



Asamblea General

Distr. general
8 de diciembre de 2005
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Informe del Curso práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea/Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos de América sobre el Año Heliofísico Internacional 2007

(Abu-Dhabi y Al-Ain, Emiratos Árabes Unidos, 20 a 23 de
noviembre de 2005)

Índice

| <i>Capítulo</i> | <i>Párrafos</i> | <i>Página</i> |
|---|-----------------|---------------|
| I. Introducción | 1-11 | 3 |
| A. Antecedentes y objetivos | 1-6 | 3 |
| B. Programa | 7-8 | 4 |
| C. Asistencia | 9-11 | 4 |
| II. Observaciones y recomendaciones | 12-26 | 5 |
| III. Resumen de los proyectos | 27-67 | 7 |
| A. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos | 27-32 | 7 |
| B. Redes de magnetómetros | 33-42 | 10 |
| 1. Observatorios magnetométricos del Año Heliofísico Internacional ... | 33-38 | 10 |
| 2. Proyecto relativo al Sistema de adquisición de datos magnéticos | 39-42 | 11 |
| C. Redes de radiotelescopios del Año Heliofísico Internacional | 43-47 | 13 |
| 1. Instrumento astronómico compuesto de bajo costo y baja frecuencia para funciones de espectroscopia y observatorio transportable | 43-45 | 13 |
| 2. Redes de antenas de radio de baja frecuencia | 46-47 | 15 |



| | | | |
|-------|--|-------|----|
| D. | El sistema mundial de localización en África | 48 | 15 |
| E. | Teleobservatorio ecuatorial nocturno de regiones ionosféricas | 49-52 | 15 |
| F. | Red de muy baja frecuencia para la anomalía magnética del Atlántico Sur .. | 53-56 | 16 |
| G. | Red de detección de centelleo como ayuda para la toma de decisiones | 57-60 | 18 |
| H. | Nuevo tipo de detectores de partículas para una red de pronóstico de la meteorología espacial | 61-64 | 20 |
| I. | Red de detectores de mesones | 65-67 | 22 |
| Anexo | Información para contacto con los investigadores principales | | 25 |

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 especial por medio de su resolución titulada “El Milenio espacial: Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano¹”, 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 de la capacidad técnica de los países en desarrollo.
2. En su 47º período de sesiones, celebrado en 2004, 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 2005². Posteriormente, la Asamblea General, en su resolución 59/116 de 10 de diciembre de 2004, hizo suyo el Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial para 2005.
3. En cumplimiento de la resolución 59/116 de la Asamblea General y de conformidad con la recomendación de UNISPACE III, el Curso Práctico Naciones Unidas/Agencia Espacial Europea/Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos de América sobre el Año Heliofísico Internacional 2007 se celebró en Abu-Dabi y Al-Ain (Emiratos Árabes Unidos) del 20 al 23 de Noviembre de 2005. Fue su anfitriona la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos, en nombre del Gobierno de dicho país.
4. Organizado por las Naciones Unidas, la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos, el Curso Práctico fue el primero de una serie de cursos sobre el Año Heliofísico Internacional 2007 propuesta por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, sobre la base de 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). El Curso Práctico fue organizado conjuntamente por el Observatorio Astronómico Nacional del Japón, la Unión Astronómica Internacional (UAI) y el Comité de Investigaciones Espaciales.
5. El principal objetivo del Curso Práctico fue servir de marco para poner de manifiesto los resultados científicos y técnicos logrados recientemente con el fin de:
 - a) promover la heliofísica fundamental (las relaciones existentes entre la Tierra, el Sol y el espacio interplanetario) mediante estudios interdisciplinarios de los procesos universales;
 - b) determinar la reacción de las magnetosferas y atmósferas terrestres y planetarias a factores excitadores externos;
 - c) fomentar las investigaciones sobre el sistema Sol-heliosfera en su expansión hacia el medio interestelar local;
 - d) impulsar la cooperación científica internacional en el estudio de los fenómenos heliofísicos actualmente y en el futuro;
 - e) preservar la tradición y el legado del Año Geofísico Internacional en su 50º aniversario; y
 - f) dar a conocer a la comunidad científica y el público en general los resultados del Año Heliofísico Internacional que tengan carácter excepcional.

6. El presente informe se ha preparado para presentarlo a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su 49º período de sesiones, así como a su Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 43º período de sesiones, que se celebrarán ambos en 2006.

B. Programa

7. En la ceremonia de inauguración del Curso Práctico formularon declaraciones el Ministro de Educación y el Rector de la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos, en nombre del Gobierno del país, así como los representantes de la ESA, la NASA y la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría. El Curso se dividió en sesiones científicas, centrada cada una de ellas en un tema específico. Tras disertaciones formuladas por oradores expresamente invitados, en las que éstos expusieron sus conclusiones en materia de investigación y educación, tuvieron lugar breves debates. Los oradores invitados, procedentes tanto de países en desarrollo como de países desarrollados, presentaron en total 70 ponencias. Se organizaron sesiones a base de carteles y grupos de trabajo que ofrecieron la oportunidad de centrar la atención en problemas y proyectos concretos en preparación del Año Heliofísico Internacional 2007 y en materia de ciencia espacial básica.

8. El Curso Práctico se centró en temas como: a) procesos heliosféricos solares; b) programas de formación en ciencia y tecnología espaciales; c) iniciativas referentes a redes de instrumentos terrestres poco costosos para estudios mundiales de ciencia espacial: posibles proveedores de instrumentos y lugares previsibles de ubicación de los instrumentos; d) las investigaciones astrofísicas en los países árabes; e) las instalaciones telescópicas astronómicas en los países en desarrollo; f) la celebración del Año Internacional de la Física 2005 en los Emiratos Árabes Unidos y la mecánica y astrofísica estadísticas no extensivas; g) los observatorios virtuales; y h) los sistemas de datos astrofísicos.

C. Asistencia

9. Las Naciones Unidas, la ESA, la NASA y la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos invitaron a participar en el Curso Práctico a investigadores y docentes de países en desarrollo y países industrializados de todas las regiones económicas. Los participantes ocupaban cargos en universidades, instituciones de investigación, observatorios, organismos espaciales nacionales y organizaciones internacionales, y participaban en actividades relacionadas con todos los aspectos de la ciencia espacial básica tratados en el Curso. Los participantes se seleccionaron atendiendo a su formación científica y su experiencia en programas y proyectos en los que el Año Heliofísico Internacional 2007 y la ciencia espacial básica tuvieran un papel primordial. Los preparativos generales del Curso corrieron a cargo de un comité organizador científico internacional, un comité asesor nacional y un comité organizador técnico local.

10. Con fondos aportados por las Naciones Unidas, la ESA, la NASA y la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos se sufragaron los gastos de viaje, manutención y de otra índole de los participantes de países en desarrollo. También proporcionaron fondos para celebrar el Curso el Organismo Regulador de Telecomunicaciones de los Emiratos Árabes Unidos, la entidad Dubai Silicon Oasis, la Compañía Thuraya Satellite Telecommunications, el Comité Permanente de

Cooperación Científica y Tecnológica de la Organización de la Conferencia Islámica, el Emirates Heritage Club y el Hotel Al-Ain Rotana. En total asistieron al Curso Práctico 150 especialistas en el Año Heliofísico Internacional 2007 y ciencia espacial básica.

11. Estuvieron representados en el Curso los 39 Estados Miembros siguientes: Alemania, Arabia Saudita, Argelia, Armenia, Bahrein, Brasil, Cabo Verde, Camerún, Canadá, Côte d'Ivoire, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Eritrea, España, Estados Unidos de América, Federación de Rusia, Francia, Georgia, India, Indonesia, Irán (República Islámica de), Iraq, Jamahiriya Árabe Libia, Japón, Jordania, Kuwait, Líbano, Malasia, Nigeria, Omán, Países Bajos, Pakistán, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Árabe Siria, República de Corea, Sri Lanka, Sudáfrica, Ucrania y Yemen

II. Observaciones y recomendaciones

12. El Curso Práctico observó con satisfacción que estaban en funcionamiento los centros regionales de educación sobre ciencia y tecnología espaciales, afiliados a las Naciones Unidas, que se habían establecido en el Brasil, la India, Marruecos, México y Nigeria. Recalcó que sería beneficioso establecer un centro regional de esa naturaleza en Asia occidental.

13. El Curso Práctico tomó nota con agrado de que proseguía la instalación de telescopios y planetarios en países en desarrollo gracias al programa oficial de asistencia para el desarrollo ejecutado por el Gobierno del Japón, y en particular a su constante apoyo a telescopios astronómicos situados en Bolivia, Etiopía y el Pakistán así como a planetarios en Cuba, El Salvador y Rumania.

14. El Curso tomó nota con satisfacción de que el informe titulado “Developing Basic Space Science World-Wide: A Decade of UN/ESA Workshops”¹ (Desarrollo de la ciencia espacial básica en todo el mundo: un decenio de cursos prácticos Naciones Unidas/ESA) había recibido amplia difusión y servía de guía para las actividades relacionadas con la ciencia espacial en los países en desarrollo.

15. El Curso tomó nota con reconocimiento de que la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre había recibido indicaciones de la India, el Japón y la República de Corea que expresaban su interés por dar acogida a futuros cursos prácticos.

16. El Curso recomendó vigorosamente que se diera apoyo a las actividades científicas relacionadas con el Año Heliofísico Internacional 2007. En el Curso se examinaron y respaldaron los siguientes planes y proyectos:

a) El plan Trípode, establecido y puesto en práctica por anteriores cursos prácticos Naciones Unidas/ESA sobre ciencia espacial básica, debía adoptarse para el Año Heliofísico Internacional 2007; en cada una de las actividades relativas a instrumentos científicos debían considerarse igualmente importantes la instalación y funcionamiento de dichos instrumentos, la toma de datos con ayuda de los mismos y

¹ W. Wamsteker, R. Albrecht y H. Haubold, editores, *Developing Basic Space Science World-Wide: a Decade of UN/ESA Workshops* (Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2004).

la utilización de los instrumentos científicos y los datos para la enseñanza universitaria;

b) Se concretaron grupos de países en los que se podrían ubicar los instrumentos científicos, países que proporcionarían emplazamientos en lugares donde convenga efectuar las mediciones. Los grupos que mostraron interés por la posible ubicación de instrumentos científicos pertenecían a diversas partes de África, Asia occidental, Asia y el Pacífico (India, Malasia, Indonesia) y América Latina;

c) Durante el Curso Práctico, los posibles proveedores de instrumentos científicos examinaron con responsables de los eventuales países de ubicación las medidas concertadas que procedían y expresaron en general su satisfacción por el grado de interés manifestado por los participantes;

d) Todos los proveedores de instrumentos científicos examinaron el estado de desarrollo de esos instrumentos y el grado de preparación para ponerlos en servicio. Se señaló que las instalaciones serían casi permanentes durante todo el período de actividades del Año Heliofísico Internacional 2007, por lo que no había premura de tiempo para dichos proveedores;

e) Los participantes en el Curso se manifestaron dispuestos a apoyar voluntariamente los preparativos y la coordinación de las actividades mencionadas referentes a los instrumentos científicos como parte de los trabajos generales del Año Heliofísico Internacional 2007.

17. El Curso Práctico apoyó vigorosamente la propuesta de colaboración de científicos de Georgia y Ucrania en el contexto del Año Heliofísico Internacional 2007, con el fin de crear un polígono electromagnético complejo con base en el observatorio astrofísico de Abastumani, así como un microsatélite realizado por estudiantes, que se lanzará en 2007.

18. El Curso Práctico señaló que la colaboración en el contexto del Año Heliofísico Internacional 2007 exigiría el intercambio de personal e instrumentos científicos entre las organizaciones científicas participantes de los diferentes países. Debía alentarse a los gobiernos a que facilitaran al máximo esos intercambios.

19. El Curso observó que actualmente existía acceso a la Internet en casi todos los países y animó a promover su uso creciente como herramienta de enseñanza e investigación, dado que muchos recursos educativos se encontraban ahora disponibles en línea y podía accederse a ellos de manera económica. En este contexto, se tomó nota de un grupo de debate sobre el tema de la “brecha digital”, que había establecido la UAI. Se recomendó a los países en desarrollo que participaran en dicho grupo.

20. El Curso Práctico tomó nota de que los sitios de réplica del Sistema de Datos Astrofísicos (ADS) financiado por la NASA, situados en Alemania, el Brasil, Chile, China, la Federación de Rusia, Francia, la India, el Japón, el Reino Unido y la República de Corea habían sido aceptados con entusiasmo por la comunidad científica y se habían convertido en importantes activos de los países en desarrollo para mejorar su acceso a la literatura astronómica. El Curso Práctico felicitó al ADS por esta labor.

21. El Curso valoró positivamente el proceso en marcha de establecimiento de observatorios virtuales por parte de importantes organizaciones científicas. Recomendó vigorosamente que se procurase con el mayor empeño permitir a los científicos de los países en desarrollo el uso de esos instrumentos de investigación, así como el acceso a los datos y a los programas informáticos de análisis.
22. El Curso Práctico observó que la exploración automática de las publicaciones de observatorios en el pasado por medio del ADS permitía ahora fácil acceso a una parte de la literatura astronómica que, hasta la fecha, había sido difícil obtener en los países en desarrollo.
23. El Curso Práctico instó a una estrecha cooperación entre la comunidad de observatorios virtuales y el ADS con el objetivo de dar a los científicos de los países en desarrollo la oportunidad de competir al más alto nivel de la investigación científica.
24. El Curso Práctico valoró positivamente la creciente disponibilidad en la Internet de sitios educativos de carácter práctico, abiertos por importantes organizaciones de investigación, que facilitaban en gran medida la enseñanza de las ciencias en los países en desarrollo. Debía animarse a apoyar esa labor a los profesionales de la ciencia espacial de todos los países.
25. A fin de celebrar el centenario del *annus mirabilis* de Albert Einstein, las Naciones Unidas, por resolución 58/293 de la Asamblea General, habían proclamado Año Internacional de la Física a 2005. El Curso Práctico felicitó a la Universidad de los Emiratos Árabes Unidos por organizar a lo largo de 2005 actividades nacionales a todos los niveles de la enseñanza para celebrar el Año Internacional de la Física y, en particular, establecer contacto con la próxima generación de estudiantes y docentes.
26. Se puso en conocimiento del Curso el fallecimiento del principal coorganizador de los Cursos Prácticos sobre ciencia espacial básica de 1991 a 2004, Willem Wamsteker, de la Agencia Espacial Europea. El Curso aprovechó la oportunidad para ensalzar sus aportaciones fundamentales a la organización de esta serie de cursos prácticos animado por un espíritu de auténtica cooperación internacional, especialmente en beneficio de los países en desarrollo.

III. Resumen de los proyectos

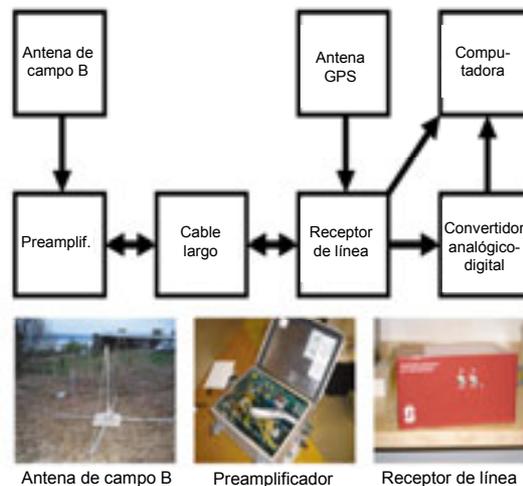
A. Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos

27. El instrumento del Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos (AWESOME) es un monitor ionosférico que pueden manejar los estudiantes de todos los lugares del mundo. Estos monitores detectan las erupciones solares y otras perturbaciones de la ionosfera.
28. En la ionosfera, situada a unos 60 km de la superficie terrestre, las continuas descargas de partículas y energía del Sol chocan con la atmósfera terrestre con tanta fuerza que los electrones son separados de sus núcleos. Los electrones libres presentes en la ionosfera tienen gran influencia en la propagación de las señales radioeléctricas. Las frecuencias radioeléctricas de longitud de onda muy larga (muy

baja frecuencia o MBF rebotan en la ionosfera, lo que permite las comunicaciones por radio sobre el horizonte y siguiendo la curvatura de la Tierra. La ionosfera presenta fuertes reacciones con la intensa radiación X y ultravioleta emitida por el Sol durante una erupción solar, una tormenta solar o una eyección de masa coronaria. 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, es posible vigilar y rastrear tales perturbaciones. Para observar una señal MBF se necesita un radioreceptor 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 pueden captar las señales MBF, es necesario construir un receptor y una antena. Esta combinación de receptor y antena se denomina receptor MBF.

29. Los elementos esenciales del sistema de observación AWESOME son la computadora, el monitor Stanford y la antena. Es importante un enlace con la Internet; en su lugar, se podría utilizar un grabador de discos polivalentes digitales (DVD) de buena calidad. La figura I muestra una representación del conjunto. El receptor de línea capta señales MBF de dos antenas. Corrientemente se utiliza una antena de orientación Norte-Sur y otra de orientación Este-Oeste. Estas señales se envían a una tarjeta convertidora analógico-digital de 200 kilohertz (kHz) insertada en la ranura de interconexión de componentes periféricos de la computadora. La tarjeta convertidora capta los datos de las dos antenas a un nivel de 100 kHz cada una. En dicha tarjeta se introduce también la señal cronométrica del Sistema mundial de localización (GPS), lo que permite una adquisición de datos muy precisa. Actualmente se desarrolla una interfaz omnibus en serie universal como sustitutivo de la tarjeta ADC, lo que aumentará la facilidad de uso y reducirá el costo considerablemente.

Figura I. Sistema de adquisición de datos de muy baja frecuencia



Nota: El sistema de adquisición de datos funciona juntamente con un receptor de señales del Sistema mundial de localización (GPS) en tiempo verdadero, un receptor de línea así como receptores Norte-Sur y Este-Oeste.

Fuente: R. Moore y E. Kim, Very Low Frequency Data Acquisition Software User Manual (Manual del usuario de programas informáticos de adquisición de datos en muy baja frecuencia).

30. El receptor guarda dos tipos de datos. Los datos de banda estrecha suponen observar la amplitud y fase de una sola frecuencia, correspondiente a un transmisor MBF. Los datos de banda ancha suponen conservar la forma completa de la onda emitida por la antena, permitiendo así estudios de muchos más fenómenos ionosféricos. El programa informático de adquisición de datos MBF regula con precisión cuándo el sistema debe acopiar datos de banda ancha o de banda estrecha. Una vez adquiridos los datos, es posible realizar con ellos varios tipos de procesamiento de la señal especificados por el usuario. Los datos se pueden enviar a otra computadora situada en la Universidad de Stanford, por medio de la Internet, donde se ponen a disposición de cualquier usuario a través de una interfaz web, de modo que las partes interesadas de diferentes lugares pueden compartir sus datos y colaborar. Los datos producidos por el sistema AWESOME son de la misma calidad que los que utilizan los investigadores de la Universidad de Stanford; la sensibilidad de recepción ha rebasado el punto en que queda registrada cualquier señal detectable por encima del umbral de ruido ambiental.

31. Además del monitor AWESOME, existe una versión económica denominada monitor de perturbaciones bruscas de la ionosfera. El Centro Solar de Stanford, juntamente con el Grupo de Muy Bajas Frecuencias del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Stanford y personal docente local, han desarrollado monitores de perturbaciones bruscas económicos que los estudiantes pueden instalar y utilizar en sus institutos locales. Los estudiantes pueden sumarse al proyecto construyendo su propia antena, un dispositivo sencillo que cuesta menos de 10 dólares y requiere un par de horas para su montaje. El acopio y análisis de datos corre a cargo de una computadora personal local, que no necesita ser rápida ni perfeccionada. La Universidad de Stanford proporcionará un depósito central de datos y un sitio “blog” donde los estudiantes podrán intercambiar y debatir los datos.

32. Recientemente ha 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, iniciaron esta colaboración en el marco del programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas. El proyecto servirá de base para una comparación cuantitativa de las perturbaciones de la ionosfera y el cinturón 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 ha obtenido hasta ahora en el hemisferio occidental, y la información científica acumulada indica que los efectos provocados por dichos fenómenos a gran altitud y en los cinturones de radiación pueden ser predominantes en otros procesos a escala mundial. El programa propuesto facilitará la implantación y realización de observaciones MBF en el sector europeo, sirviendo así 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, visitó la Universidad de Stanford para aprender el manejo del receptor MBF así como todas sus aplicaciones científicas.

B. Redes de magnetómetros

1. Observatorios magnetométricos del Año Heliofísico Internacional

33. Los conjuntos de magnetómetros ofrecen un procedimiento relativamente económico para observar la interacción del Sol y la Tierra. Las estaciones magnetométricas permiten observar los sistemas de corrientes locales de dichas estaciones, así como los grupos de ondas locales. El establecimiento de conjuntos magnetométricos en varios continentes con motivo del Año Heliofísico Internacional supondría una base excelente para la observación a escala intermedia y mundial de las perturbaciones magnetosféricas-ionosféricas y ofrecería metas científicas para las latitudes medias y bajas, a más de brindar a los países en desarrollo oportunidades de ubicar en ellos los instrumentos y participar en las investigaciones científicas.

34. Es posible establecer observatorios magnetométricos en el marco del programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas partiendo de los logros conseguidos por la Red canadiense de investigación de la actividad magnética en tiempo real (CARISMA). CARISMA es la parte magnetométrica del Proyecto de observación geoespacial canadiense. Es la continuación de la Red auroral canadiense para el sistema magnetométrico del programa OPEN de estudios unificados (CANOPUS) que se realizó desde 1986 a 2005, con perfeccionamientos para incluir una resolución temporal más elevada y una cobertura temporal más completa. Se utilizan los mismos 13 magnetómetros de saturación, pero la infraestructura de los emplazamientos y el sistema de transmisión de datos se han perfeccionado.

35. Cada observatorio magnetométrico propuesto en el marco del Año Heliofísico Internacional estará formado por pares de estaciones magnetométricas separadas en sentido meridional por una distancia de 200 km, aproximadamente. Otros elementos necesarios son dos magnetómetros de saturación de tres componentes, un registrador de datos, cronometraje GPS y una fuente de energía eléctrica. En los lugares apartados, podrían utilizarse paneles solares o aerogeneradores. El método de recuperación de datos depende de la infraestructura disponible: modem telefónico o la Internet cuando se disponga de ella.

36. El costo aproximado de cada observatorio es de 22.000 dólares por cada magnetómetro de tres componentes con salida RS232 (aproximadamente 6.000 dólares por cada componente), un registrador de datos de calidad industrial o una computadora personal con GPS (aproximadamente 2.000 dólares), y un sistema generador eléctrico a base de paneles solares (aproximadamente 2.000 dólares). Los magnetómetros de saturación de tipo comercial pueden obtenerse de países industrializados. Pero también existe un excelente proveedor de aparatos con bajo ruido de fondo en el Centro L'viv del Instituto de Investigaciones Espaciales de Ucrania. Este país disfruta de acuerdos comerciales y tributarios con algunos países industrializados, entre ellos el Canadá. La red de magnetómetros del Año Heliofísico Internacional podría contribuir al desarrollo de los países como Ucrania donde existe una capacidad técnica adecuada.

37. La Universidad de Alberta (Canadá) está elaborando, con destino a la red CANOPUS, una fuente de energía eléctrica consistente en un generador de células solares/aéreo que podría modificarse para su uso en el marco del Año Heliofísico Internacional en los países en desarrollo dotados de escasa infraestructura (lo cual

permite también establecer emplazamientos en lugares de escasa actividad magnética ambiental y evita problemas de estabilidad del sistema eléctrico local). En el contexto del programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas, la Universidad de Alberta, juntamente con otros institutos colaboradores, podría desarrollar una interfaz para computadora personal con cronometraje GPS y registrador de datos destinada al magnetómetro, desarrollar fuentes de energía eléctrica a base de células solares/aerogeneradores para los observatorios magnetométricos del Año Heliofísico Internacional, integrar los sistemas antes de su entrega a los científicos de los países participantes, y organizar y realizar una serie de “escuelas de puesta en funcionamiento” específicas para regiones o continentes, donde científicos de países en desarrollo puedan asistir a una de esas puestas en funcionamiento lo que les será de utilidad para establecer sus propios observatorios de manera independiente en los respectivos países.

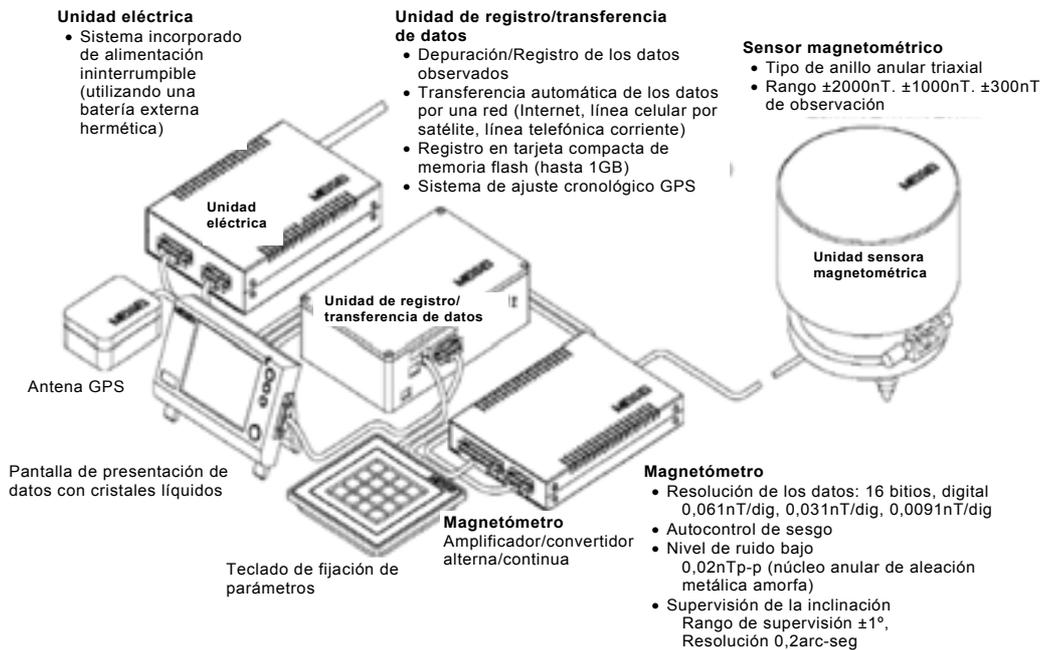
38. Los datos de la red del Año Heliofísico Internacional son más eficaces que los procedentes de un observatorio solo, aunque es posible utilizar datos de observatorios aislados, especialmente en combinación con conjuntos de datos de colaboradores en el Año Heliofísico Internacional. Para participar en el proyecto debiera ser necesario suministrar los datos al Año Heliofísico Internacional (tal vez en forma concertada con el Año Geofísico Electrónico). Es valioso disponer de un depósito central de datos de la red de magnetómetros del Año Heliofísico Internacional para el acopio, almacenamiento y archivo de tales datos. La utilidad científica del conjunto colectivo de datos de la red del Año Heliofísico Internacional es un estímulo para la colaboración entre los especialistas de los países participantes en ese terreno. Este conjunto de datos podría también servir de base para cursos prácticos/conferencias científicos del Año Heliofísico Internacional con un papel activo a cargo de los científicos participantes.

2. Proyecto relativo al Sistema de adquisición de datos magnéticos

39. El Sistema de adquisición de datos magnéticos (MAGDAS, véase la figura II) se está instalando para realizar estudios meteorológicos espaciales en el período 2005-2008 y coincide en gran medida con el programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas. El proyecto será de utilidad para el estudio de la dinámica de las variaciones del plasma geoespacial durante las tormentas magnéticas y las subtormentas aurorales, la reacción electromagnética de la iono-magnetosfera a distintas variaciones del viento solar, y los mecanismos de penetración y propagación de las perturbaciones de rango de frecuencia ultrabajo, con canal de dos procesadores, desde la región del viento solar a la ionosfera ecuatorial. Con ayuda de los datos MAGDAS es posible realizar observaciones y modelizaciones en tiempo real del sistema de corrientes mundial tridimensional y de la densidad del plasma ambiente para llegar a comprender las variaciones del entorno electromagnético y plasmático en el geoespacio.

40. A fin de obtener un sistema de corrientes mundial tridimensional, se utilizarán los datos MAGDAS para cartografiar a diario el régimen de corrientes ionosférico equivalente. Se acoplan los campos de corriente y eléctricos existentes en todas las latitudes, aunque a menudo se consideran por separado los de latitudes altas y los de latitudes medias y bajas. La aplicación del régimen de corrientes ionosféricas resultante de MAGDAS permitirá aclarar los procesos mundiales de acoplamiento electromagnético en todas las latitudes.

Figura II
Sistema magnetométrico MAGDAS/CPMN de adquisición de datos en tiempo real

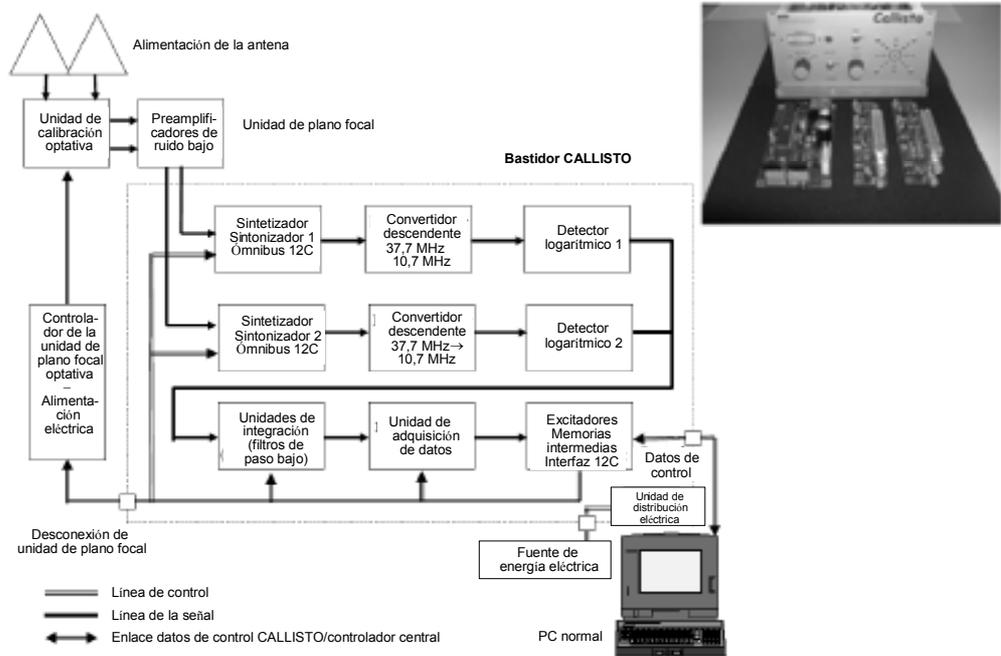


41. Con el fin de medir la densidad del plasma ambiente, se instalarán nuevos magnetómetros MAGDAS en varios pares de estaciones situadas a lo largo del meridiano magnético de 210° para observar las pulsaciones de resonancia de las líneas de campo magnético. Entre cada par de estaciones habrá una separación en latitud de 100 km, aproximadamente. Las oscilaciones de resonancia de las líneas de campo magnético son útiles para observar las variaciones temporales y espaciales de la densidad del plasma magnetosférico. Los datos MAGDAS se analizarán por los métodos de razón de amplitudes y fases cruzadas para detectar los fenómenos de resonancia de las líneas y medir sus frecuencias características, con lo que se obtendrá la medición de la densidad del plasma en función del tiempo. Estas mediciones serán de gran utilidad para comprender las variaciones de la densidad del plasma ambiental y la ubicación de la pausa del plasma durante las tormentas magnéticas y las subtormentas aurorales.

42. El sistema MAGDAS utilizará la Red de magnetómetros en torno a todo el Pacífico (véase la figura III) en la que participa una serie de países de ámbito mundial (Australia, los Estados Unidos, la Federación de Rusia, Filipinas, Indonesia, el Japón y la provincia china de Taiwán). Otros lugares donde podrían instalarse magnetómetros son: el Brasil, el Canadá, Côte d'Ivoire, Etiopía, la India, México, Micronesia (Estados Federados de), Perú, Sudáfrica y Trinidad y Tabago.

se presenta en el rango espectral de CALLISTO son las descargas radioeléctricas súbitas relacionadas con ondas de choque, denominadas descargas tipo II. Estas descargas se deben a ondas de choque provocadas por eyecciones de masa coronaria. La existencia de esas descargas indica la formación de ondas de choque cerca del Sol, que pueden llegar a la Tierra al cabo de unos pocos días y ser preludio de tormentas geomagnéticas.

Figura IV
Diseño básico y equipo del instrumento astronómico compuesto de bajo costo y baja frecuencia para funciones de espectroscopia y observatorio transportable



Nota: En la parte delantera del panel derecho se ve el tablero principal de adquisición de datos y la interfaz con el procesador ATmega 16 y dos receptores síncronos. El espectrómetro completo figura en segundo plano. La anchura del instrumento es 24 centímetros. Es sumamente económico y adecuado para su fácil reproducción e instalación en múltiples lugares.

44. Es importante la observación continua del Sol, lo que exige una red de espectrómetros instalados en varios lugares del mundo. Hasta ahora se han construido cinco instrumentos CALLISTO que se han puesto en funcionamiento en diversos emplazamientos, entre ellos el de Bleien en Zurich (Suiza) y el Observatorio Radioastronómico Nacional de los Estados Unidos. Se están tomando disposiciones para instalar otro en el Centro Radioastronómico de Ooty (India). Esta red, además de los espectrómetros existentes en Hiraiso (Japón), el radioespectrógrafo multicanal ARTEMIS de Grecia y el Observatorio Solar de Culgoora (Australia) formarán un excelente sistema de tipo radioeléctrico para la labor científica en el Año Heliofísico Internacional y conseguir los objetivos del programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas.

45. Los programas informáticos se distribuyen en un procesador para computadora de conjunto de instrucciones reducido, ATmega16 y una computadora personal o una computadora portátil corriente. El controlador, la memoria intermedia y los programas de interfaz del procesador están programados en el lenguaje C++ haciendo uso de un sistema de control por interrupciones. Los programas de la computadora personal están también en el lenguaje C++ y funcionan con Windows 2000 y Windows XP. Los parámetros de interés se almacenan localmente en un archivo de texto, que puede adaptarse fácilmente a otras configuraciones de observación. Hay otros accesos RS232 preconfigurados para la comunicación con un sistema GPS ampliado y sensores externos de temperatura y humedad. También es posible controlar CALLISTO por medio de la Internet, utilizando un adaptador de red RS232. Un planificador controlado por archivo inicia y para las mediciones con referencia al tiempo local (tiempo universal). El planificador repite a diario automáticamente y puede cambiarse en línea y a distancia.

2. Redes de antenas de radio de baja frecuencia

46. Las redes de antenas de radio de baja frecuencia pueden instalarse a dos niveles: la opción uno es la observación en baja frecuencia de las descargas radioeléctricas solares súbitas con dipolos sencillos; la opción dos es una red de ocho a 16 elementos para la observación de todo el cielo.

47. Se están explorando las posibilidades de instalar un radiotelescopio de baja frecuencia en el emplazamiento del radiotelescopio de Gauribidanur en la India, que trabajaría conjuntamente con el instrumento CALLISTO de Ooty.

D. El sistema mundial de localización en África

48. El plan general es aumentar el número de estaciones GPS de dos frecuencias en tiempo real en todo el mundo para estudiar la variabilidad de la ionosfera. Reviste especial interés la reacción del contenido total electrónico ionosférico durante las tormentas geomagnéticas sobre el sector de África. Este programa es particularmente compatible con la magnetometría.

E. Teleobservatorio ecuatorial nocturno de regiones ionosféricas

49. El Teleobservatorio ecuatorial nocturno de regiones ionosféricas (RENOIR) es un conjunto de instrumentos dedicados a estudiar el sistema ionosfera/termosfera en zonas ecuatoriales o de baja latitud, su reacción a las tormentas y las irregularidades que puede presentar a diario. La presencia de inestabilidades ecuatoriales del plasma, llamadas corrientemente dispersiones ecuatoriales F, burbujas ecuatoriales del plasma o zonas de enrarecimiento, pueden causar el centelleo de las señales radioeléctricas que se propaguen por la región perturbada. El resultado es una debilitación de la potencia de la señal recibida, lo que se traduce en una pérdida de la señal. Se sabe que existen centelleos para frecuencias a partir de varios gigahertz (GHz) y menores, lo cual es motivo de preocupación en muchos sectores. Construyendo y poniendo en servicio una estación RENOIR es posible llegar a comprender mejor la variabilidad de la ionosfera nocturna y los efectos de esta variabilidad en sistemas cruciales de navegación y comunicación por satélite.

50. Una estación típica RENOIR comprende lo siguiente: a) un sistema de monitores de centelleo GPS de una sola frecuencia que proporciona mediciones de la magnitud, orientación y velocidad de las irregularidades existentes; b) un receptor GPS de dos frecuencias, que proporciona mediciones del contenido electrónico total de la ionosfera (si se pudiera encontrar un emplazamiento donde ya exista un receptor GPS de dos frecuencias, dicho elemento no se necesitaría); c) un sistema de formación de imágenes de todo el cielo, que mide dos emisiones diferentes de la termosfera/ionosfera a partir de las cuales es posible observar la estructura/movimiento bidimensional de las irregularidades (los datos pueden utilizarse también para calcular la densidad y altura de la ionosfera); y d) dos interferómetros miniaturizados Fabry-Perot (MiniME) que proporcionan mediciones de los vientos neutros y las temperaturas de la termosfera (los dos interferómetros distan entre sí unos 300 km, lo que permite mediciones en común del volumen desde dos lugares).

51. Se proyecta poner en servicio las estaciones RENOIR en colaboración con el programa Año Heliofísico Internacional/Iniciativa sobre ciencias espaciales básicas de las Naciones Unidas. Lo ideal sería que dichas estaciones se instalaran en África a una longitud aproximada de 7 grados a partir del ecuador magnético. Los instrumentos componentes de una estación RENOIR se han utilizado todos sobre el terreno en experimentos anteriores y su grado de desarrollo es de moderada madurez. Los sistemas ópticos pueden alojarse en unidades propias y autónomas que requieren muy poca infraestructura. Si existe una institución anfitriona que disponga de una instalación óptica, el equipo óptico podría modificarse fácilmente para adaptarlo por interfaz a las cúpulas ópticas existentes. La instalación debería situarse en una región con cielos relativamente oscuros (lejos de ciudades importantes) y lejos de cuerpos altos (edificios o árboles). Si han de instalarse dos interferómetros Fabry-Perot, el segundo sistema debería ubicarse a 300 km, aproximadamente, del emplazamiento principal.

52. El receptor GPS de dos frecuencias es francamente robusto y necesita simplemente un lugar donde montar la antena y espacio mínimo para colocar la computadora de control. La red de monitores de centelleo GPS de una sola frecuencia requiere un espacio de aproximadamente 100 m por 100 m en el que situar las cinco antenas en formación cruzada. Asimismo, el espacio requerido para colocar las computadoras de control de cada receptor es mínimo. La instalación se debe situar lejos de todo cuerpo alto (edificios o árboles).

F. Red de muy baja frecuencia para la anomalía magnética del Atlántico Sur

53. El programa relativo a la red de muy baja frecuencia para la anomalía magnética del Atlántico Sur persigue tres objetivos principales: observar la actividad solar a escalas temporales largas y cortas, observar las perturbaciones ionosféricas sobre la anomalía magnética del Atlántico Sur, y realizar estudios de la atmósfera.

54. La red de muy baja frecuencia se instalará en una región donde la cobertura a frecuencias parecidas es actualmente muy deficiente. Ello permitirá estudiar la región de la anomalía magnética a bajas altitudes ionosféricas así como su estructura y dinámica durante las perturbaciones geomagnéticas. La observación de

los fenómenos solares transitorios servirá para mejorar el conocimiento científico de la ionosfera baja y de los procesos químicos que se dan en ella. A escalas temporales más largas, será posible definir un índice ionosférico de la actividad solar característica del agente ionizador de la ionosfera baja (ultravioleta extremo y Ly-alpha). En la actualidad estos aspectos están insuficientemente observados y son sólo accesibles por medio de modelos. El instrumento propuesto permitirá también estudiar los aspectos correspondientes en muy baja frecuencia de los fenómenos atmosféricos descubiertos recientemente relacionados con los rayos o relámpagos y las nubes tormentosas. La labor científica propuesta guarda relación con los siguientes temas del Año Heliofísico Internacional: efectos de los fenómenos meteorológicos espaciales en el clima de la Tierra, así como con la ionosfera/magnetosfera.

55. En el caso ideal, los receptores de muy baja frecuencia deberían ser capaces de medir perturbaciones de la amplitud de un decibelio (con referencia al nivel exento de perturbación) y variaciones de fase de incluso $0,5 \mu\text{s}$, correspondientes a las variaciones observadas, por ejemplo, durante las erupciones solares muy pequeñas. Los datos básicos de salida consisten en estas mediciones de fase y amplitud. Las exigencias en cuanto a la ubicación de los receptores no son rigurosas, con la salvedad de que las interferencias de origen humano han de ser mínimas. Algunos emplazamientos posibles con infraestructura existente son: Piura, en el norte del Perú ($05^{\circ}12'S$; $80^{\circ}38'O$); Punta Lobos, cerca de Lima, Perú ($12^{\circ}30'S$; $76^{\circ}48'O$); Palmas, Tocantins, Brasil ($10^{\circ}10'S$; $49^{\circ}20'O$); Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil ($29^{\circ}43'S$; $53^{\circ}43'O$), y el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO), San Juan, Argentina ($31^{\circ}32'S$; $68^{\circ}31'O$).

56. Estos nuevos emplazamientos complementarán los emplazamientos de muy baja frecuencia existentes en Atibaia, São Paulo, Brasil ($23^{\circ}11'S$; $46^{\circ}36'O$), y la estación brasileña Comandante Ferraz de investigación en la Antártida ($62^{\circ}05'S$; $58^{\circ}24'O$). Será posible comparar las características de propagación en muy baja frecuencia basándose en trayectorias que atraviesen por completo la anomalía magnética del Atlántico Sur, trayectorias en cuyo caso los receptores estén situados en el límite o fuera de dicha anomalía y trayectorias que terminen en el lugar central de la misma (véase la figura V). El costo estimado de los instrumentos es de 5.000 dólares por unidad (las unidades son cinco) más gastos suplementarios de 10.000 dólares para viajes entre las estaciones con fines de instalación, pruebas y mantenimiento.

Figura V
Ubicaciones para la anomalía magnética del Atlántico Sur y trayectorias a partir del transmisor NAA en los Estados Unidos



Nota: Las ubicaciones para la anomalía magnética del Atlántico Sur y las trayectorias de orientación casi Norte-Sur desde el transmisor NAA de los Estados Unidos (44°39'N; 67°17'O) permitirán comparar casos de mediciones simultáneas basadas en la trayectoria NLK totalmente iluminada por el Sol (48°12'N; 121°55'O) y una trayectoria parcialmente iluminada, NPM (38°59'N; 76°27'O), que también se indican. Ello dará a los científicos la posibilidad de obtener una visión bidimensional de la región de la anomalía. En el caso de la transmisión NAA, cabe también observar la trayectoria que pasa por Puerto Rico, donde se efectúan mediciones radioeléctricas de la ionosfera en Arecibo (18°30'N; 68°31'O) en relación con el fenómeno de los “duendes”.

G. Red de detección de centelleo como ayuda para la toma de decisiones

57. Las perturbaciones ionosféricas pueden causar fluctuaciones rápidas de fase y amplitud de las señales de satélites observadas en la superficie terrestre o cerca de ella; estas fluctuaciones se denominan centelleo. El centelleo afecta a las señales radioeléctricas de hasta unos pocos GHz de frecuencia y deteriora y trastorna gravemente los sistemas de navegación y comunicaciones basados en satélites. El sistema SCINDA está formado por una red de sensores y modelos casi empíricos basados en tierra, concebida para dar en tiempo real alertas y previsiones a corto plazo (menos de 1 hora) de los efectos del centelleo sobre las comunicaciones satelitales de frecuencia ultraalta y las señales GPS en banda L en las regiones ecuatoriales de la Tierra.

58. La red de detección de centelleo para ayuda a la toma de decisiones (SCINDA) es un sistema activado por datos de pronóstico y alerta en tiempo real de interrupciones en las comunicaciones. Su finalidad es servir de ayuda para especificar y predecir el deterioro de las comunicaciones causado por el centelleo

ionosférico en la región ecuatorial de la Tierra. Los parámetros de centelleo para frecuencias ultraaltas (VAF) y banda L se miden, modelizan y difunden a tiempo para obtener una especificación regional del entorno centelleador con miras a mitigar los efectos sobre las comunicaciones por satélite en general.

59. Los datos activan un modelo semiempírico que produce representaciones gráficas simples en tres colores de las estructuras ecuatoriales de centelleo en gran escala y las correspondientes regiones de repercusión en las comunicaciones.

60. Las concepciones del sistema SCINDA (véase la figura VI) son actualmente objeto de demostración práctica con ocho estaciones ecuatoriales instaladas en América del Sur, Asia sudoccidental y Asia sudoriental (figura VII). Los mapas de centelleo se ponen a disposición de los usuarios con fines de apoyo operativo a nivel de prototipo por medio de una red segura. El análisis de los datos acopiados durante el último período de actividad solar máxima (2000-2002) indica que tanto los receptores GPS de una sola frecuencia como los de dos frecuencias pueden sufrir errores significativos durante los fenómenos de centelleo intenso. En la actualidad, todos los emplazamientos SCINDA están provistos de monitores de centelleo GPS y se procede a la elaboración de modelos. Conforme al ciclo solar, la actividad de centelleo en banda L decrecerá en los próximos años y debería permanecer relativamente favorable hasta alrededor de 2008. El objetivo es disponer de productos exactos sobre errores de navegación por GPS para apoyar las actividades del sistema SCINDA antes del máximo de actividad solar próximo.

Figura VI

Esquema de un sistema con antena de muy alta frecuencia (izquierda) y cadena receptora de muy alta frecuencia más adquisición de datos (derecha)

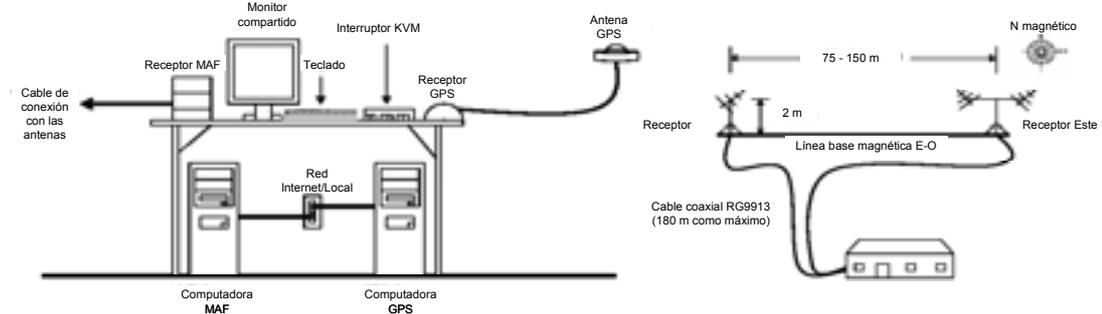
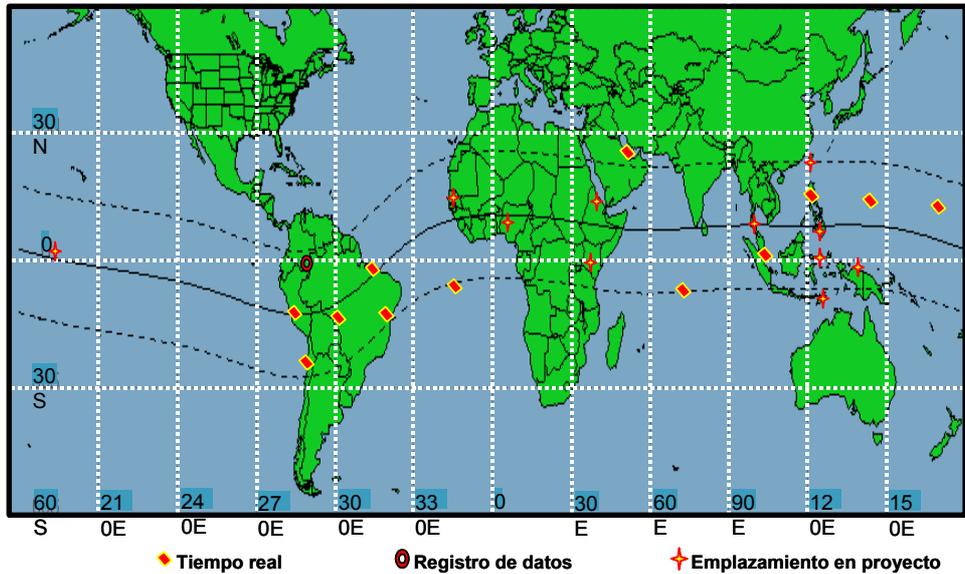


Figura VII
Estaciones existentes y en proyecto del sistema de detección de centelleo como ayuda para la toma de decisiones



Nota: Las líneas de trazos indican el ecuador magnético y las latitudes magnéticas Norte y Sur de 20°. Los fenómenos de centelleo naturales más intensos ocurren durante la noche en los sectores de 20° considerados a partir del ecuador magnético de la Tierra. Se desea realizar observaciones SCINDA en el cinturón de 20° a cada lado del ecuador magnético. Los planes en curso incluyen la ampliación de la red a nuevas regiones geográficas.

H. Nuevo tipo de detectores de partículas para una red de pronóstico de la meteorología espacial

61. Los haces de partículas acelerados a nivel del Sol se superponen al fondo uniforme e isótropo de rayos cósmicos procedentes de fuentes galácticas y extragalácticas. Los espectrómetros espaciales miden las series cronológicas de los flujos cambiantes con una resolución excelente en cuanto a energía y carga. Los detectores superficiales miden las series cronológicas de las partículas secundarias, generadas en cascadas originadas por los iones primarios en la atmósfera. El estudio de estas partículas arroja luz sobre la aceleración de las partículas de alta energía por las erupciones y ondas de choque impulsadas por las eyecciones de masa coronaria.

62. Las series cronológicas de las intensidades de las partículas de alta energía pueden proporcionar, con una relación costo-eficacia muy favorable, información sobre las características fundamentales de las perturbaciones interplanetarias. Dada la velocidad de los rayos cósmicos y sus grandes distancias medias libres de dispersión en el viento solar, esta información se desplaza rápidamente y puede ser útil para el pronóstico de la meteorología espacial. La magnitud y presencia del componente del campo magnético en dirección Sur en las eyecciones de masa coronaria interplanetarias está en correlación con los efectos moduladores que esas eyecciones ejercen sobre la población ambiental de rayos cósmicos galácticos

durante su propagación hasta una unidad astronómica. En su progresión hacia la Tierra (15 a 50 horas) la nube y onda de choque magnéticas modulan el flujo de rayos cósmicos galácticos haciéndolo anisótropo al ser medido en los monitores superficiales del Centro de Estudios del Entorno Espacial, en Aragats (Armenia), a 2.000 y 3.200 m de altitud (40°30'N, 44°10'E). A una rigidez de corte de 7,6 gigavoltios, es posible detectar los componentes cargados y neutros de los rayos cósmicos secundarios con diferentes umbrales de energía y diversos ángulos de incidencia (véase en la figura VIII una representación esquemática del nuevo detector instalado en dicho Centro). Esta abundante información (véanse el cuadro siguiente y la figura VIII), combinada con la simulación de los fenómenos físicos, puede servir para estimar la magnitud de las ondas de choque y el campo magnético "bloqueado" en la eyección de masa coronaria interplanetaria. En consecuencia, es posible predecir las tormentas geomagnéticas en gestación horas antes de la llegada de la eyección a los magnetómetros montados en el satélite avanzado explorador de la composición de partículas y el Observatorio solar y heliosférico. La anticipación de media hora que ofrecen los monitores L1 es un tanto corta para la adopción de medidas mitigadoras eficaces y proteger los sistemas industriales de superficie contra los daños causados por las grandes tormentas geomagnéticas. Para descubrir las principales fuentes de error de los pronósticos, es necesario medir, simular y comparar a) las series cronológicas de neutrones, componentes cargados de baja energía (en su mayoría electrones y mesones) y mesones de elevada energía; b) la correlación entre los flujos cambiantes de las diversas partículas secundarias; y c) información sobre las direcciones.

Cuadro
Características de los monitores del Centro de Estudios del Entorno Espacial de Aragats

| <i>Detector</i> | <i>Altitud (m)</i> | <i>Superficie (m²)</i> | <i>Umbral(es) MeV</i> | <i>Funcionamiento (Año)</i> | <i>Tasa de recuento (min⁻¹)</i> |
|------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| NANM (18NM64) | 2 000 | 18 | | 1996 | 2×10^4 |
| ANM (18NM64) | 3 200 | 18 | | 2000 | $4,5 \times 10^4$ |
| SNT-4 umbrales + | 3 200 | 4 (60 cm de espesor) | 120, 200, 300, 500 | 1998 | $5,2 \times 10^4$ ^a |
| Veto | | 4 (5 cm de espesor) | 10 | | $1,3 \times 10^5$ |
| NAMMM | 2 000 | 5 + 5 | 10 + 350 ^b | 2002 | $2,5 \times 10^4$ |
| AMMM | 3 200 | 45 | 5 000 | 2002 | $1,2 \times 10^5$ ^c |
| MAKET-ANI | 3 200 | grupos de 6 x 16 | 10 | 1996 | $1,5 \times 10^5$ |

^a Tasa de recuento correspondiente al primer umbral; se excluyen las partículas cargadas semiverticales.

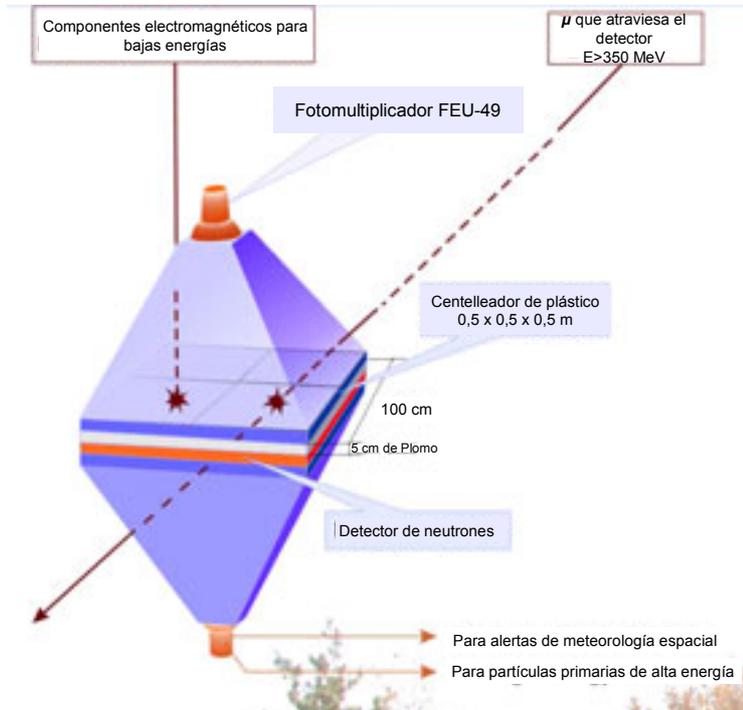
^b Primer número – umbral de energía del detector superior, segundo número – del detector inferior.

^c Tasa de recuento de 45 detectores de mesones, de un total de 100.

63. Partiendo de la experiencia basada en el análisis de correlación de las series cronológicas multivariantes que resultan de los monitores del Centro de Estudios del Entorno Espacial de Aragats, se están diseñando y fabricando varios detectores de partículas de nuevo tipo. Para que el instrumento sea poco costoso, se procura la flexibilidad de opciones mediante un diseño a base de módulos. El precio de una unidad completamente autónoma, con capacidad para enviar datos a la Internet, no pasará de 20.000 dólares, de modo que sea posible ampliar considerablemente la red de los países participantes en las investigaciones espaciales para que puedan cooperar en el Año Heliofísico Internacional 2007. Existe en todo momento la

posibilidad de montar las unidades en cascada para conseguir funciones suplementarias, por ejemplo añadiendo varias direcciones nuevas de observación. La ventaja que ofrece la red mundial de monitores neutrónicos será la investigación de grupos adicionales de iones primarios.

Figura VIII
Representación esquemática de un nuevo detector de mesones y neutrones instalado en el Centro de Estudios del Entorno Espacial de Aragats



64. Se tiene el propósito de instalar tales detectores en países como Azerbaiyán, Emiratos Árabes Unidos, Georgia, Irán (República Islámica del), Israel, Kuwait y Turquía. Son posibles otras instalaciones en Bulgaria y Croacia.

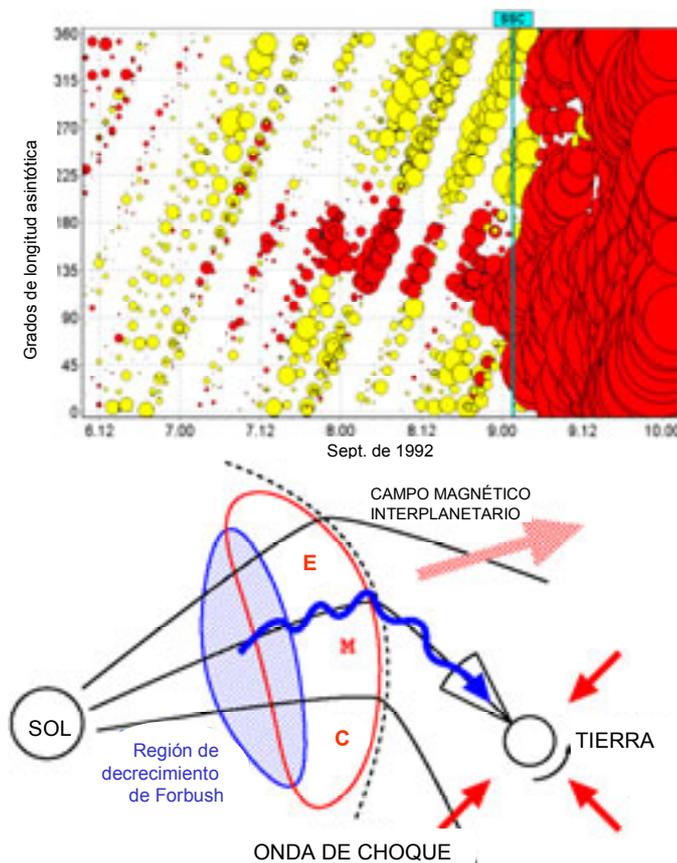
I. Red de detectores de mesones

65. La colaboración en la red de detectores de mesones comprende nueve institutos de siete países (Alemania, Armenia, Australia, Brasil, Estados Unidos, Japón y Kuwait). Muchos de los países tienen ya en funcionamiento tales detectores y algunos los han instalado recientemente.

66. La utilidad del detector de mesones para descubrir eyecciones de masa coronaria interplanetarias se muestra en la figura IX. Cada círculo representa una medición horaria efectuada por un solo telescopio en función del tiempo (día del año en el eje de abscisas) y la longitud asintótica de la dirección de observación (en grados en el eje de ordenadas). Los círculos claros y los oscuros representan, respectivamente, un exceso o un déficit de intensidad de los rayos cósmicos con relación a la media, y el tamaño de cada círculo es proporcional a la magnitud del exceso o déficit. El decrecimiento precursor (círculos oscuros) de la intensidad de

los rayos cósmicos a partir de la longitud de $\sim 135^\circ$ (en dirección al Sol a lo largo del campo magnético interplanetario nominal) se observa claramente con más de un día de anticipación al comienzo súbito de la tormenta (llegada a la Tierra la onda de choque impulsada por la eyección de masa coronaria). El mecanismo físico del decrecimiento precursor se representa gráficamente en la parte inferior de la figura IX. Una eyección de masa coronaria que se propaga desde el Sol precedida por una onda de choque afecta de diversas formas a los grupos preexistentes de rayos cósmicos galácticos. El decrecimiento mejor conocido es el de Forbush, una región con densidad de rayos cósmicos restringida, situada en la región descendente de una eyección de masa coronaria. Algunas partículas de esta región de densidad restringida se infiltran en la región ascendente y se desplazan, a una velocidad casi igual a la de la luz, ante la onda de choque que se aproxima, observándose como anisotropía de cono de pérdida precursora muy en el interior de la región ascendente. Los conos de pérdida se observan por lo general de cuatro a ocho horas antes de la llegada de las ondas de choque que acompañan a las grandes tormentas geomagnéticas.

Figura IX
Detección de eyecciones de masa coronaria interplanetarias

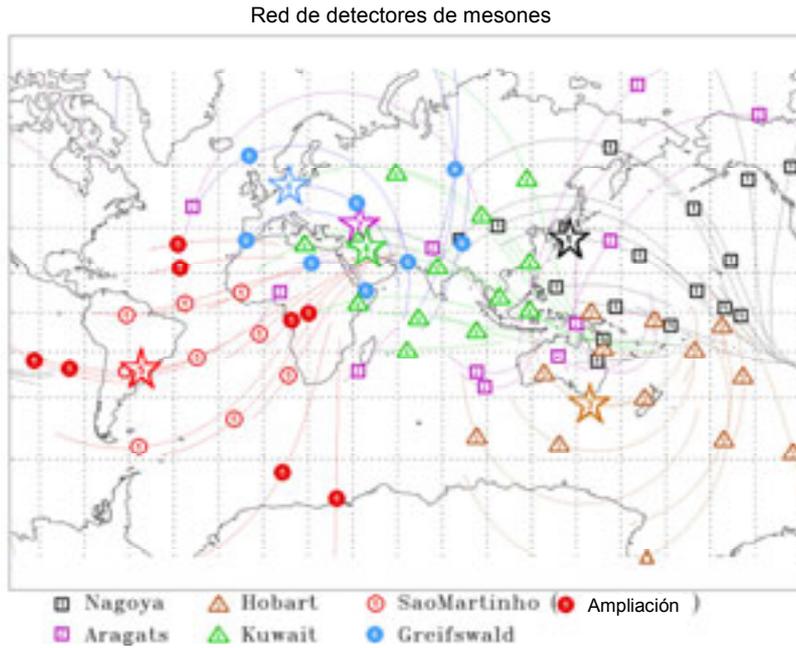


Nota: El gráfico de la parte superior de la figura IX muestra una representación del “cono de pérdida” precursor observado antes de la llegada de una eyección de masa coronaria a la Tierra el 9 de septiembre de 1992. El esquema de la parte inferior muestra el mecanismo físico causante del cono de pérdida precursor. Se muestran también la eyección de masa

coronaria del sol (región señalada con las letras EMC) y la región de densidad restringida (región de decrecimiento de Forbush). La eyección de masa coronaria provoca una onda de choque representada por la línea de trazos curva. La flecha helicoidal indica las partículas que entran en el detector. La figura muestra también tres líneas de campo interplanetario.

67. La actual red de detectores de mesones (véase la figura X) se encuentra casi completa, salvo un detector que se desea instalar en los Estados Unidos (Hawai o Costa Oeste) y otro en Sudáfrica.

Figura X
Red de detectores de mesones



Nota: La situación geográfica de cada detector se indica con una estrella grande y un número de identificación. Cada uno de los símbolos (cuadrados, triángulos y círculos) indica la observación asintótica de una partícula que incide en cada telescopio con la rigidez primaria mediana. Los símbolos vacíos indican las direcciones de observación existentes, mientras que los símbolos rellenos representan las direcciones que se incorporarán con la instalación y ampliación de detectores proyectada. La trayectoria que pasa por cada símbolo representa la gama de direcciones de observación correspondiente al 80% central de la respuesta energética de cada telescopio.

Notas

¹ 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.

² Documentos Oficiales de la Asamblea General, quincuagésimo noveno período de sesiones, Suplemento N° 20 y corrección (A/59/20), párr. 71.

Anexo

Información para contacto con los investigadores principales

| | |
|----------------------|--|
| Título del proyecto: | GPS in Africa (El GPS en África) |
| Investigador: | Christine Amory Mazaudier |
| Institución: | CMNET/CRPE |
| Dirección : | 4, Avenue de Neptune St. Maur des Fosses, 94107 Francia |
| Teléfono : | (+ 33-1) 4886-1263 |
| Telefax: | (+ 33-1) 4889-4433 |
| Correo electrónico: | mazaudier@crpeis.decnet.cnet-pab.fr |
| Título del proyecto: | CALLISTO Frequency Agile Solar Spectrometers (Espectómetros solares con agilidad para la variación de frecuencia CALLISTO) |
| Investigador: | Arnold Benz |
| Institución: | Institute of Astronomy |
| Dirección: | ETH-Zentrum CH-8092 Zurich Suiza |
| Teléfono: | (+ 41-1) 632-4223 |
| Telefax: | (+ 41-1) 632-1205 |
| Correo electrónico: | benz@astro.phys.ethz.ch |
| Sitio web: | http://www.astro.phys.ethz.ch/staff/benz/benz.html |
| Título del proyecto: | New type of Particle Detectors for Space Weather Forecasting Network (Nuevo tipo de detectores de partículas para una red de pronóstico de la meteorología espacial) |
| Investigador: | Ashot Chilingarian |
| Institución: | Alikhanian Physics Institute |
| Dirección: | Aragats Space Environmental Center (ASEC), Cosmic Ray Division (CRD) Alikhanian Physics Institute Burakan, Aragazotn District Armenia |

Teléfono: (+ 374-1) 34-43-77
Telefax: (+ 374-1) 34-43-77
Correo electrónico: chili@crdlx15.yerphi.am

Título del proyecto: SCINDA (Red de detección de centelleo como ayuda para la toma de decisiones)

Investigador: Keith Groves
Institución: AFRL/VSBXI
Dirección: 29 Randolph Road
Hanscom Air Force Base
MA 01731
Estados Unidos de América

Teléfono: (+ 1-781) 377-3137
Telefax: (+ 1-781) 377-3550
Correo electrónico: Keith.Groves@hanscom.af.mil

Título del proyecto: AWESOME (Sistema educativo de meteorología atmosférica para la observación y modelización de efectos)

Investigador: Umran S. Inan
Institución: Stanford University
Dirección: Professor of Electrical Engineering
Director, Space, Telecommunications and Radioscience (STAR) Laboratory
Packard Bldg Rm. 355, 350 Serra Mall
Stanford University
Stanford, CA 94305-9515
Estados Unidos de América

Teléfono: (+ 1-650) 723-4994
Telefax: (+ 1-650) 723-9251
Correo electrónico: inan@stanford.edu
Sitio web: <http://nova.stanford.edu/~vlf/>

Título del proyecto: Low-Frequency Radio Antenna Arrays (Redes de antenas de radio de baja frecuencia)

Investigador: Justin C. Kasper
Institución: Massachusetts Institute of Technology
Kavli Institute for Astrophysics and Space Research

Dirección: 37-673, 77 Massachusetts Avenue
Cambridge, MA 02139
Estados Unidos de América

Teléfono : (+ 1-617) 253-7611

Telefax : (+ 1-617) 253-0861

Correo electrónico: jck@mit.edu

Título del proyecto: Low-Frequency Radio Spectrometer
(Radio-espectrómetro de baja frecuencia)

Investigador: Robert J. MacDowall

Institución: NASA Goddard Space Flight Center

Dirección: Code 695, Bldg 21, Rm 262
NASA/GSFC
Greenbelt, MD 20771
Estados Unidos de América

Teléfono : (+ 1-301) 286-2608

Telefax: (+ 1-301) 286-1433

Correo electrónico: Robert.MacDowall@nasa.gov

Título del proyecto: RENOIR (Remote Equatorial Nighttime Observatory
for Ionospheric Regions), Teleobservatorio ecuatorial
nocturno de regiones ionosféricas

Investigador: Jonathan J. Makela

Institución: University of Illinois at Urbana-Champaign

Dirección: 1308 W. Main Street, 316 CSL
Champaign, IL 61801
Estados Unidos de América

Teléfono: (+ 1-217) 265-9470

Telefax: (+ 1-217) 333-4303

Correo electrónico: jmakela@uiuc.edu

Título del proyecto: Muon Network (Red de detectores de mesones)

Investigador: Kazuoki Munakata

Institución: Shinshu University

Dirección: Physics Department, Faculty of Science
Shinshu University
3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621
Japón

Teléfono: (+ 81-263) 372-463

Telefax: (+ 81-263) 372-562

Correo electrónico: kmuna00@gipac.shinshu-u.ac.jp

Título del proyecto: Monitoring of the Solar Activity and of the South Atlantic Magnetic Anomaly Using a Very Low Frequency Receiver Network (Observación de la actividad solar y la anomalía magnética del Atlántico sur mediante una red de receptores de muy baja frecuencia)

Investigador: Jean-Pierre Raulin

Dirección: CRAAM-Universidade Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação 896
São Paulo 01302-907, SP
Brasil

Teléfono: (+ 55 11) 323-68697

Telefax: (+ 55 11) 3214-2300

Correo electrónico: raulin@craam.mackenzie.br

Sitio web: www.craam.mackenzie.br

Título del proyecto: MAGDAS project (Proyecto MAGDAS)

Investigador: Prof. Dr. Kiyohumi Yumoto

Institución: Space Environment Research Center, Kyushu University 53

Dirección: 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku
Fukuoka 812-8581
Japón

Teléfono: (+ 81-92) 642-4403

Telefax: (+ 81-92) 642-4403

Correo electrónico: yumoto@serc.kyushu-u.ac.jp
