



Asamblea General

Distr. general
7 de enero de 2005
Español
Original: inglés

**Comisión sobre la Utilización del Espacio
Ultraterrestre con Fines Pacíficos**
Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos
42º período de sesiones
Viena, 21 de febrero a 4 de marzo de 2005
Tema 10 del programa provisional*
Objetos cercanos a la Tierra

Información sobre las investigaciones realizadas por las organizaciones internacionales y otras entidades en la esfera de los objetos cercanos a la Tierra

Nota de la Secretaría

Índice

	<i>Página</i>
I. Introducción	2
II. Respuestas recibidas de las organizaciones internacionales y otras entidades	2
Agencia Espacial Europea	2
La Spaceguard Foundation	19

* A/AC.105/C.1/L.277.



I. Introducción

De conformidad con el acuerdo alcanzado en el 41º período de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos (A/AC.105/823, anexo II, párr. 18), que la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos hizo suyo en su 47º período de sesiones (A/59/20, párr. 140), la Secretaría invitó a las organizaciones internacionales, los órganos regionales y otras entidades que trabajaban en el sector de las investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra a presentar informes acerca de sus actividades de investigación sobre esos objetos, para que la Subcomisión los examinara. El presente documento contiene los informes recibidos hasta el 17 de diciembre de 2004.

II. Respuestas recibidas de las organizaciones internacionales y otras entidades

Agencia Espacial Europea

Reseña de las actividades de la Agencia Espacial Europea en la esfera de la investigación sobre los objetos cercanos a la Tierra: reducción de riesgos

Resumen

1. Los objetos cercanos a la Tierra representan una amenaza mundial. Hay pruebas abrumadoras de que, en ocasiones pasadas, los impactos de grandes objetos con dimensiones del orden de varios kilómetros han tenido consecuencias catastróficas. Aunque esos impactos son muy poco frecuentes, incluso objetos más pequeños, cuyo diámetro no mide varios kilómetros, pueden causar daños importantes cuando chocan con la Tierra a intervalos, determinados por el azar, de varios cientos o miles de años.
2. Anteriormente, la Agencia Espacial Europea (ESA) ha apoyado las investigaciones industriales y científicas en la esfera de los objetos cercanos a la Tierra, en el contexto de su programa de estudios generales y en estrecha cooperación con su programa de ciencias espaciales. Esas actividades permiten a la ESA definir la mejor manera en que Europa puede hacer una contribución apreciable, pero realista, a las actividades internacionales para evaluar los riesgos que plantean los objetos cercanos a la Tierra.
3. Como parte de las actividades del programa de estudios generales relacionadas con la preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra, se realizaron varios estudios paralelos de la viabilidad de algunas misiones¹. Los resultados de esos estudios fueron evaluados por el grupo asesor de las misiones sobre los objetos cercanos a la Tierra (NEOMAP) de la ESA, una junta independiente de expertos de reconocido prestigio que se especializan en diversos aspectos del problema de los objetos cercanos a la Tierra. Desde la presentación de las recomendaciones del grupo en julio de 2004, la labor se centra en el concepto de la misión “Don Quijote”. Se ha otorgado prioridad a ese concepto, sobre todo desde una perspectiva tecnológica, porque ofrece las mayores posibilidades de reportar

considerables beneficios; también se le ha dado prioridad desde una perspectiva científica. El concepto se basa en una arquitectura modular que podría facilitar su puesta en práctica en el contexto de un proyecto de cooperación, lo cual ha suscitado gran interés entre los medios informativos y el público en general. El concepto ha servido de hipótesis de referencia en un debate reciente con expertos técnicos y científicos del Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón, que actualmente se ocupan de la misión Hayabusa relativa a los asteroides, con respecto a su posible participación en las evaluaciones internas de la ESA. Estaba previsto que las conversaciones prosiguieran en diciembre de 2004 y enero de 2005 en el Centro de Diseño Simultáneo del Centro Europeo de Investigaciones y Tecnología Espaciales (ESTEC) de la ESA. Durante los intercambios, quedó confirmado el interés en participar de los expertos técnicos y científicos del Organismo japonés y se pusieron de manifiesto los posibles beneficios para ambas partes, que abarcan el aprovechamiento compartido de los conocimientos especializados y la evaluación de posibles oportunidades futuras de cooperación respecto de las ciencias de las superficies planetarias y el desarrollo de la tecnología espacial.

4. La importancia de las iniciativas internacionales para fomentar el conocimiento de los objetos cercanos a la Tierra es evidente. La dimensión mundial del peligro que plantean esos objetos y el nivel de sensibilización de gran parte del público hacen que el estudio de este peligro sea particularmente indicado para la cooperación internacional. Cualquier proyecto o misión espacial derivados de ella podrían tener una financiación relativamente modesta.

Introducción

5. Los objetos cercanos a la Tierra no son simplemente una curiosidad científica. En la práctica, si esos objetos chocaran con la Tierra, podrían causar los peores desastres naturales posibles.

6. En Europa, el número de actividades iniciadas en la esfera de la evaluación de los riesgos de impacto de los objetos cercanos a la Tierra es grande entre los círculos académicos, pero reducido entre las instituciones. Las actividades en el plano institucional no cumplen las recomendaciones contenidas en la resolución 1080 del Consejo de Europa, aprobada el 20 de marzo de 1996, sobre la detección de asteroides y cometas que pueden ser peligrosos para la humanidad.

7. En esa resolución, el Consejo invitó a los gobiernos de sus Estados miembros o de los Estados que gozan de la condición de observador, así como a la ESA, a brindar el apoyo necesario a un programa internacional en el que se hiciera un inventario lo más exhaustivo posible de los objetos cercanos a la Tierra, con hincapié en los que tuvieran un tamaño superior a 0,5 kilómetros; fomentar el conocimiento de las características físicas de los objetos cercanos a la Tierra, así como la evaluación de los fenómenos vinculados con un posible impacto, teniendo en cuenta sus diversos niveles de energía cinética y composición; participar en el diseño de pequeños satélites de bajo costo para observar los objetos cercanos a la Tierra que no se pueden detectar desde la Tierra y realizar investigaciones que se pudieran llevar a cabo con mayor eficacia en el espacio; y contribuir a una estrategia mundial de largo plazo para prevenir los posibles impactos.

8. La importancia de las iniciativas internacionales para fomentar la comprensión de los objetos cercanos a la Tierra se ha puesto de relieve en muchas ocasiones: en

la Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano, aprobada por la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III)² y que la Asamblea General hizo suya en su resolución 54/68, de 6 de diciembre de 1999; en la resolución 1080 del Consejo de Europa, de 20 de marzo de 1996, sobre la detección de asteroides y cometas que pueden ser peligrosos para la humanidad; en los resultados y conclusiones del curso práctico sobre los objetos cercanos a la Tierra: riesgos, políticas y acciones del Foro Mundial de la Ciencia, organizado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en Frascati (Italia) del 20 al 22 de enero de 2003; y en el documento de posición titulado “*Protecting Earth from Asteroids and Comets*”, publicado por el Instituto Estadounidense de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA) en octubre de 2004. En la política espacial a largo plazo de la ESA se señaló también que las investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra eran una tarea que se debería proseguir activamente³.

9. La magnitud mundial del peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra y el grado de sensibilización entre una parte apreciable del público hacen que el tema se preste bien a la cooperación internacional y los proyectos conexos podrían realizarse con medios financieros módicos. Sin embargo, la índole de las relaciones entre los países que realizan actividades espaciales es compleja y hay una gran diversidad de intereses y de enfoques posibles de la cuestión de los objetos cercanos a la Tierra. La ESA ha decidido adoptar un enfoque progresivo, por lo cual primero evalúa los intereses y los medios europeos y después definirá una estrategia europea como medida preparatoria de un marco de la futura cooperación internacional. Este enfoque se basa en diversos estudios y una constante evaluación interna que permite elaborar una estrategia europea coherente respecto de la utilización de misiones de naves especiales a fin de evaluar tanto el peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra como la actual capacidad tecnológica de hacerle frente.

El papel de las misiones espaciales en la evaluación del peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra

10. Hasta la fecha, la mayor parte de las actividades de los países europeos se ha concentrado en el establecimiento de modelos teóricos de la población de objetos cercanos a la Tierra, la coordinación y mejora de los programas de estudio en tierra, la distribución y el análisis de datos astrométricos, la determinación de las órbitas de objetos cercanos a la Tierra, la caracterización física a distancia de esos objetos y la modelización de sus propiedades físicas. La ESA apoya directamente algunas de esas actividades y da acogida en el Instituto Europeo de Investigaciones Espaciales (ESRIN), al nódulo central de la Fundación Spaceguard, que la asesora respecto de todas las cuestiones relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra.

11. De los estudios encargados por la ESA hasta la fecha se desprende que hay grandes posibilidades de utilizar medios específicos situados en el espacio para fomentar el conocimiento del peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra (véase el anexo II) y se han aclarado las opciones europeas para hacer frente al problema.

12. Esos estudios se realizaron partiendo del supuesto de que se necesitaría un enfoque progresivo para evaluar la amenaza y desarrollar técnicas de mitigación eficaces. Se identificaron dos tipos generales de misiones espaciales: las de estudio

y las de cita espacial. Ambos tipos de misiones complementarían mucho los actuales esfuerzos en tierra y, en algunos casos, los superarían.

14. Las misiones de estudio de los objetos cercanos a la Tierra están destinadas a la detección, el rastreo (es decir, la determinación de la órbita) y la caracterización a distancia (por ejemplo, la determinación del tipo taxonómico y del albedo superficial) de los objetos cercanos a la Tierra. El principal objetivo de esas misiones es compilar, mejorar y ampliar un catálogo de objetos peligrosos. Aunque los telescopios situados en el espacio no pueden ser tan grandes y potentes como los terrestres, el mejoramiento de la geometría de visión y de las condiciones de observación permite acceder mejor a ciertos tipos de objetos, como los Atens y los objetos cuya órbita está contenida en la órbita de la Tierra y que, por su cercanía al Sol en el cielo, suelen ser difíciles de observar. Esas condiciones favorables producen estudios eficientes en que se pueden detectar y catalogar objetos pequeños, cuyo tamaño es de apenas unos cuantos cientos de metros. Es posible acceder desde el espacio a una gama más amplia de longitudes de onda (por ejemplo, el infrarrojo) y un mejor ciclo de trabajo, en comparación con el acceso que se tiene desde la Tierra. Todo ello puede representar una contribución importante a la ampliación de los esfuerzos de observación actuales.

14. En las misiones de caracterización *in situ* se trata de determinar con precisión la masa, el volumen y la estructura interna de los objetos, entre otras propiedades físicas. Los instrumentos que se encuentran en el espacio son los mejores y frecuentemente los únicos medios de obtener esos datos, que son esenciales para evaluar las consecuencias de un impacto y las medidas que se podrían adoptar para prevenirlo.

15. Se ha determinado que las misiones de ensayo que conducen a demostrar la capacidad de desplazar un asteroide son el tipo de misiones *in situ* relativas a los objetos cercanos a la Tierra que revisten el más alto interés desde el punto de vista tanto de la caracterización de esos objetos como de la tecnología.

Primera fase de la preparación de misiones espaciales relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra: estudios de las misiones

16. Anteriores estudios de la ESA ya habían puesto de manifiesto la utilidad de las misiones espaciales relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra y, a fin de evaluar minuciosamente la utilidad de todos los tipos de misión posibles, la Oficina de Conceptos y Estudios Avanzados de la ESA hizo un llamamiento para que se presentaran ideas relacionadas con las misiones o los instrumentos, en el marco del estudio de preparación de misiones espaciales relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra (véase el anexo II). Se seleccionaron seis conceptos de misión por consejo de un grupo de expertos de renombre en los objetos cercanos a la Tierra. En febrero de 2003 se concluyeron con éxito los seis estudios paralelos “previos a la fase A”, que constituyeron una evaluación de seis conceptos diferentes de misión espacial, todos ellos destinados a reunir información sobre diversos aspectos del peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra, a fin de identificar las medidas más eficaces para contrarrestarlo.

17. En los estudios se demostró que los bienes espaciales podían complementar las evaluaciones en tierra y, por ello, representaban un medio digno de crédito e interesante de evaluar el peligro que planteaban los objetos cercanos a la Tierra,

incluso desde el punto de vista de los riesgos y los costos. En todas las propuestas de estudio se calculó un presupuesto de 150 millones de euros.

18. A continuación se describen los seis conceptos de misión:

a) El estudio europeo de objetos cercanos a la Tierra (European Near-Earth Object Survey - EUNEOS) fue propuesto y estudiado por Alcatel Space, el Observatoire de la Côte d'Azur y la Spaceguard Foundation. El concepto propuesto fue realizar un estudio espacial desde una órbita heliocéntrica interior a la de Venus para descubrir los objetos cercanos a la Tierra más peligrosos, los llamados objetos potencialmente peligrosos, que suelen ser los más difíciles de detectar desde los observatorios en tierra debido a la necesidad de hacer observaciones cerca del horizonte a elongaciones solares mínimas;

b) "Earthguard-I" fue propuesto por la empresa Kayser-Threde, el Centro Aeroespacial Alemán (DLR), la Spaceguard Foundation y la Universidad Internacional del Espacio. Un telescopio a bordo de una futura misión en el sistema solar interior, por ejemplo, el vehículo orbital BepiColombo, con destino a Mercurio, o una plataforma espacial específica, descubriría objetos cercanos a la Tierra y se encargaría de su seguimiento, de manera similar a EUNEOS;

c) El sistema integrado de Spaceguard para el estudio de objetos potencialmente peligrosos (SISYPHOS) fue propuesto por la empresa Alenia Spazio, Surrey Satellite Technology Ltd. y el Osservatorio Astronomico di Torino. Un observatorio en el espacio detectaría objetos cercanos a la Tierra y los sometería a teleobservación, así como los caracterizaría físicamente: tamaño, composición y rugosidad de la superficie, entre otras cosas;

d) La misión de interceptación de objetos cercanos a la Tierra mediante pequeños satélites (SIMONE) fue propuesta por la empresa QinetiQ, el Instituto de Investigaciones sobre Ciencias Planetarias y Espaciales (PSSRI) de la Universidad Abierta del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Science Systems Ltd., la empresa Telespazio y el Politecnico di Milano. Una flota de satélites pequeños de bajo costo volaría cerca de varios objetos cercanos a la Tierra o tendría una cita espacial con ellos para caracterizar esa población u obtener información de primera mano sobre asteroides potencialmente peligrosos;

e) La misión de tomografía de alta resolución de la estructura interna mediante cita espacial con asteroides (ISHTAR) fue propuesta por la European Aeronautic Defence and Space Company, Astrium Ltd., el Observatoire de Paris-Meudon, el Osservatorio Astronomico di Roma, el Laboratoire de Planétologie en Grenoble (Francia), el PSSRI y la Universidad de Colonia. Un vehículo orbital recurriría a la tomografía radárica (es decir, la obtención de imágenes del interior de un cuerpo sólido utilizando un radar de penetración en el suelo) para sondear el interior del objeto elegido, estudiar su estructura (por ejemplo, homogénea, porosa, fracturada o simplemente compuesta de un conjunto poco compacto de distintos bloques erráticos) y evaluar la gravedad de la amenaza;

f) La misión "Don Quijote" fue propuesta por la empresa Deimos Space Company, EADS-Astrium Ltd., la Universidad de Pisa y la Spaceguard Foundation. Un par de naves espaciales, que se llamarían Hidalgo y Sancho, estudiarían los asteroides. Una chocaría con un determinado asteroide a una velocidad relativa muy alta, mientras que la otra haría observaciones desde una órbita en torno al asteroide

antes, durante y después del impacto, a fin de reunir información sobre la estructura interna del asteroide y sus demás propiedades físicas. De los seis conceptos, es el único que resultaría en una demostración sencilla de la modificación de la órbita de un asteroide.

Segunda fase de la preparación de misiones espaciales relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra: grupo asesor sobre misiones relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra (NEOMAP)

19. Las seis misiones mencionadas en la sección anterior representan opciones interesantes y es útil examinarlas en su totalidad. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, se deben establecer prioridades.

20. La siguiente etapa de la elaboración de un plan europeo de sistemas espaciales relacionados con los objetos cercanos a la Tierra entrañó el establecimiento del NEOMAP, un grupo de seis científicos de Estados miembros de la ESA, especializados en diversos aspectos de los objetos cercanos a la Tierra (como detección, determinación de la órbita y caracterización física) y de la amenaza que un posible impacto plantea para el planeta. Se les pidió que analizaran los resultados de los estudios de las misiones relacionadas con los objetos cercanos a la Tierra y formularan recomendaciones sobre las próximas medidas que se debían adoptar.

21. El grupo está integrado por los siguientes expertos:

A. W. Harris (DLR, Alemania) (Presidente);

W. Benz (Instituto de Física de la Universidad de Berna, Suiza);

A. Fitzsimmons (División de Astrofísica y Ciencias Planetarias, Queen's University of Belfast, Reino Unido);

S. F. Green (PSSRI, Reino Unido);

P. Michel (Observatoire de la Côte d'Azur, Francia);

G. Valsecchi (Instituto de Física Cósmica y Astrofísica Espacial, Italia).

22. Las tareas iniciales del grupo fueron las siguientes:

a) Concretar ventajas y definir una sólida justificación de la utilización de misiones espaciales para evaluar los riesgos de impacto de objetos cercanos a la Tierra. La finalidad de esta tarea no fue repetir la labor ya realizada, sino presentar un breve resumen de las principales conclusiones;

b) Concretar qué ventajas vinculadas con la utilización de sistemas espaciales podrían complementar la observación desde la Tierra y los datos correspondientes. Se hizo un resumen de los estudios pertinentes anteriores y se agregó más información para actualizarlos;

c) Revisar y actualizar las prioridades científicas de los conceptos de misiones de evaluación de los peligros planteados por los objetos cercanos a la Tierra exclusivamente en función de su utilidad para reducir los riesgos de impacto de esos objetos y no del valor de sus resultados para la ciencia pura;

d) Juzgar el valor de cada concepto de misión y los posibles beneficios derivados de la realización de las misiones en el contexto de las iniciativas actuales

o futuras a nivel internacional, así se trate de estudios en tierra o de otras misiones espaciales previstas;

e) Formular un conjunto de recomendaciones clasificadas por orden de prioridad para cada categoría de misión (estudios y citas espaciales) y una propuesta de proyecto o proyectos de misiones espaciales en régimen de cooperación a nivel internacional.

23. El grupo se reunió el 14 de enero de 2004 en el ESTEC (Países Bajos) y en los cinco meses siguientes preparó un conjunto de recomendaciones que se anunciaron en un acto celebrado en el ESRIN, Frascati (Italia), el 9 de julio de 2004.

24. Las recomendaciones se publicaron luego, en el informe titulado “*Space mission priorities for near-Earth object risk assessment and reduction*”⁴, y se las resume a continuación:

a) El grupo estimó que, de las tres misiones sobre observatorios que examinó, los conceptos de estudio de objetos cercanos a la Tierra enunciados en EUNEOS y Earthguard-I eran los más compatibles con los criterios y actividades señalados *supra*. EUNEOS parecía una misión viable, eficiente y, en gran parte, autosostenible, cuyo único objetivo era descubrir objetos cercanos a la Tierra potencialmente peligrosos y determinar sus órbitas. Sin embargo, se llegó a la conclusión de que, por el momento, una misión en el espacio para el descubrimiento de objetos cercanos a la Tierra, dentro del alcance de las misiones examinadas, no revestía la máxima prioridad, dado que los esfuerzos combinados de los diversos estudios en tierra probablemente rendirían frutos en el curso del próximo decenio. Se decidió que la cuestión de una misión relativa a un observatorio en el espacio para los objetos cercanos a la Tierra se podría volver a analizar más adelante, una vez que se hubiera definido mejor el peligro residual planteado por los objetos cercanos a la Tierra a los que no se podía acceder mediante estudios en tierra;

b) El grupo estimó que, de las tres misiones de cita espacial examinadas, el concepto de la misión Don Quijote era el más compatible con los criterios y prioridades establecidos *supra*, dado que podía no solamente mostrar la estructura interna de un objeto cercano a la Tierra, sino también interactuar mecánicamente con ese objeto. En consecuencia, Don Quijote era la única de las tres misiones que podría aportar un eslabón perdido muy importante en la cadena conducente a la reducción de los peligros, luego de su identificación. Teniendo en cuenta la posible participación de países no europeos, el grupo estimó que el concepto de Don Quijote era compatible con los intereses y los acontecimientos que se producían actualmente en otras partes y podría atraer fácilmente la atención de posibles asociados;

c) El grupo recomendó que, de las seis misiones que se examinaron, la ESA diera la más alta prioridad al concepto Don Quijote como base para su participación en la evaluación y reducción de los riesgos de impacto de objetos cercanos a la Tierra.

Perspectivas de cooperación internacional

25. El NEOMAP sigue apoyando el examen interno del concepto Don Quijote que realiza la ESA. Actualmente, la Oficina de Conceptos y Estudios Avanzados de la ESA, con el apoyo del Centro de Diseño Simultáneo del ESTEC, se encarga de las actividades relacionadas con el grupo.

26. En diciembre de 2004 y enero de 2005, Don Quijote sirvió de hipótesis de referencia en las conversaciones con los expertos técnicos y científicos del Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón sobre su posible participación en las evaluaciones internas en curso de la ESA. Los expertos técnicos y científicos del Organismo participan actualmente en la misión asteroidal Hayabusa y el vehículo orbital Lunar A. Se ha confirmado su interés en participar y en las conversaciones se pusieron de manifiesto los posibles beneficios para ambas partes (es decir, la centralización de los conocimientos especializados y la evaluación de posibles oportunidades de una cooperación futura en el desarrollo de la ciencia de las superficies planetarias y de la tecnología espacial).

27. La misión Don Quijote se presentó a la comunidad internacional en la conferencia sobre defensa planetaria para proteger a la Tierra de los asteroides, celebrada en Orange County, California (Estados Unidos de América), en febrero de 2004, como ejemplo de misión precursora en relación con los objetos cercanos a la Tierra, que preparaba el camino para una misión eficaz de desviación de esos objetos.

28. En esa conferencia y en todas las demás ocasiones en que se ha presentado esa misión, como la asamblea general del Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR), celebrada en julio de 2004, o el Congreso de la Federación Astronáutica Internacional, celebrado en octubre de 2004, ha quedado claro lo siguiente:

a) El concepto de una misión precursora en relación con los objetos cercanos a la Tierra, a diferencia del ensayo completo de una costosa misión de desviación, que podría encarar gran número de incertidumbres, ha suscitado considerable interés entre los especialistas en objetos cercanos a la Tierra. Ello se ha visto reflejado no solamente en las recomendaciones del grupo, sino también en otros informes, como el documento de posición del AIAA titulado “*Protecting Earth from Asteroids and Comets*”;

b) Dada la experiencia amplia y complementaria que existe en esta esfera, así como los posibles beneficios para los asociados en la cooperación, una misión relacionada con los objetos cercanos a la Tierra sería un proyecto ideal de cooperación internacional, en particular si se tiene en cuenta una estructura modular de la misión, con interfaces bien definidas que faciliten las contribuciones independientes de los socios cooperadores;

c) En consecuencia, sería adecuado construir una nave espacial de múltiples elementos, que realizara investigaciones en la proximidad inmediata de un objeto cercano a la Tierra o en su superficie, sobre todo si se tuvieran en cuenta los aspectos relacionados con la tecnología de reducción de riesgos;

d) Debido a la calidad y el grado de detalle de los estudios realizados hasta la fecha, la ESA ha logrado conocer a fondo las opciones existentes con respecto a las misiones y, por ello, está en condiciones de coordinar la labor en esa esfera. La misión Don Quijote representa una excelente hipótesis de referencia para examinar posibles opciones de cooperación.

Conclusión

29. El desarrollo de sistemas espaciales destinados a evaluar el peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra brindaría una excelente oportunidad para la

cooperación internacional, de la que se beneficiarían todos los participantes por lo que se refiere al rendimiento de la misión, el desarrollo de la tecnología y las relaciones públicas, a un costo comparativamente módico. Por ello, es preciso entablar contacto y explorar con los asociados internacionales interesados en la iniciativa las posibilidades de un modelo de marco de cooperación adecuado.

Anexo I

El proyecto de misión Don Quijote

1. A continuación figura un breve resumen de los resultados del estudio industrial inicial realizado por encargo de la Agencia Espacial Europea (ESA). La ESA los examina actualmente a nivel interno en su Centro de Diseño Simultáneo, con el apoyo de su equipo de conceptos avanzados. En la figura I se muestran los dos componentes de la misión Don Quijote, a saber, Sancho e Hidalgo, encima de la etapa superior del lanzador Soyuz-Fregat.

Figura I

Proyecto de misión Don Quijote: representación figurada de las naves espaciales Sancho e Hidalgo encima de la etapa superior del lanzador Soyuz-Fregat



I. Proyecto de objetivos de la misión

2. La misión Don Quijote tendría un doble objetivo:

- a) Adquirir conocimientos sobre las características físicas de los asteroides. La prioridad científica de este objetivo es muy alta, pero no es posible alcanzarlo en el marco de la generación actual de misiones asteroidales;
- b) Obtener conocimientos que serían de fundamental importancia en caso de que un asteroide llevara rumbo de colisión con la Tierra, en cuyo caso tendría que ser desviado. Don Quijote permitiría determinar detalladamente por primera vez la estructura interior de ese asteroide y sus propiedades mecánicas y permitiría medir directamente su respuesta a un impacto, con lo cual se obtendría información muy importante para toda elaboración ulterior de estrategias de mitigación, incluida la modelización numérica.

3. Para poder lograr esos objetivos, en el estudio se prevé la utilización de dos naves espaciales, que se lanzarían en trayectorias interplanetarias distintas. La nave espacial científica, llamada Sancho, llegaría primero al asteroide y, luego de una maniobra de cita espacial, observaría y mediría el asteroide durante varios meses. Entre las técnicas de medición se usarían las de la sismología. La segunda nave espacial, el impactor llamado Hidalgo, colisionaría seguidamente con el asteroide, a una velocidad relativa de por lo menos 10 km s^{-1} . Sancho, que se retiraría a una distancia prudencial antes del impacto, regresaría a una órbita cercana para determinar los cambios en la órbita y el estado de rotación del asteroide, así como en su forma, y (opcionalmente) para recoger muestras del material subsuperficial reciente, expuesto al formarse el cráter.

4. A continuación figuran las principales mediciones que haría la nave espacial científica Sancho:

a) Determinar la desviación orbital del asteroide como consecuencia del impacto, con un margen de precisión de un 10% aproximadamente;

b) Determinar las propiedades mecánicas del material del asteroide;

c) Medir la masa del asteroide, el coeficiente de los momentos de inercia y las armónicas de orden inferior del campo de gravedad del asteroide;

d) Modelar la forma del asteroide antes y después del impacto, para detectar cambios;

e) Determinar la estructura interna del asteroide, en particular el tamaño de las principales piezas sólidas, el tamaño y espesor medios de las partículas del regolito y de las capas de desechos en el espacio que queda entre las piezas principales;

f) Medir el estado de rotación del asteroide antes e inmediatamente después del impacto, con un margen de precisión de un 10% aproximadamente. Asimismo, detectar, de ser posible, la disipación de la rotación axial no principal luego del impacto, para determinar el factor de disipación interna (Q);

g) Determinar la composición mineralógica a gran escala del asteroide, lo que sería importante para establecer en su momento correlaciones entre las propiedades espectrales observadas y la estructura interna;

h) Brindar un modelo de las fuerzas no gravitatorias, como el efecto Yarkovsky, que actúan sobre la órbita y rotación del asteroide. Ello requiere un modelo térmico.

5. De los cálculos realizados en el estudio industrial del proyecto Don Quijote con respecto a un asteroide de referencia con un diámetro de 500 metros y una densidad de $2,6 \text{ gm cm}^{-3}$ se desprende que habría un desplazamiento del asteroide, inducido por el impacto, de 1.400 metros en un período de cuatro meses. El régimen de rotación del asteroide podría variar $0,5^\circ$ por día aproximadamente. Debería ser fácil medir esos cambios, recurriendo a Sancho.

II. Carga útil

6. Se ha determinado que los siguientes instrumentos serían necesarios para lograr los objetivos de la misión:

a) Una cámara para formar imágenes de alta resolución del asteroide, a fin de obtener un modelo tridimensional completo del asteroide antes y después del impacto con Hidalgo;

b) Un espectrómetro cartográfico del infrarrojo, de baja resolución espacial y alta resolución espectral, para medir la mineralogía de la superficie. Sería también necesario hacer mediciones de la región del infrarrojo térmico para establecer el modelo térmico;

c) Una carga útil relativa a las ciencias radiológicas; se trataría de traspondedores de las bandas X y K, así como de un acelerómetro;

d) Ciencias sismológicas:

i) Penetradores. Se prevé contar con una red de por lo menos cuatro penetradores en la superficie de un asteroide. Además de los instrumentos, los penetradores constan de los subsistemas necesarios para su funcionamiento en la superficie. Cada penetrador cuenta con un sismómetro, un acelerómetro y un sensor de temperatura;

ii) Sismómetros. Se necesitan sismómetros triaxiales de período corto. Durante el impacto de Hidalgo, los sismómetros llegarán a un estado de saturación debido a la gran aceleración. Por ello, se prevé utilizar un conjunto de acelerómetros, que solamente funcionarían durante el impacto de Hidalgo. En la figura II se muestra el impacto de Hidalgo en el asteroide 1989 ML y la observación del fenómeno por Sancho;

iii) Termómetro. A fin de apoyar las mediciones en el infrarrojo térmico y el establecimiento del modelo térmico del asteroide;

iv) Fuentes sísmicas. Pequeñas cargas explosivas (equivalentes a unos cuantos cientos de gramos de TNT y provistas de un detonador temporizado) que crearían las señales sísmicas que se utilizarían para determinar la estructura interna del asteroide.

III. Diseño de la nave espacial y la misión

7. De conformidad con el estudio industrial inicial, que actualmente se examina y actualiza en el Centro de Diseño Simultáneo de la ESA, la misión Don Quijote se dividiría en varios elementos de misión específicos: la cámara, el espectrómetro de infrarrojos, los penetradores/elementos de superficie y las fuentes sísmicas transportados en el vehículo orbital Sancho. Los penetradores/elementos de superficie y las fuentes sísmicas son considerados elementos distintos, dado que realizarían las operaciones de “aterrizaje” y de superficie en el asteroide, lo que sería en sí mismo una “submisión” compleja de Don Quijote. Otro elemento sería Hidalgo, que solamente serviría de impactor. Su principal tarea sería chocar con el asteroide con una precisión de posición y a una velocidad relativa determinada.

Figura II

La nave espacial Sancho observa el impacto previsto de la nave espacial Hidalgo en el asteroide 1989 ML

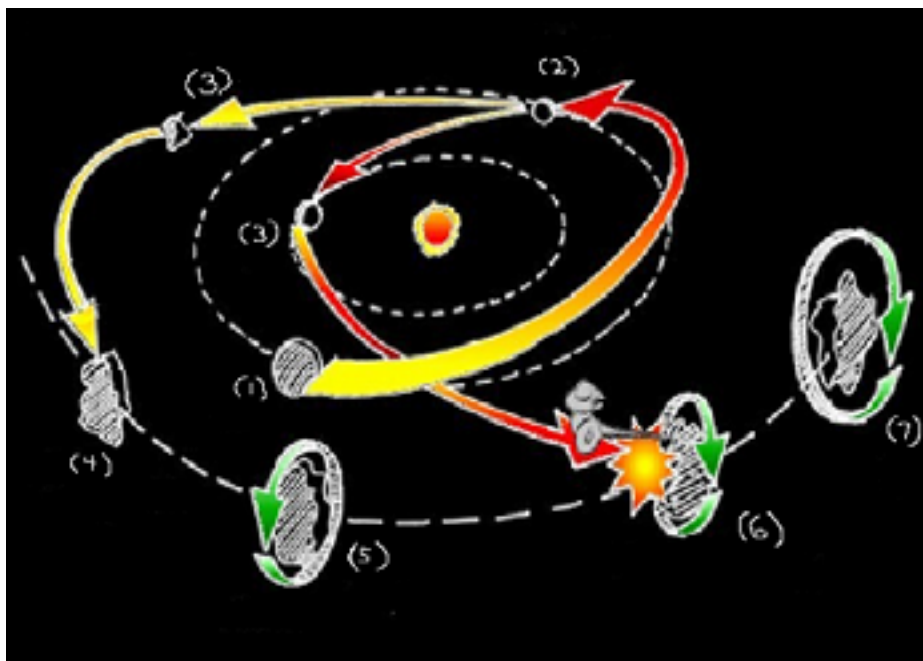
8. La nave espacial Sancho tendría una estructura rectangular, que contendría las diferentes unidades necesarias para el funcionamiento de la nave espacial y los instrumentos. El imaginizador y el espectrómetro del infrarrojo se montarían en el costado nadiral, fuera de la estructura, e irían sobre el radiador para asegurar un control térmico adecuado de los detectores de infrarrojos.

9. Para el despliegue de los penetradores, se montarían mecanismos de lanzamiento en un costado de la nave espacial. Un pequeño motor cohético de combustible sólido realizaría el lanzamiento. La velocidad del impacto sería del orden de 50 a 100 m s^{-1} , a fin de asegurar la debida profundidad de penetración y un acoplamiento adecuado con el asteroide. Las fuentes sísmicas se lanzarían de la misma manera que los penetradores. Se prevé desplegar por lo menos cuatro antes del impacto de Hidalgo y cuatro después, de preferencia en los mismos lugares, a fin de medir los cambios provocados por el impacto. Se considera que el despliegue y utilización de esta red sísmica es uno de los aspectos más difíciles de la misión Don Quijote. En la figura III se muestra, en términos generales, el diseño propuesto para la misión.

10. En principio, Hidalgo podría utilizar la misma plataforma espacial que Sancho, pero al no llevar ninguna carga útil, excepto una cámara de navegación y, posiblemente, algunos experimentos tecnológicos sencillos, debería ser más ligero que Sancho y, en términos generales, más sencillo. La excepción sería el sistema final de determinación de los blancos, que debería ser exacto y sumamente autónomo, incluso en situaciones no nominales (o sea, situaciones en que el blanco no es específico).

11. Una de las posibilidades que se tuvieron en cuenta en el estudio del diseño de la misión fue encontrar trayectorias al mismo objeto, en que se partiera al mismo tiempo pero se llegara en momentos diferentes con velocidades y geometría de llegada completamente distintas, a la vez que se minimizara el total de la variación de la velocidad (ΔV) (es decir, el gasto). El ejemplo del calendario de la misión que figura en el cuadro 1 caracteriza la misión de referencia al blanco nominal (10302) 1989 ML (tamaño estimado = 500 m).

Figura III
Diseño propuesto de la misión Don Quijote



- (1) Partida de la Tierra
- (2) Sobrevuelo cerca de la Tierra
- (3) Sobrevuelo de Venus por Hidalgo y del asteroide por Sancho
- (4) Llegada de Sancho al blanco
- (5) Análisis del asteroide
- (6) Impacto de Hidalgo en el blanco
- (7) Análisis posterior al impacto

Cuadro 1
La misión de referencia Don Quijote

Tiempo transcurrido desde el lanzamiento	Nave espacial Sancho Masa de partida: 582,3 kg Masa de inyección: 394,0 kg	Nave espacial Hidalgo Masa de partida: 388,2 kg Masa de inyección: 379,1 kg
	Ambas naves espaciales se lanzarán juntas con trayectorias casi idénticas que se cruzarán con la Tierra seis meses más adelante (o un múltiplo de esa cantidad).	
~ 180 días	Desviación gravitatoria terrestre: envío al asteroide elegido.	Desviación gravitatoria terrestre: envío a Venus.
~ 909 días (2,49 años)		Desviación gravitatoria de Venus: envío al asteroide elegido.
~ 1.478 días (4,05 años)	Llegada al asteroide elegido con $\Delta V = 1,089 \text{ km s}^{-1}$. Levantamiento de mapas generales a una distancia de unos 10 radios del asteroide, seguido de observaciones cercanas de determinadas zonas a una distancia de 1 radio del asteroide. Realización de experimentos sismológicos.	
~ 1.706 días (4,67 años)	Antes del impacto, pasar a una distancia segura. Observar el impacto. Reanudar la medición del asteroide para determinar los cambios provocados por el impacto (órbita, rotación, etc.). Reanudar los experimentos sismológicos.	Impacto en el asteroide elegido con $\Delta V = 13,44 \text{ km s}^{-1}$. Fin de la misión.
5 años	Fin de la misión.	

Nota: ΔV = variación de la velocidad.

Anexo II

Estudios y contratos de la Agencia Espacial Europea en relación con los objetos cercanos a la Tierra

<i>Número de contrato</i>	<i>Nombre del estudio</i>	<i>Contratista</i>	<i>Sitio en la Internet</i>
AO/12314/97/D/IM	Estudio de una red mundial de investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra	Principal: Spaceguard Foundation (Italia)	Ninguno
AO/13265/98/D/IM	Sistema integrado de Spaceguard para el estudio de objetos potencialmente peligrosos (SISYPHOS)	Principal: Spaceguard Foundation (Italia) Subcontratista: Alenia Spazio (Italia)	www.esa.int/gsp/completed/card_98_A15.html
AO/14018/00/F/TB	Comprensión de la distribución de los objetos cercanos a la Tierra	Principal: Observatoire de la Côte d'Azur (Francia)	www.esa.int/gsp/completed/card_00_S92.html
RFQ/14472/00/D-HK	Estudio destinado a la publicación sobre mitigación del peligro que plantean los objetos cercanos a la Tierra	Principal: Technische Universität Dresden (Alemania)	www.esa.int/gsp/completed/card_00_N94.html
AO/16257/02/F/IZ NEO	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: European Near-Earth Object Survey (EUNEOS)	Principal: Alcatel Space (Francia) Subcontratistas: Observatoire de la Côte d'Azur (Francia), Spaceguard Foundation (Italia)	www.esa.int/gsp/completed/neo/euneos.html
AO/16256/02/F/IZ	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: Earthguard-I	Principal: Kayser-Threde (Alemania), Subcontratistas: Centro Aeroespacial Alemán (Alemania), Spaceguard Foundation (Italia), Universidad Internacional del Espacio	www.esa.int/gsp/completed/neo/earthguard.htm
AO/16253/02/F/IZ	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: teleobservación de los objetos cercanos a la Tierra desde el espacio	Principal: Alenia Spazio (Italia), Subcontratistas: Surrey Satellite Technology Ltd. (Reino Unido), Osservatorio Astronomico di Torino (Italia)	www.esa.int/gsp/completed/neo/remote.html

<i>Número de contrato</i>	<i>Nombre del estudio</i>	<i>Contratista</i>	<i>Sitio en la Internet</i>
AO/16254/02/F/IZ	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: misión de interceptación de objetos cercanos a la Tierra mediante pequeños satélites (SIMONE)	Principal: QinetiQ (Reino Unido), Subcontratistas: Planetary and Space Sciences Research Institute (Reino Unido), Science Systems Ltd. (Reino Unido), Telespazio (Italia), Politecnico di Milano (Italia)	www.esa.int/gsp/completed/neo/simone.html
AO/16255/02/F/IZ	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: misión de tomografía de alta resolución de la estructura interna mediante cita espacial con asteroides (ISHTAR)	Principal: Astrium Ltd. (Reino Unido), Subcontratistas: Observatoire de Paris-Meudon (Francia), Osservatorio Astronomico di Roma (Italia), Laboratoire de Planétologie, Grenoble (Francia), Planetary and Space Sciences Research Institute (Reino Unido), Universidad de Colonia (Alemania)	www.esa.int/gsp/completed/neo/ishtar.htm
AO/16252/02/F/IZ	Estudio de preparación de misiones espaciales sobre los objetos cercanos a la Tierra: Don Quijote	Principal: Deimos Space (España), Subcontratistas: Astrium GmbH (Alemania), Universidad de Pisa (Italia), Spaceguard Foundation (Italia)	http://www.esa.int/gsp/completed/neo/donquijote.html

La Spaceguard Foundation

Informe sobre las actividades realizadas por la Spaceguard Foundation en el período 1996-2004

Introducción

1. Las investigaciones astronómicas y geopaleontológicas han demostrado que los impactos de objetos cercanos a la Tierra (asteroides y cometas) contra el planeta han influido en la evolución de la vida en el pasado y aún plantean una amenaza considerable para la población humana, comparable con la que representan otros grandes desastres naturales.

2. La probabilidad de un impacto depende del tamaño de los objetos, cuya distribución sigue una ley exponencial bastante conocida. Los fenómenos catastróficos, capaces de poner en peligro la supervivencia de las especies vivas, se repiten a intervalos de decenas o centenas de millones de años. Los fenómenos más moderados, pero aun así capaces de representar una amenaza para la civilización y causar daños considerables a personas y bienes, se repiten a intervalos mucho más frecuentes, del orden de los cientos o miles de años. Es particularmente preocupante la posibilidad, a la que todos los países con grandes zonas costeras prestan cada vez más atención, de maremotos generados por el impacto de un objeto cercano a la Tierra.

3. En los últimos 10 años se han iniciado en los Estados Unidos varios programas para observar los objetos cercanos a la Tierra. El objetivo de esos primeros intentos de investigar este peligro, recientemente reconocido, es descubrir antes de 2008 la mayor parte de los objetos de un tamaño aproximado superior a 1 kilómetro, que podrían hacer impacto en la Tierra, dado que esos son los objetos que podrían causar una catástrofe de magnitud mundial. Se estima que se ha encontrado ya el 60% de ellos, aproximadamente. Sin embargo, es probable que no se cumpla el objetivo mencionado *supra*, dado que la tasa actual de descubrimiento es algo inferior a la prevista, sobre todo porque hay objetos en condiciones dinámicas que sólo es posible descubrir si se utilizan instrumentos suficientemente potentes. Además, la posibilidad de grandes maremotos que desencadenaría el impacto de un cuerpo de tamaño mediano (100 a 300 metros) se ha estudiado ya a fondo y todos los estudios muestran que este tipo de peligro es suficientemente grande para requerir una respuesta adecuada.

4. Diversas organizaciones internacionales, entre ellas el Consejo de Europa, la OCDE y las Naciones Unidas, han invitado a todos los países a adoptar medidas para aumentar las actividades actuales y disminuir el límite de tamaño en esa búsqueda, a fin de abarcar también los objetos con un diámetro de 200 a 300 metros. Evidentemente, los estudios en curso, destinados a detectar objetos de 1 kilómetro, no pueden descubrir una fracción sustancial de objetos más pequeños y, evidentemente también, un programa de investigación adecuado debe centrarse en el hemisferio austral, donde no existe en la actualidad ninguno, para complementar la búsqueda que ya se realiza en el hemisferio boreal.

5. En este marco, se estableció en 1996 la Spaceguard Foundation, organización sin fines de lucro cuyo objetivo principal es apoyar y coordinar las investigaciones internacionales en materia de objetos cercanos a la Tierra.

La Spaceguard Foundation: historia y finalidad

6. La idea de establecer una organización internacional para asegurar la coordinación de las actividades de observación de los objetos cercanos a la Tierra se planteó muchas veces a fines del decenio de 1980. Desde que la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), de los Estados Unidos, creara en 1991 dos grupos de trabajo para analizar la posible amenaza planteada por los objetos cercanos a la Tierra (los grupos de trabajo “Discovery” e “Interception”, presididos por Dave Morrison y por Jürgen Rahe y John Rather, respectivamente), ha habido un consenso general de que esta esfera de estudios requerirá la amplia participación de muchos países.

7. Sobre todo con este fin, la Comisión 20 de la Unión Astronómica Internacional (UAI), relativa a posiciones y movimientos de asteroides, cometas y satélites, tomó la iniciativa de presentar una resolución al respecto en la 21ª Asamblea General de la UAI, en 1991. Otras cinco comisiones de la UAI hicieron suya la resolución. En ella se pedía el establecimiento de un grupo especial integrado por todas las comisiones, con el propósito de estudiar la cuestión de los objetos cercanos a la Tierra y facilitar una amplia participación internacional en ese estudio.

8. El grupo de trabajo sobre los objetos cercanos a la Tierra preparó un informe para la 22ª Asamblea General de la UAI, celebrada en 1994, en que recomendó que los estudios e iniciativas relacionados con los objetos cercanos a la Tierra se sometieran a una autoridad internacional.

9. En septiembre de 1995, el grupo de trabajo organizó un curso práctico titulado “El comienzo de los estudios de Spaceguard”. El propósito fue subrayar la necesidad de un esfuerzo coordinado y sentar las bases para la colaboración internacional al respecto. Durante un debate prolongado y estimulante, los participantes en el curso práctico decidieron establecer una organización que contribuyera a apoyar y coordinar las investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra en todo el mundo. El último día del curso práctico, el grupo de trabajo estableció un pequeño comité, encargado de estudiar posibles vías para crear una organización de esa índole. Al cabo de varios meses de deliberaciones, se decidió que la primera medida sería establecer una asociación italiana llamada “The Spaceguard Foundation”, con la participación de los miembros del grupo de trabajo. La Spaceguard Foundation se estableció oficialmente en Roma el 26 de marzo de 1996.

10. La Spaceguard Foundation es una organización internacional no gubernamental, integrada por profesionales del espacio. Tiene estos tres objetivos principales:

a) Promover y coordinar a nivel internacional actividades relacionadas con el descubrimiento, rastreo y cálculo orbital de los objetos cercanos a la Tierra;

b) Promover estudios teóricos, experimentales y de observación de las propiedades físicas y mineralógicas de los cuerpos menores en el sistema solar, prestando particular atención a los objetos cercanos a la Tierra;

c) Promover y coordinar el establecimiento de una red en tierra, llamada el “sistema Spaceguard”, con el posible apoyo de una red de satélites, para hacer observaciones continuas que permitan el descubrimiento, así como el rastreo astrométrico y físico, de los objetos cercanos a la Tierra.

11. Casi al mismo tiempo que el establecimiento de la nueva organización, se señaló a la atención del Comité de Ciencia y Tecnología del Consejo de Europa el problema de la amenaza planteada por los objetos cercanos a la Tierra. La Spaceguard Foundation ayudó a los miembros del Comité a prepararse para un debate al respecto y el Comité aprobó por unanimidad una resolución que se presentó a la Asamblea Parlamentaria y fue aprobada el 20 de marzo de 1996 como resolución 1080 del Consejo de Europa.

12. La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos ha examinado también la cuestión de la observación de los objetos cercanos a la Tierra. En las recomendaciones del informe del sexto curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: astronomía basada en estaciones terrestres y vehículos espaciales, patrocinada por la Agencia Espacial Alemana, en nombre del Gobierno de Alemania, en el Instituto Max-Planck de Radioastronomía (A/AC.105/657), se mencionaron las observaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra. La cuestión de los objetos cercanos a la Tierra figuró también en el programa de UNISPACE III. En la Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano se hizo referencia a la necesidad de mejorar la coordinación de las investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra.

13. La Spaceguard Foundation ha ayudado al grupo de tareas del Reino Unido sobre los objetos cercanos a la Tierra potencialmente peligrosos a preparar un informe que se presentó al Gobierno del Reino Unido. Una vez dado a conocer el informe, el representante del Reino Unido ante el Foro Mundial de la Ciencia de la OCDE propuso que se estableciera un grupo de trabajo sobre los objetos cercanos a la Tierra para examinar los aspectos sociales del problema. Ese grupo de trabajo organizó un curso práctico en el ESRIN, en 2003, al que invitó a científicos y funcionarios en las esferas de la protección civil y la política. El informe del curso práctico se distribuyó a todos los gobiernos de los Estados miembros de la OCDE.

El Nódulo Central Spaceguard

14. A fin de determinar si un objeto cercano a la Tierra concreto plantea una amenaza para ésta, es necesario conocer bien su órbita, sobre la base de posiciones astrométricas que cubran un prolongado intervalo temporal. Para calcular una órbita fiable, es preciso rastrear los objetos cercanos a la Tierra inmediatamente después de su descubrimiento y, luego, años más tarde, con ocasión de otras apariciones convenientes.

15. Dado que, con anterioridad, las actividades de descubrimiento no se habían acompañado de un esfuerzo de seguimiento al nivel correspondiente, la Spaceguard Foundation, con apoyo financiero de la ESA, estableció en 1999 el Nódulo Central Spaceguard⁵, cuyo objetivo principal es coordinar en todo el mundo el seguimiento de las observaciones de los objetos cercanos a la Tierra.

1. Actividades del Nódulo Central Spaceguard realizadas en el período 1999-2004

16. La principal interacción entre el Nódulo y la comunidad de observadores de los objetos cercanos a la Tierra se produce gracias al sitio del Nódulo en la Internet. En ese sitio web, los observadores pueden encontrar una serie de listas, algunas de las cuales se actualizan diariamente. Es posible tomar directamente contacto con los observadores si una situación exige medidas inmediatas.

17. La lista más importante del Nódulo es la lista de prioridades, en que los blancos se clasifican en cuatro categorías en función de la urgencia de someterlos a una nueva observación. La recopilación diaria de la lista de prioridades está a cargo de un programa que analiza la geometría y la incertidumbre ionosférica de cada objeto cercano a la Tierra recientemente descubierto, durante su aparición en el momento del descubrimiento (es decir, su aparición actual) y durante su próxima aparición. El objetivo es que, en la próxima aparición, la incertidumbre ionosférica sea tan reducida que la recuperación del objeto cercano a la Tierra sea virtualmente segura. Los cálculos requeridos no son viables para la gran mayoría (cuando no la totalidad) de los observadores y el hecho de que se puedan consultar libremente en la Internet los resultados pertinentes es de gran ayuda para los observadores, dado que maximiza la utilidad de las observaciones astrométricas.

18. La mayor parte de las demás listas del Nódulo son estáticas y se las actualiza manualmente. Abarcan cuestiones como anuncios, resultados de campañas de observación y calendarios de observación de los grandes telescopios con que se realizan observaciones de objetos muy tenues.

19. Una actividad particularmente importante del Nódulo se relaciona con las campañas de observación para eliminar impactores virtuales. En el caso de algunos objetos cercanos a la Tierra, quizá no se pueda excluir una futura colisión de un asteroide con la Tierra solamente sobre la base de las observaciones astrométricas disponibles: las soluciones orbitales correspondientes a esos casos se llaman impactores virtuales. El análisis orbital necesario para encontrar impactores virtuales se realiza en dos centros: NEODYs en la Universidad de Pisa (Italia), que se estableció en 1999, y Sentry en el Laboratorio de Retropropulsión de los Estados Unidos, establecido en 2002. El Nódulo organiza periódicamente campañas especiales para mejorar con impactores virtuales el cálculo de la órbita de los objetos cercanos a la Tierra, mediante la adquisición de nuevas observaciones astrométricas de buena calidad. Puede ocurrir que un objeto cercano a la Tierra deje de ser observable antes de que se hayan eliminado todos sus impactores virtuales. En ese caso, con la campaña de observación se debe lograr por lo menos una exactitud orbital que permita la recuperación en el futuro.

20. A fin de superar o reducir a un mínimo el riesgo de perder un objeto cercano a la Tierra cuando todavía tiene impactores virtuales, el Nódulo ha alentado directa o indirectamente la utilización de telescopios más grandes; desde 2000 se han utilizado ocasionalmente, en particular en los observatorios de Mauna Kea y Kitt Peak, en los Estados Unidos, instrumentos de hasta 3,5 metros de diámetro. Sin embargo, solamente a comienzos de 2002 se inició el primer programa de "blancos de oportunidad", con los telescopios Isaac Newton de 2,5 metros y Jacobus Kapteyn de 1,0 metros en La Palma (España). El programa tiene la ventaja de poner un telescopio grande a disposición de quienes lo necesiten. En la primavera de 2003,

esa cobertura de seguimiento se amplió a objetos cercanos a la Tierra sumamente tenues (magnitud 25 ó 26) con el Telescopio de gran tamaño del Observatorio Europeo Austral, en Paranal (Chile), que tiene 8,2 metros. Esas iniciativas complementan los esfuerzos que se hacen habitualmente con telescopios medianos y pequeños.

21. Por último, otra actividad importante del Nódulo es la divulgación de los asuntos relacionados con los objetos cercanos a la Tierra, gracias a una amplia sección de su sitio en la Internet, así como a una revista en línea llamada “*Tumbling Stone*”.

2. Resultados

22. En los cuatro años de actividad del Nódulo, más de 2.000 objetos cercanos a la Tierra se han enumerado en sus listas. A continuación se describen los principales resultados científicos logrados en el período.

23. La eficacia de la principal lista del Nódulo, la lista de prioridades, se demuestra en una comparación de las estadísticas correspondientes al trienio 1996-1998 de las órbitas de los objetos cercanos a la Tierra recientemente descubiertos, con las del período comprendido entre comienzos de 2000 y 2003, en que ya funcionaba el Nódulo. La fracción de los objetos cercanos a la Tierra recientemente descubiertos, cuya recuperabilidad en su primera aparición posterior al descubrimiento aseguró el seguimiento, cuando no permitió una pre-recuperación, aumentó del 55% al 69%. En consecuencia, antes del inicio de las operaciones del Nódulo, casi la mitad de las órbitas de los objetos cercanos a la Tierra recientemente descubiertos no estaba bien calculada al final de la aparición que había llevado al descubrimiento de esos objetos, pero la coordinación del Nódulo ha reducido esa fracción a menos de una tercera parte.

24. En la figura I *infra* se muestra más detalladamente la fracción como una función de la magnitud absoluta (H) de los objetos cercanos a la Tierra recuperables, mientras que en la figura II se muestran los objetos pre-recuperados en los archivos astronómicos (fotográficos o de dispositivo acoplado por carga) respecto de los cuales se identificaron observaciones astrométricas preexistentes. Las otras dos figuras muestran los objetos cercanos a la Tierra que en esencia se perdieron (figura III) o se perdieron por completo (figura IV). La recuperación directa de los objetos cercanos a la Tierra perdidos en esencia podría ser posible, pero requiere en general un gran esfuerzo debido a la incertidumbre ionosférica, que es muy grande. Un intento de recuperación directa de los objetos cercanos a la Tierra completamente perdidos no sería eficaz en función de los costos de los recursos de telescopio. En general, es posible darse cuenta de un cambio a magnitudes más tenues entre los objetos cercanos a la Tierra perdidos en esencia o completamente perdidos.

25. Respecto de la eliminación de los impactores virtuales, la mayor parte de las campañas de observación tuvieron éxito. Cuando no fue así, ello no se debió a una falta de coordinación en el seguimiento. Por ejemplo, en el caso de 2002 MN, no se pudieron eliminar algunos impactores virtuales. La aparición de este objeto en el momento de su descubrimiento significó el encuentro con una geometría muy peculiar, de modo que, aunque el seguimiento del objeto cercano a la Tierra duró tanto como fue posible, la astrometría adquirida de esa manera no contribuyó

significativamente al mejoramiento del cálculo de la órbita. La mayor parte del tiempo, el objeto 2002 MN se alejaba de la Tierra con un movimiento casi exactamente radial; una vez concluida esa fase, fue posible obtener cierta contribución transversal, pero el objeto ya era demasiado tenue.

Figura I
Fracción de los objetos cercanos a la Tierra recuperables, en función de la magnitud absoluta (H)

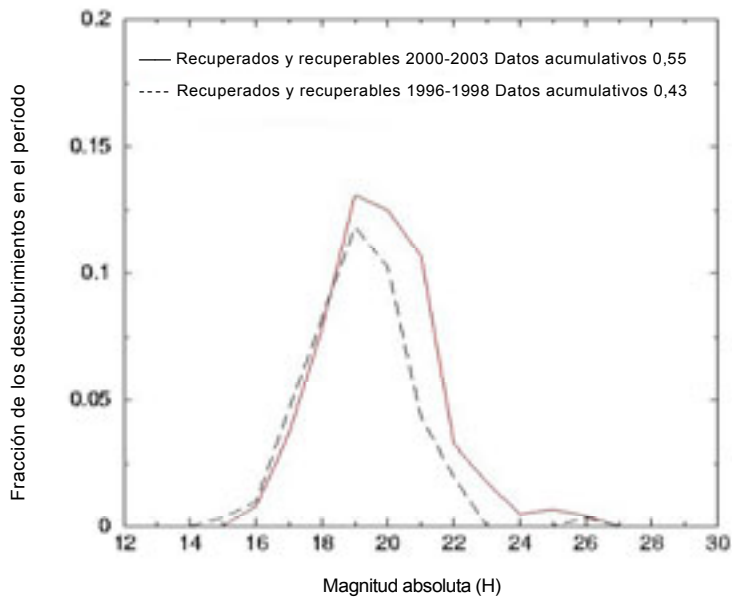


Figura II
Fracción de los objetos cercanos a la Tierra identificados en base a observaciones preexistentes o encontrados en los archivos astronómicos, en función de la magnitud absoluta (H)

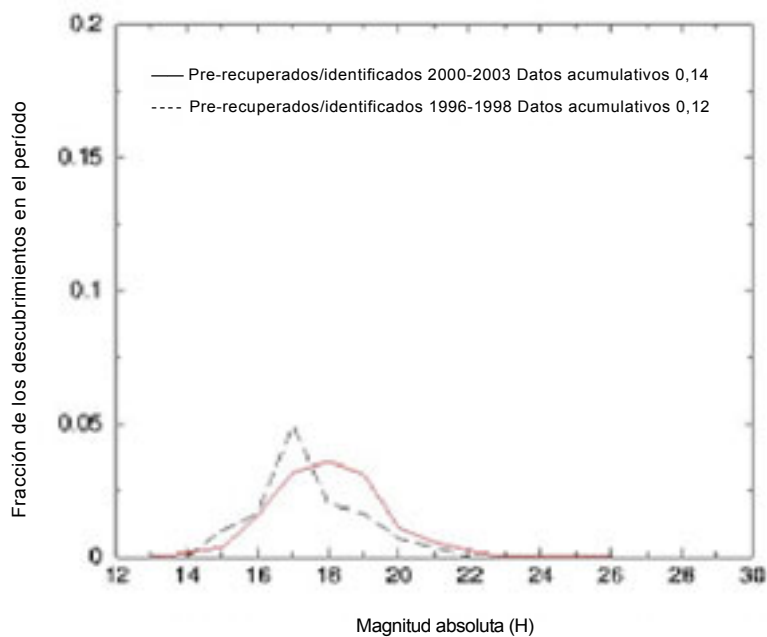


Figura III
Fracción de los objetos cercanos a la Tierra perdidos cuya recuperación requeriría esfuerzos considerables

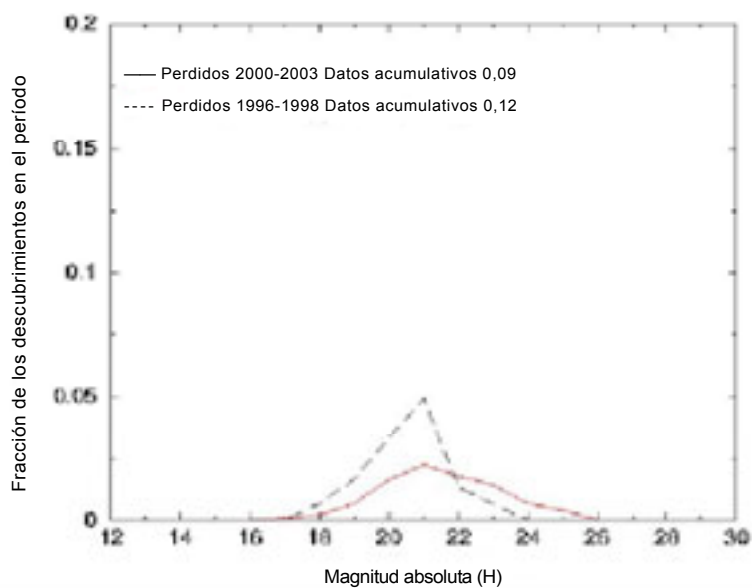
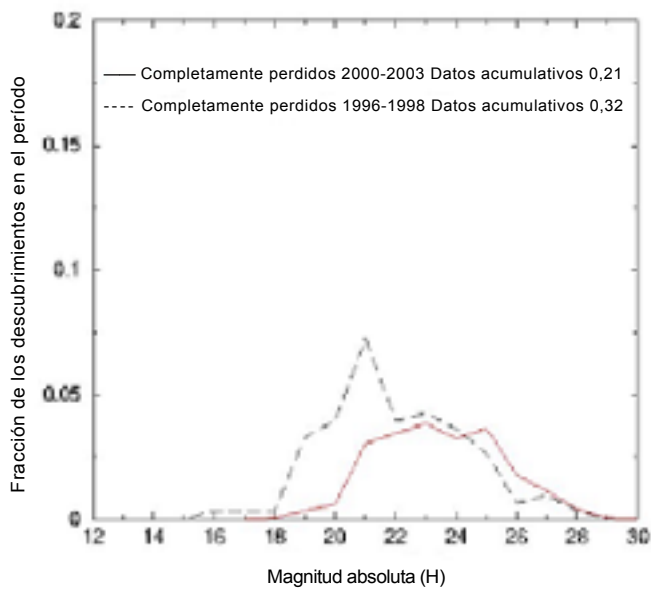


Figura IV
Fracción de los objetos cercanos a la Tierra completamente perdidos cuya recuperación no sería rentable



3. Conclusión

26. Las actividades de coordinación del Nódulo han permitido aumentar al máximo la utilidad de la labor de astrometría de los objetos cercanos a la Tierra realizada por muchos observadores profesionales o aficionados en todo el mundo. Los cálculos diarios de establecimiento de prioridades que el Nódulo realiza entre bambalinas liberan a los observadores de la necesidad de establecer criterios sobre qué observar; sólo tienen que organizar un programa de observación basado en las sugerencias contenidas en las listas del Nódulo. De ese modo, las operaciones del Nódulo han contribuido a mejorar cuantitativa y cualitativamente la base de datos dinámica de los objetos cercanos a la Tierra conocidos.

Otras actividades de la Spaceguard Foundation

27. El Nódulo es la principal actividad técnica de la Spaceguard Foundation. Sin embargo, en el período que se examina, la Spaceguard Foundation ejecutó muchos otros proyectos, sobre todo en la esfera de la política científica. En la presente sección se los examina brevemente.

1. Relaciones con la Agencia Espacial Europea

28. La ESA fue la primera y todavía es la más importante fuente de apoyo de la Spaceguard Foundation. Ello se debe en parte a la invitación explícita formulada por el Consejo de Europa en su resolución 1080, en que instó a que se estableciera y desarrollara la Spaceguard Foundation. El apoyo de la ESA es también consecuencia de su interés en las misiones espaciales a cuerpos celestes menores.

29. La ESA ha celebrado dos contratos con la Spaceguard Foundation. El primero, relativo al estudio de una red mundial de investigaciones sobre los objetos cercanos a la Tierra (1999), condujo al establecimiento del Nódulo Central Spaceguard. El segundo, relativo al sistema integrado de Spaceguard para el estudio de objetos potencialmente peligrosos (2000), entrañó el estudio de un sistema compuesto de un segmento en tierra, un segmento en el espacio (un observatorio en el punto de Lagrange L_2) y una red mundial controlada por el Nódulo.

30. En 2003, la ESA decidió promover seis misiones de estudio a los objetos cercanos a la Tierra. Tres se relacionaron con observatorios situados en regiones adecuadas para el descubrimiento de objetos difíciles de observar desde el suelo; las otras tres fueron misiones de acercamiento y sobrevuelo o de cita espacial, capaces de realizar una amplia gama de análisis *in situ*. Se pidió a la Spaceguard Foundation que examinara todos esos estudios desde un punto de vista científico. En 2004, se seleccionó uno de los tres estudios, la misión Don Quijote, uno de cuyos objetivos era intentar por primera vez una maniobra de desviación, para seguir estudiándolo y, posiblemente, llevarlo a la práctica.

31. La ESA, la Spaceguard Foundation y el Instituto de Física Cósmica y Astrofísica Espacial (Italia) firmaron un acuerdo sobre la ubicación y el funcionamiento del Nódulo Central Spaceguard en el ESRIN, en Frascati (Italia).

2. Relaciones con la Fundación Europea de la Ciencia

32. La Fundación Europea de la Ciencia (FEC) empezó a interesarse en la cuestión de los objetos cercanos a la Tierra en 1993, cuando ejecutó su programa llamado

“Respuesta del sistema de la Tierra a los procesos de impacto”. El propósito del programa fue comprender los efectos de impactos de objetos cercanos a la Tierra en el desarrollo y la evolución de la Tierra. Esos impactos son un proceso central y común en el sistema solar. El seguimiento del programa consistió en el establecimiento en 2001 de un grupo de trabajo especial encargado de poner la cuestión de los objetos cercanos a la Tierra en el contexto de una posible iniciativa europea. Se pidió a la Spaceguard Foundation que participara en el grupo, que presentó su informe final en noviembre de 2001⁶.

3. Relaciones con el Observatorio Europeo Austral

33. Los primeros contactos entre la Spaceguard Foundation y el Observatorio Europeo Austral tuvieron lugar en febrero de 2000, cuando la Spaceguard Foundation presentó una ponencia sobre el peligro de los objetos cercanos a la Tierra en la sede del Observatorio, en Garching (Alemania). La ponencia tuvo por objeto analizar el posible interés y papel del Observatorio en un programa europeo de búsqueda, en el que se utilizarían las excelentes instalaciones del Observatorio en Chile.

34. Después del primer contacto, se estudió un proyecto, que se presentó a la Comisión Europea en 2003. El proyecto, llamado “*European Deep-sky Near-Earth Objects Survey*” fue una iniciativa conjunta de la Spaceguard Foundation, el Observatorio Europeo Austral, la ESA, la Asociación Científica del Telescopio Óptico Nórdico y siete países de Europa. Tuvo una acogida positiva, aunque no se lo aprobó en el marco del programa de ciencia y tecnología nuevas e incipientes (NEST).

4. Relaciones con el Consejo Internacional para la Ciencia

35. La iniciativa más reciente en que ha participado la Spaceguard Foundation es el programa que el Consejo Internacional para la Ciencia hizo suyo. La propuesta original, formulada por la UAI en 2002, fue establecer un grupo de trabajo para examinar el problema de los objetos cercanos a la Tierra no solamente desde una perspectiva astronómica, sino también desde el punto de vista de diferentes disciplinas en las esferas científica y social. La Spaceguard Foundation ayudó a la UAI a preparar la propuesta, cuya puesta en práctica se aprobó en 2003.

36. La primera actividad organizada en el marco del programa fue un curso práctico que se celebró en Tenerife, Islas Canarias (España), en noviembre y diciembre de 2004, con la asistencia de 40 científicos de diferentes disciplinas. Se reunieron para analizar las consecuencias del impacto de un cometa o asteroide y sus efectos para la sociedad humana. Actualmente se prepara el documento final del curso práctico.

Conclusiones

37. El objetivo principal de la Spaceguard Foundation, la coordinación de los esfuerzos de observación existentes para descubrir y rastrear los objetos cercanos a la Tierra, se logró con el establecimiento del Núcleo Central Spaceguard. Ese logro fue posible por el apoyo de la ESA y la participación voluntaria de los miembros de la Spaceguard Foundation. La Spaceguard Foundation constituye un foro en el que la comunidad científica y técnica a nivel internacional puede contribuir a la

evaluación y búsqueda de una solución de un problema que tiene implicaciones muy graves para el futuro de la sociedad humana.

38. El éxito de las futuras iniciativas de la Spaceguard Foundation dependerá de que los gobiernos nacionales muestren más interés y le brinden más apoyo. A ese respecto, la Spaceguard Foundation acogería con beneplácito el apoyo de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

Notas

- ¹ En la siguiente dirección de la Internet se encuentra información acerca de la iniciativa de preparar una misión espacial sobre los objetos cercanos a la Tierra: www.esa.int/gsp/NEO.
- ² *Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Viena, 19 a 30 de julio de 1999* (publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.00.I.3), cap. I, resolución 1.
- ³ Agencia Espacial Europea, Comité de Política Espacial a Largo Plazo, *Investing in Space: the Challenge for Europe* (ESA, SP-2000, mayo de 1999).
- ⁴ Las recomendaciones del grupo asesor sobre misiones relacionadas con objetos cercanos a la Tierra están disponibles en la siguiente dirección de la Internet: www.esa.int/gsp/NEO/other/NEOMAP_report_June23_wCover.pdf.
- ⁵ El sitio del Nódulo Central Spaceguard en la Internet tiene la siguiente dirección: <http://spaceguard.esa.int>.
- ⁶ *Future of Europe in Space Research: ESF Recommendations to Ministers of ESA Member States* (Fundación Europea de la Ciencia, octubre de 2001), pág. 7 (disponible en la siguiente dirección de la Internet: www.esf.org/publication/122/Space.pdf).