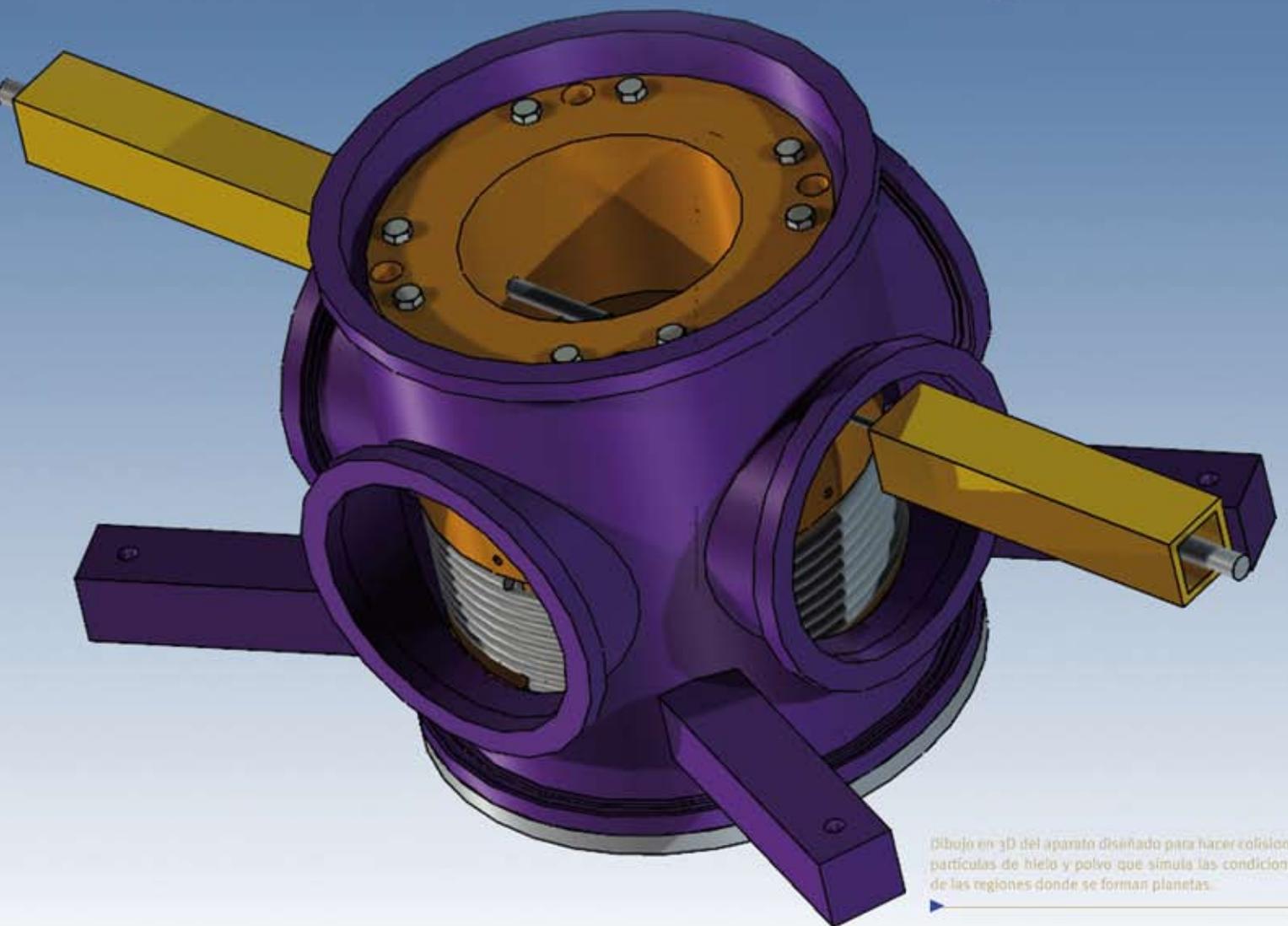


# Un colombiano en gravedad cero estudia la formación de planetas

■ Ilustraciones del autor



Dibujo en 3D del aparato diseñado para hacer colisionar partículas de hielo y polvo que simula las condiciones de las regiones donde se forman planetas.

### Germán Chaparro

Físico, Universidad Nacional de Colombia  
Estudiante de maestría en Astronomía,  
Universidad de Leiden, Países Bajos  
chaparro@strw.leidenuniv.nl

**L**as condiciones de gravedad cero en los vuelos experimentales Zero-G de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) son ideales para estudiar procesos astronómicos que no podemos analizar en la superficie de la Tierra, presos de la fuerza gravitacional.

El experimento comenzó como un proyecto entre Guido van der Wolk (Holanda), Demerese Salter (Estados Unidos) y yo, todos estudiantes de maestría en Astronomía en Holanda (Guido en Groningen y Demerese y yo en Leiden) para participar en uno de los vuelos estudiantiles de gravedad cero de la ESA. La idea lentamente se fue convirtiendo en un proyecto de investigación profesional, y en octubre de este año participaremos en la Campaña Profesional de Vuelos Parabólicos para investigar la formación de planetas en el medio interestelar.

## Planetas miniatura

La observación de enormes nubes de polvo y gas en el medio interestelar ha indicado a los investigadores la existencia de regiones en las cuales hay formación activa de estrellas —la nebulosa de Orión es un ejemplo famoso—. Cuando esas nubes colapsan bajo su propia densidad se forman estrellas recién nacidas en el centro de este colapso. Uno de los descubrimientos más importantes de la última década fue que la mayoría de estrellas recién nacidas están rodeadas de un disco aplastado del cual se forman otras estrellas, planetas y objetos más pequeños, como asteroides, microplanetas y cometas. Gracias a observaciones astronómicas de estas regiones, actualmente se conoce la composición típica de estas nubes de partículas, pero no lo que ocurre para que a partir de un disco de este tipo aparezcan estructuras más complejas.

Procesos importantes en la formación de planetas cerca de estrellas jóvenes han sido investigados durante mucho tiempo de forma limitada en laboratorios de astroquímica alrededor del mundo, sin obtener resultados correspondientes con la realidad árida del medio interestelar, donde partículas heladas merodean flotando sumergidas en el vacío esperando a encontrarse con otra partícula, y otra... en un proceso que a lo largo de miles de años dará lugar a los distintos tipos de planetas que observamos, rocosos como la Tierra y Marte, o gaseosos como Júpiter y Saturno.

Se cree que el medio donde se mueven estas partículas heladas mientras flotan por el espacio durante millones de años, chocando ocasionalmente entre ellas, es típico del

**Volando bajo condiciones de microgravedad se pueden estudiar colisiones de aglomerados pequeños de polvo y hielo a bajas velocidades en condiciones de vacío.**

espacio interestelar. Es decir, las temperaturas reinantes son muy bajas (por debajo de  $-170^{\circ}\text{C}$ ) y el medio que rodea estas partículas es un vacío muy alto (es decir, no hay gases libres alrededor). Además, gracias a que giran libremente alrededor de alguna estrella, no sienten otras fuerzas gravitatorias aparte de la de la estrella central.

Algunos estudios recientes han mostrado que partículas heladas cuyo tamaño no es mayor que la cabeza de un alfiler se pueden agregar y acumular en aglomerados más grandes (de acuerdo con las teorías actuales de agregados de partículas), incluso cuando se estudian sobre la superficie de la Tierra y sujetas a la atracción gravitacional. Dado que estas partículas se encuentran con mucha frecuencia en el espacio interestelar, es evidente la importancia de su estudio, en el cual se pueden emular las primeras etapas de la formación de cuerpos planetarios más complejos.

Sin embargo, un proceso tan aparentemente simple como el choque de dos partículas heladas no ha sido objeto de estudio preciso, debido a las limitaciones de las condiciones de gravedad que se hallan en los laboratorios basados en la Tierra. Se ha intentado observar este proceso en dichos laboratorios, pero las partículas no flotan durante el tiempo suficiente para chocar antes de caer al suelo, anulando cualquier semejanza con el proceso astronómico que se quiere estudiar. Además, los estudios que se han realizado se centran en partículas de polvo hechas de materiales terrestres, demasiado complejos como para ser similares a los presentes en el medio interestelar.

A pesar de las limitaciones técnicas de observaciones basadas en la Tierra, algunos experimentos pioneros han mostrado que estas partículas de hecho se agregan en partículas más grandes gracias a fuerzas de contacto y de fricción. Lamentablemente los efectos de estas fuerzas son muy pequeños al compararlos con los efectos de la gravedad, como la sedimentación o la convección (movimiento de partículas dado por el efecto de la gravedad en una sustancia cuya temperatura no es uniforme) y su estudio es muy limitado y técnicamente muy costoso, pues para reducir estos efectos los investigadores acuden a métodos complejos que pueden alterar la observación del sistema.

La rapidez necesaria para observar estos procesos débiles permanece inalcanzable hasta el momento sin la ayuda del vuelo parabólico. Por esto, el equipo volará bajo condiciones de microgravedad para estudiar colisiones de aglomerados pequeños de polvo y hielo a bajas velocidades en condiciones de vacío.

## La historia del experimento

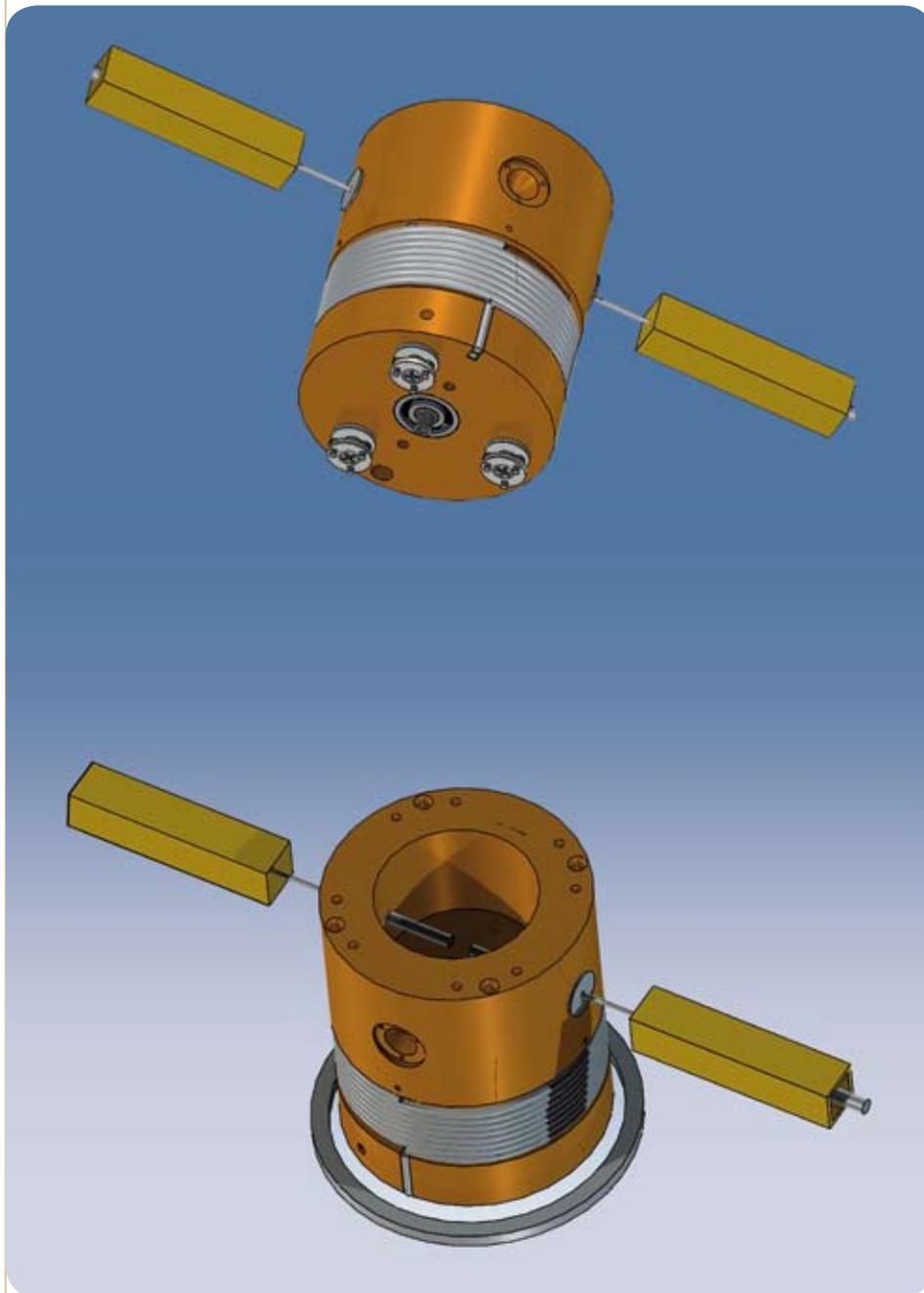
Es por eso que al escuchar de los experimentos a baja gravedad en los vuelos parabólicos de la ESA, se dio la motivación para realizar un experimento que simulara, además de las condiciones de gravedad cero a bordo del Airbus A300 Zero-G, las condiciones de vacío y baja temperatura que se presentan en el medio interestelar. De esta manera propusimos estudiar esta interacción simulando las condiciones de los discos proto-planetarios de la manera más realista hasta el momento, tomando videos de la interacción de dos partículas —de composición aproximada a las presentes en las regiones de formación de planetas— en condiciones de vacío, bajas temperaturas y baja gravedad.

Gracias a que estas condiciones (durante un tiempo suficiente como para tomar medidas) sólo son alcanzables en el espacio y en los vuelos parabólicos, en nuestro caso decidimos aplicar al Concurso Anual para la Campaña Estudiantil de Vuelos Parabólicos en el 2005. Fue la primera propuesta enviada por un grupo de estudiantes de la Universidad de Leiden.

A pesar de recibir un buen concepto por su valor científico, el proyecto no fue seleccionado debido a razones de seguridad, por la complejidad inherente al diseño y por estar fuera

del alcance didáctico de la Campaña Estudiantil, ya que estaba más enfocado al desarrollo científico y no a la divulgación. Como consecuencia, el proyecto fue seleccionado para participar más adelante en la Campaña Profesional siempre y cuando los estudiantes trabajaran bajo la supervisión del profesor Jurgen Blum (Braunschweig, Alemania) y de la profesora Helen Fraser (Strathclyde, Escocia), coordinadores del programa de experimentos ICES a bordo del vuelo y expertos en la materia.

Con el apoyo de distintas empresas de ingeniería aeroespacial basadas en Holanda y Alemania, el proyecto inició en firme el pasado noviembre, cuando se discutieron los posibles diseños y pasos a seguir para llevar a cabo exitosamente la construcción de las distintas partes a tiempo para el vuelo en octubre del 2006.



Vista lateral del aparato diseñado por el grupo de estudiantes de la Universidad de Leiden.

## El experimento

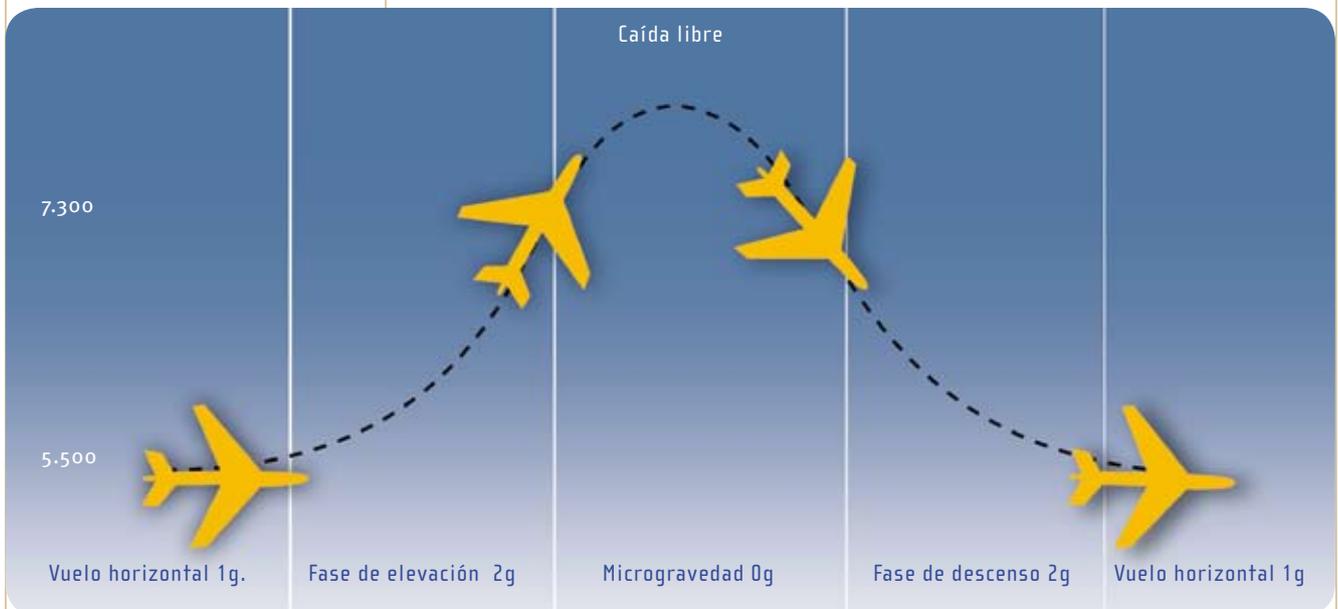
El objetivo es analizar cómo partículas heladas colisionan y se pegan (agregan) en un ambiente de baja gravedad que simule más acertadamente las regiones protoestelares donde estas partículas se unen para formar planetesimales (microplanetas), núcleos cometarios y asteroides. Esperamos que los datos obtenidos nos den una luz sobre las teorías actuales sobre agregación, y que contribuyan al conocimiento de las condiciones iniciales y las propiedades de agregación que llevan a la creación de sistemas planetarios.

El experimento consiste en hacer series de colisiones controladas de dos partículas de hielo en un ambiente de vacío y bajas temperaturas (cercanas a  $-170^{\circ}\text{C}$ ), y observar dichas colisiones con cámaras de altísima velocidad. También se observará la colisión de estas partículas con otras partículas de polvo helado.

El aparato de colisiones, diseñado y construido por el equipo en Leiden, estará dentro de una cámara de vacío y será enfriado con nitrógeno líquido antes del despegue. Con esto esperamos obtener las condiciones óptimas para este experimento pionero sobre la formación de planetas y la agregación de partículas heladas.

Durante los próximos meses ensamblaremos la parte central del aparato en Leiden tras su construcción en los Talleres de Mecánica Fina de la universidad. Luego lo trasladaremos a Braunschweig para su ensamblaje final. Gracias a mi vinculación activa en el proyecto (y a la propuesta original) he ganado el derecho a ir a bordo del vuelo de microgravedad de la ESA en el próximo mes de octubre.

A la fecha el experimento ha recibido mucho apoyo de la ESA (organiza la campaña), de Dutch Space (proveen su experiencia técnica en experimentos de microgravedad), Kayser-Threde (proveen componentes críticos de la cámara a bordo), LKBF (el departamento de apoyo financiero de la Universidad de Leiden para proyectos de investigación), NOVA (apoyo técnico directo a los estudiantes), SRON (apoyo financiero para la construcción del aparato) y otras organizaciones en Holanda, Escocia y Alemania.



Esquema del vuelo: durante la fase de microgravedad el avión realiza una trayectoria parabólica de caída libre durante aproximadamente 20 segundos. Este procedimiento se repite 30 veces durante cada vuelo.

## El vuelo

La sensación de ligereza que se nota al estar en un ascensor cuando está llegando a su piso destinado es la indicación más cotidiana que tenemos de condiciones de gravedad reducida. Esto es porque, según el sentido común y el principio de equivalencia de Einstein, cualquier cuerpo que experimenta una caída libre no nota los efectos de la gravedad localmente.

El ejemplo más común de este principio es el siguiente: imagine que está en un ascensor cerrado, y de pronto usted y las demás cosas en el interior comienzan a flotar en el aire. ¿Qué pasa? Usted piensa en dos explicaciones: la primera, que de pronto el ascensor se proyectó al espacio exterior, donde la gravedad es muy baja. La segunda, que el ascensor está cayendo en picada.

El principio de equivalencia nos dice que no hay ninguna manera de conocer la diferencia entre las dos situaciones. Ese es el principio que utilizan los investigadores en este tipo de vuelos: básicamente dejando caer el avión en una trayectoria controlada de caída libre, y volviendo a la normalidad antes de llegar muy cerca del suelo. Esta trayectoria es una parábola (de ahí el nombre vuelo parabólico). Durante cada una de estas parábolas hay un período de 20 segundos de microgravedad (casi gravedad cero) seguido de otros veinte segundos durante los cuales la gravedad aparente es el doble que la normal. Se podría decir que “se piden prestados” veinte segundos de gravedad cero para pagarlos después con el doble de la gravedad... si no queremos estrellarnos contra el suelo.

El vuelo parabólico se realiza cerca de treinta veces. Despegaremos desde una zona especial del aeropuerto de Burdeos en Francia, y en tres vuelos tendremos la oportunidad de llevar nuestro experimento a bordo, durante la tercera semana de octubre.

Usualmente estos vuelos se llevan a cabo para entrenar astronautas, para revisar piezas y experimentos que deben ser llevados a la Estación Espacial Internacional y para otros experimentos que, como el nuestro, requieren condiciones de baja gravedad.

El vuelo de gravedad cero de la ESA es actualmente uno de los dos en su estilo, pues si bien existen compañías estadounidenses que realizan los mismos vuelos con fines comerciales, sólo la NASA hace este tipo de vuelos abiertos a la participación de la comunidad científica.

Esta es una oportunidad única por muchas razones: principalmente está el objetivo científico, gracias al cual somos pioneros en el estudio concienzudo del campo de la astronomía que estamos investigando; en segundo lugar, es la primera vez que estudiantes de Leiden (y en particular un colombiano) participan en esta iniciativa. Personalmente espero que este vuelo sienta un precedente para otros investigadores colombianos en el extranjero, para que tomen provecho de este tipo de iniciativas internacionales, y para fomentar la cooperación científica entre Europa y Colombia.

## Bibliografía recomendada

- Blum *et al.* (2000), Laboratory Experiments on Preplanetary Dust Aggregation, *Space Science Review* 92: 265-278.
- Blum *et al.* (2002), First Results from the Cosmic Dust Aggregation Experiment CODAG, *Adv. Space Res.* (29)4: 497-503.
- Ehrenfreund *et al.* (2003), Physics and Chemistry of Icy Particles in the Universe: Answers from Microgravity, *Planetary and Space Science* 51: 473-494.
- Fraser *et al.* (2003), *Physics and Chemistry of Ices in the Universe: Answers from Microgravity*, ESA Topical Team Report.