

El neutrino y la ballena

Agustín B. Ávila Casanueva

Existen en el cosmos unas partículas muy pequeñas que cruzan galaxias y atraviesan planetas sin chocar contra nada, sin siquiera desviar su trayectoria. Los neutrinos son indetectables... casi. Un físico italiano descubrió que para poder decir que encontró a un neutrino, primero tenía que poder decir que encontró una ballena.

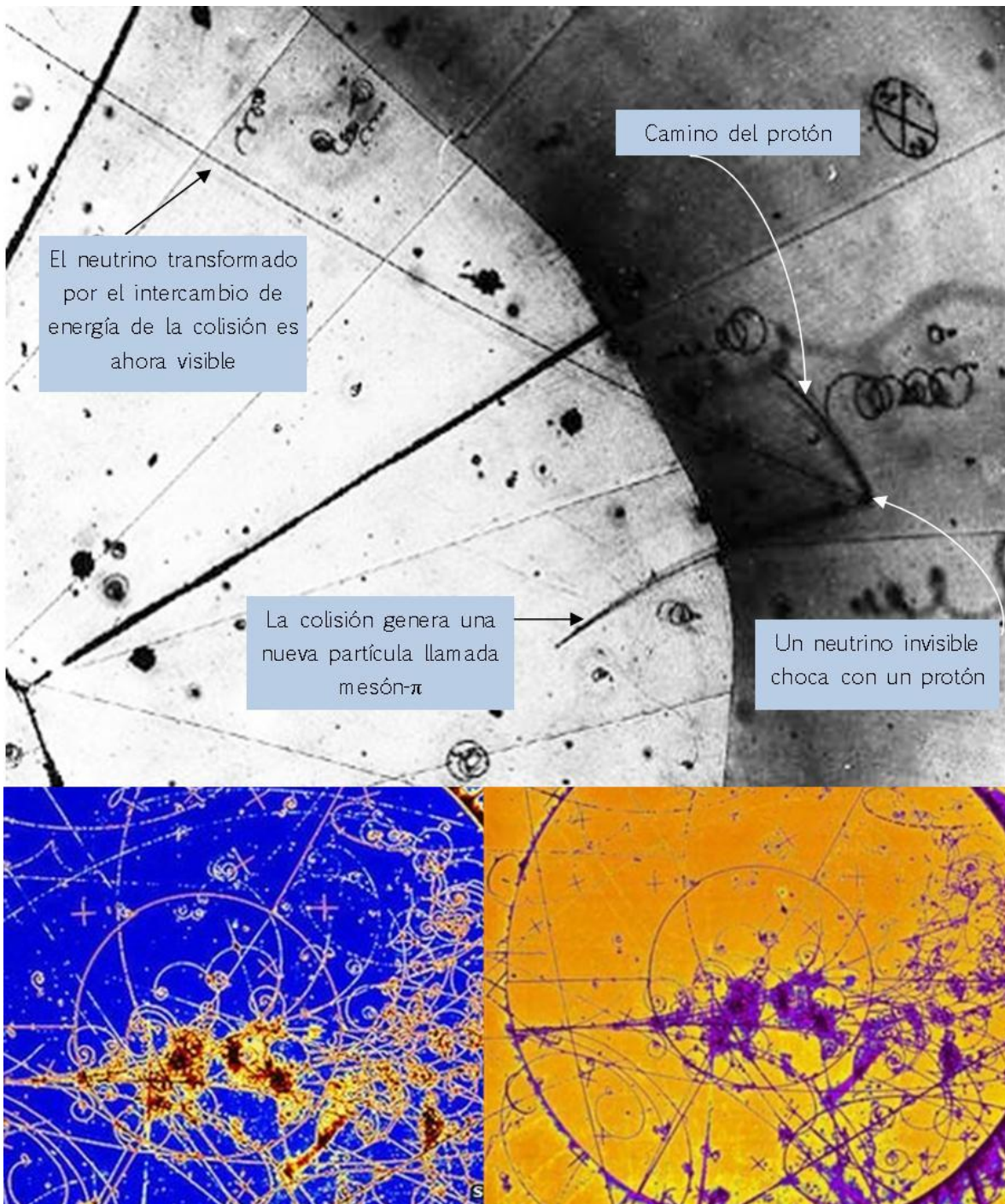
El pequeño y neutral

En todo momento estás siendo bombardeado por partículas muy pequeñas, no importa donde estés, atraviesan tu cuerpo. Tan sólo por tu pulgar atraviesan 65 mil millones de ellas por segundo. La cantidad es parecida al número de granos de arena necesarios para llenar la sala de tu casa. Estas partículas se llaman neutrinos, y existen a lo largo y ancho de todo el Universo, surgen del núcleo de todas las estrellas, de las supernovas o de las galaxias en formación. Su tamaño es más pequeño que el de las partículas que componen a un átomo y su masa es tan ínfima que ha puesto a los científicos en problemas al tratar de medirla. Hasta ahora nadie lo ha logrado hacer con precisión.

Los cálculos que el austriaco Wolfgang Pauli hacía de las reacciones nucleares, no le salían parejos, notaba que faltaba algo. Siempre había un poco de energía de la cual no podía dar cuenta. En 1930 propuso una partícula como responsable de esta energía. Pero

tuvo que esperar hasta 1934 para que el italiano Enrico Fermi la bautizara como neutrino y le diera fuerza a su teoría sobre su posible existencia en un artículo que en principio fue rechazado por varias revistas científicas.

Los neutrinos, como su nombre en italiano lo indica, son pequeños y neutrales, “neutralitos”, y por carecer de carga eléctrica su interacción con el resto de la materia es escasa. Por no tener carga, su trayectoria no se modifica por las atracciones electromagnéticas causadas por estrellas, imanes y campos eléctricos de incluso el centro de nuestro planeta. Casi todos ellos pasan a través de la Tierra para continuar su viaje por el Universo y son prácticamente indetectables, pero se ha constatado que interactúan con la materia que los rodea y que esta interacción, una colisión, provoca un destello lumínico que los científicos intentan atrapar con trampas y telescopios enterrados a cientos o miles de metros de la superficie terrestre, para evitar la contaminación por otras fuentes de radiación provenientes del espacio. Las trampas contienen grandes volúmenes de agua, de hasta 50 mil toneladas (o 20 albercas olímpicas), a manera de una enorme cisterna cuyas paredes están cubiertas de detectores de luz lo suficientemente sensibles como para detectar el destello generado por un neutrino.



Arriba: “El evento del neutrino” el 13 de noviembre de 1970 se realizó el primer avistamiento de un neutrino.

Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/Neutrino> Abajo: Las mediciones de neutrinos suelen hacer patrones bastante llamativos, por lo que se han coloreado de manera que se puedan apreciar como elementos estéticos, incluso hay quienes los recortan en forma de cachalote para decorar artículos. Fuente:

<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-17560379><http://www.atomic-energy.ru/news/2012/03/19/31962>

Pionero de una técnica

Cuando los neutrinos colisionan con otras partículas, los electrones que orbitan alrededor del núcleo de los átomos, aparte del destello lumínico, suelen generar una onda de sonido. Conociendo esto al investigador italiano Giorgio Riccobene se le ocurrió una nueva trampa para detectarlos. No es muy diferente a la anteriormente mencionada excepto por la escala, utiliza dos kilómetros cúbicos de agua, el equivalente a llenar mil veces el estadio azteca, o llenar 400 mil albercas olímpicas. ¿Qué hizo Riccobene para enterrar dos kilómetros cúbicos de agua? La respuesta es muy sencilla: nada. Él y su grupo de colaboradores del Observatorio Mediterráneo de Neutrinos (NEMO por sus siglas en inglés), colocaron micrófonos especializados para detectar sonidos debajo del agua (hidrófonos) en el mar Mediterráneo, a 23 km de la costa y a dos mil metros de profundidad.

Debido a la fidelidad de los hidrófonos y a que el sonido viaja mucho mejor que la luz dentro del agua, se puede abarcar una zona mucho mayor y obtener datos de muy buena calidad. Sólo una cosa le preocupaba a este investigador: ¿cómo iba a detectar solamente a los neutrinos?

El ruido y la ballena

Aunque el fondo marino es un lugar muy oscuro, no es para nada silencioso, a Riccobene le interesaba saber qué otras cosas más se escucharían, si podía distinguirlas y si iban a interferir con sus mediciones. Para que le ayudara a clasificar los ruidos que encontraba contactó al biólogo marino italiano Giovanni Pavan.

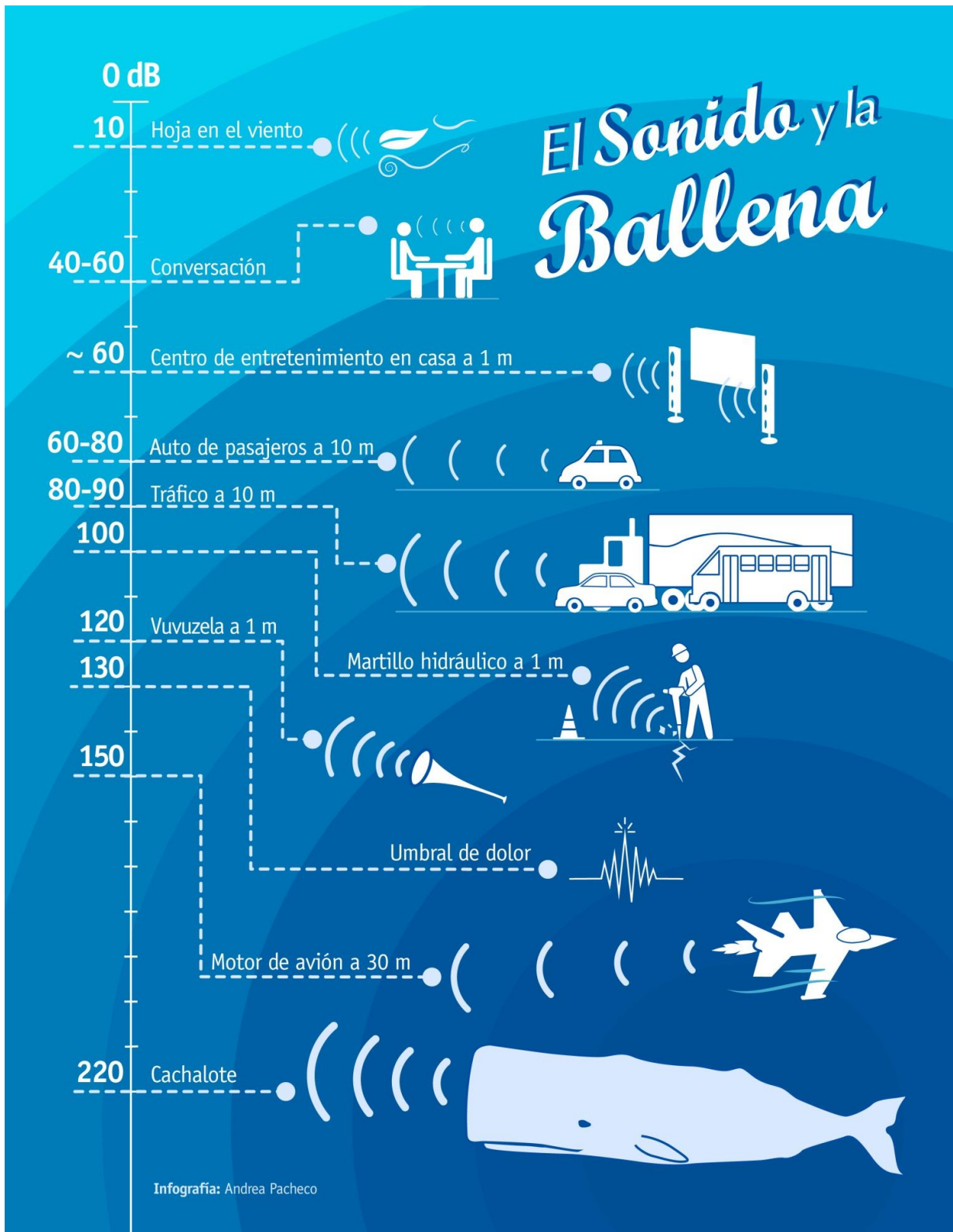
Conforme oía las grabaciones que hicieron los físicos logró distinguir diferentes ruidos de fondo casi constantes causados por el movimiento del agua; ruidos producidos por el tránsito de los barcos pequeños y las propelas de las grandes embarcaciones, de los sonares e incluso de algunas explosiones. Sin embargo llamaron su atención las secuencias cortas y repetitivas de un sonido parecido a “clics”.

Éstos sonaban a veces aislados y espaciados pero con una frecuencia constante. A veces empezaban a aumentar su frecuencia y sonaban cada vez más rápidos, como si se fueran persiguiendo entre sí. Otras veces sonaban acompañados y con diferentes ritmos, de manera alegre. Lo que estaban registrando los hidrófonos eran los sonidos distintivos de los cachalotes, un tipo de ballenas dentadas como los delfines y las orcas, que pasan gran parte de su vida buceando a grandes profundidades y cazando a sus presas favoritas, el calamar gigante y el calamar colosal. Los clics que emiten estos animales alcanzan los 220 decibeles (dB), es el sonido más ruidoso que cualquier animal puede generar.

Pensando experimentos: ¿cuándo es un dato, cuándo es ruido?

Riccobene y Pavan mantuvieron los hidrófonos grabando durante el 2005 y el 2006, después los reemplazaron por los detectores ópticos más tradicionales utilizados en los demás telescopios de neutrones del mundo. Durante ese tiempo se habían recuperado más de 600 horas de grabación. Durante un año de observaciones, un telescopio óptico de neutrinos logra observar, en promedio, 12 de estas partículas. El telescopio del Dr. Riccobene no logró observar ninguno. Pero esto no lo decepcionó pues sólo buscaba probar que se podían realizar este tipo de grabaciones y que generarían datos de buena calidad.

Para poder confiar en las mediciones de un experimento, hay que saber que se están haciendo bien, que los instrumentos estén calibrados y que no haya sesgos dentro de la medición. Para Riccobene las primeras grabaciones cumplían esa función. Sabía que estaba utilizando un método de detección del que no se sabía mucho y era poco explorado, así que tenía que asegurarse de que los datos que obtenía eran de buena calidad y que podía separar el “ruido” de los datos que buscaba. Giorgio no sólo logró eso, sino que tuvo la sagacidad de saber que los datos que a él no le interesaban, es decir, el ruido, muy probablemente le podían servir a otro científico.



Los decibeles son la unidad con la que se mide el sonido. La escala empieza en cero cuando hay un silencio absoluto y va creciendo conforme aumenta la potencia del sonido. A partir de los 130 dB los humanos empezamos a sentir dolor y a perder la sensibilidad de nuestro oído. Infografía: [Andrea Pacheco](#).

La ciencia, entonces, no tiene un método infalible, pero es preciso saber qué se está haciendo y cómo. Aunque el experimento no produzca el dato que se está buscando, se puede trabajar con el resto de los datos generados y seguir entendiendo de mejor manera nuestro mundo.

¿Qué hay detrás del “clic”?

Giovanni Pavan por su parte encontró de gran importancia el ruido que Riccobene le pidió identificar. Un “clic” en específico puede dar a los biólogos marinos una idea del tamaño y sexo de un cachalote, incluso puede llegar a proporcionar la ubicación del animal en el océano, si se encuentra ascendiendo o sumergiendo y si el individuo ya dejó de crecer. Se puede identificar a un sólo cachalote por su “clic”.

Antes de la grabación de estos “clics”, muchos estudios habían confirmado que los cachalotes los utilizan para buscar a su presa favorita, el calamar gigante. Este molusco llega a medir 13 metros y vive entre los 300 y los 1000 metros de profundidad. A ese nivel ya no hay luz dentro del agua, por lo que los cachalotes utilizan los “clics” a manera de [sonar](#) (sigue el enlace para escucharlos) para encontrar a su presa. Para fortuna de los cachalotes, estos calamares son sordos y no los alertan los “clics” de 220 dB.

Los “clics” son también la forma en que los cachalotes se comunican. Dentro de las grabaciones se pueden escuchar [codas](#), o secuencias cortas de “clics” con un patrón específico. Los machos, que normalmente viajan de manera solitaria, las utilizan cuando se encuentran cerca de grupos de hembras, así que probablemente también cumplen una función social. El Dr. Pavan y su grupo notaron que los cachalotes del mediterráneo mantienen un patrón de tres “clics” en sucesión rápida y después de un silencio un “clic” extra (3+1); sin embargo también encontraron varios cachalotes usando codas en forma 2+1 que probablemente vienen de otras partes del océano.

Las grabaciones también ayudaron a tener un mejor censo de la población de cachalotes dentro del Mediterráneo y marcar patrones estacionales. Al parecer este tipo

de ballenas prefieren visitar este mar durante primavera y otoño.

Serendipia

El resultado de los experimentos del Dr. Riccobene y los análisis hechos por el Dr. Pavan tuvieron repercusiones inesperadas para ambos científicos. El físico italiano sigue ayudando a construir el gran telescopio que será NEMO y buscando mejores maneras de detectar neutrinos de manera acústica; sin embargo sigue colaborando con distintos biólogos marinos y ayudando a otras estaciones a instalar hidrófonos y a obtener mayor provecho de ellos, además de asegurarse de que todas las grabaciones de NEMO estén disponibles para cualquier científico que las quiera utilizar.

Mientras tanto el Dr. Pavan sigue escuchando los “clics” de las ballenas, pero el análisis que realizó sobre las grabaciones de las que hemos hablado, llevó a la creación de algoritmos que analizan directamente las grabaciones, obteniendo datos de manera más rápida y voluminosa. El uso de estos algoritmos ha dado lugar a nuevos descubrimientos como el de que cada cachalote suele presentarse a otros cachalotes con una coda específica; es decir, cada cachalote tiene el equivalente a un nombre con el que se identifica.

La ciencia no lleva una dirección lineal, a veces se desvía, retrocede, da vueltas. La ciencia se hace en colaboración, en equipo. Estos dos científicos italianos, además de innovar con un nuevo uso para los instrumentos que ya se tenían, utilizaron uno de los instrumentos más útiles en la ciencia, la comunicación.

Fuentes

1. Nicola Nosengo, “Under water acoustics: The neutrino and the whale”, *Nature* 462, 560-561 (2009).
2. J. A. Aguilar, et al., AMADEUS – *The Acoustic Neutrino Detection Test System of the ANTARES Deep-Sea Neutrino Telescope. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A:*

Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, volúmenes 626-627, 2011, 128-143

3. <http://antares.in2p3.fr/>
4. http://www-3.unipv.it/cibra/res_cibraonr_uk.html
5. http://www-3.unipv.it/cibra/edu_spermwhale_uk.html
6. De los sonidos de los cachalotes: http://en.wikipedia.org/wiki/Sperm_whale