

Conociendo el universo

# Euclíd: el cosmólogo de la ESA

MANUEL MONTES PALACIO

EL 27 DE JUNIO DE 2013, ÁLVARO GIMÉNEZ, DIRECTOR DE LA ESA (EUROPEAN SPACE AGENCY) EN EL DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y EXPLORACIÓN ROBÓTICA, ANUNCIABA OFICIALMENTE LA SELECCIÓN DEL CONTRATISTA PRINCIPAL DE UNA NUEVA MISIÓN DE LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA: LA LLAMADA EUCLID. LA EMPRESA ITALIANA THALES ALENIA SPACE, CON SEDES EN ESPAÑA Y OTROS PAÍSES, FUE LA ELEGIDA PARA DIRIGIR EL CONSORCIO DE EMPRESAS DEL VIEJO CONTINENTE QUE DARÁ FORMA A ESTE SOFISTICADO VEHÍCULO, EL CUAL ESTARÁ DEDICADO A LA COMPRESIÓN DE LOS FENÓMENOS DE LA ENERGÍA Y LA MATERIA OSCURAS, PRINCIPALES MISTERIOS DE LA COSMOLOGÍA MODERNA.

**E**uclid pertenece al nuevo programa científico a largo plazo de la ESA. La agencia optó por su desarrollo, entre otros candidatos, en octubre de 2011. En esa fecha, la ESA decidía que sus dos primeras misiones de tamaño mediano (M), pertenecientes al programa Cosmic Vision, serían el Solar Orbiter (M1), una sonda que se acercará mucho al Sol, y el Euclid (M2), un observatorio que intentará dar respuestas sobre el futuro del Universo y su comportamiento actual. Las misiones de tipo M se caracterizan por tener un presupuesto máximo de 500 millones de euros, y deberán llevarse a cabo en el período que va de 2015 a 2025. La compañía Thales Alenia Space se encargará de hacer realidad Euclid bajo un contrato de 322,5 millones de euros, proceso que deberá culminar con un lanzamiento en el año 2020.



Euclid es en realidad el resultado de la fusión de dos propuestas separadas recibidas por la ESA tras una solicitud emitida en marzo de 2007. La primera se llamó Dune (Dark Universe Explorer), y la segunda Space (Spectroscopic All Sky Cosmic Explorer). Cada una de las propuestas estaba encaminada a investigar el problema

de la geometría del universo mediante métodos distintos pero complementarios, así que en octubre de 2007 se decidió reunirlos en una sola misión, cuyo nombre, Euclid, honraría además al famoso matemático griego Euclides de Alejandría, padre de la geometría, que vivió hacia el año 300 antes de Cristo.

Desde noviembre de 2007 hasta mayo de 2008, la ESA llevó a cabo un estudio interno previo para examinar su viabilidad. El resultado fue un diseño preliminar que permitió solicitar propuestas a la industria ese mismo mes de mayo. Dos grandes compañías respondieron a la llamada: EADS Astrium Friedrichshafen (Alemania) y Thales Alenia Space (Italia), las cuales trabajaron en sus respectivas proposiciones hasta septiembre de 2009. Al mismo tiempo se hicieron estudios a partir de octubre de 2009 sobre los instrumentos científicos que debería llevar a bordo el vehículo. En diciembre de ese año, por fin, se presentó un informe global que a principios de 2010 permitió recomendar a Euclid como candidato para misión de clase M en el programa Cosmic Vision. A partir de ese momento se inició un cálculo detallado de costes y del tiempo que sería necesario para preparar el observatorio, datos que se anunciaron a mediados de 2011. Como se ha dicho, en octubre de ese año Euclid fue seleccionada como misión de clase M, y



*A la derecha: Una de las últimas reuniones del Euclid Consortium. (Foto: Euclid Consortium). Sobre estas líneas: el matemático y geómetra Euclides de Alejandría (325 a.C.-265a.C.).*

se sentaron las bases para el inicio formal del proyecto. Desde la perspectiva científica, en este participarán casi un millar de investigadores procedentes de un centenar de institutos, los cuales formarían el llamado Consorcio Euclid. Los países participantes serían 13: Austria, Dinamarca, Francia, Finlandia, Alemania, Italia, Holanda, Noruega, España, Suiza, Portugal, Rumanía y Reino Unido, con Estados Unidos actuando como nación colaboradora. Giuseppe Racca fue nombrado director principal del programa.

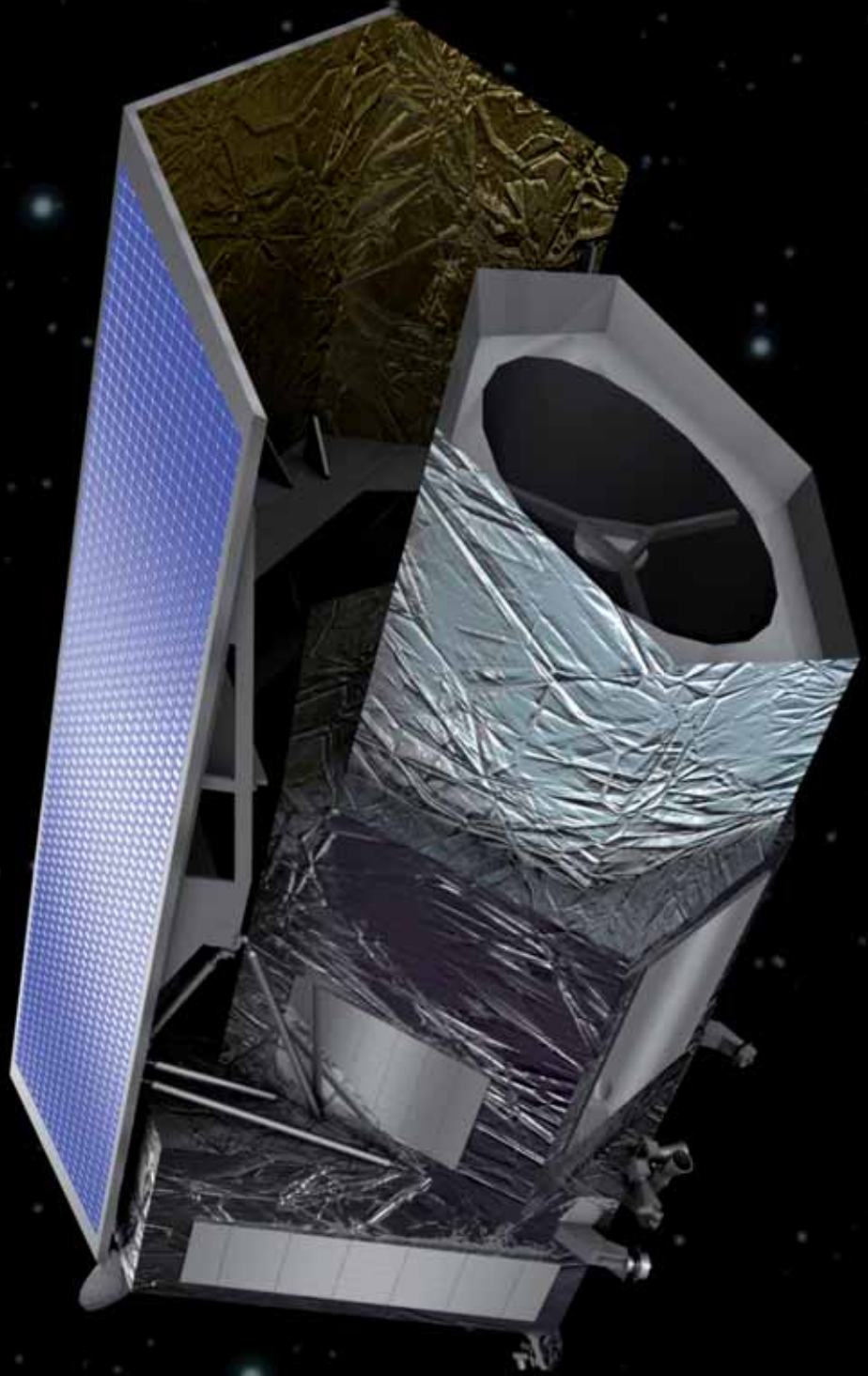
### OBJETIVOS EN LA VANGUARDIA DE LA CIENCIA

La labor principal que deberá llevar a cabo el Euclid consistirá en trazar la geometría del universo oscuro, es decir, de aquella parte del universo que, siendo perfectamente real, no es observable por los telescopios que funcionan captando la radiación electromagnética que procede de sus componentes. Aunque estos elementos no emiten luz, aún podemos detectarlos por sus efectos gravitatorios y de otra clase. Su localización es importante porque su existencia influye decisivamente en el fenómeno de la expansión acelerada del universo, descubierto en 1998 y merecedor del premio Nobel de física de 2011. El Euclid nos ayudará a entender mejor su origen y su naturaleza, y nos permitirá averiguar cosas sobre el futuro que le espera al Universo.

El hallazgo de la existencia de la expansión acelerada del Universo fue toda una sorpresa para los cosmólogos. Se hizo mediante instrumentos muy delicados, en su mayoría embarcados a bordo de globos de gran altitud durante misiones de corta duración que a menudo introducían incertidumbre en los resultados. Por tanto, una vez detectado el fenómeno, los astrónomos quisieron inmediatamente aumentar la precisión de sus mediciones y el tiempo dedicado a ellas, algo que sólo podría hacerse con un ingenio espacial específico, instalado en la atalaya apropiada. El Euclid es la respuesta a esta inquietud. Se ocupará de este importante trabajo, y lo hará mediante la combinación de dos

métodos de análisis (propuestos originalmente por las misiones Dune y Space): por un lado la débil lenticulación gravitacional, y por otro el agrupamiento de las galaxias. En el primer caso, se medirán las distorsiones observadas en las imágenes de las ga-

laxias, atribuibles a los efectos gravitatorios de la materia invisible situada entre ellas y nosotros. Pueden ser distorsiones muy pequeñas, de modo que el Euclid deberá ser lo bastante sensible como para ponerlas de manifiesto. En el segundo caso, se estu-



*La Euclid será colocada en la posición L2. (Foto: ESA/C. Carreau)*

diará la distribución de las galaxias (su posición y agrupamiento en el cosmos), y la evolución de dicha distribución con el paso del tiempo cosmológico.

Como consecuencia de este trabajo, el Euclid proporcionará información sobre la geometría del Universo y también sobre los propios fenómenos que influirían en ella, es decir, la materia y la energía oscuras. Se sabe que el Universo contiene sólo un 4,9 por ciento de materia ordinaria, aquella de la que estamos hechos nosotros. Otro 26,8 por ciento correspondería a la materia oscura, algún tipo de materia de composición desconocida que no puede ser vista por los telescopios porque no emite o refleja luz, si bien influye gravitatoriamente en su entorno, por lo que puede ser estudiada observando cómo afecta a otras estructuras que sí pueden verse. Por último, el 68,3 por ciento restante correspondería a la llamada energía oscura, una energía de origen también desconocido cuya presencia

ejercerá un papel contrario al de la gravedad (fuerza repulsiva en vez de atractiva), provocando que el universo no sólo continúe expandiéndose como consecuencia del Big Bang (el estallido primigenio), sino que esta expansión esté ahora mismo acelerándose.

Dado que los contenidos del universo observable se ven sometidos a

la influencia de la materia y la energía oscuras, es esencial medir con una precisión sin precedentes su aspecto y movimientos, a gran escala. Para lograrlo, el Euclid utilizará un telescopio cuyas imágenes en alta resolución de las galaxias más lejanas nos proporcionarán toda esa información tras su análisis. El producto definitivo de la misión será un mapa con la distribución tridimensional de unos 2.000 millones de galaxias. Al mismo tiempo, cuando los astrónomos puedan medir las distorsiones en las formas de estas galaxias del fondo cósmico, deformidades en las imágenes ocasionadas por la materia oscura, podrán obtener un mapa en 3D de la situación de dicha materia oscura en el Universo. En otras palabras, estaremos más cerca



*A la izquierda: La antena de 35 metros de Cebreros será la principal en el sistema de seguimiento de la misión. (Foto: ESA).  
Debajo: El ESAC en Villanueva de la Cañada se ocupará de gestionar el día a día científico de la misión. (Foto: ESA)*



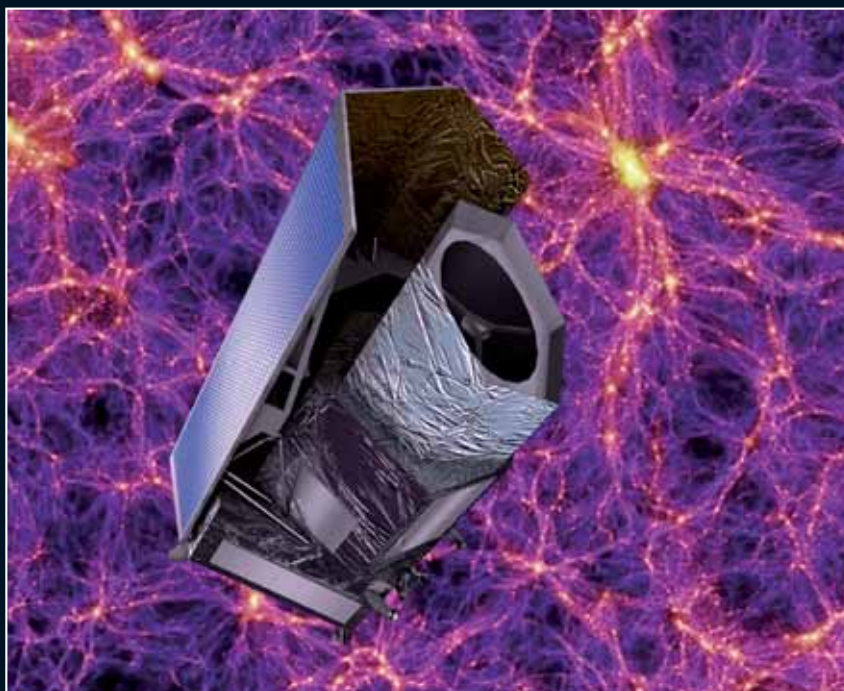
*Visión artística del Euclid.*  
(Foto: ESA)

de conocer la distribución del 31,7 por ciento del Universo, compuesto tanto por la materia convencional como por la oscura. El dato será fundamental para tratar de identificar qué tipo de partículas desconocidas componen la materia oscura.

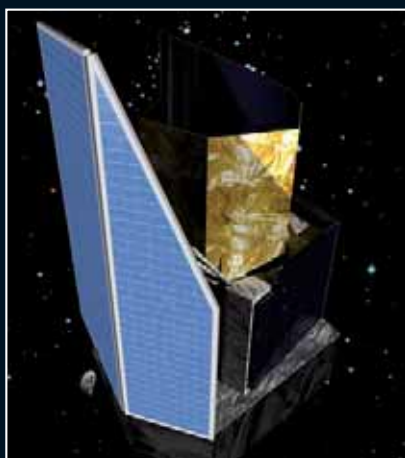
## UN VEHÍCULO MUY SOFISTICADO

La tarea que el Euclid tendrá por delante será ingente, y estará mediada por el tiempo disponible antes de que termine su misión, y por el lugar desde el que tendrá que llevarla a cabo. Teniendo en cuenta esto, los ingenieros han preparado un diseño altamente complejo con una serie de elementos principales. Así, el observatorio estará compuesto por un telescopio de 1,2 metros de diámetro y dos instrumentos: una cámara que trabajará en el visible, y una cámara espectrómetro que lo hará en el infrarrojo cercano. Buscando un lugar libre de interferencias, tanto de la Tierra como de la Luna, el observatorio será colocado en el punto de Lagrange L2, una zona de equilibrio gravitatorio situada a 1,5 millones de kilómetros de distancia donde su telescopio podrá operar de forma casi constante durante su misión de unos 6 años. Durante ese tiempo, el vehículo tendrá la oportunidad de fotografiar más de un tercio de la bóveda celeste, obteniendo datos morfológicos de miles de galaxias y las distancias hasta ellas. Para lograrlo, girará lentamente sobre su eje, una vez cada 80 minutos, pero deteniéndose durante los largos períodos de captación fotográfica.

Consciente de la importancia de la tecnología implicada, la ESA eligió con antelación, en diciembre de 2012, al contratista del módulo de carga (PLM), es decir, incluso antes que al contratista principal. El 11 de junio de 2013 se producía la firma definitiva con Astrium SAS (Toulouse) para la construcción de dicho módulo, incluyendo el telescopio propiamente dicho. La empresa seleccionada cuenta ya con amplia experiencia



*La propuesta de EADS Astrium.* (Foto: EADS Astrium)



*La propuesta de Thales Alenia para el Euclid.* (Foto: Thales Alenia)

en la tecnología de carburo de silicio (SiC), que es la que se utilizará en los espejos del telescopio, y que ya fue empleada previamente con éxito durante la misión Herschel de la propia ESA. Astrium está preparando asimismo el módulo de carga útil del vehículo Gaia, que partirá hacia el espacio en breve (noviembre de 2013).

El uso de carburo de silicio para el telescopio de 1,2 metros de diámetro permitirá un bajo peso, además de una gran estabilidad térmica a -143 grados Celsius, la temperatura de trabajo. Esto último es importante para no interferir en las longitudes de onda cercanas a los infrarrojos, a las que el instrumental será sensible. Con esta configuración, se ha calculado que el instrumento óptico pondrá a disposición de los astrónomos galaxias de hasta la magnitud 24,5, es decir, galaxias muy débiles o situadas a gran distancia de nuestro barrio cósmico. Un total de tres espejos, dispuestos siguiendo las pautas de un diseño Korsch, suministrarán la luz captada a los dos instrumentos: el Dispositivo de imagen visible (Visible Imager, VIS), y el Espectrofotómetro cuasi-infrarrojo (Near-Infrared Spectrophotometer, NISP), ambos desarrollados bajo la dirección del consorcio Euclid y financiados do-

mésticamente por los países participantes en el programa. Para lograr una sensibilidad adecuada en el infrarrojo cercano, dichos instrumentos serán mantenidos a una temperatura de  $-138^{\circ}$  Celsius, lo que evitará que el calor emitido de forma natural por sus componentes enmascare los resultados. El telescopio, que tendrá una longitud focal de 24,5 metros, será sensible a las longitudes de onda situadas entre los 550 y los 900 nm (visible) y entre los 920 y los 2000 nm (infrarrojo cercano). La cámara visible dispondrá de una matriz de detectores CCD (sensores o *charge-complet devices*) dispuestos en una configuración de 6x6 (600 millones de píxeles), mientras que la infrarroja tendrá una matriz de detectores 4x4 (65 millones de píxeles). Permitirán obtener espectros y realizar fotometría. Los diseñadores han estimado una resolución espacial de 0,2 segundos de arco, la cual es comparable a la esgrimida por el telescopio espacial Hubble. El Euclid pesará unos 2.100 Kg y tendrá una altura de 4,5 metros y un diámetro de 3,1 metros.

Además del módulo de carga útil conteniendo al telescopio, los instrumentos y parte de la electrónica, el Euclid dispondrá de un módulo de servicio que se ocupará de la distribución eléctrica, la orientación, la propulsión, la telemetría, etc. Además, el telescopio dispondrá de una serie de paneles solares que proporcionarán la energía necesaria y que, al mismo tiempo, actuarán como parasoles para ayudar al control térmico de las estructuras. Uno de los condicionantes de la ingeniería es que sus sistemas deberán funcionar perturbando lo menos posible a la óptica, o de lo contrario no se conseguiría el nivel de precisión que se persigue. En cuanto a las comunicaciones, el vehículo utilizará un emisor de banda Ka, cuyas señales serán recibidas durante 4 horas al día por la estación española de Cebreros, cerca de Ávila (o, alternativamente, la de Malargue en Argentina), gracias a una antena de 35 metros de diámetro. Durante los momentos de ausencia de contacto, el observatorio almacenará la información capturada a bordo (dispondrá para ello de una memoria de almace-

namiento de hasta 2,6 terabits), datos que después podrá enviar a la Tierra a gran velocidad. Las órdenes hacia el vehículo, en cambio, se enviarán en banda X.

El Centro de Operaciones de la Misión estará instalado en el ESOC, en Alemania. Desde aquí se gobernará la nave y se gestionará la recepción de los datos, que se redistribuirán a continuación a los diversos centros de almacenamiento. El principal estará en el ESAC, en Villanueva de la Cañada (España), y el resto se encontrará en los demás países del Consorcio Euclid, a disposición de los usuarios. En el ESAC se preparará la agenda de trabajo, y se programarán las observaciones, además de supervisar el funcionamiento de los instrumentos científicos.

### PUNTO DE PARTIDA

El Euclid será enviado al espacio mediante un cohete ruso Soyuz ST 2-1b, desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. Una vez fuera de la Tierra, será colocado en una trayectoria que precisará de 30 días para llegar hasta el punto de liberación seleccionado, L2. Durante ese período sólo se efectuará una maniobra de corrección, dos días después del lanzamiento, no precisándose de ninguna otra para entrar en órbita alrededor de L2 (una trayectoria muy elíptica de 1 por 106 Km). Una vez en posición, Euclid permanecerá girando sobre sí mismo durante los seis años de vida útil estimada, tratando de fotografiar un total de 15.000 grados cuadrados de espacio extragaláctico. Sus fotografías requerirán tiempos de exposición de 1,5 horas, y cada una cubrirá un campo de 0,5 grados cuadrados. Bajo estos condicionantes, el vehículo irá cambiando su posición y orientación hasta completar la cobertura prevista.

Además de este objetivo básico, Euclid efectuará una observación 10 veces más profunda de dos regiones concretas, próximas a los polos eclípticos (de unos 20 grados cuadrados cada una). Estas áreas se emplearán como puntos de referencia y calibración, y serán visitadas de forma periódica, además de proporcionar imá-



genes de los objetos más distantes del universo existentes en ellas.

La información fotográfica enviada por el observatorio Euclid será complementada con observaciones realizadas por telescopios terrestres, que colaborarán con la misión y proporcionarán imágenes comparativas. Globalmente, la cantidad de datos obtenidos por Euclid será enorme, lo que requerirá de un sofisticado sistema informático que permita analizarlos y obtener las conclusiones cosmológicas pertinentes. Se calcula que

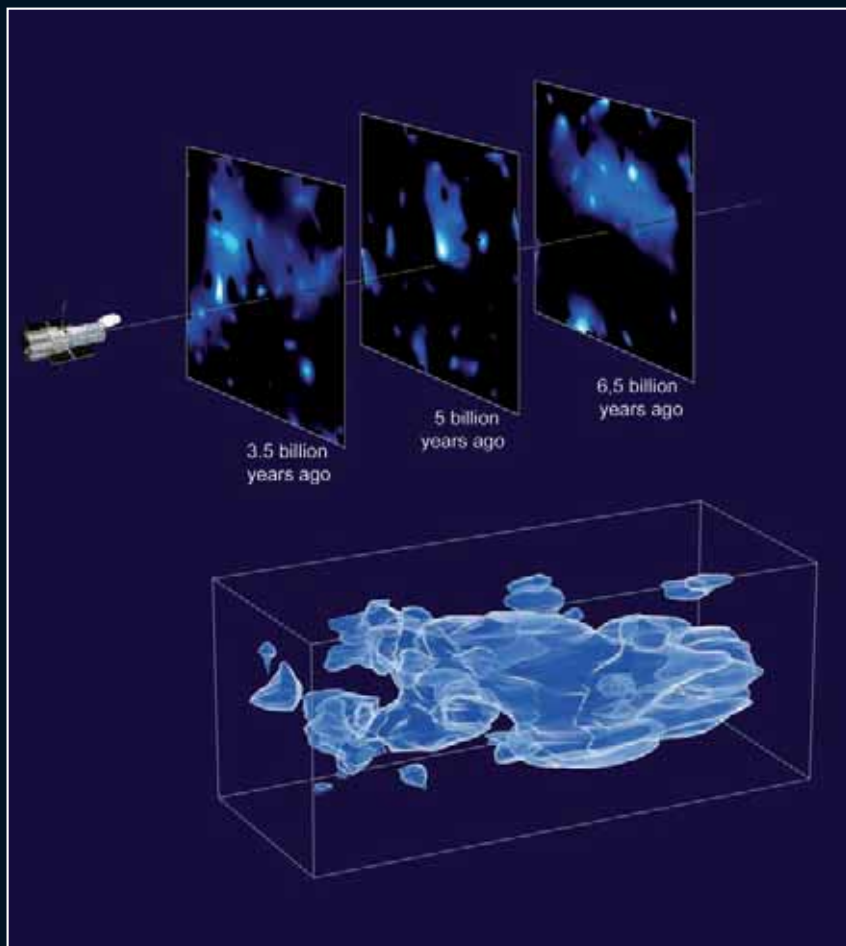


durante la misión se observarán más de 10.000 millones de objetos astronómicos, de los cuales se conseguirá medir la distancia respecto a la Tierra (corrimento hacia el rojo) de unos 50 millones. En todo caso, se espera que el Euclid pueda medir la influencia gravitatoria de la materia oscura sobre ellos con una precisión 50 veces mejor que la lograda hasta la fecha por los telescopios terrestres, abriendo nuevas oportunidades de investigación y teoría científica.

### UN ENORME BOTÍN

Hacia el año 2028, una vez completada la misión del Euclid, la dirección del programa publicará la base de datos con la información obtenida por el vehículo, el denominado Euclid Legacy Archive, que será puesto a disposición de la comunidad científica mundial. Se ha calculado que dicha base de datos contendrá más de 10 petabytes de imágenes sin procesar, que después los científicos y expertos se encargarán de filtrar y adap-

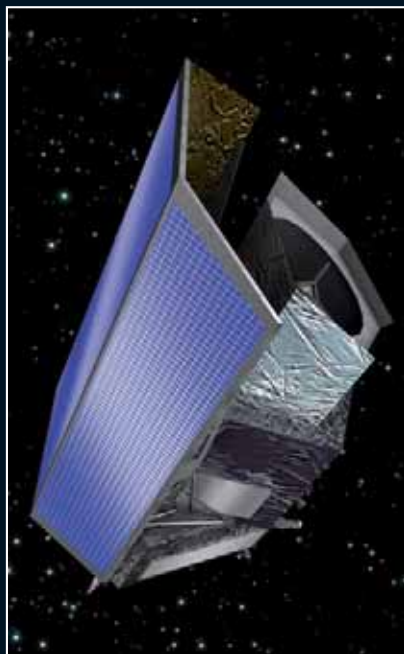
tar a sus necesidades. Toda esa información quedará repartida a lo largo y ancho de los 7 centros de almacenamiento aprobados para el programa, situados en otros tantos países. Los astrónomos podrán elaborar a partir de este legado nuevos catálogos de objetos y fuentes, con datos sobre características y distancias, que a su vez podrán servir como punto de partida para la programación de las observaciones que se realizarán con los futuros observatorios espaciales, como el JWST, o los grandes telescopios te-



Uno de los métodos de observación del Euclid corresponderá a la débil lenticulación gravitacional. (Foto: ESA)

restres que se están diseñando en estos momentos.

Tan importante como la obtención de los resultados, su interpretación se prolongará durante años, gracias a lo cual se pondrán las bases para una nueva concepción de nuestro Universo. El Euclid habrá tenido acceso a galaxias situadas a muy diferentes distancias, desde las colocadas en las proximidades de la nuestra, hasta aquellas más lejanas, a unos 10.000 millones de años-luz. Por ello, dentro de ese abanico de posibilidades, el aparato habrá observado la forma de los cuerpos galácticos a lo largo de la mayor parte de la historia del Universo, viendo su evolución morfológica, lo que nos permitirá evaluar si la influencia de la energía oscura, por ejemplo, ha sido constante en el tiempo o si, por el contrario, ha experimentado diversas etapas cosmológicas. En unos 15 años, los científicos



La Euclid estará lista para el despegue en 2020. (Foto: ESA/C. Carreau)

podrían disponer por fin de la información crucial que les permita responder a preguntas como por qué el universo se está expandiendo aceleradamente en la actualidad, en vez de al contrario, por efectos de la atracción gravitatoria, o cuál será su definitivo destino e historia pasada.

## MUCHO TRABAJO POR DELANTE

Una vez aprobada la misión por la ESA, los ingenieros de Euclid en Thales Alenia Space han podido empezar a trabajar en la fase B del programa, la cual concluirá en el tercer trimestre de 2014. Para entonces el diseño general del vehículo estará listo y será el momento de abrir las puertas a los restantes contratistas, que se ocuparán de desarrollar en profundidad los diversos subsistemas que se les haya encargado y que formarán las entrañas del observatorio. Se ha iniciado también la fase B2 de los dos instrumentos (VIS y NISP), en manos del Consorcio Euclid, encabezado por Yannick Mellier. De su adecuado avance durante los próximos años, teniendo en cuenta su complejidad tecnológica, depende el éxito del proyecto.

Más adelante todavía quedan las fases C y D del programa, y los últimos preparativos previos al lanzamiento, previsto para el año 2020. Siete años de labor intensiva y completa dedicación que deberán verse recompensados con la obtención de la mejor información disponible hasta ahora sobre las regiones extragalácticas, revolucionando nuestros conocimientos sobre el pasado y el futuro del Universo, y poniendo las bases para una nueva cosmología.

Nuestro país entregará varios componentes para el instrumento infrarrojo, y dispondrá de un centro de gestión de los datos científicos, en Cataluña (Port d'Informació Científica). Participará personal del Centro de Astrobiología, del CIE-MAT, del IAC, de la Universidad Politécnica de Cartagena, del Institut de Física d'Altes Energies, de la UAM, de la UAB, del Institut d'Estudis Espacials de Catalunya y del ICE/IEEC-CSIC ■