



Extinciones en masa

La historia de la tierra desde sus comienzos presentó pulsos de biodiversidad y explosiones de formas de vida que de un momento a otro desaparecieron, eventos a los que se conoce como extinciones en masa. Cuando hablamos de extinciones en masa, en concreto es la pérdida de un porcentaje importante de la flora y la fauna, que en las extinciones más importantes osciló en un valor por encima del 70%. Es claro que las extinciones en masa también fueron un escenario de oportunidades para aquellos supervivientes, pero siempre devinieron en muchos miles o cientos de años para equiparar los valores de biodiversidad previos. Se reconocen cinco grandes extincio-

nes, las cuales moldearon la flora y la fauna que hoy conocemos, la extinción del Ordovícico-Silúrico (hace 444 millones de años, Ma), Devónico (383-359Ma), Pérmico-Triásico (252Ma), Triásico-Jurásico (201Ma) y la extinción del Cretácico-Paleógeno (66Ma). En la actualidad, sobre la base del cambio climático, mucho se habla de la extinción de especies, pero cómo resulta esto a la luz de las extinciones ocurridas a lo largo de la historia de la vida en el planeta no se ha discutido demasiado. Robert H Cowie, Philippe Bouchet y Benoît Fontaine, tres especialistas en biodiversidad, han intentado develar esto tratando de dar luz a lo que se conoce como la sexta extinción en masa.

Para conocer si existe o no una situación de emergencia debemos primero enfocarnos en el significado de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, también conocida en inglés como *IUCN Red List*. La lista roja ofrece de manera rápida un listado de las especies en el que se las califica de acuerdo con su vulnerabilidad. Las distintas categorías que la UICN otorga a las especies son las siguientes: de peligro, no evaluado, datos insuficientes, preocupación menor, casi amenazado, vulnerable, en peligro, en peligro crítico, extinguido en estado silvestre y extinguido. Para determinar esto se realizan censos sobre las poblaciones de determinadas




especies y si en estas se detecta reducción en el número de organismos, ingresan a la lista roja. Esta lista es un buen indicador crítico de la salud de la biodiversidad del planeta.

En la actualidad muchos de los destructores de la disminución de la biodiversidad basan parte de sus argumentos en la baja tasa de pérdida de especies que presenta la lista roja, según comentan Cowie y colaboradores. Sin embargo el escenario, lejos de ser ese, es mucho más dramático, principalmente basado en la falta de información de invertebrados. Según los autores, incorporando los valores estimados que se tienen sobre la extinción de invertebrados, el índice indicaría que estamos iniciando la sexta extinción en masa. Como ejemplo el artículo enfoca en los moluscos, uno de los grupos de invertebrados con mayor número de especies. Desde el 1500 a la actualidad, se estima que han desaparecido cerca

del 7 al 13% de las especies de moluscos. Estos valores son muy diferentes a los que actualmente muestra la lista roja, que indica el 0,04%.

Tenemos muy poco conocimiento sobre muchas especies y esta falta de información nos dificulta comprender la emergencia por la que están atravesando. Por ejemplo, especies que fueron observadas una única vez o que viven en ambientes muy acotados. Estas son propensas a desaparecer pero la desinformación no nos permite evaluarlas. En esta situación se encuentran muchas especies, entre ellas los insectos, donde la información es sesgada. Según la revisión realizada por los autores, las especies marinas son las que más han sufrido, en contraste con la biota continental, donde las tasas de extinción son menores.

Todos estos argumentos son una muestra más del impacto a gran escala que generamos en el planeta y que

condiciona las tasas de supervivencia de muchas especies. Por otro lado, la mayoría de los estudios se enfoca generalmente en especies carismáticas, aunque el verdadero problema radica en aquellas no visibles. Nuestro planeta es un lugar extraordinario y con un despliegue excepcional de diferentes formas de organismos, muchas de las cuales perdemos de vista y corren un gran riesgo de desaparecer sin siquiera poder detectarlas ni describirlas. Tomar conciencia de nuestro rol, reducir los cambios que generamos en el planeta y reconocer que aún resta una gran parte de la biodiversidad por descubrir son parte de los desafíos a los que debemos enfrentarnos de aquí en adelante. 

Más información en COWIE RH, BOUCHET P & FONTAINE B, 2022, 'The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation?', *Biological Reviews*, 97: 640-663.



Los corales son de los invertebrados más carismáticos que podemos encontrar. Dentro de este grupo algunas especies se encuentran en la lista roja de la UICN. Foto AdobeStock



Viejos datos... ¿nueva física?

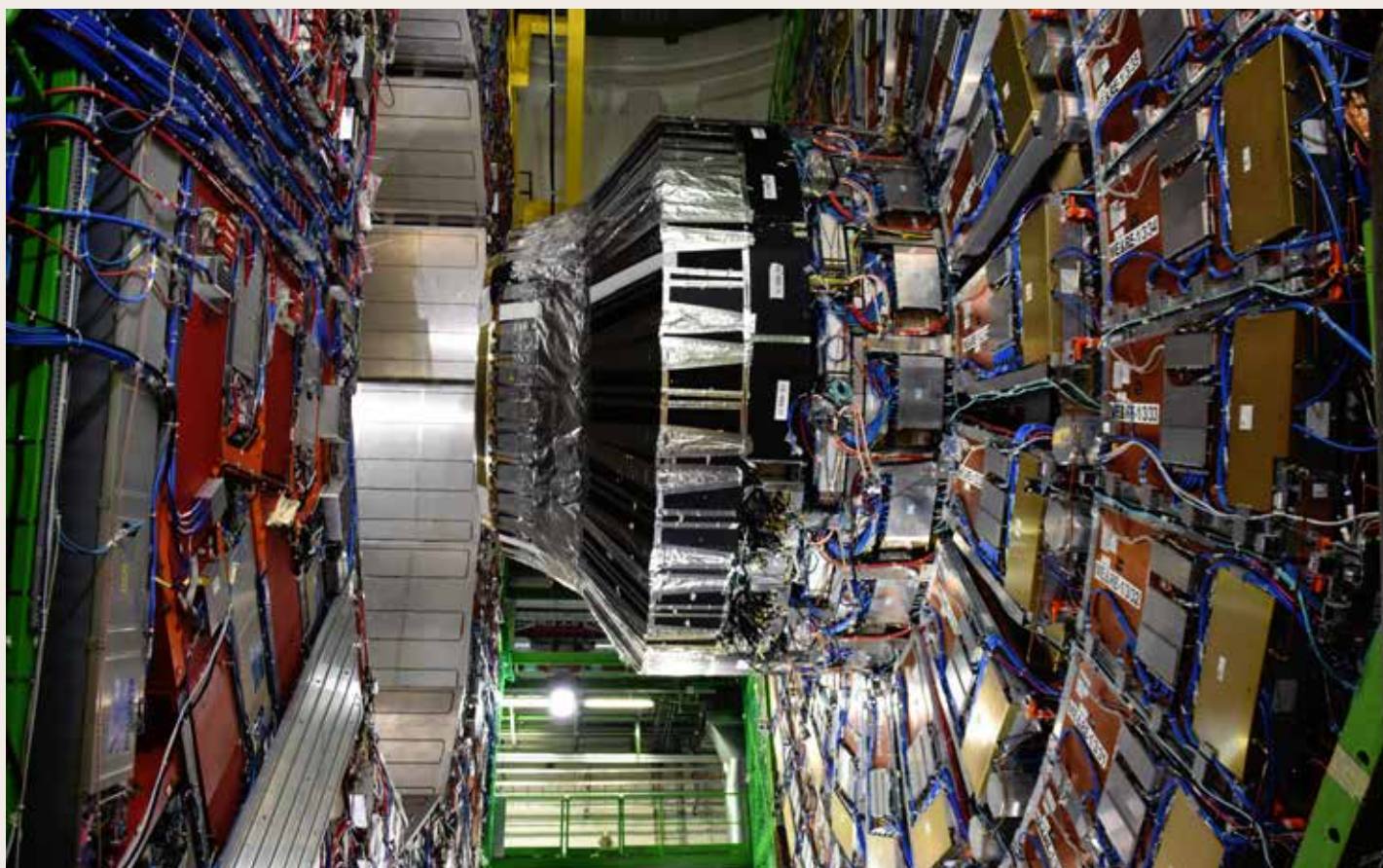
El entendimiento de la estructura última de la materia (¿de qué estamos hechos?) le ha permitido a la humanidad, para lo que resulte de bueno y también de malo, alcanzar el nivel de desarrollo tecnológico en el que se encuentra hoy. Este entendimiento fue espectacular durante el siglo XX debido, en su mayor parte, a la creación de instrumentos (aceleradores) que permitieron explorar, a energías cada vez mayores, o sea a distancias cada vez menores, la estructura íntima de la materia. El colofón de este avance se dio sobre las últimas tres décadas de aquel siglo con el perfeccionamiento de un modelo que condensa todo lo que se había

descubierto hasta entonces y lo que, sobre la base de sus simetrías internas, se predecía que debía encontrarse. Tan estándar era ese modelo que se le otorgó justamente ese nombre, el Modelo Estándar (o SM, por su sigla en inglés).

Su más espectacular predicción fue la existencia de una partícula, el llamado bosón de Higgs, que al interactuar con las demás le otorgaría a cada una su masa. Esta partícula fue finalmente encontrada en 2012 por dos experimentos diferentes (ATLAS y CMS), ubicados en el acelerador más grande existente actualmente, el Gran Colisionador de Hadrones (*Large Hadron Collider* o LHC, por su nombre en inglés). El

LHC está ubicado en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra, tiene una circunferencia de 27km y pertenece a una organización denominada Centro Europeo para la Investigación Nuclear (o CERN, por su sigla en francés).

Además del bosón de Higgs, de fama universal, el SM predijo la existencia de otras partículas (también bosones) mediadoras de la interacción débil, dos de ellas cargadas eléctricamente y denominadas $W^{+/-}$ y una neutra llamada Z. La interacción débil es una de las cuatro fuerzas de la naturaleza (junto con la gravitación, el electromagnetismo y la fuerza nuclear fuerte) y es responsable de los procesos nucleares que hacen que el



El experimento Compact Muon Solenoid (CMS) es un detector de física de partículas en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN. Foto Simon Waldherr, commons.wikimedia.org

Sol brille y que las partículas decaigan. Carlo Rubbia y Simon van der Meer ganaron el premio Nobel de física de 1984 por sus contribuciones al proyecto que llevó a su descubrimiento en 1982.

El CERN no fue el único acelerador capaz de producir y estudiar a estos mediadores de la interacción débil. Otro acelerador, el Tevatron -ubicado en los Estados Unidos- fue usado por dos grandes colaboraciones para estudiar a estas tres partículas, entre otras cosas. Ellos eran CDF (*Collider Detector at Fermilab*) y D0 (léase D cero). Razones políticas y económicas forzaron el cierre del Tevatron en 2011, pero ambas colaboraciones continuaron con el análisis de los datos que se habían acumulado hasta entonces. Particularmente los científicos de CDF anunciaron, en un artículo publicado en la revista *Science* el 7 de abril de 2022, que después de analizar unos 4,2 millones de eventos donde aparece el bosón W la masa que ellos miden y la que se deduce del SM difieren en, al menos, 7σ (léase 7 sigma). Esto significa que la probabilidad de que coincidan por errores conocidos es de 2 partes en 100 millones.

Esto es muy relevante porque significa que, si el número experimental de masa medido es correcto, entonces a los cálculos del SM les falta algo. Y lo que sea que les falte tiene que ser, forzosamente, una componente física nueva que no ha sido incluida por desconocerse.

Los bosones W no son fáciles de medir. Se producen en las colisiones dentro de los aceleradores a altas energías. Su masa es de alrededor de 80 veces la masa de un protón de manera que para obtenerlo a partir del choque de un protón contra otro se necesita una energía que sea al menos 40 veces la de su masa. Los Ws así creados decaen muy rápido y la forma de identificarlos es a través de sus productos, un electrón o su primo más pesado, el muón, y un neutrino. El último atraviesa cualquier detector sin dejar rastro, o sea, solo

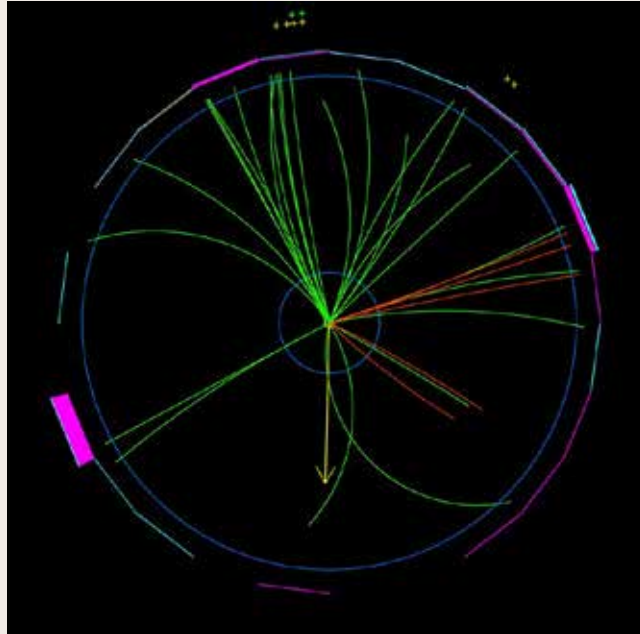


Imagen por computadora de una colisión dentro del detector CDF donde se muestra a un bosón W cuando decae en un positrón (bloque magenta a la izquierda abajo en la figura) y un neutrino indetectable que abandona la escena (flecha amarilla). Foto Fermilab/Science Photo Library

quedan las huellas que dejan los electrones o muones. Reconstruir la masa se hace difícil porque sin la información del neutrino no se puede asegurar que parte de la energía del electrón o del muón proviene de la masa del W y cuál de su velocidad. Según los científicos del grupo que obtuvo estos resultados la cantidad de mejoras introducidas en el conocimiento de estas interacciones fue enorme y fueron los avances, tanto teóricos como experimentales, ocurridos en los últimos años lo que les permitió arribar a este resultado.

La diferencia entre la predicción teórica y este nuevo resultado experimental es solo del 0,09% y, aunque parezca pequeña como para albergar cualquier esperanza de introducir elementos nuevos, es bastante mayor que los márgenes de error involucrados que son menores al 0,01%. Sin embargo, el resultado no coincide con otras medidas de la masa del W. Es por esta razón que algunos científicos como Daniel de Florian, de la Universidad Nacional de San Martín e investigador superior del Conicet, se permiten un espacio para ser cautos. De Florian -que es internacionalmente reconocido por su aporte

al descubrimiento del bosón de Higgs o la 'partícula de Dios' donde gran parte de los cálculos desarrollados por él y sus colaboradores durante más de una década fueron utilizados para analizar los resultados obtenidos por el LHC, sostiene que sería apresurado atribuir esta diferencia significativa con el SM como un signo de física nueva. Antes debe compararse el resultado obtenido con los otros existentes para determinar si no se están subestimando incertezas de diversos orígenes (en particular teóricos) en el procedimiento de extracción de la masa del W.

Estos resultados de CDF duplican la precisión de los obtenidos por ATLAS en el LHC, pero discrepan con varios experimentos previos que mostraban acuerdo con la predicción teórica del SM. Tanto ATLAS como otro experimento del LHC, el llamado LHCb, están recalculando sus medidas y en pocos años podrán alcanzar la precisión de CDF. Solo allí podremos ver si el resultado se mantiene o debe ser revisado. **CH**

Más información en AALTONEN *et al.*, 2022, 'High-precision measurement of the W boson mass with the CDF II detector', *Science*, 376: 170-176



Nuevo límite superior a la masa del neutrino

Los neutrinos son quizá las más misteriosas de todas las partículas elementales. Alrededor de 100 mil millones de los producidos por el Sol atraviesan nuestros pulgares en un segundo. No hay que preocuparse; la posibilidad de que interactúen con algún núcleo de nuestro ADN es remota. De hecho, si quisiésemos asegurarnos de detener un neutrino en su viaje deberíamos alinear un ladrillo de plomo de alrededor de 10^{13} kilómetros de longitud para lograrlo. Por mucho tiempo los científicos pensaron que no tenían masa, pero luego de una serie de experimentos concluyeron que los tres 'sabores' de neutrinos se combinan para darles masa, al menos a dos de ellos, y que esta es muy pequeña. Medida en términos de energía, las observaciones cosmológicas le ponen una cota superior de 1,1 electronvoltios (unas 500 veces más livianos que los electrones).

En febrero de 2022, un grupo de científicos alemanes del Instituto de Tecnología de Karlsruhe informó, en un trabajo publicado en la revista *Nature Physics*, que la masa máxima de un neutrino no puede superar los 0,8 electronvoltios. Para llegar a esta conclusión ellos diseñaron un experimento que denominaron KATRIN (Karlsruhe Tritium Neutrino). KATRIN sigue el decaimiento de un isótopo radiactivo del hidrógeno llamado tritio. Durante este decaimiento un neutrón se convierte en un protón y emite un electrón y un neutrino (o, más exactamente, una partícula de igual masa llamada antineutrino). KATRIN no puede detectar a los neutrinos directamente, pero puede medir con precisión el rango de energías de los electrones que se mueven dentro de su cámara de 23 metros de largo y

con forma de dirigible. Se trata del sistema de ultravacío más grande del mundo. La medición de las energías de los electrones revela el rango de energías de los neutrinos invisibles lo que, a su vez, revela su rango de masa. Esta nueva cota superior a la masa de 0,8 electronvoltios (eV) es la primera que se obtiene a partir de una medición directa.

La colaboración científica a cargo de KATRIN ya había informado en 2019 sobre los resultados de una primera medición que puso una cota superior en 1,1eV. Este nuevo resultado, producto de una mayor exposición al haz de tritio que se le inyecta, ha reducido significativamente este límite. Sin embargo, hasta ahora, el experimento solo ha podido establecer un límite superior en la masa. Los investigadores apuntan a que se podría hacer una medición definitiva una

vez que se termine de recopilar datos en 2024, y es el único experimento en el mundo capaz de hacer esto.


Si el experimento KATRIN pudiese identificar una masa de neutrino antes de alcanzar su sensibilidad de diseño, de 0,2eV, el impacto en la física sería enorme. Por ejemplo, podría brindar orientación sobre cómo mejorar las teorías cosmológicas.

Los resultados de KATRIN de 2019 se basaron en una ejecución inicial del experimento en abril y mayo de ese año, cuando el haz de tritio operaba a una cuarta parte de su potencia total. El último resultado se basa en los datos de la primera ejecución a potencia completa, que tuvo lugar más tarde, en 2019. Estos datos indican un límite superior de 0,9eV, que desciende a 0,8 cuando se los combina con los resultados anteriores.



El espectrómetro principal cruzando el pueblo de Leopoldshafen en Alemania, en camino al Campus Nord del Karlsruher Institut für Technologie. Foto KIT

Aunque la estimación se ha ajustado, todavía no es posible informar un límite inferior para la masa del neutrino. Los datos aún no descartan la posibilidad de que la masa sea cero. Pero otras líneas de evidencia, en particular de las observaciones cosmológicas, muestran que el neutrino no puede carecer de masa.

Todavía es posible que, incluso después de 2024, KATRIN no pueda medir la masa del neutrino: si la masa es inferior a 0,2eV, podría quedar fuera de la sensibilidad del experimento. Así procede muchas veces la física; un experimento permite buscar un parámetro, en este caso la masa, dentro de un rango de valores. Si la encuentra es un éxito; si no lo hace, los resultados sirven para descartar lo ya explorado. 

Más información en THE KATRIN COLLABORATION, 2022, 'Direct neutrino-mass measurement with sub-electronvolt sensitivity', *Nature Physics*, 18: 160-166.



Científicos trabajando dentro del espectrómetro. Foto KIT

HUMOR

Los cerambícidos son una familia de escarabajos de cuerpo generalmente alargado y de antenas también muy largas. En la ilustración dos especies de cerambícido diferentes: *Retrachydes thoracicus*, el más grande, y *Compsocerus violaceus*, el de los pompones coquetos, también llamado guitarrero, porque hace ruidito frotando las alas contra las patas (no sé si tocará como Atahualpa Yupanqui, pero algo es algo). De los pompones no tengo nada para decir. Solo que son geniales.

Irene Negri
irenitaneatrix@gmail.com

