CIENCIA

launion.com.mx

@uniondemorelos

El Premio Nobel de Física 2026: los neutrinos que surgieron del frío

JOSÉ FRANCO

El Dr. Franco es Doctor en Física por la Universidad de Wisconsin, Madison (EUA). Es investigador titular del Instituto de Astronomía de la UNAM (IA-UNAM), coordinador del Programa de Arte, Ciencia y Tecnología del IA-UNAM y presidente del Consejo Editorial de la revista Obsidiana. Fue director del IA-UNAM, presidente de la Academia Mexicana de Ciencias, director de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia-UNAM y coordinador general del Foro Consultivo, Científico y Tecnológico A. C.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

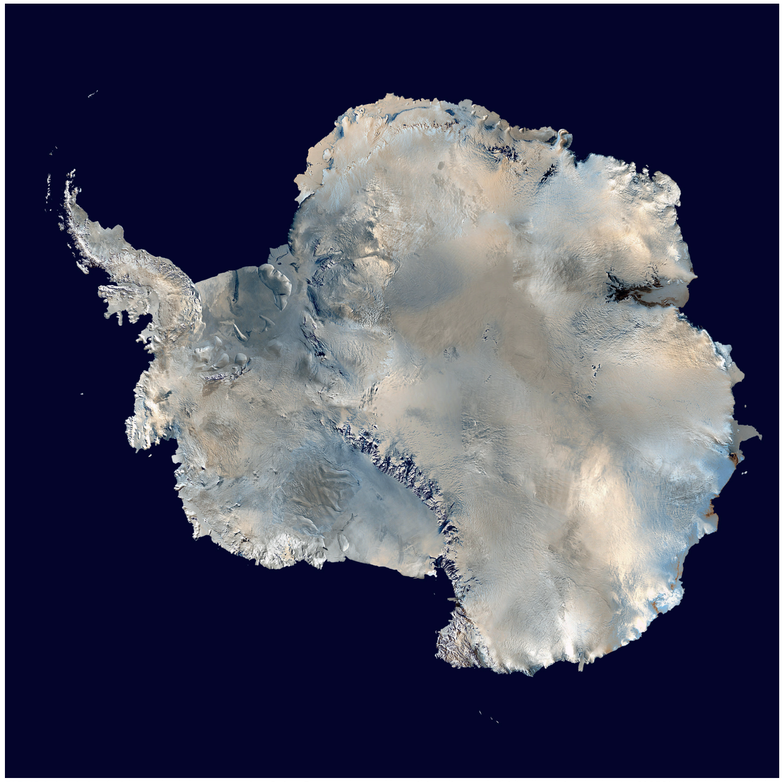


FIGURA 1. LA Antártida, sede del proyecto ***Ice Cube***. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Indlandsis_de_la_Ant%C3%A1rtida#/media/Archivo:Antarctica_6400px_from_Blue_Marble.jpg

Este año, el Premio Nobel de Física se otorgó a Francis Halzen, por un proyecto dedicado a la detección de neutrinos cósmicos de muy alta energía llamado *Ice Cube*. Este proyecto es un auténtico desafío a la imaginación. Es un observatorio instalado en el Polo Sur con 5160 detectores de luz, los cuales han sido colocados dentro de la gran capa de hielo de la Antártica (Figura 1) hasta una profundidad de 2.5 km. El arreglo de los detectores se extiende en un kilómetro cúbico de hielo transparente. El sistema no puede detectar directamente a los neutrinos, lo que hace es registrar la luz que emiten las partículas que se generan cuando un neutrino de muy alta energía colisiona con un átomo de la Tierra. De manera que la masa de toda la Tierra funciona como el "detector real" de las colisiones de neutrinos y el arreglo de detectores de luz en el hielo es el sistema secundario que permite "ver" que efectivamente ocurrió una colisión. Pero vamos con calma. ¿Qué es un neutrino? ¿Por qué es tan importante detectarlos?

¿Qué son los neutrinos?

Los *neutrinos* son partículas elementales sin carga eléctrica, con "espín" semi entero (similar a los electrones) y masas muy pequeñas (millones de veces menor que la del electrón). Se mueven a una velocidad muy cercana a la de la luz. Fueron propuestos de manera teórica por Wolfgang Pauli en 1930, pero fue hasta 1956 que se pudo confirmar su existencia experimentalmente por Clyde Cowan y Frederick Reines. Sabemos que hay tres tipos diferentes de neutrinos (llamados electrónico, muónico y tauónico) y que todo neutrino es una superposición de estos tres tipos. Así que tienen la propiedad de cambiarse de un tipo a otro cuando viajan en el espacio. Esta propiedad es única y se le denomina como la *oscilación de los neutrinos*. De manera que tienen una personalidad múltiple, realmente enigmáticos y además muy elusivos; se producen en todas las estrellas, en los eventos explosivos más violentos del Universo e incluso en los reactores nucleares terrestres, pero es muy difícil detectarlos. Tenen una probabilidad muy baja de interaccionar con el resto de la materia.

Por ejemplo, el Sol está produciendo muchos millones de millones de neutrinos en las reacciones nucleares que ocurren a cada segundo en su núcleo. Allí, donde se fusionan los átomos de hidrógeno en una cadena de reacciones que generan toda su energía, también se producen los neutrinos. Estos salen inmediatamente del interior solar, a una velocidad muy cercana a la de la luz y luego atraviesan la Tierra sin ser detenidos. Bueno, sólo unos pocos logran chocar con algun átomo terrestre y el resto sigue su camino al espacio sin ser perturbado. Este mismo proceso sucede dentro de todas las estrellas, así como en los eventos más energéticos que conocemos y en todos los casos salen sin ser detenidos. Como se pueden imaginar, son mensajeros anónimos de la historia del cosmos y el espacio esta lleno de neutrinos que viajan en todas direcciones. Junto con los fotones, son las partículas elementales más abundantes del Universo.

Sabemos que en cada segundo miles de millones de neutrinos solares atraviesan por cada centímetro cuadrado de nuestro cuerpo y de la superficie de la Tierra. El primer detector de neutrinos solares se hizo en la década de los sesentas del siglo pasado, dentro de la mina de oro *Homestake* en Dakota del Sur, Estados Unidos (Figura 2) por Raymond Davis Jr. y John Bahcall (estos detectores están dentro de minas profundas para aislarlos de otras partículas elementales que se generan por la interacción de rayos cósmicos con átomos de la atmósfera). Después de varios años de funcionamiento, los resultados parecían poco halagadores. Encontraron tan sólo un tercio del valor de neutrinos esperado por la teoría, discrepancia que se conoció como el *déficit de los neutrinos solares*. Pero el misterio se resolvió muchos años depues cuando, gracias al trabajo de varios nuevos detectores, se descubrió que los neutrinos efectivamente oscilaban entre los tres tipos existentes. El detector empleado en *Homestake* sólo podía detectar uno de los tres tipos, por lo que los resultados coincidían con lo predicho por la teoría.

Un evento importante ocurrió en 1987, cuando los detectores *Kamiokande II* de Japón, *IMB* de estados Unidos y *Baksan* de la Unión Soviética detectaron los neutrinos emitidos en la explosión de la Supernova 1987A , localizada en la Nube Mayor de Magallanes (una galaxia pequeña, satélite de la nuestra). En total se detectaron tan sólo 24 neutrinos de manera casi simultánea en los tres detectores, pero fueron suficientes para saber que venían de la supernova porque fueron casi coincidentes con el decubrimiento visual de la explosión. Esto abrió una nueva ventana de observación al cosmos y dió inicio a la astrofísica de neutrinos. Mostró también que los neutrinos tienen masa, muy pequeña y muy difícil de medir, pero son partículas masivas. A la fecha, sólo sabemos que es millones de veces menor que la masa del electrón, pero no tenemos un valor más preciso. Por su contribución a la detección de neutrinos, Raymond Davis Jr. (responsable del detector *Homestake*) y Masatoshi Koshiba (responsable del detector *Kamiokande*) recibieron el Premio Nobel de Física 2002.

¿En qué consistió el Premio Nobel de Física 2026?

Por esas fechas, en 1987, en el grupo de Física de Altas Energías de la Universidad de Wisconsin, en Madison, Estados Unidos, estaban trabajando en ideas innovadoras para detectar neutrinos de muy alta energías. Se pensaba utilizar el agua del mar o el hielo del Polo Sur como detectores. Así que a finales de la década de los 90´s después de colaborar en varios proyectos en el mar, el grupo de Wisconsin se fue a la Antártida y construyó el proyecto *AMANDA*, instalando cerca de 600 fotomultiplicadores (detectores de luz) dentro de la gran capa de hielo. Los fotomultiplicadores detectan la luz azul generada por las partículas rápidas que son producto del choque de neutrinos con la materia de la Tierra (esta luz azul se llama *radiación Cherenkov* en honor al físico ruso que la descubrió, Pavel Cherenkov, y es la que se observa en los tanques de agua que contienen a los reactores nucleares). Esto sirvió para mostrar la viabilidad del proyecto y en 2005 iniciaron su conversión en el telescopio *Ice Cube*, de mayor tamaño, el cual ahora cuenta con un total de 5160 fotomultiplicadores instalados dentro del hielo, a una profundidad de entre 1.5 y 2.5 km bajo la superficie (Figura 3). Así que hoy es el telescopio de neutrinos más grande de que se ha construído, ocupando un espacio de un kilómetro cúbico en el interior del transparente hielo del Polo Sur. Su sensibilidad es muy alta y pueden detectar varios cientos de neutrinos al día.

Sin duda fue una idea muy audaz, que inició con *AMANDA* y se ha convertido exitosamente en *Ice Cube* a lo largo de tres décadas, pero siempre tuvo un alto riesgo de fracasar. Afortunadamente no fracasó y hoy puede detectar neutrinos con energías miles de millones de veces mayores a los que fueron detectados en la Supernova 1987A.

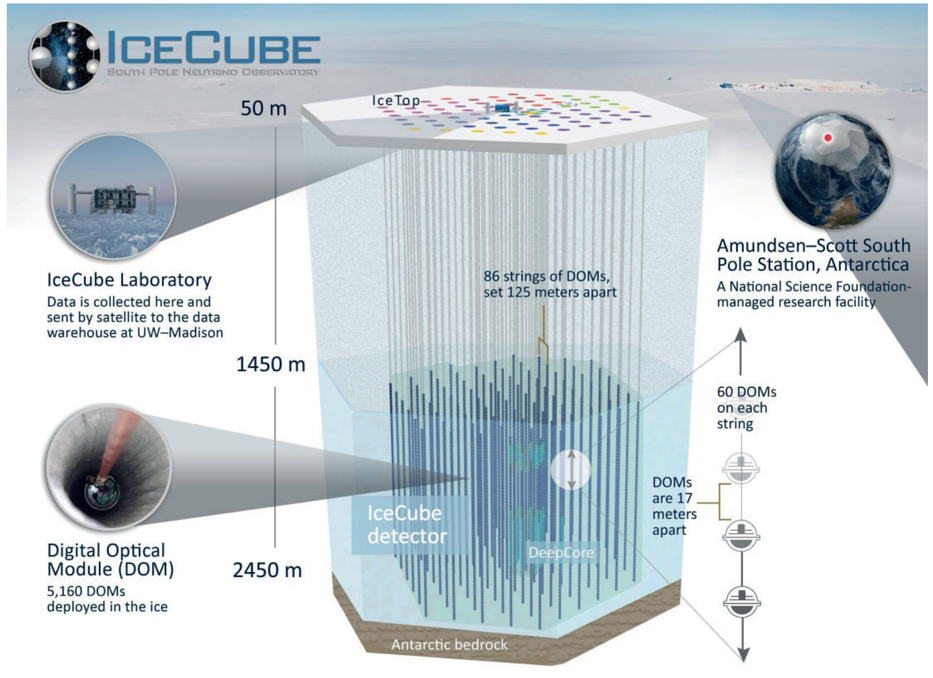


FIGURA 3. EL sistema de detección de neutrinos del proyecto ***Ice Cube***. Fuente: https://icecube.wisc.edu/science/icecube/

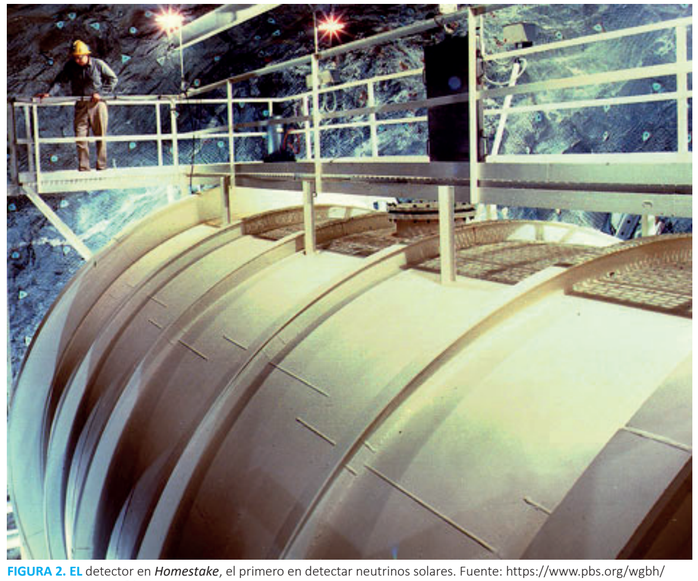


FIGURA 2. EL detector en ***Homestake***, el primero en detectar neutrinos solares. Fuente: https://www.pbs.org/wgbh/nova/neutrino/dete-01.html

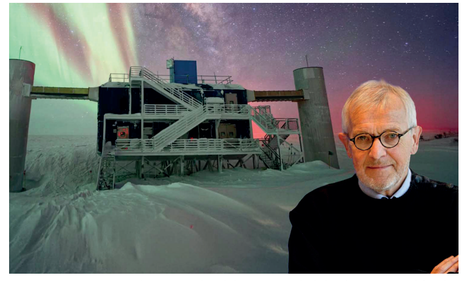


FIGURA 4. FRANCIS Halzen, ganador del Premio Nobel de Física 2026. Al fondo, el laboratorio en la Antártida que alberga al proyecto ***Ice Cube***. Fuente: https://thefederal.com/category/the-eighth-column/from-cherenkovs-glow-to-the-icecube-the-road-to-halzens-nobel-260681

Además sus logros son varios y muy importantes. En 2013 detectó por primera vez neutrinos de altas energías de origen cósmico (esto es, de fuera del sistema solar) ampliando el panorama de la astronomía de neutrinos. En 2018 descubrió por primera vez que un *blazar* (el núcleo de una galaxia con un agujero negro supermasivo) es una fuente de neutrinos de ultra alta energía. A la fecha han detectado galaxias activas, como NGC 1068, y ya hicieron el mapa de nuestra Galaxia, la Vía Láctea, con neutrinos. Cada año detectan más de cien mil neutrinos de muy altas energías.

Por todo lo anterior, el Premio Nobel de Física 2026 fue otorgado a Francis Halzen, el arquitecto y director de *ICE CUBE*, quien estudió física en su natal Bélgica. (Figura 4). Trabajó durante 3 años en el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, el famoso *CERN*, y en 1972 obtuvo un puesto de profesor asociado en el Departamento de Física de la Universidad de Wisconsin, en Madison. Ahí se incorporó al grupo de Física de Altas Energías, donde ha trabajado desde entonces estudiando a los neutrinos y haciendo un puente entre la física de partículas elementales, la astrofísica y la cosmología.

Con entusiasmo y entereza llevó a cabo la construcción de este potente telescopio bajo el hielo del Polo Sur, que puede "ver" a las partículas elementales más difíciles de detectar. La historia de *IceCube* es extraordinaria y ha abierto una ventana nueva para estudiar los eventos que ocurren desde el orígen mismo del universo. El proyecto era considerado muy novedoso pero demasiado arriesgado y casi imposible de realizar. Se cuenta que hubo momentos en que Francis Halzen y su grupo de colaboradores dudaron si el proyecto era realmente viable. Pero finalmente se logró y esa labor de toda su vida le permitió obtener el Premio Nobel de Física de 2026 con los neutrinos que surgieron del frío.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.