

Astrónomo del CATA participa en descubrimiento que desafía la formación de cúmulos galácticos



Con presencia del Investigador Asociado del Centro, Manuel Aravena, este hallazgo aporta nueva evidencia del origen y la evolución de estas estructuras del Universo temprano.

Un equipo internacional de astrónomos logró detectar la atmósfera intracúmulo caliente más antigua jamás observada, revelando un enorme reservorio térmico en un cúmulo de galaxias en formación: el SPT2349-56. El hallazgo desafía los modelos actuales sobre cómo se formaron y evolucionaron los cúmulos de galaxias en el Universo temprano.

El estudio, publicado en la revista Nature, cuenta con la participación del astrónomo Manuel Aravena, Investigador Asociado del Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines – CATA (Centro Basal de ANID) y académico de la Universidad Diego Portales (UDP), junto a Manuel Solimano y Ana Posses, quienes durante el desarrollo de esta investigación fueron estudiantes del CATA y de la UDP. El trabajo fue liderado por Dazhi Zhou, candidato a doctorado de la University of British Columbia.

¿Qué es SPT2349-56 y por qué su hallazgo es relevante?

SPT2349-56 es un proto-cúmulo de galaxias extremadamente masivo y compacto, observado cuando el Universo tenía apenas 1.400 millones de años, equivalente al 10% de su edad actual. Es una de las estructuras más densas y activas conocidas a tan temprana época cósmica, albergando decenas de galaxias con intensa formación estelar, junto con varios agujeros negros supermasivos en rápida fase de crecimiento.

“Lo particularmente relevante de SPT2349-56 es que representa una fase muy temprana en la formación de los cúmulos de galaxias, que son los sistemas gravitacionalmente ligados más grandes del Universo actual. Hasta ahora, se pensaba que en estas etapas iniciales el gas intracúmulo aún no estaba suficientemente caliente ni organizado. Este estudio demuestra que, sorprendentemente, el cúmulo ya contiene un reservorio masivo de gas caliente, desafiando esa visión tradicional”, explica Manuel Aravena.

Para dar con este descubrimiento, el equipo de investigación utilizó el radiotelescopio Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), empleando una técnica de observación poco habitual llamada efecto térmico Sunyaev-Zel'dovich (tSZ), la cual no detecta la luz emitida por el gas, sino una sutil ‘sombra’ que el gas caliente produce sobre la radiación fósil del Big Bang: el fondo cósmico de microondas.

“Este efecto no pierde intensidad con la distancia,

convirtiéndolo en una herramienta única para estudiar gas caliente, incluso en el Universo muy temprano. La sensibilidad y resolución de ALMA permitieron, por primera vez, aislar y medir directamente este efecto en un proto-cúmulo a $z > 4$ (edad muy temprana del Universo), revelando la presencia de un gas mucho más caliente y energético de lo esperado”, detalla el Investigador de CATA.

En cuanto a la relación entre la formación de cúmulos y los procesos energéticos asociados a galaxias y agujeros negros, Aravena añade que “este estudio refuerza la idea de que la evolución de los cúmulos y de sus galaxias está profundamente acoplada. En SPT2349-56 coexisten una intensa formación estelar y múltiples agujeros negros supermasivos activos, algunos de los cuales emiten potentes chorros de radio”.

Los resultados indican que la energía liberada por estos agujeros negros puede transferirse de manera muy eficiente al gas circundante, calentándolo y presurizándolo (aumentando su presión) antes de que el cúmulo esté completamente formado. “Estos objetos no solo regulan la evolución de sus galaxias anfitrionas, sino que también influyen directamente en el destino térmico del cúmulo completo”, complementa Aravena.

Previo a este descubrimiento, se asumía que en las primeras épocas cósmicas los cúmulos de galaxias aún eran demasiado inmaduros para haber desarrollado y calentado completamente su gas intracúmulo. No se había detectado directamente ninguna atmósfera caliente en los cúmulos durante los primeros 3.000 millones de años de la historia del Universo.

“Los modelos actuales predicen que, en etapas tan tempranas, los cúmulos deberían contener gas relativamente frío y poco presurizado, que se va calentando gradualmente a medida que la estructura crece por acreción gravitacional. Sin embargo, en SPT2349-56 se observa un exceso de energía térmica de al menos un orden de magnitud (un factor 10x) respecto a lo que la gravedad por sí sola puede explicar”, explica el académico UDP.

La participación de Manuel Aravena junto a sus estudiantes Manuel Solimano y Ana Posses y el uso del radiotelescopio ALMA demuestran el impacto científico y formativo del ecosistema astronómico chileno, especialmente de organizaciones como el CATA y la UDP.

“Refleja la capacidad de las instituciones de nuestro país para formar capital humano avanzado que contribuye activamente a descubrimientos de frontera, en colaboración con equipos internacionales y utilizando infraestructura de clase mundial como ALMA. Es una muestra concreta de cómo la inversión en formación y colaboración científica genera retornos visibles en la ciencia de alto impacto”, destaca el astrónomo.

Nuevas líneas de investigación y próximos pasos

Los resultados de SPT2349-56 sugieren que procesos como la actividad de agujeros negros supermasivos pueden estar calentando el gas de forma muy eficiente y muy temprana, algo que no está plenamente incorporado en las simulaciones cosmológicas actuales. Esto permite que se abran nuevas líneas de investigación, tanto observacionales como teóricas,

enfocadas en entender cuándo, cómo y cuán común es esta fase de 'sobrecalentamiento' en los cúmulos galácticos más jóvenes.

Aravena menciona que uno de los principales desafíos será "determinar cuán común es este tipo de gas caliente en proto-cúmulos del Universo temprano". Planteando la interrogante de si, en este caso, se trata de algo excepcional o de una fase breve pero generalizada en la formación de cúmulos.

"A futuro, será clave combinar observaciones tSZ con ALMA y experimentos de fondo cósmico, junto con datos del James Webb Space Telescope (JWST) y rayos X, para trazar la evolución térmica del gas intracúmulo a lo largo del tiempo cósmico. En paralelo, los modelos teóricos deberán incorporar de manera más realista los mecanismos de retroalimentación energética temprana. SPT2349-56 se convierte así en un laboratorio único para entender cómo nacen los cúmulos más grandes del Universo", concluye el Investigador de CATA.