



# Asamblea General

Distr. general  
28 de octubre de 2008  
Español  
Original: inglés

## Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

### Informe del Cuarto Curso Práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea/Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio/Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón sobre el Año Heliofísico Internacional 2007 y ciencia espacial básica (Sozopol, Bulgaria, 2 a 6 de junio de 2008)

#### Índice

	<i>Página</i>
I. Introducción . . . . .	3
A. Antecedentes y objetivos . . . . .	3
B. Programa . . . . .	4
C. Asistencia . . . . .	5
II. Observaciones y conclusiones . . . . .	6
III. Resumen de las deliberaciones . . . . .	7
A. Ciencia espacial básica . . . . .	7
B. Año Heliofísico Internacional . . . . .	8
IV. Estudio monográfico: programas de vigilancia de la meteorología espacial . . . . .	9
A. Monitores de investigación del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos . . . . .	11
B. Monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes . . . . .	12
C. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos en África . . . . .	12
D. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos en Asia . . . . .	13



---

E.	Red de monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes . . . . .	13
F.	Datos de los programas sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera y el Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos. . .	14
G.	Curso práctico sobre ciencia y educación meteorológica espacial en África, Addis Abeba . . . . .	14
H.	Curso práctico sobre las frecuencias muy bajas, Universidad de Sebha, Jamahiriya Árabe Libia . . . . .	15
I.	Coordinación de las redes de monitores para el eclipse solar total del 1° de agosto de 2008 . . . . .	15
J.	Sonificación de datos para estudiantes ciegos . . . . .	16
K.	Semana Mundial del Espacio 2007 y 2008. . . . .	16
L.	Programas amplios sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera en Alemania e Italia . . . . .	16
M.	Sitios dotados de monitores de investigación del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos . . . . .	17
N.	Sitios dotados de monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes . . . . .	17

## 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) recomendó, en particular por medio de su resolución titulada “El milenio espacial: Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano”, 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, en diversas actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología espaciales, haciendo hincapié en la creación de conocimientos y capacidad técnica y su transferencia a los países en desarrollo y los países con economías en transición<sup>1</sup>.

2. En su 50º período de sesiones, celebrado en 2007, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos aprobó el programa de cursos prácticos, cursos de capacitación, simposios y conferencias previsto para 2008<sup>2</sup>. Posteriormente, la Asamblea General, en su resolución 62/217 de 22 de diciembre de 2007, hizo suyo el programa de actividades de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría para 2008.

3. En cumplimiento de la resolución 62/217 de la Asamblea y de conformidad con las recomendaciones de UNISPACE III, del 2 al 6 de junio de 2008 se celebró en Sozopol (Bulgaria) el Curso Práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea/Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio/Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón sobre el Año Heliofísico Internacional 2007 y ciencia espacial básica. Fue su anfitrión el Laboratorio de Influencias Solar-Terrestres de la Academia de Ciencias de Bulgaria, en nombre del Gobierno de dicho país.

4. Organizado por las Naciones Unidas, la Agencia Espacial Europea (ESA), la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América y el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón, el Curso Práctico fue el cuarto de una serie de cursos acerca de la ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional 2007 propuesta por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos basándose en las deliberaciones celebradas por su Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos, recogidas en el informe de dicha Subcomisión (A/AC.105/848, párrs. 181 a 192). Los tres cursos prácticos anteriores de la serie fueron acogidos por los Gobiernos de los Emiratos Árabes Unidos en 2005, la India en 2006 y el Japón en 2007 (A/AC.105/856, A/AC.105/489 y A/AC.105/902, respectivamente)<sup>3</sup>. Estos cursos prácticos fueron la

<sup>1</sup> *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, sección I, párr. 1 e) ii), y cap. II, párr. 409 d) i).

<sup>2</sup> *Documentos Oficiales de la Asamblea General, sexagésimo tercer período de sesiones, Suplemento N° 20 (A/63/20)*, párr. 72.

<sup>3</sup> En el sitio web de la Oficina ([www.unoosa.org/oosa/SAP/bss/ihy2007/index.html](http://www.unoosa.org/oosa/SAP/bss/ihy2007/index.html)) figura información sobre el Año Heliofísico Internacional 2007 y la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas.

continuación de la serie de cursos prácticos sobre ciencia espacial básica organizados entre 1991 y 2004 y que tuvieron como anfitriones los Gobiernos de la India (A/AC.105/489), Costa Rica y Colombia (A/AC.105/530), Nigeria (A/AC.105/560/Add.1), Egipto (A/AC.105/580), Sri Lanka (A/AC.105/640), Alemania (A/AC.105/657), Honduras (A/AC.105/682), Jordania (A/AC.105/723), Francia (A/AC.105/742), Mauricio (A/AC.105/766), la Argentina (A/AC.105/784) y China (A/AC.105/829)<sup>4</sup>.

5. El principal objetivo del Curso Práctico era servir de foro para que los participantes pudieran examinar a fondo los logros y planes en relación con la ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional, así como evaluar los resultados científicos y técnicos recientes con miras a informar sobre la situación de la ejecución de los proyectos de seguimiento para la promoción de la ciencia espacial básica (A/AC.105/766) y el Año Heliofísico Internacional (A/AC.105/882).

## **B. Programa**

6. En la ceremonia de inauguración del Curso Práctico formularon declaraciones el representante de la Academia de Ciencias de Bulgaria y el alcalde de Sozopol en nombre del Gobierno de Bulgaria, así como los representantes de la secretaria del Año Heliofísico Internacional, la NASA y la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. El Curso Práctico se dividió en sesiones plenarias, cada una de ellas centrada en un tema específico. Tras las disertaciones formuladas por oradores invitados, que expusieron sus logros en lo referente a la organización de eventos y la realización de actividades de investigación, educación y difusión relacionadas con la ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional, se celebraron breves debates. Los oradores invitados, algunos de países en desarrollo y otros de países desarrollados, presentaron 90 ponencias y carteles. Las sesiones de presentación de carteles y los grupos de trabajo ofrecieron a los participantes la oportunidad de concentrarse en problemas y proyectos concretos relacionados con la ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional.

7. El Curso Práctico se centró en los siguientes temas: el clima; la heliobiología; la física solar; la heliosfera, los rayos cósmicos y el campo magnético interplanetario; la magnetosfera; la ionosfera, la atmósfera superior y la mesosfera; el acceso a los datos del sistema Sol-Tierra; los instrumentos y las redes; y la participación de los Estados en el Año Heliofísico Internacional 2007 y la ciencia espacial básica.

8. En una ceremonia celebrada como parte del Curso Práctico, los organizadores y participantes expresaron su reconocimiento por la contribución sustantiva y de larga data a la ciencia espacial básica, en particular en favor de los países en desarrollo, hecha por varios prestigiosos científicos.

---

<sup>4</sup> Los detalles de todos los cursos prácticos de la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas organizados conjuntamente con la ESA pueden consultarse en Internet ([www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/](http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/)).

9. En 2004 se constituyó el Club Áureo del Año Geofísico Internacional con el propósito de conmemorar los logros alcanzados por quienes habían participado en el Año Geofísico Internacional. El primer galardonado, Alan Shapley, recibió el premio durante el Curso Práctico del Año Heliofísico Internacional que tuvo lugar en Boulder, Colorado (Estados Unidos de América), en febrero de 2005. Para aspirar al premio del Club Áureo, los interesados deben haber participado de alguna manera en la conmemoración del Año Geofísico Internacional y deben presentar al comité de anales del Año Heliofísico Internacional algún material histórico (por ejemplo, copias de cartas o libros). Dicho material debe constituir un legado del Año Geofísico Internacional a las generaciones futuras. La colección de materiales históricos es una labor llevada a cabo conjuntamente por la secretaria del Año Heliofísico Internacional, el comité de anales de la Unión Geofísica Americana y el comité de anales de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía.
10. En una ceremonia celebrada como parte del Curso Práctico, representantes de la secretaria del Año Heliofísico Internacional hicieron entrega de los certificados del Club Áureo del Año Geofísico Internacional a varios prestigiosos científicos.

### C. Asistencia

11. Las Naciones Unidas, la NASA y el Laboratorio de Influencias Solar-Terrestres de la Academia de Ciencias de Bulgaria habían invitado a participar en el Curso Práctico a investigadores y docentes de países en desarrollo y desarrollados de todas las regiones económicas. Los participantes, que ocupaban cargos en universidades, instituciones de investigación, organismos espaciales nacionales, planetarios y organizaciones internacionales, realizaban actividades en el marco del Año Heliofísico Internacional y en todos los aspectos de la ciencia espacial básica tratados en el Curso, y habían sido seleccionados atendiendo a su formación científica y su experiencia en programas y proyectos en que la ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional tuvieran un papel primordial. Los preparativos del Curso corrieron a cargo de un comité organizador científico internacional, un comité asesor nacional y un comité organizador local.
12. Con fondos aportados por las Naciones Unidas, la NASA, el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón y el Laboratorio de Influencias Solar-Terrestres de la Academia de Ciencias de Bulgaria se sufragaron los gastos de viaje, alojamiento y de otra índole de los participantes de países en desarrollo. En total asistieron al Curso Práctico 150 especialistas en ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional.
13. Estuvieron representados en el Curso los 36 Estados Miembros siguientes: Alemania, Angola, Argelia, Armenia, Austria, Azerbaiyán, Brasil, Bulgaria, China, Croacia, Ecuador, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos de América, Federación de Rusia, Francia, Georgia, India, Irán (República Islámica del), Israel, Italia, Japón, Malawi, Nepal, Nigeria, Polonia, República de Corea, Rumania, Sri Lanka, Sudán, Suriname, Suiza, Togo, Turquía, Ucrania y Viet Nam. También estuvo representado Puerto Rico.

## II. Observaciones y conclusiones

14. Los participantes en el Curso Práctico consideraron que las oportunidades relacionadas con el Año Heliofísico Internacional revestían importancia para que los países, en particular los países en desarrollo, pudieran participar en las actividades recomendadas por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y sus órganos subsidiarios, y recalcaron la importancia de que esos países se prepararan con tiempo para participar en dichas actividades.

15. Los participantes en el Curso Práctico tomaron nota con agradecimiento de los ofrecimientos hechos por los Gobiernos de la República de Corea, Egipto y Nigeria de ser anfitriones de los cursos prácticos sobre ciencia espacial básica y el Año Heliofísico Internacional que tendrían lugar en 2009 y 2010.

16. Los participantes en el Curso Práctico recomendaron que se examinara la viabilidad de establecer una fuente de financiación independiente, con aportes de las partes interesadas, que facilitara la realización a nivel mundial y regional de estudios y proyectos sobre el Año Heliofísico Internacional. Mediante la concesión de pequeñas subvenciones, el fondo podría estimular activamente las iniciativas multinacionales e interregionales en las esferas de la enseñanza, la aplicación y la investigación.

17. Los participantes en el Curso Práctico observaron con satisfacción que se habían seguido llevando a la práctica iniciativas internacionales e interregionales utilizando instrumentos del Año Heliofísico Internacional instalados en los últimos cinco años. También señalaron que sería útil formalizar redes y grupos de trabajo con objetivos comunes a fin de coordinar mejor la investigación y promover así una mayor participación en esas iniciativas.

18. En particular, los participantes en el Curso Práctico expresaron su satisfacción por la colaboración existente entre los miembros de sistemas de baterías mundiales de instrumentos terrestres, que se había traducido en la oferta de una capacidad continua de obtención de datos que era esencial para comprender objetos tales como la ionosfera. La ampliación de esa colaboración a otras baterías de instrumentos en longitudes diferentes contribuiría de manera importante a lograr la observación de los fenómenos ionosféricos en todas partes del mundo.

19. Los participantes en el Curso Práctico observaron con satisfacción que se seguían estableciendo y explotando baterías mundiales de instrumentos terrestres de bajo costo con miras a alcanzar los objetivos del Año Heliofísico Internacional.

20. Los participantes en el Curso Práctico encomiaron el sistema de datos astrofísicos (ADS) de la NASA, que constituía una biblioteca digital para los investigadores de los campos de la astronomía y la física, y expresaron la esperanza de que el ADS siguiera contando con apoyo en el futuro. El ADS era sumamente importante para la comunidad científica y técnica de todo el mundo. El apoyo continuado a los sitios réplica del ADS y a bases de datos similares era importante, y debería tomarse seriamente en consideración en todos los países en que los científicos y los ingenieros tropezaran con dificultades para acceder a las redes debido a obstáculos causados por las fronteras internacionales.

21. Los participantes en el Curso Práctico destacaron que las iniciativas de diversos observatorios virtuales de varios países podían contribuir considerablemente a acelerar la consecución de los objetivos del Año Heliofísico Internacional.

22. Los participantes en el Curso Práctico observaron con satisfacción que los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, afiliados a las Naciones Unidas, estaban en funcionamiento<sup>5</sup>. Estos centros se encontraban en el Brasil y México para la región de América Latina y el Caribe, en la India para la región de Asia y el Pacífico, y en Marruecos y Nigeria para la región de África. Los participantes destacaron que sería útil establecer un centro regional en Asia occidental.

23. Los participantes en el Curso Práctico tomaron nota del establecimiento del Comité Internacional sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS), al amparo de las Naciones Unidas, y expresaron la opinión de que el Comité podría apoyar el desarrollo de la tecnología de los GNSS para las baterías mundiales de instrumentos terrestres de bajo costo a fin de alcanzar los objetivos del Año Heliofísico Internacional (véase <http://www.icgsecretariat.org>).

### III. Resumen de las deliberaciones

#### A. Ciencia espacial básica

24. Las deliberaciones de los participantes en el Curso Práctico dieron pie al intercambio de información sobre actividades pasadas y futuras en relación con la ciencia espacial básica, sobre los planes desarrollados durante largos períodos de tiempo en diferentes países y regiones, y sobre los resultados a que se había llegado en diversos países en desarrollo y desarrollados. Los resultados expuestos en el Curso Práctico eran logros de carácter realmente internacional para todos los participantes en cursos prácticos anteriores. A lo largo del tiempo, el apoyo mutuo que se ofrecían los participantes les ayudaba considerablemente a aplicar las recomendaciones formuladas en los cursos. Los participantes en el Curso Práctico procedían de todas las regiones, lo que ponía de manifiesto la importancia de un enfoque regional y, a veces, mundial de la ciencia espacial básica en beneficio de los países en desarrollo y desarrollados. La selección del tema “Participación de las naciones en el Año Heliofísico Internacional 2007 y la ciencia espacial básica” para las sesiones del Curso Práctico obedecía al éxito que venía teniendo, desde hacía mucho tiempo, la donación de telescopios, planetarios e instrumentos a países en desarrollo.

25. En los cursos prácticos los participantes habían elaborado un concepto, denominado “trípode”, que constaba de tres elementos. El primero era el suministro de medios para realizar investigaciones básicas adecuadas a los países en desarrollo, por ejemplo telescopios astronómicos. El segundo elemento era la ejecución de programas de investigación originales en ciencia espacial básica, adecuados al

---

<sup>5</sup> En el sitio web de la Oficina ([www.unoosa.org/oosa/en/SAP/centres/index.html](http://www.unoosa.org/oosa/en/SAP/centres/index.html)) figura información sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, afiliados a las Naciones Unidas, incluidos sus programas de educación, investigación y aplicaciones.

estado de las instalaciones existentes y del desarrollo científico de un determinado país, por ejemplo la realización de programas de observación de estrellas variables complementados con información de los ámbitos de la informática, las matemáticas, la física y la astronomía. El tercer elemento era la elaboración y el suministro de material didáctico para posibilitar la incorporación de la ciencia espacial básica en los programas de estudios de física y matemáticas en las universidades de los países donde se aplicaba el concepto “trípode”. El acceso a la literatura científica, como el que proporcionaba el ADS, y a las bases de datos, como las de los observatorios virtuales, era un componente adicional esencial del concepto “trípode”.

26. Las instalaciones de observación modernas terrestres y espaciales estaban generando una gran cantidad de datos de alta calidad que se almacenaban en archivos científicos con objeto de aprovecharlos de la mejor manera posible. El siguiente paso lógico era conectar esos archivos para que los usuarios pudieran recuperar los datos de manera sencilla y uniforme y para que se explotara al máximo la utilidad científica de esos costosos recursos. También sería útil suministrar un juego de instrumentos de visualización y análisis científicos para facilitar el manejo ulterior de los datos. En varios países se estaban desarrollando conceptos de observatorio virtual. A fin de evitar la repetición, se procuraba coordinar esas iniciativas.

27. Muchos países contaban con sistemas de datos del Año Heliofísico Internacional y de ciencia espacial básica. Uno de los más importantes era el ADS, proyecto financiado por la NASA que ofrecía servicios de búsqueda gratuita de resúmenes en Internet. Las bases de datos del ADS contenían referencias sobre los siguientes temas: astronomía y ciencias planetarias; física y geofísica; instrumentación espacial; y ediciones preliminares de monografías sobre astronomía. Cada base de datos contenía resúmenes extraídos de cientos de revistas, publicaciones, coloquios, simposios, cursos prácticos, reuniones de expertos, cursos de capacitación, actas, tesis doctorales e informes de la NASA. Había 11 sitios réplica del ADS situados en Alemania, la Argentina, el Brasil, Chile, China, la Federación de Rusia, Francia, la India, el Japón, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y la República de Corea, que ayudaban a mejorar el acceso mundial a los recursos del ADS.

## **B. Año Heliofísico Internacional**

28. Se señaló que el Año Geofísico Internacional, uno de los programas científicos internacionales de mayor éxito de todos los tiempos, había abierto nuevos horizontes en el desarrollo de la nueva ciencia y tecnología espaciales y que, 50 años después, el Año Heliofísico Internacional continuaba aquella tradición.

29. También se señaló que el Año Heliofísico Internacional perseguía tres objetivos principales: a) adquirir un mayor conocimiento de los procesos heliofísicos fundamentales que rigen el Sol, la Tierra y la heliosfera; b) continuar la tradición de investigación internacional y enriquecer el legado del Año Geofísico Internacional en su quincuagésimo aniversario; y c) demostrar al mundo la belleza, utilidad e importancia de las ciencias del espacio y de la Tierra.

30. Se señaló que uno de los componentes principales del Año Heliofísico Internacional era la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones



Unidas, cuyo objetivo era el despliegue de observatorios y baterías de instrumentos a fin de ampliar el conocimiento de las ciencias espaciales y mejorar la viabilidad de la investigación, la ingeniería y la educación a ese respecto en los países y regiones en desarrollo que todavía no participaban en la investigación espacial.

31. Mediante un programa de cooperación con la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas para el período 2005-2009, el Año Heliofísico Internacional proporcionaría el marco para facilitar el despliegue de varias baterías de pequeños instrumentos a fin de efectuar mediciones globales de fenómenos relacionados con la física espacial (véase el documento A/AC.105/902, anexo I). Estas actividades podrían incluir el desarrollo de una nueva red de antenas parabólicas de radio para la observación de las eyecciones de masa coronal interplanetarias y la utilización de las actuales baterías de receptores del Sistema mundial de determinación de la posición (GPS) para observar la ionosfera. Los conceptos en que se basaban esas iniciativas estaban ya estudiados, desarrollados y listos para ser llevados a la práctica. En octubre de 2004 se había celebrado una reunión de coordinación entre representantes de la secretaría del Año Heliofísico Internacional y de la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas en Greenbelt, Maryland (Estados Unidos de América). Como resultado de esa reunión, la Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas se había comprometido a centrar sus actividades hasta 2009 en proporcionar a la organización del Año Heliofísico Internacional un vínculo con los países en desarrollo. La Iniciativa había facilitado las señas de más de 2.000 científicos de 192 países, muchos de los cuales estaban ansiosos de participar en actividades científicas espaciales internacionales.

32. En el Curso Práctico de 2006 se había puesto en marcha una nueva iniciativa consistente en integrar a los países en desarrollo en el análisis de los datos obtenidos en misiones espaciales. Los datos se ponían sistemáticamente a disposición de la comunidad científica en Internet o en DVD. Durante el Curso Práctico de 2006 varios experimentadores habían convenido en definir proyectos de análisis de datos que utilizaran sus conjuntos de datos para que investigadores de países en desarrollo pudieran participar en un proyecto de análisis de datos de gran envergadura. Se había iniciado un proyecto que proporcionaba gratuitamente un programa informático de análisis de datos (lenguaje de datos GNU).

#### **IV. Estudio monográfico: programas de vigilancia de la meteorología espacial**

33. En el marco del programa de vigilancia de la meteorología espacial, dirigido por la Universidad de Stanford, se habían desplegado dos redes mundiales de sensores en universidades y escuelas secundarias de todo el mundo para obtener un diagnóstico cuantitativo de las perturbaciones de la ionosfera producidas por el Sol, la intensidad de las tormentas y la actividad magnetosférica. Los instrumentos rastreaban los cambios en la ionosfera de la Tierra controlando la intensidad de las señales de muy baja frecuencia (MBF) cuando las ondas rebotaban en la ionosfera y observando los cambios durante los fenómenos solares y relacionados con los rayos y relámpagos. El resultado era una colaboración mundial de científicos, docentes y estudiantes para investigar la variabilidad de la ionosfera.

34. Se señaló que el instrumento del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos (AWESOME) era un monitor ionosférico que podían manejar los estudiantes de todo el mundo. Estos monitores detectaban las erupciones solares y otras perturbaciones de la ionosfera.

35. Se señaló que a unos 60 km de la superficie terrestre se encontraba la ionosfera, en que las continuas ráfagas de partículas y energía del Sol chocaban con la atmósfera terrestre con tanta fuerza que los electrones se separaban de sus núcleos. Los electrones libres de la ionosfera tenían una gran influencia en la propagación de las señales radioeléctricas. Las señales de muy baja frecuencia rebotaban en la ionosfera, lo que permitía las comunicaciones por radio sobre el horizonte y siguiendo la curvatura de la Tierra. La ionosfera reaccionaba fuertemente con la intensa radiación X y ultravioleta emitida por el Sol durante las erupciones solares, las tormentas solares o las eyecciones de masa coronal. Observando la intensidad de la señal proveniente de transmisores MBF distantes y fijándose en las alteraciones anormales al ser rechazadas las ondas por la ionosfera, era posible vigilar y rastrear tales perturbaciones. Para observar una señal MBF se necesitaba un radiorreceptor capaz de sintonizar con estaciones MBF, así como una antena para captar las señales MBF y una computadora para el debido control de los datos. Dado que la mayoría de los aparatos de radio corrientes no podían captar las señales MBF, era necesario construir un receptor y una antena. Esta combinación de receptor y antena constituía un receptor MBF.

36. Se observó que los elementos esenciales del sistema de observación AWESOME eran la computadora, el monitor Stanford y la antena. Era importante un enlace con Internet; de no haberlo, se podía utilizar un grabador de DVD de buena calidad. El receptor de línea captaba señales MBF de dos antenas. Normalmente se utilizaba una antena de orientación Norte-Sur y otra de orientación Este-Oeste. Estas señales se enviaban a la tarjeta convertidora analógico-digital (ADC) de 200 kilohertz insertada en la ranura de interconexión de componentes periféricos de la computadora. La tarjeta convertidora captaba los datos de las dos antenas a un nivel de 100 kilohertz cada una. En dicha tarjeta se introducía también la señal cronométrica del GPS, lo que permitía una adquisición de datos muy precisa. Se estaba desarrollando una interfaz de bus universal en serie (USB) para sustituir la tarjeta ADC, lo que facilitaría el uso y reduciría sustancialmente el costo.

37. El receptor guardaba dos tipos de datos. La reunión de datos de banda estrecha suponía observar la amplitud y fase de una sola frecuencia, correspondiente a un transmisor MBF. Los datos de banda ancha suponían conservar la forma completa de la onda emitida por la antena, permitiendo el estudio de muchos más fenómenos ionosféricos. El programa informático de adquisición de datos MBF controlaba con precisión cuándo el sistema debía reunir datos de banda ancha o de banda estrecha. Una vez adquiridos los datos, era posible realizar con ellos varios tipos de procesamiento de la señal especificados por el usuario. Los datos se podían enviar a otra computadora situada en la Universidad de Stanford, por medio de Internet, donde se ponían a disposición de cualquier usuario a través de una interfaz web, de modo que las partes interesadas de diferentes lugares pudieran compartir sus datos y colaborar. Los datos producidos por el sistema AWESOME eran de la misma calidad que los que utilizaban los investigadores de la Universidad de Stanford; la sensibilidad de recepción había alcanzado el punto en que quedaba registrada cualquier señal detectable por encima del umbral de ruido ambiental.

38. Además del monitor AWESOME, existía una versión económica denominada monitor de perturbaciones bruscas de la ionosfera. El Centro Solar de Stanford, junto con el Grupo de Muy Bajas Frecuencias del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Stanford y personal docente local, había desarrollado monitores de perturbaciones bruscas económicos que los estudiantes podían instalar y utilizar en sus institutos locales. Los estudiantes podían sumarse al proyecto construyendo su propia antena, un dispositivo sencillo que costaba menos de 10 dólares y se montaba en un par de horas. El acopio y análisis de datos se efectuaban en una computadora personal local, que no necesitaba ser rápida ni muy moderna. La Universidad de Stanford proporcionaría un depósito central de datos y un sitio bitácora donde los estudiantes podrían intercambiar y debatir los datos.

39. Había concluido la instalación de uno de los monitores AWESOME en Túnez. Umran S. Inan, de la Universidad de Stanford, y Zohra Ben Lakhdar, de la Universidad de Túnez, habían iniciado esta colaboración en el marco del programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas. El proyecto serviría de base para una comparación cuantitativa de las perturbaciones de la ionosfera y los cinturones de radiación provocadas por los rayos y relámpagos en los sectores americano y europeo. La mayor parte de los datos existentes sobre esos fenómenos se había obtenido hasta ese momento en el hemisferio occidental, y la información científica acumulada indicaba que los efectos provocados por dichos fenómenos a gran altitud y en los cinturones de radiación podían afectar a otros procesos a escala mundial. El programa propuesto facilitaría la implantación y realización de observaciones MBF en el sector europeo, que servirían de base de comparación para simplificar las extrapolaciones y conclusiones a nivel mundial. En el contexto de esta colaboración, Hassen Ghalila, de la Universidad de Túnez, había visitado la Universidad de Stanford para aprender el manejo del receptor MBF y todas sus aplicaciones científicas.

#### **A. Monitores de investigación del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos**

40. La Universidad de Stanford había desarrollado dos versiones de los monitores ionosféricos. Los instrumentos AWESOME de calidad apta para la investigación habían sido seleccionados como programa participante por la Iniciativa sobre ciencia espacial básica de las Naciones Unidas y se estaban distribuyendo a las universidades de todo el mundo, en particular de las naciones en desarrollo. A través de ese programa, se habían instalado o se estaban instalando 16 monitores AWESOME en 15 países, dando prioridad, en un comienzo, a África del Norte, seguida del África subsahariana y de Asia central. Esos 16 sitios del Año Heliofísico Internacional se estaban integrando en una red ya existente de 14 monitores. Un aspecto particularmente importante de esta red de receptores internacionales era la movilización mundial en respuesta a los fenómenos geofísicos extraordinarios. Por ejemplo, la vigilancia en el marco de AWESOME formaba parte de la Iniciativa sobre toda la heliosfera, patrocinada por la NASA. Los receptores MBF se habían utilizado en todo el mundo con ocasión del eclipse solar total del 1º de agosto de 2008 y el público había podido disponer de datos procedentes de numerosos sitios.

## **B. Monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes**

41. Se señaló que el Coordinador del Año Heliofísico Internacional para la educación internacional y la proyección pública había seleccionado los monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera menos caros y orientados a los estudiantes como instrumentos de particular interés para su uso en el programa de educación del Año. Esos monitores se estaban suministrando a equipos de profesores y estudiantes de escuelas secundarias de todo el mundo, en particular de países en desarrollo. Para abril de 2008, la Universidad de Stanford había emplazado 150 monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera en 44 países en relación con el Año Heliofísico Internacional. Antes de ese Año se habían instalado 150 monitores en los Estados Unidos. Estaba previsto instalar otros 60 en distintos países durante el segundo año del programa para completar una red mundial. Se había dado prioridad a los países en desarrollo y, en los Estados Unidos, a las escuelas que atendían a alumnos insuficientemente representados. Junto con los monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera se habían distribuido abundantes materiales didácticos para profesores y estudiantes a fin de proporcionar una base científica firme y estimular el inicio de investigaciones.

42. Se subrayó que los programas AWESOME y los relativos a las perturbaciones bruscas de la ionosfera ponían instrumentos y datos científicos reales al alcance de estudiantes e investigadores de todo el mundo, de forma eficaz en relación con el costo. Los instrumentos cumplían los objetivos de ser suficientemente sensibles para producir datos de calidad apta para la investigación y, al mismo tiempo, suficientemente baratos para que se pudieran distribuir ampliamente.

## **C. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos en África**

43. Se observó que el principal objetivo del establecimiento de monitores AWESOME era la comparación cuantitativa de las perturbaciones ionosféricas locales, la actividad magnetosférica y la intensidad de las tormentas en buena parte del planeta mediante el método de la observación en frecuencias extremadamente bajas/muy bajas. Aunque esos métodos de observación MBF se empleaban ampliamente, varias cuestiones y técnicas científicas sólo podían abordarse si se desplegaba una red mundial de instrumentos. Por ejemplo, la aparición de fenómenos ópticos atmosféricos tales como duendes, elfos y chorros sobre Europa correspondía a perturbaciones MBF que podían detectarse claramente en África del Norte. Dos anfitriones del Año Heliofísico Internacional, en la Jamahiriya Árabe Libia y Argelia, habían preparado un proyecto de informe en que se detallaban algunas de esas observaciones. Sin embargo, la región de la Tierra con más rayos y relámpagos se encontraba en África central, y aunque cabía suponer que sus propiedades difirieran en general de las de la atmósfera de latitudes medias de Europa y los Estados Unidos, esa región había sido relativamente poco estudiada debido a la falta de instrumentación en tierra. La instalación de receptores a lo largo del perímetro de África permitía, por primera vez, seguir de cerca esa actividad tormentosa y sus efectos en la ionosfera. En apoyo de esos esfuerzos y del objetivo del Año Heliofísico Internacional de desplegar redes de instrumentos pequeños en

los países en desarrollo, el equipo del proyecto AWESOME aprovechaba el Año Heliofísico Internacional para ayudar a reducir las diferencias más marcadas en cuanto a la dotación de instrumentos terrestres en el continente. Se habían emplazado monitores en Argelia, la Jamahiriya Árabe Libia, Marruecos, Nigeria y Túnez, y estaba previsto instalar otros en Egipto, Etiopía y Sudáfrica. Se estaba tomando contacto con otros países de acogida a fin de determinar los lugares adecuados para colocar receptores. Una dificultad importante era encontrar sitios que tuvieran la infraestructura necesaria (es decir, Internet) para acoger un receptor AWESOME en los países subsaharianos, donde el acceso a Internet, o incluso a la energía eléctrica, podía todavía no ser fiable.

#### **D. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos en Asia**

44. Se observó que la siguiente fase de la colocación de receptores AWESOME se concentraría en Asia. Asia tenía una región de intensa actividad tormentosa que abarcaba desde la India hasta el norte de Australia. A diferencia de la región de actividad intensa de África central, buena parte de los rayos y relámpagos de esta región se producían sobre el agua, y habían sido estudiados con mucho menos detalle que los efectos ionosféricos y magnetosféricos de los relámpagos sobre la tierra, también debido a la falta de instrumentación. Los primeros receptores se habían establecido en la India, en Kolkata y Allahabad. Además, los receptores que recientemente se habían suministrado a Serbia y Uzbekistán estarían pronto en pleno funcionamiento. Estaba previsto instalar monitores también en Fiji, Indonesia y Malasia, y se estaba tomando contacto con otros países de acogida.

#### **E. Red de monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes**

45. En apoyo de los objetivos del Año Heliofísico Internacional (enunciados en el párrafo 29 del presente documento), se habían desplegado monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes en escuelas secundarias y universidades de todo el mundo. Esos monitores orientados a los estudiantes respondían principalmente a los cambios de la ionosfera terrestre producidos por el Sol. El objetivo principal del proyecto era instalar redes de instrumentos en las naciones en desarrollo, particularmente en África. De los aproximadamente 150 monitores instalados en el mundo hasta ese momento para el Año Heliofísico Internacional, unos 60 se encontraban en escuelas secundarias y universidades de África. Muchos documentos relativos a las perturbaciones bruscas de la ionosfera se habían traducido a los seis idiomas oficiales de las Naciones Unidas.

## **F. Datos de los programas sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera y el Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos**

46. Se señaló que el Centro Solar de Stanford, que reunía datos de los estudiantes, había incorporado los datos sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera y parte de los datos de AWESOME en un gran sistema de bases de datos que sería utilizado también para el observatorio dinámico solar de la NASA. Se suministraban instrumentos para reunir los datos y enviarlos mediante el protocolo de transferencia de archivos (FTP) al depósito central, y para que los estudiantes visualizaran y graficaran los datos a través de la Web. Una bitácora facilitaba las comunicaciones. El visualizador de datos AWESOME comprendía datos sobre las fases, junto con datos sobre la amplitud de banda estrecha, así como un instrumento de cartografía de Google Earth innovador e interactivo<sup>6</sup>.

## **G. Curso práctico sobre ciencia y educación meteorológica espacial en África, Addis Abeba**

47. En el Año Heliofísico Internacional se había reconocido que, para desarrollar una infraestructura de investigación en ciencias espaciales en África, debía impartirse también educación en ciencias espaciales a fin de hacer posible el funcionamiento y la utilización a largo plazo de los instrumentos científicos. En respuesta a estas necesidades, los programas AWESOME y de observación de perturbaciones bruscas de la ionosfera habían concentrado en África el emplazamiento de sus monitores ionosféricos.

48. Conjuntamente con el Curso práctico sobre ciencia y educación meteorológica espacial en África - Año Heliofísico Internacional, celebrado en Addis Abeba en noviembre 2007, profesores de la Universidad de Stanford habían impartido un curso práctico de dos horas de duración sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera a 50 asistentes, investigadores africanos interesados en acoger monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera en sus universidades y escuelas secundarias locales. La mitad de los asistentes habían recibido esos monitores durante el curso práctico, y los demás monitores se habían enviado posteriormente por correo. El entusiasmo suscitado por los instrumentos había sido considerable. La Universidad de Stanford tenía ahora una red de más de 60 monitores en el continente africano.

49. Para seguir apoyando el mejoramiento de la infraestructura educativa en Etiopía, profesores de la Universidad de Stanford habían organizado un taller para profesores de física de escuelas secundarias de Etiopía, celebrado también conjuntamente con el Curso práctico sobre ciencia y educación meteorológica espacial en África - Año Heliofísico Internacional. En este taller, 70 profesores procedentes de toda Etiopía se habían reunido para un día de formación profesional intensiva sobre los conceptos fundamentales de la física relacionados con la meteorología espacial. El programa había incluido una introducción a los monitores

---

<sup>6</sup> La Universidad de Stanford tiene un sitio web con datos sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera (<http://sid.stanford.edu/database-browser/>) y datos AWESOME (<http://vlf-ihy.stanford.edu/>).

de perturbaciones bruscas de la ionosfera y una reseña del Año Heliofísico Internacional y su interés para los estudiantes, así como debates sobre física espacial, ejemplos de planes de enseñanza basada en la investigación y acceso a actividades prácticas<sup>7</sup>.

## **H. Curso práctico sobre las frecuencias muy bajas, Universidad de Sebha, Jamahiriya Árabe Libia**

50. Se señaló que el primer Curso práctico sobre las frecuencias muy bajas - Año Heliofísico Internacional había sido acogido por la Universidad de Sebha (Jamahiriya Árabe Libia) y organizado por la Universidad de Stanford, con apoyo financiero de la NASA, la Universidad de Stanford, la Universidad de Sebha y la Oficina Europea de Investigación y Desarrollo Aeroespacial, y apoyo logístico del Departamento de Estado de los Estados Unidos. Habían asistido 30 participantes procedentes de 13 países, con el interés común de comprender los datos de los receptores MBF y sus aplicaciones científicas. Las disertaciones y los programas de instrucción detallada se habían concentrado en una amplia gama de temas, como los rayos y relámpagos, la propagación ionosférica MBF, los terremotos, los rayos gamma cósmicos y los duendes, así como la promoción del espíritu comunitario. El Curso práctico había combinado disertaciones sobre investigaciones avanzadas con programas de instrucción detallada, comenzando por temas de ciencias básicas, y había brindado la oportunidad de establecer una nueva comunidad de investigación de AWESOME de alto nivel. Para el final del Curso práctico, los científicos de países en desarrollo habían comenzado trabajar en varios artículos, que se publicarían en revistas reconocidas y verificadas por especialistas a nivel internacional.

## **I. Coordinación de las redes de monitores para el eclipse solar total del 1º de agosto de 2008**

51. Se señaló que los estudios de los eclipses solares habían indicado que la ionosfera terrestre no sólo respondía en la franja de totalidad de un eclipse; también aparecía una pequeña perturbación ionosférica en el hemisferio conjugado. La red de monitores AWESOME y de perturbaciones bruscas de la ionosfera instalada en todo el mundo había proporcionado una oportunidad ideal de coordinar las observaciones durante el eclipse solar total del 1º de agosto de 2008. La Universidad de Stanford había colocado monitores en regiones situadas en la franja de totalidad o cerca de ella y había coordinado la campaña entre los sitios con monitores AWESOME y de perturbaciones bruscas para reunir datos durante el eclipse. Se señaló que los resultados contenían una gran cantidad de información sobre la forma en que la ionosfera terrestre respondía a los cambios provocados por el Sol. Además, una campaña coordinada había permitido a los estudiantes, junto con los investigadores, obtener y estudiar datos científicos, con la posibilidad de publicar sus resultados.

---

<sup>7</sup> Un documental en vídeo del curso práctico para profesores preparado por la NASA está disponible en (<http://sun.stanford.edu/~deborah/spa-epo/GIFTWorkshopEthiopia.mov>).

## **J. Sonificación de datos para estudiantes ciegos**

52. Se observó que los expertos en sonificación de datos que trabajaban en el equipo THEMIS (Cronología de eventos e interacciones a macroescala durante las subtormentas) de la NASA habían proporcionado a la Universidad de Stanford un instrumento para sonificar los datos de perturbaciones bruscas de la ionosfera, principalmente con el fin de ponerlos a disposición de los estudiantes ciegos. La Universidad de Stanford tenía contactos también con la Universidad de Puerto Rico para producir esos materiales.

## **K. Semana Mundial del Espacio 2007 y 2008**

53. Se señaló que el Centro Solar de Stanford y el Laboratorio de Ciencias Espaciales de la Universidad de California en Berkeley colaboraban en la producción de un conjunto de actividades para la Semana Mundial del Espacio, que se celebraba del 4 al 10 de octubre de cada año. En 2007 se había conmemorado el quincuagésimo aniversario del lanzamiento del Sputnik I y del comienzo de la era espacial. Grupos de científicos habían diseñado una actividad en la Web relacionada con la misión THEMIS y los monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera, con objeto de iniciar a los estudiantes en la utilización de datos científicos reales<sup>8</sup>. Los estudiantes de Nigeria que tenían monitores de perturbaciones bruscas también habían participado en las actividades de la Semana Mundial del Espacio. Se observó que con ocasión de la Semana Mundial del Espacio se presentarían asimismo exposiciones de los monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera y sus aplicaciones.

## **L. Programas amplios sobre las perturbaciones bruscas de la ionosfera en Alemania e Italia**

54. Se señaló que en Alemania se había iniciado un proyecto activo de monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera en nueve sitios, respaldado por un consorcio de la Universidad de Göttingen, el sitio del Centro Aeroespacial Alemán en Neustrelitz, el Planetario de Hamburgo y la empresa europea de defensa aeronáutica y espacio Astrium.

55. Italia había instalado una gran red de 32 instrumentos de observación de las perturbaciones bruscas de la ionosfera en las escuelas secundarias, así como en el Observatorio Astronómico de Turín. La red italiana recibía apoyo de la Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo.

---

<sup>8</sup> En el sitio web del proyecto (<http://cse-ssl-berkeley.edu/segway/WSW.html>) figura más información al respecto.



---

**M. Sitios dotados de monitores de investigación del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos**

56. Se señaló que se habían instalado monitores de investigación AWESOME directamente en relación con el Año Heliofísico Internacional o con financiación conexas de la Universidad de Stanford en los siguientes lugares: Argel, Dublín, Kolkata (India), Sepha (Jamahiriya Árabe Libia), Akure (Nigeria), Rabat, Swider (Polonia), Túnez, Tashkent, Belgrado, la Universidad Agrícola y Mecánica de Alabama (Estados Unidos), el Observatorio Solar Wilcox de la Universidad de Stanford (Estados Unidos), El Cairo, el Observatorio Astronómico de Sudáfrica en Sutherland (Sudáfrica), Suva y Addis Abeba.

57. Se observó que los siguientes sitios se habían establecido sin fondos del Año Heliofísico Internacional pero mantenían una colaboración similar: Creta (Grecia), Elazig (Turquía), Allahabad (India), Varanasi (India), Nainital (India) y una estación de investigación adicional en la Antártida a cargo de la India.

58. Se habían establecido sitios de colaboración internacional administrados mediante colaboraciones entre la Universidad de Stanford y grupos de investigación avanzada/bien establecidos, relacionados con la red mundial de baterías de instrumentos, en los siguientes sitios: Atibaia (Brasil), una estación de investigación en la Antártida a cargo del Brasil, una estación de investigación en la Antártida a cargo de Ucrania, Adelaida (Australia), Hobart (Australia), Perth (Australia), y Tel Aviv y Sede Boquer (Israel). En total había 30 monitores AWESOME en 21 países.

**N. Sitios dotados de monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes**

59. Había monitores de perturbaciones bruscas de la ionosfera para estudiantes en los siguientes países y zonas: Alemania, Argelia, Brasil, Bulgaria, Burkina Faso, Canadá, China, Colombia, Congo, Croacia, Egipto, Estados Unidos, Etiopía, Francia, India, Indonesia, Irlanda, Islas Vírgenes Británicas, Italia, Jamahiriya Árabe Libia, Kenya, Líbano, México, Mongolia, Mozambique, Namibia, Nueva Zelandia, Nigeria, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República de Corea, Rumania, Senegal, Serbia, Sri Lanka, Sudáfrica, Suiza, Tailandia, Túnez, Uganda, Uruguay y Zambia. En total había 305 monitores en 43 países.

---