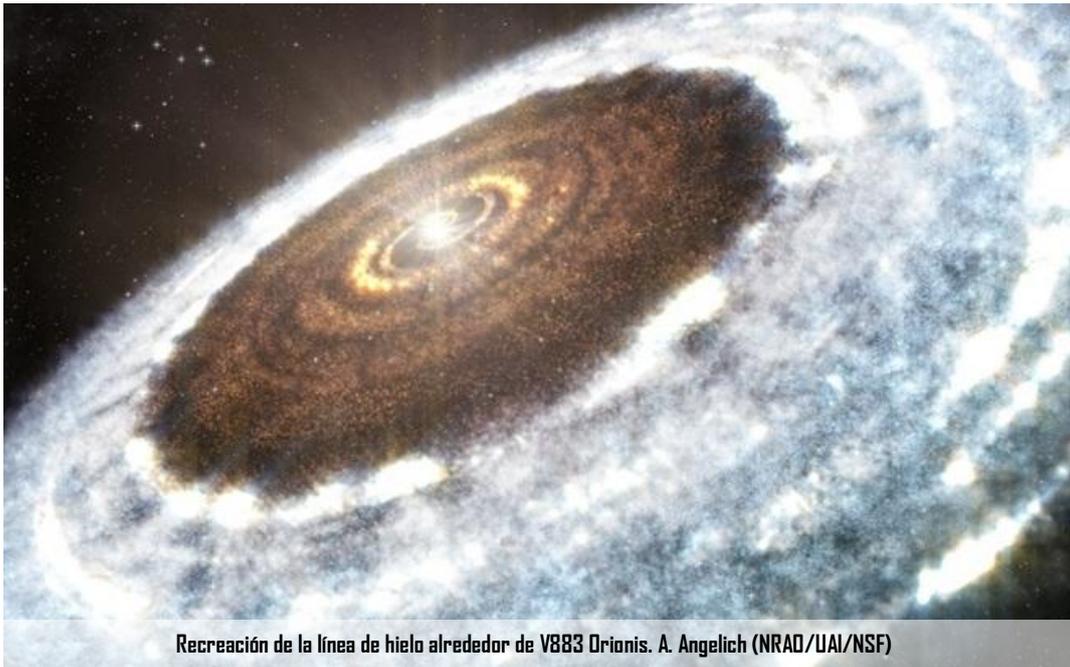


## La 'línea de hielo' que determina la formación de los planetas



Recreación de la línea de hielo alrededor de V883 Orionis. A. Angelich (NRAD/UAI/NSF)

Utilizando el radiotelescopio ALMA, un equipo internacional de astrónomos ha observado la 'línea de agua' que separa la región donde el agua se encuentra en estado gaseoso y en estado sólido (hielo) en el disco de gas y polvo que rodea a una estrella recién formada. Se piensa que el hielo

debe jugar un papel fundamental en la formación y posterior desarrollo de los planetas.

### Como arena de la playa

Los sistemas planetarios, como nuestro sistema solar, se forman en los discos de gas y polvo que quedan rodeando a las estrellas jóvenes poco después de su formación. Inicialmente el polvo contenido en esos discos está constituido por pequeñas partículas sólidas (menores que granos de arena de playa) que deben aglutinarse entre sí, formando cuerpos sólidos progresivamente mayores, hasta poder dar lugar a planetas como la Tierra.

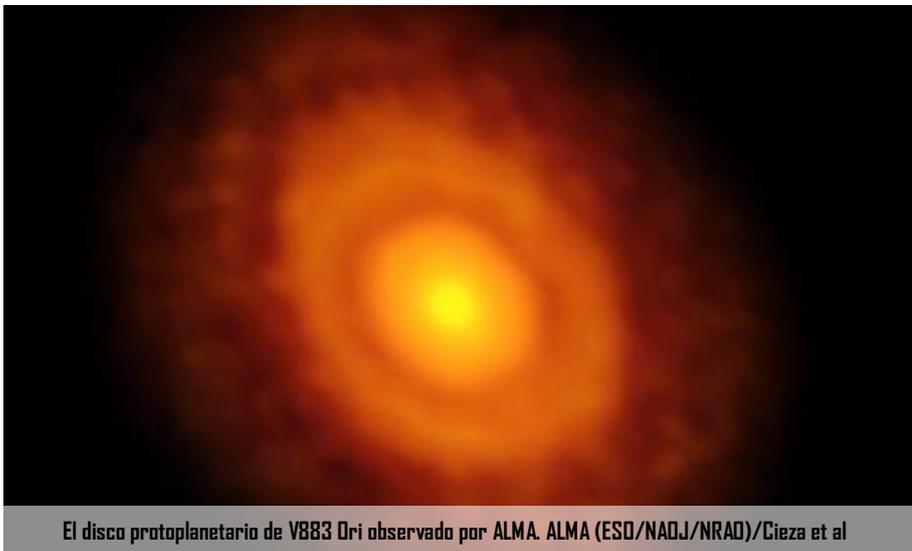
Experimentos realizados en laboratorio con análogos de granos de polvo interestelar indican que el agua en forma de hielo es un actor importante en el proceso de crecimiento de estas partículas sólidas. En efecto, se piensa que la presencia de una capa de agua helada recubriendo los granos podría actuar como un catalizador, ayudando a que éstos comiencen a unirse dando lugar a partículas de mayor tamaño. La repetición de este proceso durante un largo periodo de tiempo podría constituir la primera etapa en la formación de los planetas, tanto los del sistema solar como los exoplanetas que orbitan en torno a estrellas diferentes del Sol.

Para asegurarse de que este mecanismo tiene lugar realmente en los discos protoplanetarios es preciso estudiar esos mantos de hielo de los granos interestelares y medir la abundancia de agua en ellos, una tarea nada sencilla pues estos hielos, a muy bajas temperaturas, tan sólo emiten algo de radiación en el rango de las ondas submilimétricas o infrarrojas. También es de sumo interés medir el tamaño de los granos en diferentes regiones de un disco circunestelar tratando de averiguar si los granos van creciendo en algunas regiones concretas. Por ejemplo, ya se tienen indicios de que tales granos son más gruesos en las partes ecuatoriales de los discos donde las temperaturas son menores.

## Dos regiones

Las estrellas recién formadas, todavía sin estabilizar, se caracterizan por presentar grandes y violentas erupciones que ocasionan cambios irregulares en su luminosidad y bruscas alteraciones en su entorno. Los episodios eruptivos van seguidos de otros períodos más largos de inactividad o calma.

Un equipo internacional de astrónomos liderado por Lucas Cieza (Universidad Diego Portales de Chile) en el que participa Héctor Cánovas de la Universidad Autónoma de Madrid, ha utilizado recientemente el potente radiotelescopio gigante ALMA (especializado en ondas submilimétricas) para observar indicios de hielo en el disco que rodea a una de tales estrellas jóvenes y variables en la constelación de Orión, la designada como V883 Ori. Las observaciones fueron realizadas poco tiempo después de que la estrella sufriera un episodio de intensa actividad eruptiva.



El disco protoplanetario de V883 Ori observado por ALMA. ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Cieza et al

Las imágenes obtenidas muestran nítidamente un disco con una zona interna brillante rodeada de un halo mucho más tenue. El análisis de las observaciones indica que la brillante zona interna está compuesta mayoritariamente por partículas de polvo pequeñas (con tamaños menores de un milímetro de tamaño), mientras que la zona externa (el halo) está compuesta por partículas de mayor tamaño (de

al menos unos pocos milímetros). La temperatura estimada para la región interna permite al agua permanecer en fase gaseosa, mientras que en la zona exterior el agua debe encontrarse helada. La línea imaginaria que separa estas dos regiones anulares bien diferenciadas es conocida por los estudiosos de la formación de planetas como la 'línea de hielo' (en inglés se utiliza el término 'snow line', literalmente 'línea de nieve').

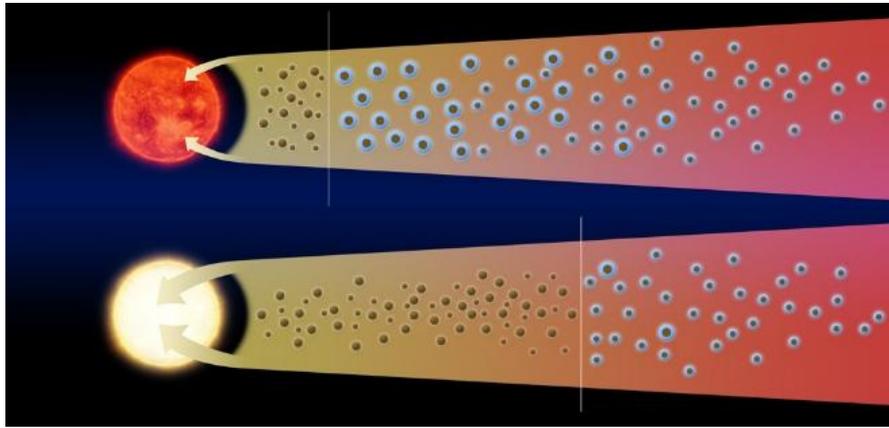
## El vaivén de la línea de hielo

Desde un punto de vista teórico, se espera que, a consecuencia de las erupciones de una estrella joven, su temperatura así como la del disco que la rodea, aumente sensiblemente y que este calentamiento del disco ocasione esas dos zonas bien diferenciadas que se observan en V883 Ori: una región interna, próxima a la estrella, donde debido a la alta temperatura el agua se ha evaporado, y otra región más alejada de la estrella, donde la temperatura permanece baja y el agua se conserva en forma de hielo cubriendo las partículas de polvo. Es pues en estas regiones externas donde el hielo puede actuar como un catalizador favoreciendo el engrosamiento de los granos de polvo.

Cuando su fase eruptiva cesa, y la estrella vuelve a la calma, su temperatura disminuye y el disco que la rodea se enfría. Este descenso de temperatura provoca que la mayoría del agua en el disco vuelva a

helarse, y sólo las partes más próximas a la estrella alcanzan la temperatura suficiente para que el agua (y otros compuestos volátiles) se mantenga en estado gaseoso. Debido a esto, en los períodos de calma la línea de hielo está muy cerca de la estrella, lo cual dificulta su detección con los telescopios actuales.

Estas ideas concuerdan muy bien con las nuevas observaciones. En los periodos de erupción, como el que ahora sufre V883 Ori, la línea de hielo debe encontrarse mucho más lejos de la estrella y entonces resulta



La línea de hielo en periodo de calma y en periodo eruptivo. ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/Cieza et al

confortablemente.

Las observaciones de Cieza, Cánovas y colaboradores sugieren que, durante las etapas previas a la formación de los planetas, la estructura del disco proto-planetario deber cambiar drásticamente con cada erupción estelar. Así, la línea imaginaria de sublimación que separa la región helada de la región gaseosa se desplaza hacia el exterior y hacia el interior, provocando cambios en las partículas de polvo que forman los primeros ladrillos con los que se van construyendo los exo-planetes. Sin duda el estudio de estos cambios en los discos proto-planetarios ayudará a explicar por qué algunos planetes son rocosos (como la Tierra), mientras que otros son gaseosos (como Júpiter).

### También interesante

- La masa de V883 Ori es apenas un 30 % más masiva que el Sol, pero durante sus erupciones se hace 400 veces más luminosa que el astro rey.
- Los episodios eruptivos de las estrellas jóvenes reciben el nombre de 'erupciones FU Orionis' por la estrella prototípica en la que se estudiaron por primera vez. Se estima que una estrella recién formada puede experimentar decenas de episodios FU Ori a lo largo de su evolución temprana.
- El artículo de Cieza y colaboradores titulado 'Imaging the water snow-line during a protostellar outburst' ('Imágenes de la línea de hielo durante una erupción protoestelar') ha sido publicado en un número reciente de la prestigiosa revista *Nature*.