

RADIOACTIVIDAD AL LÍMITE EN EL LABORATORIO SUBTERRÁNEO DE CANFRANC (LSC): ENLACE ENTRE CIENCIA E INDUSTRIA TECNOLÓGICA



CARLOS PEÑA GARAY

Director
LSC- LABORATORIO SUBTERRÁNEO DE
CANFRANC

INTRODUCCIÓN A LOS LABORATORIOS SUBTERRÁNEOS Y NECESIDAD DE MUY BAJO FONDO RADIOACTIVO

Los laboratorios subterráneos se dedican a la búsqueda de fenómenos, nucleares y subnucleares extremadamente inusuales. Dicha búsqueda necesita un ambiente de muy bajo fondo radiactivo. El ruido de fondo irreducible es debido a los rayos cósmicos, originado por los protones, y otros núcleos, cósmicos al golpear los núcleos de nitrógeno u oxígeno en la capa alta de la atmósfera. La interacción

de los protones provoca una cascada de partículas, siendo muones y neutrinos las más penetrantes de tales partículas secundarias. Los muones alcanzan la superficie de la Tierra con un flujo de unos 2 muones/cm²/segundo. A 800 metros de profundidad, bajo el Monte Tobazo, el flujo de rayos cósmicos se reduce en un factor de sesenta mil, lo que permite la búsqueda de procesos muy poco probables. En el marco de la física subatómica, disponemos de una descripción teórica de las partículas elementales de la materia y las fuerzas básicas de la naturaleza, denominada Modelo Estándar (MS).

Se ha probado con creciente precisión todas sus predicciones en las energías que son alcanzables con los aceleradores.

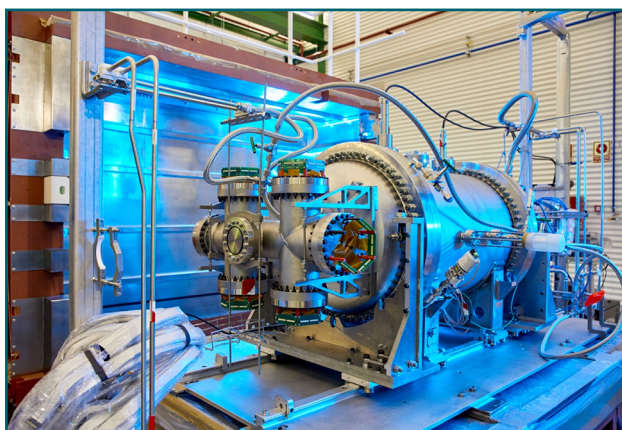


@Jorge Quiñoa

Laboratorios subterráneos, como el LSC, alojan experimentos que proporcionan información científica que es complementaria a aquella obtenida por laboratorios con aceleradores. De hecho, los primeros elementos de la física más allá del modelo estándar se obtuvieron mediante experimentos subterráneos, como son el descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos debidas al cambio de sabor (de familia) de los neutrinos entre producción y detección debido a sus diferentes masas. La ciencia que se está llevando a cabo en laboratorios subterráneos está creciendo en interés en todo el mundo. Existe una gran competencia a nivel internacional con nuevas propuestas de infraestructuras subterráneas. De entre ellas, las más relevantes en el contexto de ultra-baja radiactividad son la búsqueda de materia oscura, la búsqueda de la desintegración doble beta y la exploración de las condiciones de vida en bajo fondo radiactivo.

LA MATERIA OSCURA

Únicamente el 16 % de toda la materia que existe en el universo es visible, formada por protones, neutrones (quarks arriba y abajo) y electrones en sus variadas agregaciones. El resto se denomina materia oscura, necesaria para explicar la dinámica de los objetos visibles en los campos de gravedad generados por esta a escala cósmica. La naturaleza de la materia oscura se encuentra entre las principales cuestiones frontera de la ciencia actual. El LSC contribuye a este esfuerzo internacional en la búsqueda directa de la interacción de la materia oscura con detectores ultrapuros. Por otro lado, en el LSC hay dos experimentos en funcionamiento que investigan la búsqueda directa de materia oscura: ANAIS con centelleadores de NaI(Tl), el esfuerzo internacional más avanzado en verificar el resultado del experimento italiano DAMA/LIBRA y ArDM con argón líquido, el mayor detector de argón de doble fase en búsquedas de materia oscura. Un nuevo proyecto denominado TREX-DM, sobre la detección directa de la materia oscura con argón y neón en una cámara de alta presión, se ha instalado en el Hall A.



DESINTEGRACIÓN DOBLE BETA Y ASIMETRÍA MATERIA-ANTIMATERIA

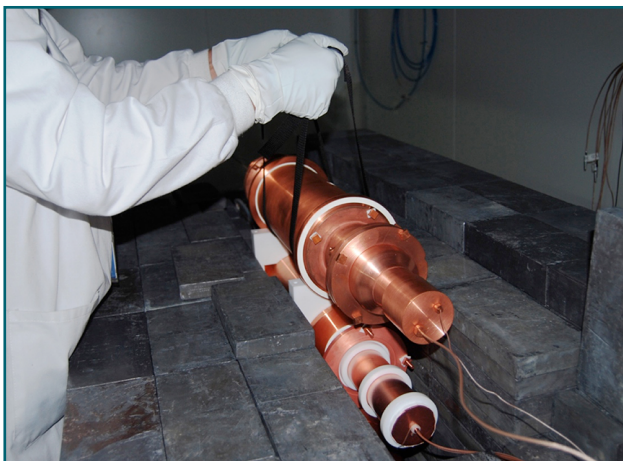
Hoy en día sabemos que los neutrinos tienen muy poca masa. Una explicación natural para el diminuto tamaño de la masa del neutrino requiere que el neutrino sea una partícula de Majorana, que tiene la propiedad de ser su propia antipartícula y de dar lugar a reacciones o desin-



tegraciones que no conservan el número de leptones, con la necesaria modificación del modelo estándar de física de partículas. La observación de la desintegración doble beta sin neutrinos demostraría que los neutrinos son partículas de Majorana y que el número de leptones no se conserva, cuestión relacionada con la necesaria asimetría materia-antimateria observada en el universo y no explicada en el actual marco conceptual. En el LSC estas actividades de investigación se están llevando a cabo a través de diversos detectores contruidos por colaboraciones internacionales. Por un lado, el experimento de desintegración doble beta NEXT-White (NEW), un detector con xenón a alta presión basado en una cámara de proyección temporal electroluminiscente está tomando datos desde 2018 en el Hall A y ha medido el espectro doble beta con neutrinos, demostrando las especificaciones esperadas de resolución de la energía y reconstrucción de trazas de los dos electrones. En 2020, estamos completando el detector NEXT, con 100 kg de material activo y un total de 50 toneladas, incluyendo el aislamiento, para abordar la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos. Además, el proyecto CROSS para la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos con bolómetros basados en cristales de telurio o molibdeno está tomando datos en el Hall B, con el objetivo de determinar las mejores condiciones que reduzcan el ruido de fondo superficial de los cristales con ayuda de la señal de centelleo. Ambos proyectos han recibido financiación europea con sendas *Advanced Grants* de la ERC.

RADIATIVIDAD E INFLUENCIA EN LA VIDA

Otras áreas científicas se benefician de la ubicación única de las instalaciones subterráneas del LSC. De entre ellas, el LSC, en colaboración con LNGS y SNOLab, está iniciando una exploración sistemática de los efectos de la baja radiactividad en la vida. El lector estará familiarizado con los estudios sobre los daños de las radiaciones ionizantes en las células y órganos, en particular en el ADN. La extrapolación hacia el límite de baja radiactividad parecería indicar a primera vista, que beneficia a la vida. Si es así, quizás le sorprenda, que la baja radiactividad no parece beneficiar los procesos vitales, adaptados a otras condiciones por miles de millones de años. Experimentos preliminares indican que los mecanismos de reparación del ADN se ralentizan, incluso se detienen, cuando cultivamos réplicas de bacterias, células humanas o incluso organismos (mosca de la fruta, etc.)



frente a sus homólogos en superficie. Las células sufren estrés oxidativo, demostrado en el laboratorio respecto a sus réplicas en superficie. La naturaleza de esta adaptación a la radiactividad natural aún es desconocida, y el impacto de las diferentes componentes (muones, neutrones, electrones, gamma) está por explorar. De una manera análoga a cómo nuestros detectores ven la cascada de partículas y radiación generada por la interacción de una partícula ionizante, tales cascadas energéticas tienen un impacto importante en la célula. Cómo esta cascada, degrada la energía en la célula para llegar a las energías de la química y la biología, es aún un área desconocida.

CONCLUSIONES

Estas grandes preguntas sobre nosotros y nuestro entorno: ¿Qué es la mayoría de la materia del universo?, ¿cómo ha generado el universo la materia sin producir igualmente antimateria?, ¿por qué altera la vida celular la baja radiactividad?, requieren de equipamiento y soporte tecnológico de laboratorios y empresas tecnológicas. Espectrómetros gamma de ultrabajo fondo, espectrómetros de masas con sensibilidad en ppq, sistemas de reducción de radón y detectores alfa para medidas de muy bajo nivel de radón (mBq/m^3), se encuentran entre las tecnologías que el LSC desarrolla, y busca colaboración con las empresas tecnológicas nacionales e internacionales. El LSC está interesado en desarrollos asociados a la mejora de la radio-pureza de los materiales (cobre, plomo, polietileno de alta pureza; producimos cobre ultrapuro por electroformación, para la producción de piezas en impresoras 3D de cobre,...) y de las técnicas necesarias para su caracterización (detectores de germanio de ultrabajo fondo, detectores de emanación de radón,...). Entre los proyectos emergentes: impacto de la radiactividad en las tecnologías cuánticas, extracción de xenón de las varillas de combustible nuclear gastado, detección de radio con imagen por fluorescencia de molécula única (con la nueva molécula FIB recientemente inventada). Queremos ser el punto de conexión entre la ciencia de tecnologías de bajo fondo (con 450 científicos de 30 instituciones y 10 países) y la industria tecnológica asociada. **¡Ven a vernos a Canfranc! ■**