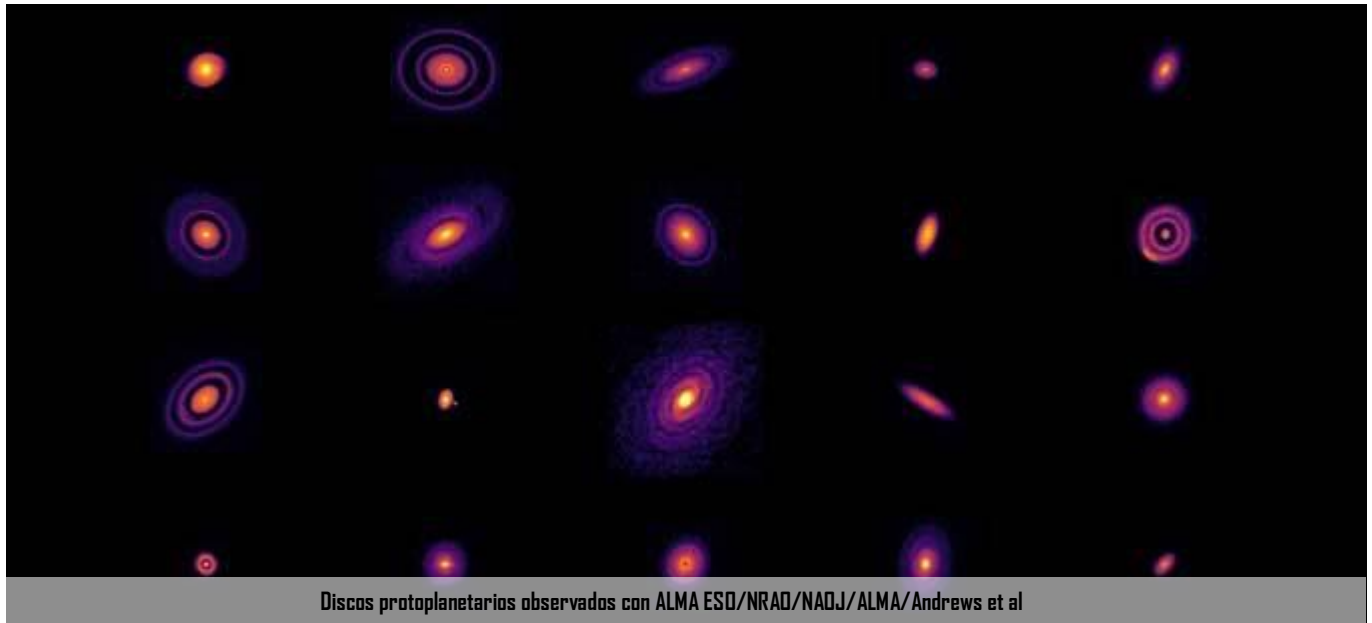


## Así nacen los planetas: sistemas protoplanetarios descubiertos por el radiotelescopio ALMA



Un proyecto de larga duración emprendido por el radiotelescopio gigante ALMA ha revelado la estructura de los discos compuestos de gas y polvo que orbitan en torno a dos docenas de estrellas jóvenes. Las múltiples morfologías observadas en tales discos nos revelan cómo se forman los planetas en sistemas planetarios parecidos al solar.

### Irresistible gravedad

El espacio interestelar está poblado por grandes nubes compuestas esencialmente de hidrógeno gaseoso. Las regiones más inestables de tales nubes pueden hacerse más densas debido a la acción gravitatoria, y algunas de estas regiones pueden llegar a desplomarse sobre sí mismas (por no poder soportar su propio peso) dando lugar a la formación de estrellas.

La formación de una estrella es un complicado proceso físico mediante el que se genera, en torno a la protoestrella, un disco rotante de gas mezclado con pequeñas partículas de material sólido. Estas partículas -que son similares a las del polvo- reciben el nombre de polvo interestelar. En ese disco que queda rotando en torno a la estrella joven, las pequeñas partículas sólidas van aglomerándose y van creciendo hasta llegar a formar primero rocas de tamaño modesto y a continuación cuerpos rocosos de tamaño progresivamente mayor. Los mayores cuerpos rocosos pueden llegar a atrapar el gas del entorno para rodearse de una atmósfera. Mediante todos estos

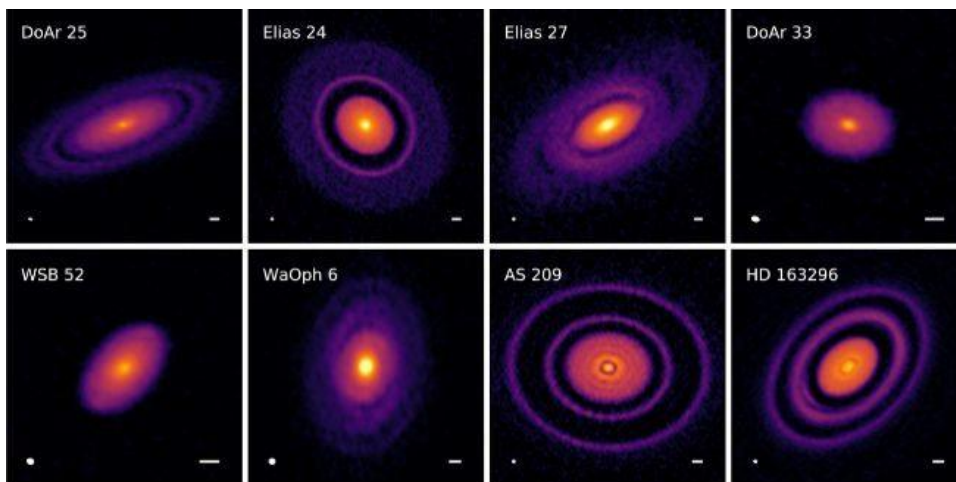


Los mayores cuerpos rocosos pueden llegar a atrapar el gas del entorno para rodearse de una atmósfera. Mediante todos estos

procesos se llegan a formar planetas, satélites, asteroides, cometas y todos los pequeños cuerpos que pueblan un sistema planetario. Sin embargo, estas ideas teóricas eran muy difíciles de probar desde un punto de vista observacional. Y es que los discos protoplanetarios que rodean a las estrellas jóvenes son objetos poco masivos (en el contexto astronómico) y emiten una radiación débil. El radiotelescopio gigante ALMA, constituido por 66 antenas de altísima precisión que están emplazadas en una llanura a 5.050 metros de altitud en el desierto de Atacama (Chile), fue concebido con unas prestaciones técnicas que lo hacen capaz de observar tales discos.

## DSHARP

En el curso de unas primeras observaciones pioneras, ALMA reveló la existencia de un disco protoplanetario en torno a la estrella [HL Tauri](#), una imagen que dio la vuelta al mundo y que se ha



Discos protoplanetarios observados con ALMA. El trazo blanco en el ángulo inferior derecho equivale a 10 UA. ESO/NRAO/NAOJ/ALMA/Andrews et al.

convertido en un icono de la ciencia contemporánea. Ahora ALMA acaba de completar las observaciones de dos docenas de discos protoplanetarios más, revelando así una variedad asombrosa de microestructuras en el seno de tales discos. El proyecto, denominado Disk Substructures at High Angular

Resolution Project ([DSHARP](#)) está siendo llevado a cabo por un equipo internacional de astrónomos con la coordinación de Sean Andrews del Centro de Astrofísica de la Universidad de Harvard.

Las nuevas observaciones proporcionan imágenes de gran nitidez. Dependiendo de la distancia a cada estrella, se pueden llegar a observar detalles de tamaño del orden de unas cuantas unidades astronómicas. Recordemos que una unidad astronómica (UA) equivale a la distancia media entre la Tierra y el Sol, en números redondos esto es 150 millones de kilómetros, una unidad muy conveniente para expresar las dimensiones de los sistemas planetarios.

A pesar de sus altísimas prestaciones, ALMA no tiene la capacidad para detectar los protoplanetas que se encuentran en formación; pero sí que observa con claridad que casi todos estos discos están constituidos por una serie de anillos concéntricos. Naturalmente es muy tentador pensar que cada surco vacío que queda entre dos anillos consecutivos ha quedado libre de material por la formación de protoplaneta que va barriendo el espacio anular según se abre paso en su órbita alrededor de la estrella central.

Lo que es también muy sorprendente es que, además de estos anillos, en algunos discos se observan pequeños brazos espirales, arcos, estructuras en forma de alas simétricas, e irregularidades de diferentes tipos y tamaños a lo largo de algunos de los anillos gaseosos. También interesante resulta constatar que

hay discos y anillos en un amplio rango de distancias a la estrella central: algunos de éstos apenas alcanzan unas UA, mientras que otros superan el centenar de UA. Para comparación con el sistema solar, recordemos que Neptuno -su planeta más lejano- orbita en torno al Sol a una distancia de 30 UA.

## La evolución temprana de los planetas

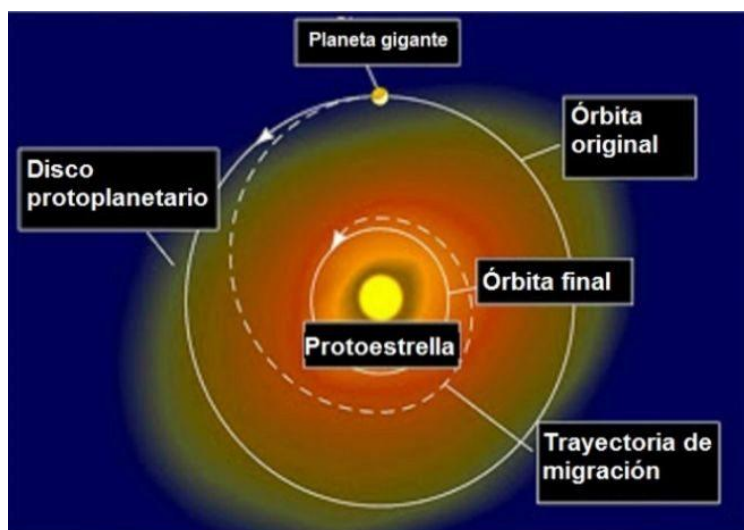
A partir de esta espectacular galería de imágenes, los investigadores concluyen que los planetas gigantes, del tipo de Júpiter o Saturno, se forman muy rápidamente; mucho más rápidamente que lo predicho por las teorías actuales. Además, tales gigantes gaseosos tienden a formarse lejos de sus estrellas, en los confines de sus sistemas planetarios. El nacimiento rápido y precoz de los planetas gigantes permitiría que otros planetas más pequeños, rocosos como la Tierra, puedan formarse después, evolucionando y creciendo en un entorno ya más calmado.

La muestra de estrellas observadas es aún pequeña para extraer conclusiones estadísticas, pero todo parece indicar que los sistemas protoplanetarios pueden observarse en una gran variedad de estrellas, algunas de las observadas apenas tienen un millón de años de edad, lo que refuerza la idea de que la formación planetaria puede suceder muy deprisa.

La detección de tantos sistemas proto-planetarios va de la mano de las detecciones recientes de sistemas planetarios maduros en multitud de estrellas. Recordemos que ya hay unos 4.000 exoplanetas catalogados y que tales exoplanetas pueden acompañar a estrellas de todo tipo y tamaño.

## Migración planetaria

Entre los exoplanetas que más abundan se encuentran los júpiteres calientes: gigantes gaseosos muy próximos a su estrella anfitriona. Los nuevos datos de ALMA, al sugerir que los planetas más grandes se forman lejos de su estrella, también implican que los fenómenos de migración son muy importantes en los procesos de formación de un sistema planetario.



Modelo de migración planetaria

En efecto, tras formarse en el borde de su sistema, para lograr una mayor estabilidad, algunos de los planetas gigantes parecen tener tendencia a desplazarse hacia regiones más internas. Sin embargo, se trata de procesos de gran complejidad cuyo estudio requerirá de muchas más observaciones y de simulaciones numéricas mediante supercomputación. Los primeros resultados del proyecto DSHARP han sido publicados en una serie de 10 artículos en la revista *The Astrophysical Journal Letters*.