



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Dos pulsos de radio anómalos sobre la Antártida siguen sin explicación, y la hipótesis de la "nueva partícula" pierde fuerza

Dos pulsos de radio inusuales registrados hace años por un experimento antártico en globo aún no tienen una explicación aceptada; una búsqueda dedicada del Observatorio Pierre Auger no encontró las huellas de las lluvias de partículas que implicarían, lo que hace mucho menos probable la lectura exótica de una "nueva partícula" pero deja la anomalía sin resolver.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



Las 48 antenas de ANITA apuntan hacia el hielo antártico desde una góndola de 25 pies de altura.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

El globo, el hielo y dos pulsos desde abajo

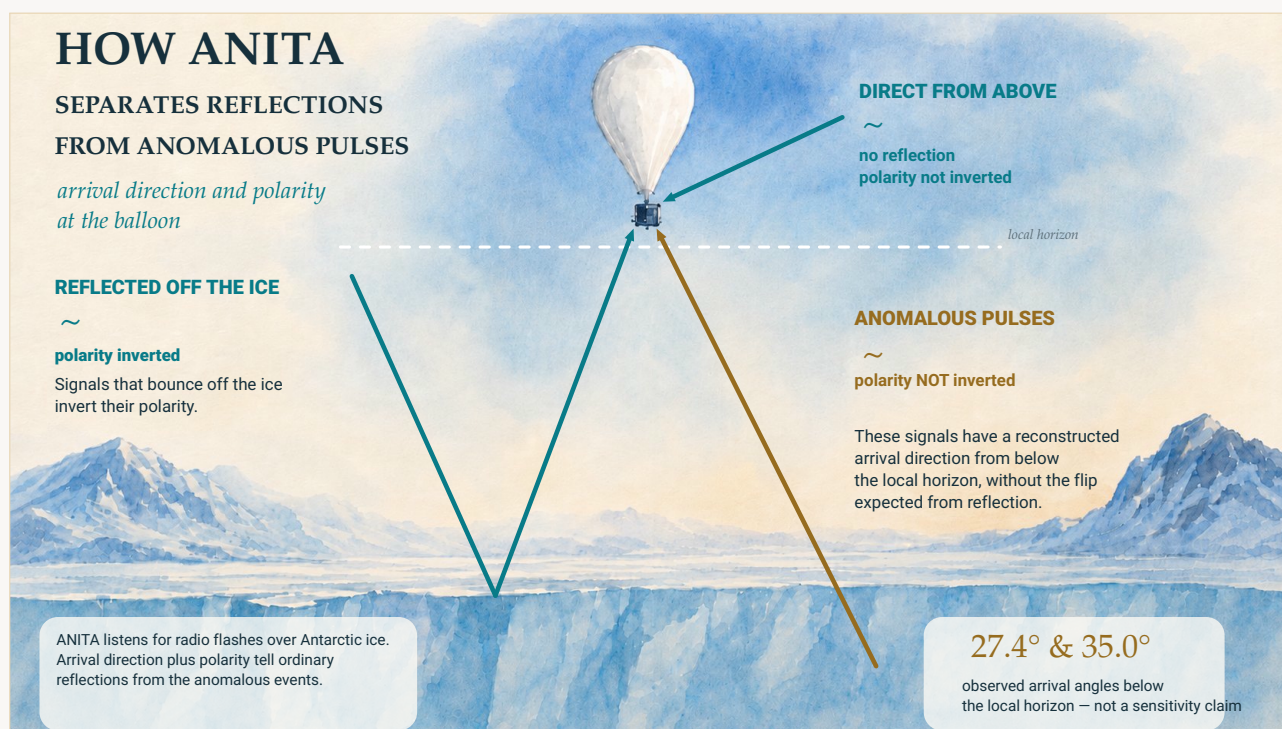
Durante casi toda su vida de trabajo, la Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — cuelga bajo un globo de la NASA, a unos treinta kilómetros de altura, y deriva durante semanas sobre el lugar más vacío de la Tierra, escuchando.

Lo que escucha son señales de radio del espacio. Cuando una partícula de muy alta energía — un rayo cósmico, o un neutrino — choca contra el aire o el hielo, se rompe en una lluvia de partículas más pequeñas, y esa lluvia emite un breve destello de radio. La Antártida es casi ideal para captarlas: kilómetros de hielo limpio y frío que la radio atraviesa casi como si fuera vidrio, y nada en cientos de kilómetros que ensucie la señal. El trabajo de ANITA es atrapar esos destellos y leer, por su forma y su tiempo de llegada, qué los produjo.

La mayor parte de lo que oye se porta bien. Algunos destellos llegan directamente desde arriba. Muchos más rozan el hielo y rebotan hacia la antena, y esos llevan una pista clara: el rebote da la vuelta a la onda (una inversión de la *polaridad* de la señal), una firma que los físicos pueden leer de

un vistazo. Así se distingue una reflexión de la cosa real.

Dos veces llegó algo que rompió el patrón.



En el globo, un pulso que viene directamente desde arriba llega sin invertirse, mientras que un pulso reflejado llega con la polaridad invertida: el signo habitual de un rebote en el hielo. Los dos pulsos anómalos, en cambio, llegan desde una dirección *reconstruida* muy por debajo del horizonte local, pero sin esa inversión, donde una reflexión sí la habría producido. “Desde abajo” describe esa dirección de llegada, no una partícula saliendo de la Tierra.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

En un vuelo de 2006 y otro de 2014, ANITA captó un pulso desde muy *por debajo* del horizonte — 27,4° y 35,0° por debajo, respectivamente — como si hubiera salido del continente, sin *ninguna* inversión. No era una reflexión, entonces. Algo que realmente viajó hacia arriba, desde el hielo, hacia el globo.

Por eso esto roza el escándalo. Para llegar a la antena con un ángulo ascendente tan pronunciado, lo que produjo el pulso tuvo que subir a través del cuerpo del planeta: seis o siete mil kilómetros de roca sólida. Casi nada puede hacerlo. La única partícula conocida que atraviesa la materia ordinaria como si apenas estuviera allí es el neutrino, que pasa por toda la Tierra sin darse casi por enterado. La idea natural es que un neutrino atravesó la roca hacia arriba, golpeó un átomo justo bajo el hielo y produjo una lluvia de partículas que subía, cuyo destello de radio captó ANITA. El problema es el giro siguiente: un neutrino con energía suficiente para producir *esta* señal es, de hecho, demasiado fácil de detener. A través de tanta roca debería ser absorbido muchas veces. Y un flujo de neutrinos tan intenso como para que dos aun así pasaran debería haber aparecido en los detectores gigantes contruidos precisamente para eso. Ninguna explicación ordenada terminaba de cerrar.

Así que los dos pulsos quedaron ahí, negándose a comportarse. No un descubrimiento — dos eventos nunca son un descubrimiento — pero tampoco nada. Una anomalía real: de las que interesan pre-

cisamente porque nadie podía decir aún si era una grieta en el Modelo Estándar de la física o solo una rareza del hielo, la antena o la aritmética.

Este es el punto en que cierto tipo de cobertura busca la palabra *misterioso*, baja las luces y pregunta qué podría vivir bajo la Antártida. Resiste. La pregunta real nunca fue *qué monstruo hay en el hielo*. Fue la pregunta paciente y poco glamorosa que de verdad hace avanzar la ciencia: **¿cómo lo comprobarías?**

Qué hicieron los autores

Hay una forma limpia de poner a prueba las explicaciones emocionantes. Si los pulsos de ANITA vienen de un flujo real y recurrente de lluvias ascendentes — ya sea de neutrinos tau ordinarios o de alguna nueva partícula propuesta — entonces un detector suficientemente grande que vigile exactamente esos eventos debería captar una parte de ellos.

El Observatorio Pierre Auger, en Argentina — el mayor detector de rayos cósmicos jamás construido — está bien situado para buscar. Usando su detector de fluorescencia, la colaboración buscó lluvias atmosféricas ascendentes (que llegan desde abajo, con ángulos cenitales superiores a 110° y energías por encima de $0,1 \text{ EeV}$) en datos de 2004 a 2018. Crucialmente, toda la selección se fijó *antes* de examinar el conjunto completo de datos: un análisis “ciego”, para que la respuesta no pudiera manipularse hacia un resultado esperado.

Qué encontraron

Después de abrir el análisis, sobrevivió **un** evento candidato, plenamente compatible con los $0,27 \pm 0,12$ eventos esperados de rayos cósmicos ordinarios reconstruidos de vez en cuando como ascendentes. En otras palabras: ninguna señal ascendente genuina; solo el goteo de fondo que cabía esperar.

La fuerza del resultado está en la comparación. Si los pulsos de ANITA procedían de un flujo estable de lluvias ascendentes, Auger debería haber registrado **muchos**: aproximadamente 34 a 69 eventos para un espectro de energía plausible, y al menos unos 8 incluso bajo supuestos deliberadamente conservadores. Encontró uno, compatible con el fondo. Los autores lo describen como un “fuerte desacuerdo” con la interpretación de lluvias ascendentes.

Qué significa probablemente

Una no detección de este tamaño informa. Si los eventos de ANITA procedían de una población real de partículas que llegaban desde esas direcciones — neutrinos tau ordinarios, o las hipotéticas nuevas partículas propuestas para explicarlos — la larga exposición de Auger debería haber captado

un número considerable. No lo hizo. Eso descarta en la práctica la explicación de un “flujo difuso de lluvias ascendentes”, la categoría en la que caen la mayoría de las ideas más allá del Modelo Estándar, salvo condiciones forzadas y muy especiales.

Lo que sobrevive son explicaciones que *no* son un flujo de partículas que producen lluvias: sobre todo, un efecto de reflexión o propagación peculiar del hielo y de la geometría cercana al horizonte, o un artefacto instrumental o de análisis. Ninguna está confirmada. Así que el resumen honesto es: la interpretación más emocionante acaba de recibir un golpe serio, y la causa sigue siendo desconocida.

Qué no prueba

- No identifica **qué** son los dos pulsos. “Desfavorece fuertemente nueva física” no significa “resuelto”.
- No confirma una causa mundana. Una candidata importante — reflexiones desde debajo de la superficie antártica — sigue siendo una hipótesis, no un resultado.
- No detecta nada “desde debajo del hielo” en sentido literal. Las antenas de ANITA cuelgan de un globo *sobre* la Antártida; “desde abajo” describe la dirección reconstruida de llegada de un pulso de radio, no un sonido, una voz ni nada que emane del interior del hielo.
- No apoya afirmaciones de una nueva partícula confirmada. La versión más compartida de esta historia apunta en la dirección opuesta a la evidencia.

¿Qué solidez tienen las pruebas?

Modesta, y presentada como tal.

- El interés por una física más allá del Modelo Estándar descansa esencialmente en **dos** eventos, de dos vuelos de ANITA.
- Este artículo es un **resultado nulo**: potente para excluir posibilidades, pero no puede decir qué *son* los eventos.
- La exclusión es cuantitativa y fuerte (decenas de eventos esperados, un evento compatible con el fondo) — pero apunta a la interpretación de “flujo de lluvias ascendentes”, no a toda causa concebible.
- Una explicación mundana importante (reflexión cerca de la superficie) es plausible pero no probada; otras alternativas (ciertos modelos de radiación de transición) han sido desfavorecidas por otros trabajos.
- Ningún experimento ha reproducido de forma independiente la anomalía original.

Es una restricción precisa sobre un pequeño rompecabezas persistente, no un descubrimiento.

Por qué importa

Las explicaciones propuestas llegaron hasta partículas exóticas. En vez de perseguir la más emocionante, el campo hizo lo poco glamoroso: probó la idea contra un detector independiente y mucho mayor, y los datos dijeron que no. Un instrumento sucesor más grande y sensible, PUEO, se está construyendo para mirar otra vez.

La anomalía aún puede resultar mundana. Eso no la convertiría en un fracaso. Estrechar una medición inexplicada hasta que se disuelva o fuerce un verdadero descubrimiento *es* el trabajo, y vale la pena observarlo precisamente porque la respuesta honesta, por ahora, sigue siendo “no lo sabemos”.

En pocas palabras

Dos pulsos de radio de los vuelos antárticos de ANITA en 2006 y 2014 parecen venir de ángulos muy por debajo del horizonte que el Modelo Estándar tiene dificultades para explicar. Una búsqueda dedicada de 2025 con el Observatorio Pierre Auger encontró solo un evento candidato, compatible con el fondo, donde se esperaban decenas si los pulsos procedían de un flujo de lluvias ascendentes. Eso desfavorece fuertemente la interpretación exótica de una “nueva partícula” y apunta más bien a un efecto de reflexión, propagación o instrumento específico de ANITA, pero la causa sigue siendo realmente desconocida. No es una nueva partícula confirmada, ni una señal misteriosa desde dentro del hielo.

Sin rodeos

Qué muestra el artículo: Una búsqueda ciega del Observatorio Pierre Auger (2004-2018) de lluvias atmosféricas ascendentes encontró un candidato, compatible con el fondo esperado de 0,27 eventos de rayos cósmicos. Si las anomalías de ANITA procedían de un flujo de tales lluvias, Auger debería haber visto aproximadamente 34-69 (o al menos ~8 bajo supuestos conservadores). Esto desfavorece fuertemente la interpretación de lluvias ascendentes, incluidos los escenarios de “nueva partícula” más allá del Modelo Estándar.

Qué es plausible pero no está probado: Un efecto de reflexión o propagación de radio cerca del hielo y del horizonte, o un artefacto instrumental/de análisis específico de ANITA.

Qué no muestra: Que los eventos estén causados por una nueva partícula; que sean señales desde debajo del hielo; que haya algo paranormal, artificial o audible implicado; que la causa ya se conozca.

Principales limitaciones: El interés por una física más allá del Modelo Estándar descansa en unos dos eventos; este es un resultado nulo que constriñe pero no identifica; la exclusión apunta específicamente a la interpretación de “flujo de lluvias”; no hay reproducción independiente de la anomalía original.

¿Cuánta confianza debería tener un lector general? Alta confianza en que esto *no* es una nueva partícula confirmada ni una señal desde dentro del hielo, y en que la interpretación exótica por flujo está ahora fuertemente desfavorecida. Baja confianza sobre la causa verdadera, que sigue abierta. Postura apropiada: curiosidad por una anomalía no resuelta que probablemente sea mundana.

Fuentes

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>