



Asamblea General

Distr. general
5 de octubre de 2000
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Informe del noveno curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: Satélites y redes de telescopios, instrumentos para la participación mundial en el estudio del universo

(Toulouse, Francia, 27 a 30 de junio de 2000)

Índice

<i>Capítulo</i>	<i>Párrafos</i>	<i>Página</i>
I. Introducción	1-11	2
A. Antecedentes y objetivos	1-6	2
B. Programa	7-8	3
C. Asistencia	9-11	3
II. Observaciones y recomendaciones	12-27	3
III. Resumen de las presentaciones	28-71	5
A. Astronomía espacial, misiones actuales y tendencias del próximo milenio. . .	28-29	5
B. Equipo de diseño de proyectos avanzados	30-35	5
C. Exploración del Sol	36-39	6
D. Planeta Marte	40-43	6
E. Concepto de observatorio virtual	44-46	7
F. Archivos de misiones espaciales	47-51	8
G. Sistema de datos astrofísicos	52-53	8
H. Redes de telescopios astronómicos ópticos	54-56	9
I. Proyecto hands-on astrophysics	57-61	9

J. Astrofísica para cursos universitarios de física; módulo de enseñanza elaborado para los cursos prácticos Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica	62-71	10
IV. Observatorio espacial mundial	72-73	11

I. Introducción

A. Antecedentes y objetivos

1. La Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III) y la Declaración de Viena sobre el Espacio y el desarrollo humano recomendaron que las actividades del Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial promovieran la participación de los Estados Miembros en un marco de colaboración en los planos regional e internacional, haciendo hincapié en la promoción de los conocimientos y la capacidad de los países en desarrollo¹.

2. En su 42º período de sesiones, celebrado en 1999, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos aprobó el programa de cursos prácticos, cursos de capacitación, simposios y conferencias previstos para el año 2000². Posteriormente, la Asamblea General, en su resolución 54/67, de 6 de diciembre de 1999, aprobó el Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial para 2000.

3. Conforme a la resolución 54/67 y de acuerdo con la recomendación de UNISPACE III, las Naciones Unidas, la ESA y el Gobierno de Francia organizaron el noveno curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea (ESA) sobre ciencia espacial básica: Satélites y redes de telescopios, instrumentos para la participación mundial en el estudio del universo, que se efectuó en el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES), en Toulouse (Francia), del 27 al 30 de junio de 2000. El curso práctico fue organizado en conjunto por el Organismo Espacial de Austria, el CNES, el Comité de Investigaciones Espaciales, la ESA, la Agencia Espacial Alemana, la Unión Astronómica Internacional, la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América y las Naciones Unidas. El CNES,

en nombre del Gobierno de Francia, actuó como anfitrión del curso práctico.

4. El curso formó parte de la serie de cursos prácticos Naciones Unidas/ESA sobre ciencia espacial básica efectuados, en beneficio de los países en desarrollo, en la India en 1991 y en Sri Lanka en 1996 para Asia y el Pacífico (véanse los documentos A/AC.105/489 y A/AC.105/640); en Colombia y Costa Rica en 1992 y en Honduras en 1997 para América Latina y el Caribe (véanse los documentos A/AC.105/530 y A/AC.105/682); en Nigeria en 1993 para África (véase el documento A/AC.105/560/Add.1); en Egipto en 1994 y en Jordania en 1999 para Asia occidental (véanse los documentos A/AC.105/580 y A/AC.105/723); y en Alemania en 1996 para Europa (véase el documento A/AC.105/657).

5. El objetivo principal del curso fue servir de foro para examinar los puntos más destacados de los recientes resultados científicos obtenidos por los principales observatorios con base en el espacio en lo que respecta al estudio de las estrellas y el universo ultraterrestre. Esas misiones de satélites constituyen un excelente medio para estudiar todos los aspectos de la ciencia espacial básica desde el espacio como complemento de los estudios que se realizan desde tierra. La cuestión del volumen enorme de información generado por esas misiones se examinó en relación con el cambio de las necesidades de investigación de los científicos, así como la manera en que se podría facilitar el acceso a las importantes bases de datos que llevan los principales organismos espaciales. Se debatió el tema de la importancia de la investigación de los datos y de la enseñanza basadas en las misiones espaciales, además de la pertinencia de esas misiones en cuanto a las necesidades de los países en desarrollo que desean participar activamente en el viaje de descubrimiento a través del universo. Se consideró esencial el acceso al espacio en el futuro por medio de, por ejemplo, un observatorio espacial mundial. A fin de lograr los progresos previstos a largo plazo, será indispensable planificar y examinar oportunamente la

capacidad necesaria para el funcionamiento de un observatorio de esa índole.

6. El presente informe se preparó para presentarlo a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su 44º período de sesiones y a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 38º período de sesiones.

B. Programa

7. Al comienzo del curso hicieron exposiciones introductorias representantes del CNES, la ESA y las Naciones Unidas. El curso se dividió en sesiones científicas, cada una de ellas dedicadas a un tema concreto. Tras las exposiciones de los disertantes invitados sobre sus conclusiones en materia de investigación y enseñanza, se celebraron breves debates. Los disertantes invitados, provenientes de países en desarrollo y de países industrializados, presentaron 60 trabajos.

8. En las sesiones del curso se examinaron los siguientes temas: a) archivos de las misiones espaciales y nuevas observaciones desde el espacio y formas de acceder a ellas; b) sistemas de datos astrofísicos y forma de utilizarlos; c) exploración remota e *in situ* del sistema solar; d) experiencias, resultados y necesidad en materia de redes de telescopios astronómicos ópticos; e) beneficios de la ciencia espacial para la sociedad. Las sesiones de carteles permitieron abordar problemas y proyectos específicos de la ciencia espacial básica. El 26 de junio de 2000, antes del curso práctico, se realizó en el lugar de celebración del curso una reunión para interesados sobre el observatorio espacial mundial ultravioleta.

C. Asistencia

9. Las Naciones Unidas y la ESA invitaron a participar en el curso a investigadores y académicos de países en desarrollo e industrializados de todas las regiones económicas, en particular de Asia occidental y de África. Los participantes desempeñaban cargos en universidades, instituciones de investigación, observatorios, organismos espaciales nacionales y organizaciones internacionales, así como en la industria privada, y se interesaban por todos los aspectos de la ciencia espacial básica comprendidos en el curso. Fueron seleccionados teniendo en cuenta sus

antecedentes científicos y su experiencia en programas y proyectos en los que la ciencia espacial básica desempeña un papel primordial.

10. Se utilizaron fondos aportados por las Naciones Unidas, la ESA y el CNES para sufragar los gastos de viaje y otros gastos de los participantes de los países en desarrollo. Asistieron al curso unos 80 especialistas en ciencia espacial básica.

11. Estuvieron representados los 34 Estados Miembros siguientes: Alemania, Arabia Saudita, Argelia, Austria, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Etiopía, Federación de Rusia, Francia, India, Israel, Japón, Jordania, Kuwait, Líbano, Malasia, Mauricio, Pakistán, Paraguay, Perú, Polonia, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Árabe Siria, Rumania, Sudáfrica, Sudán, Tayikistán, Togo, Túnez, Ucrania, Uganda, Viet Nam y Yemen.

II. Observaciones y recomendaciones

12. Teniendo en cuenta la madurez alcanzada por la tecnología de las comunicaciones y la rápida evolución consiguiente de los beneficios que puede ofrecer en cuanto a la mejora de los servicios disponibles, es importante mantener el ritmo del avance registrado por la ciencia espacial básica en los últimos diez años en los países en desarrollo, ampliando para ello las capacidades de comunicación para no desaprovechar las ventajas de los servicios prestados al mundo por los principales organismos espaciales.

13. Los avances tecnológicos de los últimos diez años en el diseño de telescopios e instrumentos, junto con el aumento exponencial de la capacidad informática y de las comunicaciones, han originado un cambio espectacular del carácter de la investigación astronómica. Actualmente se inician estudios de gran escala del cielo desde el espacio y desde la tierra con longitudes de onda que van desde la radio a los rayos X, lo que arroja por primera vez una visión pancromática del universo. La disponibilidad de estas nuevas capacidades hace ahora viable la iniciación del estudio del concepto de "observatorio virtual" para la obtención de datos astronómicos. Al utilizar este concepto, los investigadores astronómicos no sólo tendrán acceso a las series formadas por terabytes y pentabytes de datos, sino que también podrán utilizar toda una gama de instrumentos para aprovechar esos

datos. La creación de un observatorio virtual requerirá una colaboración nueva entre las comunidades astronómica e informática. Ofrecerá también una oportunidad para seguir desarrollando la colaboración con otras disciplinas que se enfrenten a retos similares y dará lugar a nuevos avances en el plano educativo. El observatorio virtual deberá tener una orientación mundial tanto en lo que se refiere al acceso a los archivos como a la interrelación con el investigador.

14. Es necesario insistir más intensamente en el desarrollo de la cooperación internacional y regional para poner en práctica los conceptos de red en relación con los telescopios repartidos en los países en desarrollo. A menos que se intensifique la labor de cooperación para fortalecer la ciencia espacial básica, será sumamente difícil superar las diferencias de grado del desarrollo regional, lo cual podría crear problemas de sostenibilidad para el proceso de desarrollo de muchos países en desarrollo.

15. Los participantes tomaron nota con satisfacción de que el estímulo que han aportado esta serie de cursos prácticos al progreso de la ciencia espacial básica se había reconocido en UNISPACE III al apoyar la función de la ciencia espacial básica de establecer una base sólida para continuar el desarrollo sostenible y acelerado.

16. Los participantes tomaron nota también de los progresos realizados en el aumento de la participación activa de los países en desarrollo en la ciencia espacial de primera línea, como se había subrayado en la evaluación del concepto del observatorio espacial mundial que se realizó cuando se abordó el tema del observatorio espacial mundial ultravioleta.

17. Los participantes convinieron en que la cuestión del observatorio espacial mundial ultravioleta ofrecía una oportunidad para un avance importante que podría crear un estímulo nuevo y sostenible para la ciencia espacial básica a escala mundial, y abrir nuevas y únicas oportunidades para realizar la colaboración a escala mundial. Dichas oportunidades podrían ir más allá del grado de industrialización de los países participantes, de formas que serían únicas en el mundo contemporáneo.

18. Los participantes recomendaron que se tratara de aprovechar la oportunidad nueva existente para crear posibilidades de desarrollo intelectual que marchasen

paralelamente con el progreso realizado en el ámbito del desarrollo sostenible.

19. De la máxima importancia era la creación de sociedades astronómicas de aficionados en los países en los que aún no existieran dichas sociedades, cuestión que debería plantearse a los organismos que pudieran promoverlas.

20. Los participantes agradecieron las decisiones adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones que se celebró en Estambul en 2000, con respecto a la ampliación de las bandas de frecuencia en beneficio de la comunidad astronómica internacional³.

21. Debido a las limitaciones del ancho de banda, se ha restringido enormemente la posibilidad de una distribución generalizada de material educativo de calidad sobre ciencia espacial básica y de un examen periódico de la pertinencia de dicho material.

22. Los participantes consideraron que el proyecto de unificar las bases de datos astronómicos y de poner a disposición de los investigadores y profesores de astronomía de todo el mundo información agrupada crearía un recurso muy valioso para la comunidad internacional.

23. Debería instarse a la comunidad astronómica internacional a que estudiase la posibilidad de incluir la información procedente de archivos de placas fotográficas en los futuros programas de un observatorio virtual mediante el barrido y el calibrado de la información fotográfica, lo cual ampliaría el período abarcado por la información a la que podrían acceder los usuarios de dicha instalación, pues esa información existe desde hace más de 100 años.

24. Los participantes reconocieron la importancia de las actividades que había llevado a cabo desde 1996 el grupo de trabajo sobre ciencia espacial básica en África (véase el documento A/AC.105/657, párr. 19), consideraron que esas actividades deberían ampliarse y recomendaron vivamente que se continuara apoyando la labor del grupo.

25. Los participantes se complacieron en observar los progresos realizados en la ejecución del proyecto de la *Network of Oriental Robotic Telescopes* (NORT).

26. Los participantes tomaron nota con satisfacción del número de proyectos de observatorios nacionales, que indicaba el creciente interés existente en Asia occidental. Se consideró que sería muy conveniente su incorporación futura al proyecto NORT, ya que ello reforzaría la educación y la investigación en astronomía en la región y estimularía las actividades astronómicas en todos los niveles de la sociedad.

27. Los participantes reconocieron las actividades de la Unión Árabe de Astronomía y Ciencias Espaciales, que aunaban los intereses individuales y de grupo en toda la región del Asia occidental.

III. Resumen de las presentaciones

A. Astronomía espacial, misiones actuales y tendencias del próximo milenio

28. La astronomía espacial permite llegar a regiones de longitud de onda a las que no puede accederse desde los observatorios terrestres. Al recoger y analizar la radiación emitida por los fenómenos de todo el espectro electromagnético, los cuatro grandes observatorios de la NASA llevarán a cabo estudios astronómicos de muy diversas longitudes de onda y simultaneidad, haciendo posible la concurrencia de las observaciones. El observatorio "Chandra" de rayos X, que se instaló en julio de 1999, observará imágenes y espectros de objetos y fenómenos violentos de alta temperatura que ayuden a comprender los agujeros negros, las cuásar y los gases de alta temperatura. El telescopio espacial de rayos infrarrojos (SIRTF), que se lanzará en diciembre de 2001, tiene capacidad para observar en un alcance de longitud de onda del infrarrojo cercano de entre 3 y 180 micrones y proporcionará imágenes y permitirá realizar fotometría y espectroscopia. Las funciones científicas principales del telescopio son la detección y el estudio de las enanas pardas y los superplanetas, los discos de desechos protoplanetarios y planetarios, las galaxias ultraluminosas y los núcleos galácticos activos, así como la realización de estudios profundos del universo de los primeros tiempos. El complejo de detectores ofrece órdenes de capacidad muy superiores a las que poseen los detectores de infrarrojos anteriores.

29. Las misiones astronómicas previstas para 2005 y los años posteriores serán posibles gracias al desarrollo de una tecnología avanzada. La *Space Interferometry*

Mission (SIM) utilizará tecnología de interferometría óptica, mientras que el *Next Generation Space Telescope* (NGST) requerirá grandes espejos ultraligeros deformables e instrumentos muy sensibles. La SIM determinará la posición y la distancia de las estrellas con una precisión cientos de veces mayor que los programas anteriores, lo que permitirá que la SIM sondee las estrellas cercanas para localizar planetas del tamaño de la Tierra. La SIM también utilizará por primera vez una técnica para bloquear la luz de las estrellas brillantes a fin de captar imágenes de zonas cercanas a las estrellas. El NGST, que se lanzará en 2007, estudiará la evolución de las galaxias, la formación y evolución de las estrellas y los sistemas planetarios y el ciclo vital de la materia en el universo. El SIRTF, la SIM y el NGST forman parte del programa *Origins* de la NASA y el Observatorio "Chandra" es parte del programa de la NASA sobre la estructura y evolución del universo.

B. Equipo de diseño de proyectos avanzados

30. El *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) de la NASA fue el pionero del concepto de ingeniería concurrente al crear en abril de 1995 el equipo de diseño de proyectos avanzados (Equipo X).

31. Los objetivos del Equipo X son:

a) aumentar la velocidad y mejorar la calidad de los conceptos de las misiones del JPS y crear un proceso de estudio permanente con instalaciones, equipo, procedimientos e instrumentos específicos para elaborar las mejores propuestas posibles;

b) elaborar una base de datos sobre los requisitos de la misión inicial que pueda actualizarse y consultarse continuamente para futuras fases del proyecto;

c) convertir a ingenieros con experiencia en generalistas de las misiones.

32. El Equipo X permite a los investigadores principales de las misiones y a los equipos de diseño con que ellos cuenten preparar nuevas propuestas de misiones de manera eficaz.

33. El Equipo X está formado por 15 diseñadores de misiones, un jefe de equipo y un documentalista. Cada ingeniero se encarga de presentar los conocimientos

especializados y los aspectos de interés correspondientes a su disciplina. El jefe de equipo coordina y dirige el estudio y es el principal contacto del cliente antes, durante y después de las sesiones de estudio. El documentalista elabora ficheros electrónicos, archiva los debates técnicos importantes y se asegura de que los resultados del estudio estén documentados de manera adecuada.

34. El Equipo X elabora estudios y exámenes de posibilidades de diseño de una misión. Un estudio dura de una a dos semanas y sus resultados figuran en un informe de entre 30 y 80 páginas en el que se incluyen listas de equipo, presupuestos de masa y energía, descripciones de sistemas y subsistemas y una estimación proyectada del costo de la misión. El examen consiste en el debate de una propuesta durante uno o dos días, una solicitud de información, una solicitud de propuesta o una actividad similar. Durante la última hora cada uno de los miembros del equipo resume su punto de vista y se elabora un resumen abreviado.

35. Durante el curso práctico, se efectuó en Pasadena una videoconferencia en directo de dos horas y media de duración con el Equipo X sobre el desarrollo de una misión de satélite al planeta Marte.

C. Exploración del Sol

36. En las investigaciones del Sol desempeñan un papel importante los instrumentos que hay a bordo del vehículo espacial, ya que permiten la observación de la radiación electromagnética que no pueden recibir los observatorios terrestres debido al efecto de bloqueo de la atmósfera de la Tierra. Las emisiones de partículas del Sol, en particular el viento solar, sólo pueden observarse desde vehículos espaciales que se encuentren fuera de la magnetosfera. A comienzos del decenio de 1970 la mayoría de las características generales de la atmósfera solar situada sobre la fotosfera y del viento solar se determinaron gracias a una serie de vehículos espaciales exploradores. Los satélites del *Orbiting Solar Observatory* (OSO) y los telescopios del laboratorio espacial Apollo de la NASA, junto con el vehículo espacial para la detección de plasma y partículas de diversas agencias espaciales, fueron determinantes para conocer la corona solar y su relación con el viento solar.

37. Desde entonces se han organizado diversas misiones espaciales para investigar los aspectos físicos de los fenómenos que se observaron en el período exploratorio. La *Solar Maximum Mission* (SMM) se especializó, en los decenios de 1970 y 1980, en el estudio de las erupciones solares y dio lugar al descubrimiento de la variación total de la radiación solar.

38. Desde 1991, el satélite Yohkoh ha estado estudiando la atmósfera solar más caliente produciendo imágenes solares en rayos X y espectros de rayos gamma. El satélite ya ha observado y recogido en imágenes un ciclo solar completo.

39. Desde 1996 la misión conjunta ESA/NASA del Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO) ha estado realizando la más completa investigación espacial del Sol mediante un conjunto coordinado de instrumentos que estudian la estructura interna del Sol y la dinámica solar mediante heliosismología (oscilaciones solares), la radiación solar, los fenómenos físicos de la atmósfera solar que calientan la corona y generan el viento solar (imágenes y espectros del ultravioleta extremo), la composición de la atmósfera solar caliente y del viento solar (espectroscopia de masa y carga) y la expansión del viento solar para formar la heliosfera (cartografía H Lyman-alfa del cielo). Desde 1998, el *Transition Region and Coronal Explorer* (TRACE) ha servido de complemento a las observaciones de la atmósfera del ultravioleta extremo solar del SOHO proporcionando imágenes de resolución muy alta a longitudes de onda determinadas.

D. Planeta Marte

40. En noviembre de 1996 se lanzó el vehículo espacial *Mars Global Surveyor* (MGS) de la NASA, que llegó a Marte en septiembre de 1997. El vehículo pasó los 18 meses siguientes en períodos alternos de frenado espacial y recopilación de datos científicos a medida que la órbita se modificaba hacia la órbita casi polar deseada, aproximadamente circular, durante el período de dos horas necesario para el levantamiento de mapas. La altitud media por encima de la superficie de Marte es actualmente de unos 400 kilómetros. El MGS comenzó el levantamiento sistemático de mapas del planeta en marzo de 1999, utilizando diversos instrumentos científicos entre los que se encuentra un

magnetómetro/reflectómetro de electrones, un espectrómetro de emisiones térmicas, un altímetro láser orbital de Marte y una cámara orbital de Marte. Tras un año de levantamiento de mapas, los instrumentos siguen revelando una serie de sorpresas importantes acerca de la evolución de Marte como planeta.

41. Por ejemplo, el magnetómetro/reflectómetro de electrones ha descubierto regiones que se caracterizan por bandas de polaridad opuesta cuya intensidad supera los 1.500 nanoteslas. En la región de Sirenum estas anomalías lineales se encuentran en una extensión de hasta 2.000 kilómetros, lo que confirma que la energía interna de Marte se apagó muy pronto en la historia del planeta. El espectrómetro de emisiones térmicas mide la energía emitida por Marte en la zona media de la parte infrarroja térmica del espectro electromagnético. El espectrómetro ha recopilado más de 44 millones de espectros de Marte con una resolución espacial de hasta 3 kilómetros. La interpretación de estos espectros demuestra que hay manifestaciones aisladas de hematites de capa granulada que pueden haberse formado en cuerpos de agua permanentes. Además, el espectrómetro indica diferencias fundamentales entre las composiciones volcánicas que existen en las llanuras septentrionales (andesíticas) y las tierras altas meridionales (basálticas), lo que proporciona más información acerca de la evolución del planeta.

42. El altímetro láser orbital de Marte obtuvo más de 330 millones de mediciones de la topografía del planeta durante el primer año del levantamiento de mapas. Los resultados revelan una gradiente regional hacia las tierras bajas septentrionales, el volcán más alto del sistema solar a 26 km de altura (el Olympus Mons) y una de las cuencas de mayor impacto conocido con 2.100 kilómetros de anchura y 9 kilómetros de profundidad (Hellas). Estos datos topográficos desempeñan un papel importante en los estudios de gravedad, que confirman la presencia de una capa superficial más fina y más fuerte en la zona septentrional cuyo extremo meridional no se corresponde plenamente con la dicotomía topográfica general. Además, el conjunto de las mediciones de gravedad asociado con la región de Tharsis no incluye el Olympus Mons, lo que confirma la relativa juventud

del volcán. Finalmente, el conjunto de las mediciones relacionadas con la región de Chryse indica que hay partes enterradas de los grandes canales de flujo que se introducen bastante en las llanuras septentrionales. La cámara orbital de Marte ha recogido en imágenes numerosas partes locales de la superficie del planeta con una resolución de hasta 2 o 3 metros por pixel. Hasta la fecha se han hecho públicas más de 20.000 de estas imágenes que muestran una sorprendente disposición del terreno que va desde extraños paisajes polares hasta vastas extensiones con erosiones eólicas o antiguos valles enormemente horadados por el agua que se formaron durante un período prolongado.

43. Está previsto que la misión actual de levantamiento de mapas del MGS continúe hasta febrero de 2001, debiendo facilitar en última instancia datos que permitan entender mejor la forma en que Marte evolucionó a lo largo de los tiempos. Durante la misión, las operaciones del vehículo espacial han sido realizadas por el *Jet Propulsion Laboratory*.

E. Concepto de observatorio virtual

44. Los avances tecnológicos de los últimos diez años en el diseño de telescopios e instrumentos, junto con el aumento exponencial de la capacidad informática y de las comunicaciones, han originado un cambio espectacular del carácter de la investigación astronómica. Actualmente se inician estudios de gran escala del cielo desde el espacio y desde tierra con longitudes de onda que van desde la radio a los rayos X, lo que arroja por primera vez una visión pancromática del universo. La disponibilidad de estas nuevas capacidades hace ahora viable la iniciación del estudio del concepto de "observatorio virtual" para la formación de amplios archivos astronómicos y la creación de un nuevo dispositivo de descubrimiento para la astronomía.

45. Al utilizar este concepto, los investigadores astronómicos no sólo tendrán acceso a las series formuladas por terabytes y pentabytes de datos, sino que también podrán utilizar toda una gama de instrumentos para aprovechar esos datos.

46. La creación de un observatorio virtual requerirá una colaboración nueva entre las comunidades astronómica e informática. Ofrecerá también una oportunidad para seguir desarrollando la colaboración con otras disciplinas que se enfrentan a retos similares y dará lugar a nuevos avances en el plano educativo. El observatorio virtual deberá tener una orientación mundial tanto en lo que se refiere al acceso a los archivos como a la interrelación con el investigador.

F. Archivos de misiones espaciales

47. El Centro de datos astronómicos de Estrasburgo (CDS) se dedica a la recopilación y distribución mundial de datos astronómicos y la información conexas. El Centro se encuentra en el observatorio astronómico de Estrasburgo (Francia).

48. El Centro cuenta con una base de datos astronómica (SIMBAD) compuesta de una serie de identificaciones, mediciones y bibliografía de datos astronómicos, que constituye la base de datos de referencia mundial para la identificación de objetos astronómicos.

49. Los objetivos del CDS son:

- a) Recopilar toda la información de utilidad relativa a objetos astronómicos que esté informatizada: datos de observaciones obtenidos en observatorios de todo el mundo, situados en tierra o en el espacio;
- b) Actualizar esos datos mediante la comparación y la evaluación crítica;
- c) Distribuir los resultados a la comunidad astronómica;
- d) Realizar investigaciones basadas en esos datos.

50. El CDS ha firmado acuerdos de intercambio internacional con el *Astrophysics Data Center* de la NASA; el Observatorio Astronómico Nacional del Japón, en Tokio; la Academia de Ciencias de Rusia; la *red Starlink* del *Particle Physics and Astronomy Research Council* (Reino Unido); el Observatorio de Beijing; la Universidad de Porto Alegre (Brasil); la Universidad de La Plata (Argentina); y el *InterUniversity Centre for Astronomy and Astrophysics* (India).

51. El CDS participa o ha participado en la mayoría de las principales misiones espaciales astronómicas: en la elaboración de una guía de catálogos de estrellas (el satélite del observatorio europeo de rayos X (EXOSAT), el satélite astronómico de infrarrojos (IRAS), Hipparcos, el Telescopio Espacial Hubble, el Observatorio Espacial de Radiaciones Infrarrojas (ISO), y el *X-Ray Astronomy Satellite* (SAX)); en la ayuda a la identificación de las fuentes observadas (*Hipparcos*, *Tycho* y el *Roetgen Satellite* (ROSAT)) o en la organización del acceso a los archivos (Satélite Internacional Explorador del Ultravioleta (IUE), etc.). El CDS colabora en el *High-Energy Team* del observatorio astronómico de Estrasburgo en el Centro de estudios científicos de la Misión de Estudio de Rayos X con Espejos Múltiples.

G. Sistema de datos astrofísicos

52. El *Astrophysics Data System* (ADS) de la NASA ofrece acceso a resúmenes y artículos de temas astronómicos almacenados por barrido de lector óptico. El proyecto, financiado por la NASA, ofrece acceso gratuito vía Internet a estos resúmenes y artículos a todo el mundo. El ADS cuenta con tres bases de datos: a) base de datos de física, que contiene casi 900.000 referencias; b) base de datos de astronomía, con casi 550.000 referencias; c) base de datos de instrumentación, con casi 600.000 referencias. Los resúmenes pueden localizarse mediante un moderno sistema de búsqueda.

53. El número de artículos almacenados por lector óptico del servicio de artículos del ADS aumenta constantemente. Hasta la fecha, el ADS ha almacenado por lector óptico casi 1 millón de páginas. Se han barrido electrónicamente a partir del primer volumen las principales revistas astronómicas y la mayor parte de las de menor relevancia. En la actualidad se procede a barrer a partir del primer volumen la *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Se trata de la última de las principales revistas que se habrá barrido completamente y a la que podrá accederse en Internet. En colaboración con un proyecto de conservación de las bibliotecas de Harvard, el ADS están barriendo con lector óptico en la actualidad las microfichas de textos históricos de observatorios, lo que facilitará el acceso a una parte importante de la literatura histórica.

H. Redes de telescopios astronómicos ópticos

54. El desarrollo de telescopios cada vez más grandes ha dado lugar a debates acerca del futuro de los numerosos telescopios más pequeños. No todos los trabajos científicos pueden hacerse trabajando unas cuantas noches en un telescopio gigante. Al mismo tiempo, los avances de la automatización y las comunicaciones crean oportunidades para sistemas de observación más eficaces y que requieren menos tiempo, lo que supone la posibilidad de obtener y utilizar series de datos de gran magnitud. Además, la comunidad que puede participar y llevar a cabo una verdadera labor científica es mucho mayor. Los aficionados y los estudiantes se incorporan a la comunidad científica y pueden contribuir de forma importante en algunos ámbitos de la astrofísica. Esta evolución tiene especial importancia para los estudios modernos de las estrellas variables y para la vigilancia del cielo con el fin de detectar objetos cercanos a la tierra y otros fenómenos especiales.

55. Bajo los auspicios de la Unión Árabe de Astronomía y Ciencias Espaciales, el proyecto NORT ofrece, como primer paso, la complementación de los cursos universitarios de astrofísica y ciencias espaciales con capacitación para el uso de telescopios en observatorios nacionales con telescopios con un diámetro de 60 cm a 1 metro. Como segundo paso, el proyecto ofrece una red de telescopios robóticos de 2 m para vigilar principalmente las estrellas variables y los objetos cercanos a la Tierra en fotometría, espectrografía y polarimetría.

56. El proyecto NORT estará abierto a la cooperación con instalaciones de telescopios similares de otras regiones. En el curso práctico presentaron proyectos y resultados de instalaciones de telescopios astronómicos ópticos los siguientes países: Arabia Saudita, Argelia, Etiopía, India, Jordania, Líbano, Malasia, Mauricio, Pakistán, Paraguay, Perú, República Árabe Siria, Sudáfrica, Togo y Túnez.

I. Proyecto *hands-on astrophysics*

57. El material del proyecto *hands-on astrophysics* utiliza la única base de datos de estrellas variables de la *American Association of Variable Star Observers* (AAVSO). Se trata de un programa adecuado para cursos universitarios de primer y segundo ciclo de

ciencias, matemáticas e informática en el que estudiantes y profesores participan directamente en el proceso científico.

58. El proyecto *hands-on astrophysics* ayuda a los estudiantes a adquirir conocimientos científicos fundamentales y a comprender conceptos básicos de astronomía; presenta las conexiones interdisciplinarias y conduce a los estudiantes a lo largo de todo el proceso científico, haciéndoles trabajar a la vez con datos reales. El programa informa también a los estudiantes acerca de las estrellas variables y de la importancia que tienen para la comunidad astronómica profesional, y les facilita la información y los conocimientos necesarios para estudiar el comportamiento de las estrellas variables o para que se conviertan en observadores aficionados de las estrellas variables.

59. Los estudiantes adquieren los conocimientos necesarios para hacer observaciones, analizar los datos que éstas arrojan con técnicas estadísticas y de elaboración de gráficos, hacer predicciones y comparar los valores previstos y observados, así como la forma de elaborar modelos matemáticos perfeccionados. Los estudiantes adquirirán conocimientos acerca de las estrellas variables mediante las pautas de actividades, programas informáticos, gráficos, diapositivas y vídeos que acompañan los manuales del profesor y del alumno. Los estudiantes podrán acceder a la base de datos de la AAVSO y compartir sus investigaciones y observaciones con otros estudiantes a través de un sitio de Internet creado especialmente para el proyecto.

60. El estudio de las estrellas variables es especialmente adecuado para la educación en materia de ciencias, matemáticas e informática. Los estudiantes podrán observar las estrellas variables y analizar los cambios que observen en su brillo utilizando la base de datos de las 600.000 observaciones y los programas informáticos suministrados. La cantidad de datos y las técnicas de afinamiento matemático entregarán resultados de razonable precisión. Los estudiantes comprenderán que las observaciones que realicen pueden ser fiables y que los datos que obtengan pueden tener utilidad suficiente para ser utilizados por astrónomos profesionales.

61. En 1999 la AAVSO facilitó el material del proyecto *hands-on astrophysics* a una serie de instalaciones de telescopios que habían sido

inauguradas o apoyadas por los cursos prácticos Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica para que lo utilizaran con los telescopios así como en los programas de enseñanza (Filipinas, Honduras, Jordania, Marruecos, Paraguay y Sri Lanka).

J. Astrofísica para cursos universitarios de física; módulo de enseñanza elaborado para los cursos prácticos Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica

62. Para los cursos prácticos Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica se elaboró un módulo de enseñanza en el que se presenta una variedad de problemas astrofísicos, de los que pueden escogerse uno o varios y utilizarse en los cursos de física existentes sobre mecánica elemental o sobre calor y radiación, teoría cinética, corrientes eléctricas y en algunos otros cursos más avanzados. El módulo ofrece una respuesta al problema de la forma de introducir la astrofísica en los cursos universitarios de física, en particular en los países en desarrollo.

63. Esos problemas de astrofísica están concebidos para constituir una ampliación interesante e innovadora de los actuales cursos de física, con el fin de determinar los conocimientos de física que tienen los estudiantes comprobándolos en campos nuevos y para estimular su imaginación. Con cada problema se ofrece una breve enseñanza ordenada sobre astrofísica, de manera que los profesores de física puedan presentar el problema en clase. Los problemas más complicados comienzan con una breve introducción a las cuestiones de física a las que se refieren.

64. El módulo de enseñanza está dividido en las secciones principales siguientes: órbitas y tercera ley de Kepler; sistema solar; estrellas de neutrones y grupos de galaxias; radiación térmica; vida de las estrellas; campos magnéticos cósmicos; astrofísica de alta energía.

65. Todos los problemas exigen soluciones numéricas y de álgebra concisas que puedan traducirse con facilidad a la física. Con respecto a muchos problemas, la solución es más breve que su enunciado.

66. La astrofísica es una ciencia atractiva no sólo porque amplía la imaginación, sino también porque es interdisciplinaria en alto grado. De la astrofísica forman parte la física atómica, la física nuclear, la física de fluidos y del plasma, la física del estado sólido, la teoría del caos, la química orgánica, la relatividad especial y general y otras más. Si bien se enseña a los estudiantes a resolver problemas concretos, éstos adquieren una amplia visión de la ciencia principalmente mediante la resolución de muchos tipos de problemas específicos. Así pues, los problemas de este módulo de enseñanza ofrecen a los estudiantes un punto concreto con el que pueden relacionarse los retos astrofísicos mayores. En su mayor parte, el texto que figura en cada uno de los problemas está destinado a subrayar las cuestiones y retos más generales, que a menudo se plasman en los problemas específicos que deben solucionar los estudiantes.

La astrofísica como frontera de la ciencia

67. Incluso los estudiantes pueden formular buenas preguntas, útiles para la investigación. Se han pedido algunas observaciones del telescopio espacial Hubble para que las investiguen estudiantes de secundaria. Ahora bien, la naturaleza fronteriza de la astrofísica dificulta su enseñanza. Incluso los profesionales de la astrofísica aprenden pronto a admitir que no conocen la respuesta a algunas preguntas de los estudiantes y a sugerir que podría ser preferible estudiar el problema juntos. De hecho, los problemas descritos en el módulo de enseñanza serán difíciles de explicar porque los estudiantes harán inevitablemente preguntas que vayan más allá del problema concreto y de la enseñanza ordenada de astrofísica que se haya impartido. No obstante, el valor que tiene el hecho que los estudiantes formulen preguntas supera con mucho la incomodidad

del profesor al admitir que no sabe la respuesta. Muchos estudiantes de física se limitan a estudiar la física de memoria. La astrofísica los aparta de la memorización y los obliga a pensar por sí mismos. Las preguntas de los estudiantes son una señal del progreso que realizan.

Didáctica

68. Al abordar el examen teórico de un fenómeno de reciente observación no debe empezarse con una computadora, sino por determinar qué tipos de problemas de física son pertinentes. Es fundamental escoger algunos parámetros de física y construir un mínimo de ecuaciones analíticas que contengan los aspectos de física que sean fundamentales. A menudo ello se denomina “borrador” de cálculos. En astrofísica se estudian en primer lugar las formas de energía adecuadas sin preocuparse al principio acerca de las fuerzas concretas que dan lugar a esas energías. Es necesario determinar si se trata de energía gravitatoria, nuclear, cinética, electromagnética o si está en juego un intercambio entre dos de ellas, y cuáles son los parámetros principales que influyen en estas energías, como el tamaño o la masa de un objeto. En el análisis dimensional pueden encontrarse algunas respuestas. Tiene poca importancia que los coeficientes numéricos puedan variar por un factor de dos o tres. Algunos de los problemas del módulo de enseñanza subrayan el orden de la magnitud de análisis y el análisis dimensional. En especial, algunos problemas exigen que los estudiantes resuelvan ecuaciones diferenciales mediante integrales de primer orden, lo cual hace surgir de manera explícita los principales parámetros físicos.

Aprendizaje mediante la colaboración en grupo

69. Una ciencia fronteriza es una empresa en colaboración. El debate es parte integrante del aprendizaje y la investigación en astrofísica. De ser necesario, los problemas que figuran en el módulo de enseñanza pueden presentarse y resolverse en el marco de una conferencia, pero se seleccionan y ponen por escrito de forma que puedan ser discutidos y resueltos por grupos pequeños de estudiantes, preferentemente en una clase. Los grupos de dos, tres o cuatro estudiantes trabajan bien, dependiendo en parte de las limitaciones físicas del espacio para sentarse.

70. El trabajo de los estudiantes en grupo requiere mucho tiempo. El profesor puede explicar tres problemas en el tiempo que los grupos de estudiantes necesitan para resolver uno. A diferencia de los cursos que consisten sólo en conferencias, es preciso suprimir algunos temas del curso porque falta tiempo. No obstante, es seguro que los estudiantes entenderán el problema que resuelvan y el profesor tendrá la prueba de ello, lo cual, a la larga, es mucho más útil para el estudiante, que contar con más material almacenado de forma incompleta en la memoria.

71. En la actualidad el módulo de enseñanza se está examinando en las instalaciones de telescopios inauguradas en los cursos prácticos Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica o que cuentan con el apoyo de estos cursos prácticos o les sirven de anfitrionas (Alemania, Colombia, Costa Rica, Egipto, Filipinas, Francia, Honduras, India, Jordania, Mauricio, Nigeria, Paraguay y Sri Lanka).

IV. Observatorio espacial mundial

72. Desde 1991, las Naciones Unidas, por intermedio de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, y la ESA han organizado conjuntamente una serie de cursos prácticos sobre ciencia espacial básica (véase el párr. 3). La aplicación de las recomendaciones de dichos cursos ha reforzado la infraestructura científica de los países en desarrollo. Una de las propuestas de los participantes es la idea de un observatorio espacial mundial, una misión de satélites con participación internacional, incluida la de los países en desarrollo, que se centra en la región ultravioleta del espectro electromagnético⁴.

73. Los resultados de un estudio para evaluar la misión de referencia (CDF-05 (A)) del observatorio espacial mundial ultravioleta realizada en el marco del programa general de estudios de la ESA (planificación a largo plazo) se presentaron a los participantes del curso práctico y se demostró la viabilidad de un observatorio espacial mundial/ultravioleta en un plazo de unos seis años. La posibilidad de una misión de interés de tipo conjunto con la participación de los países en desarrollo y los países más adelantados es evidentemente un enfoque más productivo que una misión que interesara únicamente a los países en

desarrollo. Una misión de este tipo, de alcance superior, produciría realmente una sinergia de ventajas mutuas para la comunidad mundial de los científicos dedicados a la ciencia espacial básica y por tanto sería un estímulo mucho más eficaz para su sostenibilidad. El modelo del proyecto del observatorio espacial mundial ultravioleta incluye un telescopio de 1,7 metros, espectrógrafos y reproductores de imágenes, puestos en órbita en el punto L.2 de Lagrange. El estudio estableció que existía una verdadera oportunidad en la actualidad con un posible lanzamiento en 2006. Para aprovechar esta oportunidad, es necesario estudiar urgentemente nuevas vías para organizar una pronta y amplia participación y realizar un mayor estudio de los detalles de la puesta en práctica y las fuentes de financiación correspondientes. Los cursos prácticos que se realicen en el futuro podrían hacer una contribución importante a la continuación del examen de los aspectos materiales relacionados con la puesta en práctica de la amplia participación multinacional, especialmente de los países en desarrollo, tanto en la fase de desarrollo del proyecto como en la fase

operacional de la misión de tal observatorio espacial mundial/ultravioleta.

Notas

- ¹ Véase el *Informe de la 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, párr. 1 e) ii) y cap. II, párr. 409 d) i).
- ² *Documentos Oficiales de la Asamblea General, quincuagésimo cuarto período de sesiones, Suplemento N° 20 y corrección (A/54/20 y Corr.1)*, párr. 52.
- ³ Véase J. Andersen, "Astronomy and the degrading environment", *Science*, vol. 288, 21 de abril de 2000, págs. 443 y 444.
- ⁴ Véase *Informe de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas ...*, op. cit., cap. II, párr. 207.

Bibliografía

1. *Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos*
Informe del primer curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica, Bangalore (India), 30 de abril a 3 de mayo de 1991 (A/AC.105/489)
- Informe del segundo curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica, San José (Costa Rica) y Santa Fe de Bogotá (Colombia), 2 a 13 de noviembre de 1992 (A/AC.105/530)
- Informe del tercer curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica, Lagos (Nigeria), 18 a 22 de octubre de 1993 (A/AC.105/560/Add.1)
- Informe del cuarto curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica, El Cairo (Egipto), 27 de junio a 1º de julio de 1994 (A/AC.105/580)
- Informe del quinto curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: desde pequeños telescopios hasta misiones espaciales, Colombo (Sri Lanka), 11 a 14 de enero de 1996 (A/AC.105/640)
- Informe del sexto curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: astronomía basada en estaciones terrestres y vehículos espaciales, Bonn (Alemania), 9 a 13 de septiembre de 1996 (A/AC.105/657)
- Informe del séptimo curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: telescopios y satélites astronómicos pequeños para la educación y la investigación, Tegucigalpa (Honduras), 16 a 20 de junio de 1997 (A/AC.105/682)
- Informe del octavo curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: exploración científica desde el espacio, Mafrq (Jordania), 13 a 17 de marzo de 1999 (A/AC.105/723)
- Informe de la 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 (A/CONF.184/6) N° de venta S.00.I.3.
2. *Documentación examinada en el noveno curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica: satélites y redes de telescopios, instrumentos para la participación mundial en el estudio del universo*
American Association of Variables Star Observers. Hands-on astrophysics. Cambridge, MA, 1998.
- Bahcall, J.N., y J.P. Ostriker, eds. Unsolved problems in astrophysics. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1997.
- European Space Agency. Ultraviolet astrophysics beyond the IUE final archive. Actas de la Conferencia celebrada en Sevilla (España), 11 a 14 de noviembre de 1997. W. Wamsteker y R. González Riestra, eds.
- Assessment study report WSO/UV, CDF-05(A), mayo de 2000.
- National Research Council. The decade of discovery in astronomy and astrophysics. Washington, D.C., National Academy Press, 1991.
- Working papers; astronomy and astrophysics panel reports. Washington, D.C., National Academy Press, 1991.
- Astronomy and astrophysics in the new millennium; panel reports. Washington, D.C., National Academy Press, 2000.
- Research and education in basic space science; the approach pursued in the UN/ESA workshop. Documento de trabajo presentado en el International Astronautical Federation Specialists Symposium Bringing Space into Education, Bischofsberg, Francia, 3 a 5 de abril de 2000.
- Spaceguard Foundation. Spaceguard integrated system for potentially hazardous object survey; final report, ESOC Contract N° 13265/98/D/IM, 28 de abril de 2000.

Wontzel, D.G., Astrophysics for university physics courses. College Park, MD, University of Maryland.

3. *Direcciones de contacto de instalaciones de telescopios astronómicos inauguradas o apoyadas por el curso práctico de las Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea sobre ciencia espacial básica*

Centro Internacional de Física, Universidad de los Andes, Apartado Postal 49490, Bogotá (Colombia).
<http://aether.lbl.gov/www/projects/GEM/>

National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Kottamia Observatory, Helwan, El Cairo (Egipto).
<http://www.sti.sci.eg/scrci/nriag.html>

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Apartado Postal 4432, Tegucigalpa M.D.C. (Honduras).
<http://www/unah.hn>

Higher Institute of Astronomy and Space Sciences, Al al-Bayt University, P.O. Box 130302, Mafrqa (Jordania).
<http://www.aabu.edu.jo/>

Universidad Nacional de Asunción, Ciudad Universitaria, San Lorenzo (Paraguay).
<http://www.una.py/>

Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, Asia Trust Building, 1424 Quezon Avenue, Quezon City (Filipinas).
<http://w3.itri.org.tw/k0000/apec/Philipin/P14.htm>

Arthur C. Clarke Institute for Modern Technologies, Katubedda, Moratuwa (Sri Lanka)
<http://www.slt.lk/accimt/>