatorio LIGO permitió la detección de estas ondas gravitacionales provenientes de un evento astrofísico muy energético.

Dado que las señales de las ondas gravitacionales son tan débiles, se necesita de artefactos elaborados para poder detectarlas, fundamentalmente hacen uso de las técnicas de interferometría para



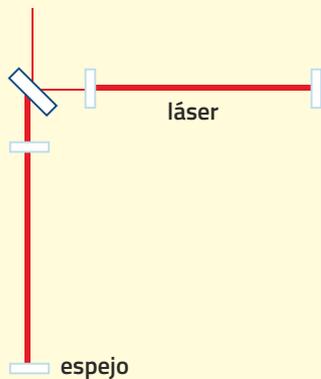
Si un planeta se mueve por una región en la que hay una estrella que por su masa deforma el espacio-tiempo, el planeta no seguirá en línea recta sino que su trayectoria se curvará, quedando en órbita en torno a la estrella. El mismo efecto le ocurrirá a la luz.



La interacción gravitatoria es la más débil de las cuatro interacciones fundamentales (gravitatoria, electromagnética, nuclear débil y nuclear fuerte) y sus efectos son muy difíciles de ser observados. Cuando una onda gravitacional pasa a través de la materia, cambia (altera) la distancia entre objetos vecinos. Esa alteración de distancia es del orden de la millonésima parte del núcleo atómico en un metro ( $\Delta L/L = 10^{-21}$ ).

obtener mediciones precisas. **El efecto que produce una onda gravitacional cuando pasa es achicar unas distancias y estirar otras.** La idea en estos detectores es medir las distancias entre espejos, por medio de técnicas interferométricas de láseres que rebotan entre los mismos. La configuración usual es una construcción en forma de L. Al combinar los haces de luz de los dos brazos se produce un patrón de interferencia con lo que se intenta medir la variación de la distancia relativa entre los espejos, provocada por el paso de una onda gravitacional.

**¿De qué evento provinieron las ondas gravitacionales que detectó LIGO?** Los cálculos indicaron que la señal detectada correspondió a un sistema binario compuesto por **dos agujeros negros**: uno de 29 MS (masas solares) y el otro de 36 MS. La distancia estimada a este sistema es de 410 Mparsecs (1 Mparsecs =  $3,26 \cdot 10^6$  años-luz). La señal se debió a la coalescencia (unión-choque) del sistema en sus



Parte central del detector LIGO de 4km de lado, en Livingston, estado de Luisiana, Estados Unidos.

últimos instantes, quedando un único agujero negro de unas 62 MS. Se estima que una gran cantidad de energía se irradió en forma de **ONDAS GRAVITACIONALES**.

Es interesante destacar que, esta verificación de la Teoría de Einstein que llega 100 años después de su postulación, además de reconocer que las ondas gravitacionales existen; es también la mejor corroboración de la existencia de los agujeros negros.

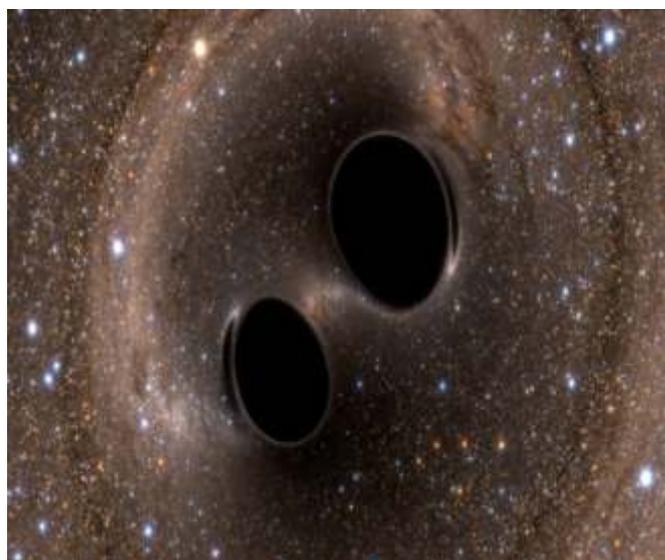
#### IV.- La importancia para la Astronomía en particular y para la Ciencia en general

La astronomía se ha basado en estudiar las distintas formas de radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, rayos X, etc.), **las ondas electromagnéticas se reflejan y son absorbidas muy fácilmente por la materia existente entre la fuente y nosotros**. Incluso la luz que se observa proveniente del firmamento normalmente ha sido transformada hasta llegar a la Tierra. Por ejemplo, cuando la luz atraviesa nubes de gas o la atmósfera de la Tierra, algunos de sus componentes son absorbidos y no pueden ser observados.

Las ondas gravitacionales transformarán la astronomía porque el universo es casi transparente a ellas, es decir, **la materia y los campos gravitacionales ni absorben ni reflejan las ondas gravitacionales de forma significativa**. Podremos observar objetos que de otro modo habrían permanecido ocultos, así como los mecanismos internos de fenómenos que no producen luz. Por ejemplo, si las ondas gravitacionales que provienen de los primeros instantes después del Big Bang (ondas gravitacionales primigenias) nos llegan, entonces no solamente observaremos el universo hasta instantes mucho más remotos que los conocidos hasta ahora, sino

que estaremos viendo esas señales exactamente como eran en el momento en el que fueron originalmente producidas. Las ondas gravitacionales son, por decirlo de alguna manera, una nueva ventana al universo. Gracias a ellas se podrán entender los mecanismos por los que suceden algunos de los sucesos más violentos, como las colisiones entre agujeros negros o las explosiones de estrellas, y se podría incluso estudiar lo que pasó **instantes después** del Big Bang.

Hasta ahora los objetos astronómicos se habían podido estudiar solamente con ondas electromagnéticas, es decir con la radiación que emitían. Pero también "emiten" estas perturbaciones que se acaban de detectar, por lo que a partir de ahora sería como tener dos sentidos diferentes y complementarios para estudiar las mismas fuentes, con lo que se podrá extraer mucha más información. No estamos hablando de expandir un poco más el espectro electromagnético, sino que es un espectro nuevo. Además, con las ondas electromagnéticas uno puede recibir información del universo cuando tenía una edad de unos **300000 años**, en cambio con las ondas gravitacionales se podría "ver" las que se emitieron en ese instante inicial.



Ondas gravitacionales.

### A modo de reflexión...

De Osvaldo Moreschi: "Varias especies que se han desarrollado en nuestro planeta, tienen la posibilidad de detectar la luz. Nuestros ojos se han adaptado a distinguir con mayor precisión las frecuencias de luz para las cuales la radiación solar es mayor en la superficie de la Tierra. Por esto, no existe en nuestra historia una fecha que podamos asociar a la primera detección de ondas electromagnéticas. En cambio, el 14 de septiembre de 2015, marca el día en que comenzamos a «ver» al Universo por medio de otros «ojos», los que permiten la detección de ondas asociadas a otro tipo de interacción: la Gravitatoria."

### Bibliografía:

- Camino, N.; "Génesis y evolución del concepto de gravedad. Construcción de una visión de universo"; 2006
- Camino, N.; "Mami, Mami, ¿los astronautas flotan?!"; Complejo Plaza del Cielo, 2015.
- Gellón, G. y otros; "La Ciencia en el Aula", Edit. Paidós, 2011.
- Meinardi, E. y otros; "Educar en Ciencias", Edit. Paidós, 2010.
- Moreschi, O. "Primera Detección de Ondas Gravitacionales"; Revista de Enseñanza de la Física V.28, N°1; Junio 2016

## CAMPO EXPERIMENTAL VILLARINO

La Facultad de Ciencias Agrarias - UNR cuenta, en su Campo Experimental, de 507 has, con Módulos de investigación y prácticas didácticas (frutícola, hortícola y ovinos) y Módulos productivos que por sus características son representativos de las actividades de la zona (Tambo, Cría e Invernada, Porcícola y Agrícola). Por su cercanía con las aulas y laboratorios estos sistemas le confieren a nuestra Institución una particularidad única a nivel nacional, facilitando las tareas de apoyo a las actividades de Docencia, Investigación y Extensión.



### Módulo de Producción Agrícola

Conformado por una parte por una rotación de cultivos (77,8 ha. en total) en agricultura permanente en siembra directa. Los cultivos son los predominantes de la zona y la secuencia de la rotación es : Soja de primera - Trigo/Soja de segunda - Maíz. Por otra parte la rotación del módulo tambo contempla dentro de su secuencia de cultivos la inclusión de soja en 4 de los 9 años que dura la misma.



### Módulo Ovinos

Consta de una majada de 250 animales que integran proyectos de investigación cuyo objetivo es mejorar la calidad de la carne ovina. En 1999 fue inscripta la Marca Registrada: Magrario® - "El cordero magro de Agrarias" al nuevo genotipo obtenido por cruzamientos y selección entre las razas Ideal y Texel que se llevó a cabo desde 1986 bajo el proyecto del CIURN.

### Lotes de Investigación

En estos lotes se asientan numerosos ensayos de investigación, servicios, y también las parcelas de docencia, en éstas últimas se representan desde la campaña 2001 - 2002 dos rotaciones de cultivos con dos sistemas de labranzas (SD y mínima) Son utilizadas con fines docentes principalmente por las cátedras de Manejo de Tierras, Cereales y Oleaginosos y Edafología.



### Módulo de Fruticultura - Monte Frutal

Predio donde se encuentran implantadas una gran variedad de frutales de pepita, de carozo, cítricos y otros. De uso para prácticas didácticas y de investigación.

### Módulo de Horticultura

Superficie destinada al cultivo de diversas especies hortícolas tanto a campo como en invernáculos y con distintas tecnologías para el desarrollo de prácticas didácticas, actividades de investigación y de desarrollo tecnológico



### Módulo Porcino

Se trata de un sistema de producción a campo con algunas etapas en confinamiento (servicio, gestación y recría). El plantel de madres está compuesto por 30 cerdas. El criadero es de ciclo completo, el producto de venta es el capón de 100 kg, de promedio. Este peso se alcanza en un promedio de 163 días. La superficie asignada a esta actividad es de 4,3 Ha.



### Módulo de Cría - Invernada

La actividad desarrollada es la cría vacuna. La raza es Polled Hereford. El rodeo está compuesto por 63 vacas. Los terneros producidos son vendidos al destete. Ocasionalmente aprovechando condiciones favorable de precios se ha efectuado una recría intensiva de los terneros. Esta actividad se desarrolla en el sector noroeste del Campo Experimental donde los suelos son mas bajos, en aproximadamente una superficie de 60 Ha.



### Módulo Tambo

La superficie ocupada por ésta actividad fluctúa entre las 90 y 100 Ha. para las distintas campañas. El rodeo actualmente cuenta con 120 vacas. La recría de vaquillonas se efectúa en el mismo campo. Los recursos de alimentación incluyen pasturas semipermanentes, verdeos, silo de maíz, maíz y balanceados comerciales. La leche entregada a usinas de la zona recibe la máxima bonificación por calidad.

### Clausura Ecológica

Estudio de la dinámica de la vegetación luego del abandono del campo para cualquier actividad. Iniciado en 1982. En este lote se llevan adelante actividades de docencia e investigación principalmente por las Cátedras de Ecología y Zoología Agrícola. Se realizan evaluaciones periódicas y relevamiento del progreso de las especies nativas.