

Misión Gaia: el primer mapa 3D de la Galaxia

Dossier de prensa
Diciembre, 2013

Índice:

- Datos destacables de la misión
- Objetivo de la misión
- Contribución española
- El satélite: un reto tecnológico
- Puesta en órbita y comunicación con la Tierra
- El catálogo espacial
- La ciencia de Gaia
- Cronología del proyecto
- Gaia en cifras
- Material audiovisual
- Páginas web sobre la misión

10 de Diciembre de 2013. El próximo 19 de diciembre está previsto el lanzamiento de Gaia, un satélite de la Agencia Espacial Europea (ESA) que durante cinco años recogerá datos de mil millones de estrellas para construir el mapa en 3D de la Galaxia más completo que nunca se haya construido. El lanzamiento está previsto para las 10:12:18 a.m. (hora peninsular), desde la base espacial de Kourou (Guayana Francesa). La misión cuenta con una importante contribución de científicos e ingenieros españoles.

Gaia es una misión emblemática tanto por su capacidad de revolucionar la astrofísica de las próximas décadas, gracias a la precisión de sus observaciones astrométricas, como por el desafío tecnológico que supone. Gaia es, además, el máximo exponente de una tecnología que ha colocado a Europa a la cabeza de la astrometría desde el espacio.

Datos destacables de la misión

- *Gaia* catalogará mil millones de estrellas, un 1% del total de la Galaxia.
- *Gaia*, con un plano focal con mil millones de píxeles, constituye la cámara más grande que se ha construido jamás para trabajar en el espacio.
- El satélite trabajará a 1,5 millones de km desde la Tierra.
- Observará todo el cielo durante 5 años con unas 70 repeticiones.
- Contiene dos telescopios de 35 metros de distancia focal y un total de 10 espejos, y tres instrumentos: astrométrico, fotométrico y espectroscópico.
- Observará todos los objetos celestes hasta un brillo 400.000 veces menor que aquello que puede apreciar el ojo humano a simple vista.
- En un día de misión se generan 50 gigabytes de datos que se envían a tierra y son procesados. Al final de la misión se habrán enviado 100 terabytes de datos.
- El catálogo final se publicará en 2022 y tendrá un volumen de un petabyte, es decir, un millón de gigabytes, equivalente a 200.000 DVD.
- Los datos obtenidos tendrán una precisión cien veces mejor que las misiones precedentes.

Objetivo de la misión

El principal objetivo científico de Gaia es desvelar la historia de la Vía Láctea, desde sus orígenes hasta el estado actual. Para conseguirlo, Gaia medirá las posiciones, distancias y

movimientos de mil millones de estrellas (un 1% del total de la Galaxia) y estudiará sus propiedades físicas, como son la edad y la composición química.

No solo la cantidad de estrellas importa, sino que también es necesario que los datos obtenidos sean de una precisión extrema. El objetivo es obtener precisiones cien veces mejores que las de misiones precedentes. Actualmente, el catálogo astrométrico más preciso contiene 120.000 estrellas y fue elaborado por Hipparcos, un satélite también de la ESA. Su precisión, de 1 milisegundo de arco, equivale a medir la altura de una persona en la Luna vista desde la Tierra. Con Gaia, la precisión será del orden de 10 microsegundos de arco, precisión que equivale a medir la anchura de una moneda de euro situada en la Luna vista desde la Tierra, o a verle los ojos a la persona en cuestión.

Contribución española

Gracias a su experiencia con el satélite Hipparcos, el equipo de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC) ha participado en la misión Gaia desde sus inicios y con un papel destacado: en el diseño científico y tecnológico, en los prototipos de la base de datos, en la producción de datos simulados, ha desarrollado el algoritmo de calibración de los datos fotométricos, el sistema que permitirá procesar diariamente los datos del satélite y los almacenará en una base de datos de donde se extraerán los primeros resultados científicos. Este equipo lidera la construcción de los catálogos de la misión, los intermedios y el catálogo final.

El centro de procesado de datos de Barcelona, donde se incluyen el CESCA y el Barcelona Supercomputer Center, proporciona recursos para ejecutar parte de las operaciones durante toda la misión y ha sido un aliado imprescindible en la simulación de la Galaxia y las observaciones para todas las tareas preparatorias y de verificación de la cadena de procesado.

El "Grupo Gaia Galicia" desarrolla algoritmos para el análisis de los parámetros astrofísicos de las estrellas y un equipo de la UNED participa en el estudio de las estrellas variables.

Estos tres grupos están integrados en el consorcio europeo de procesado y análisis de datos (Data Processing and Analysis Consortium), que incluye alrededor de 400 científicos e ingenieros de 20 países. La contribución española en el consorcio es de alrededor del 9 %.

La Red Española para la explotación científica de Gaia (REG) es una red temática abierta a la comunidad astronómica española dedicada al intercambio científico entre investigadores en todas aquellas líneas relacionadas con la explotación científica de los datos que aportará el satélite astrométrico Gaia. Esta red, creada en 2010, subvencionada por el MINECO y con más de 140 miembros de 30 instituciones españolas, está elaborando herramientas para la explotación científica y obteniendo datos espectroscópicos desde tierra para complementar los datos de la misión.

La industria española ha tenido también un papel relevante en esta misión. SENER ha fabricado el parasol desplegable que tanto caracteriza el satélite; Crisa ha desarrollado los módulos de electrónica de los CCD; RYMSA ha puesto a punto las antenas de baja ganancia de la telemetría y telecontrol; Mier Comunicaciones ha aportado los amplificadores de potencia con control de fase instalados en la antena de alta ganancia de EADS CASA Espacio; El INTA ha participado en campañas de metrología de alta precisión y GMV es responsable de sofisticadas herramientas informáticas; Alter Technology Group ha efectuado la calificación de distintos equipos; Thales Alenia Space España ha diseñado y desarrollado

las unidades electrónicas de distribución de señal del reloj de rubidio que viaja a bordo del satélite.

El satélite: un reto tecnológico

Gaia registrará posiciones, distancias, movimientos y espectros de estrellas y otro tipo de objetos, desde muy cerca del centro galáctico hasta los confines de nuestra galaxia, y más allá. Para ello cuenta con dos telescopios de seis espejos cada uno, y la joya del satélite: el plano focal, que con mil millones de píxeles conseguirá una precisión de medida de microsegundos de arco. Los dos telescopios permitirán determinar no solo la posición tridimensional de cada estrella sino también como esta se mueve en el espacio.

Gaia barrerá del cielo durante cinco años de forma continua, y así observará cada objeto celeste una media de 70 veces. Toda esta información se registra en el plano focal, que tiene un tamaño de un metro de ancho por 42 centímetros de alto y contiene un total de 106 CCD de 9 megapíxeles cada uno. *Gaia* también permitirá obtener espectros de las estrellas brillantes, y según sea su desplazamiento hacia el rojo o el azul, obtener la velocidad a la que se alejan o se acercan.

La alta precisión requerida para las medidas requiere que los telescopios, el plano focal y toda la estructura tórica donde estos se ubican sea tremendamente estable desde el punto de vista mecánico y térmico. El material escogido para su construcción ha sido el carburo de silicio, un elemento cerámico ligero pero a la vez tan resistente como el diamante. Toda la instrumentación está protegida por una tienda térmica y uno de los elementos más distintivo del satélite: el gran parasol. Este parasol tiene más de 10 metros de diámetro y garantiza mantener el interior del satélite a menos 110 grados centígrados.

La Agencia Espacial Europea ha financiado la construcción de esta misión con un coste total del satélite de cerca de 740 millones de euros. Esta construcción ha sido liderada por EADS-Astrium y ha involucrado 300 personas durante 7 años repartidas en 74 empresas de 16 países. Aquí no se incluye ni el procesado de los datos ni la explotación científica.

Puesta en órbita y comunicación con la Tierra

Un cohete Soyuz-Fregat llevará el satélite, de más de 2000 quilos de peso, a una órbita terrestre baja. Una vez desprendidos diversos elementos del cohete, que caerán sobre el Atlántico, *Gaia* abrirá el parasol y se dirigirá hacia su destino final, el punto L2 de Lagrange, situado a millón y medio de kilómetros en dirección contraria al Sol. Después del último impulso del módulo FREGAT en la órbita baja, *Gaia* tardará unos 30 días en llegar a L2. Dispondremos entonces de un par de meses para calibrar y verificar los complejos instrumentos de medición. A partir de entonces, empezarán las observaciones rutinarias que durarán 5 años.

Los datos que *Gaia* enviará diariamente a tierra llegarán a las estaciones de recepción de Cebros, a 77 kilómetros de Madrid, a New Norcia (Australia) y a Malagüe (Argentina). Los datos se almacenarán en ESAC, el centro de la Agencia Espacial Europea en Villanueva de la Cañada, que los distribuirá a los distintos centros de procesado. La elaboración del algoritmo del primer tratamiento diario de los datos ha sido responsabilidad del equipo de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC).

Simulación de la maniobra de inserción orbital

<http://www.youtube.com/watch?v=rrCxVTh3HCM>

El catálogo espacial

Como ya se ha mencionado, *Gaia* observará todo el cielo durante cinco años y hasta un brillo 400.000 veces menor que aquello que aprecia el ojo humano a simple vista. El tratamiento de las imágenes registradas para producir datos de uso científico requiere un tratamiento muy complejo y global. Global en el sentido que el conjunto total de datos está entrelazado, y global también en el sentido que los datos de los tres instrumentos (astrométrico, fotométrico y espectroscópico) también deben tratarse simultáneamente. Este proceso es iterativo y de un elevado coste computacional.

Dado que los telescopios de *Gaia* observan todo el cielo, esta misión no solo tomará medidas de las estrellas. También observará con precisión sin precedentes objetos de nuestro Sistema Solar, planetas entorno a otras estrellas y enanas marrones. Fuera de la Vía Láctea, *Gaia* observará estrellas en galaxias cercanas y millones de galaxias puntuales alejadas y quásares. Toda esta información formará parte también de los catálogos resultantes de la misión.

Si bien la precisión del orden de los microsegundos no se conseguirá hasta el final de la misión, cuando se hayan completado todas las observaciones y su tratamiento, es bien cierto que antes de esto ya se habrán superado las precisiones de misiones precedentes. Es por ello que los datos intermedios tendrán también un interés científico muy alto. Por ello, y con el objetivo de no retrasar la explotación científica, se ha establecido un calendario de publicación de los catálogos de datos científicos desde el primero (hacia octubre de 2015) hasta el último (hacia 2022) que irán mejorando la precisión y aumentando el número de objetos publicados.

La ciencia de *Gaia*

Como se ha mencionado, el objetivo principal de la misión es recopilar información sobre mil millones de estrellas que ha de permitir conocer los procesos de formación y evolución de nuestra galaxia. Ello nos permitirá comprobar la validez de los modelos cosmológicos actualmente aceptados.

La medida de la edad y la masa de las estrellas permitirá mejorar los modelos de evolución estelar. Características físicas como son la luminosidad, la temperatura y la composición química de cada estrella nos permitirán deducir en qué fase evolutiva se encuentra y cuáles han sido los mecanismos de formación de la población a la que pertenecen. Vamos a poder responder a preguntas claves hasta ahora completamente abiertas: ¿Cómo se formó la Vía Láctea? ¿Fue por un proceso de fusión de objetos menores? ¿Cuál es la evolución química y dinámica de los discos en galaxias espirales como la Vía Láctea? ¿Qué pasos ha seguido la formación del núcleo y la barra central? ¿Existen realmente el número elevado de galaxias satélite que prevé el modelo cosmológico estándar? Las observaciones de *Gaia* aumentarán el conocimiento de la materia que observamos pero también de lo que no emite radiación electromagnética, la materia oscura, que creemos puede constituir el 90% del total de materia que compone la Vía Láctea. *Gaia*, con la medición precisa de los movimientos estelares, trazará por primera vez la distribución de esta materia oscura que creemos actúa dinámicamente sobre la materia conocida. Nunca como hasta ahora, con *Gaia* podremos estudiar en profundidad teorías alternativas a la gravedad newtoniana.

Está previsto que se descubran centenares de miles de nuevos objetos celestes, desde planetas extrasolares – de los cuales se espera detectar cerca de 7000 – hasta enanas blancas y enanas marrones. Dentro de nuestro sistema solar, *Gaia* determinará las órbitas, las masas y los periodos de rotación de centenares de miles de asteroides.

Gaia dará un nuevo paso en el establecimiento de la escala de distancias del Universo. Su precisión en la determinación de la distancia de las estrellas cefeidas con distinta composición química permitirá establecer con precisión la distancia a otras galaxias del sistema local. *Gaia* establecerá también medidas precisas de la posición de galaxias lejanas y nos proporcionará sus espectros. Con *Gaia* dispondremos de datos astrométricos de precisión para más de medio millón de cúasares que nos permitirán establecer con precisión sin precedentes la inercialidad del sistema de referencia del catálogo final de la misión.

Finalmente, mencionar que la elevada precisión de las medidas de *Gaia* exige un tratamiento relativista: la aproximación de la física clásica (newtoniana) no es suficiente. Por ello, las propias medidas de *Gaia* nos servirán para poner a prueba algunos de los parámetros de la modelización de la teoría de la Relatividad General.

Cronología del proyecto

- **1989:** Lanzamiento del satélite Hipparcos, predecesor de Gaia
- **1995:** Primeros pasos hacia una nueva misión astrométrica desde el espacio
- **2000:** Presentación del documento "Concept & Technology Study" por parte de la comunidad científica a ESA
- **2001:** Aprobación de la misión por parte de la ESA
- **2005:** Selección de EADS-Astrium como a "prime contractor" e inicio de la construcción
- **2013:** Lanzamiento desde la base espacial de Kourou (Guayana Francesa), la base de lanzamiento de ESA
- **2014:** Inicio de las observaciones, calibración y recogida de los datos
- **2015:** Publicación del primer catálogo de datos científicos
- **2018:** Finalización de la misión
- **2022:** Publicación del catálogo final

Gaia en cifras

- **1.000 millones de estrellas** y de otros objetos astronómicos que se observarán a lo largo de la misión
- **1.000 millones** es el número de píxeles que tiene la cámara que registra las imágenes de las estrellas
- **10 microsegundos de arco:** la precisión de los datos obtenida, equivalente a observar desde la Tierra el ojo de una persona situada en la Luna
- **70 observaciones:** número medio de observaciones para cada objeto detectado durante los cinco años de misión
- **3.400.000 horas** necesarias para el procesado de los datos
- **100 terabytes** de datos enviados a Tierra, a razón de **50 Gigabytes diarios**
- **1.000.000.000 Mb** (o 1 petabyte): cantidad de información que generará la misión

- **25 años:** duración de la misión desde su concepción
- **3200 reuniones** necesarias para la fase de desarrollo y construcción
- **30.000 documentos** producidos en la fase de desarrollo y construcción
- **740 M€:** coste de la misión sin incluir el procesado de datos ni la explotación científica
- **1,5 millones de km:** distancia a la cual trabajará el satélite
- **225.000 kg** de queroseno y oxígeno líquido necesarios para poner en órbita el satélite
- **1275 Watts:** consumo del satélite durante las operaciones nominales; equivalente al consumo de un secador de pelo; se obtiene de los paneles solares.
- **Menos de 1 euro** es el coste de cada estrella, si contamos la construcción del satélite y el procesado de los datos.

Material audiovisual

Vídeos sobre la participación española en Gaia:

<http://gaiavideo.ub.edu/>

Material gráfico diverso sobre Gaia. Imágenes y vídeos en la página web de l'ESA:

<http://cosmos.esa.int/web/gaia/media-gallery>

Folleto de la misión

https://gaia.am.ub.es/Twiki/pub/RecGaia/MaterialGaia/BR-296-Spanish_Gaia_05_WEB.pdf

Enlace a la exposición sobre Gaia: "Mil millones de ojos para mil millones de estrellas":

<http://serviastro.am.ub.edu/twiki/bin/view/ServiAstro/ExpoGaia>

Aplicación "Gaia Mission" disponible a Apple Store:

<https://itunes.apple.com/es/app/gaia-mission/id735128015?mt=8>

Páginas web sobre la misión:

La Misión Gaia en las páginas de la ESA

<http://cosmos.esa.int/web/gaia/home>

La Red Española de Explotación Científica de Gaia:

<https://gaia.am.ub.es/Twiki/bin/view/RecGaia/WebHome>

Equipo Gaia en la Universidad de Barcelona:

<https://gaia.ub.edu/>

Grupo Gaia Galicia

<https://www.tic.udc.es/>

Equipos Españoles trabajando en DPAC y REG:

Los equipos de la Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC), la Universidad de A Coruña y la UNED trabajan en el consorcio europeo DPAC (Data Processing and Analyzing Consortium), encargado de diseñar, implementar, gestionar y ejecutar la reducción de datos de la misión Gaia. Todos los equipos que se indican en esta sección participan en la REG (Red Española de Explotación Científica de Gaia).

Universidad de Barcelona (UB-ICC/IEEC):

Responsable Gaia España: Dr. Jordi Torra (934021128)

Miembro del Gaia Science Team (ESA): Dra. Carme Jordi (934021126)

Responsable Archivo de Gaia: Dr. Xavier Luri (934039834)

Coordinadora Red explotación científica de Gaia: Dra. Francesca Figueras (934039228)

Universidad de A Coruña:

Responsable: Dra. Minia Manteiga (981167000)

UNED:

Responsable: Dr. Luis Manuel Sarro (913988715)

Universidade de Vigo:

Responsable: Dra. Ana Ulla (957212032)

Instituto de Astrofísica de Andalucía:

Responsable: Dr. Emilio Alfaro (958121311)

Instituto de Astrofísica de Canarias, Universidad de La Laguna:

Responsable: Dr. Francisco Garzón (922 318121)

Universidad Complutense de Madrid:

Responsable: Dr. David Montes (913 944932)

Universidad de Alicante:

Responsable: Dr. Ignacio Negueruela (965 145333)

Universidad de Granada:

Responsable: Dra. Isabel Pérez (958 241724)

Observatorio de Calar Alto:

Responsable: Dr. David Galadí-Enríquez (950-632500)

Real Observatorio de la Armada, San Fernando, Cádiz :

Responsable: Dr. José Muiños (956599368)

Centro de Astrobiología-INTA:

Responsable: Dra. Rosa María Zapatero Osorio ()

Universidad de Cádiz:

Responsable: Angel Berihuete (965 015 481)

Universidad de Cantabria – ETSI:

Responsable: Dra. Ruth Carballo (942 201726)

Universidad Autónoma de Madrid:

Responsable: Dr. Carlos Eiroa (91 497 55 67)

ESAC:

Responsable: Dr. William O'Mulane, Dr. Gonzalo Gracia (91 813 14 46)

Universidad Politécnica de Cartagena:

Responsable: Esther Jódar Fernández (968 32 54 00)