



# Asamblea General

Distr. general  
28 de octubre de 2019  
Español  
Original: inglés

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

### Informe sobre el Curso Práctico relativo a la Iniciativa Internacional sobre Meteorología Espacial

(Trieste, Italia, 20 a 24 de mayo de 2019)

#### I. Introducción

1. La Iniciativa Internacional sobre Meteorología Espacial (IIME), establecida en 2009, se desprende del exitoso legado del Año Heliofísico Internacional 2007 (A/64/20, párr. 155). El programa de la Iniciativa ha proporcionado un marco eficaz para la colaboración entre equipos de científicos y sirve de ejemplo de una notable labor internacional en relación con el funcionamiento de instrumentos, la reunión y el análisis de datos y la divulgación de los resultados científicos. La Iniciativa ha creado una plataforma para la aplicación de un enfoque ascendente con miras a propiciar el surgimiento de comunidades con conocimientos de meteorología espacial, en particular en los países en desarrollo, fomentar el trabajo colaborativo en el marco de redes para el intercambio de ideas, información y datos, y elaborar proyectos conjuntos.

2. La Iniciativa sigue ampliando y desplegando complejos de instrumentos nuevos y existentes. Existen actualmente en todo el mundo 19 complejos de instrumentos con unos 1.045 despliegues que registran datos sobre la interacción Sol-Tierra, desde las eyecciones de materia coronal hasta las variaciones del contenido electrónico total en la ionosfera. En el sitio web de la Iniciativa ([www.iswi-secretariat.org](http://www.iswi-secretariat.org)) figura información detallada sobre las diversas redes. Entidades de Alemania, Armenia, el Brasil, los Estados Unidos de América, Francia, Israel, el Japón y Suiza proporcionan instrumentos a las instituciones que los acogen. En general, el científico jefe o el investigador principal de un proyecto de la Iniciativa proporciona la instrumentación y los datos. El país anfitrión aporta el personal, las instalaciones y el apoyo operacional para la ejecución del proyecto relativo a esos instrumentos, por lo general en una universidad local. Los científicos del país anfitrión pasan a formar parte del equipo científico y todos los datos y los resultados del análisis de datos se comparten con los integrantes del equipo y se ponen a disposición de todos los usuarios.

3. El comité directivo de la Iniciativa, con el apoyo de la secretaría de la Iniciativa, ubicada en el Centro de Vuelo Espacial Goddard de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) en los Estados Unidos, coordina los cursos prácticos, las sesiones de capacitación y las actividades de formación y divulgación en todo el mundo. La secretaría se mantiene en contacto con la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre en relación con sus actividades.



4. Las actividades realizadas en el marco de la Iniciativa tienen por objeto facilitar la colaboración entre científicos dedicados a la investigación en lugares de interés científico y promover las investigaciones en países con experiencia en la fabricación de instrumentos científicos. La obtención y compartición de los resultados de esas investigaciones ayudan a comprender su base científica y a reconstruir y pronosticar el clima espacial cercano a la Tierra.
5. Las reuniones anuales del comité directivo de la Iniciativa se celebran paralelamente a los períodos de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. Los participantes en las reuniones examinan el estado del funcionamiento y coordinación de los diversos complejos de instrumentos de la Iniciativa, así como el uso operacional de los datos sobre el clima espacial.
6. El Centro Internacional de Ciencia y Educación Meteorológica Espacial de la Universidad de Kyushu (Japón) publica un boletín periódico de la IIME, y la Academia Búlgara de Ciencias mantiene el sitio web de la Iniciativa.
7. A fin de examinar los resultados del funcionamiento de los complejos de instrumentos de la IIME y estudiar los medios y arbitrios para proseguir las actividades de investigación y formación en materia de meteorología espacial, del 20 al 24 de mayo de 2019 se celebró un curso práctico relativo a la IIME en el Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam en Trieste (Italia). El Curso Práctico fue organizado conjuntamente por el Centro Internacional, la NASA, el Boston College y el Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite. Contó con el apoyo y el patrocinio de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, la Agencia Espacial Europea, el Comité Científico de Física Solar y Terrestre, el Boston College y el Instituto de la Navegación, la Unión Europea y los Estados Unidos, por conducto del Comité Internacional, la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica y el Centro de Investigaciones Atmosféricas del Organismo Nacional de Investigación y Desarrollo Espaciales de Nigeria.
8. En este informe, preparado para su presentación a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su 63er período de sesiones y a su Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 57º período de sesiones, que se celebrarán en 2020, se exponen los antecedentes, los objetivos y el programa del Curso Práctico y un resumen de las observaciones y recomendaciones formuladas por los participantes.

## **A. Antecedentes y objetivos**

9. En el último decenio, el clima espacial, causado por la variabilidad solar y sus efectos en el clima, la atmósfera y el medio ambiente espacial de la Tierra, ha sido objeto de atención internacional, aunque este interés se remonta al Año Geofísico Internacional, celebrado en 1957. La política de datos abiertos adoptada por los organismos espaciales y la cooperación internacional en el marco de misiones espaciales han sido sumamente beneficiosas para el logro de importantes avances científicos en el ámbito de la física solar-terrestre.
10. El Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite ha desempeñado un papel relevante en el programa de la Iniciativa, dado que los receptores de los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) son importantes para comprender mejor los procesos dinámicos que ocurren en la atmósfera terrestre a causa del clima espacial extremo y la interacción Sol-Tierra y sus efectos en los satélites.
11. En consonancia con los debates de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos sobre el clima espacial (A/AC.105/1202, párrs. 191 a 209), la finalidad del Curso Práctico era: a) concienciar a los Estados Miembros respecto de los efectos del clima espacial; b) centrar la atención en el despliegue de nuevos instrumentos,

en particular en los países en desarrollo; c) examinar los métodos de análisis de los datos de meteorología espacial; d) poner de relieve los resultados y las conclusiones de las nuevas investigaciones; y e) fomentar una mayor cooperación en el establecimiento de asociaciones entre los complejos de instrumentos de la Iniciativa.

## B. Programa

12. En la sesión inaugural del Curso Práctico, el Director del Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam y el representante de la NASA pronunciaron discursos de bienvenida y de apertura. La representante de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre también formuló un discurso de apertura y una ponencia inaugural.

13. El programa del Curso Práctico era amplio y variado, con inclusión de una intervención de fondo al comienzo de cada sesión técnica, seguida de presentaciones. Las sesiones de ponencias técnicas abarcaron una amplia gama de temas relacionados con: a) instrumentos y datos de meteorología espacial; b) modelización del clima espacial; c) estudios regionales de meteorología espacial; d) física solar; e) acoplamiento magnetosférico-ionosférico-termosférico; f) efectos del clima espacial; g) actividades de los organismos internacionales en el ámbito de la meteorología espacial; h) divulgación y educación; e i) programas nacionales de meteorología espacial. En el marco del Curso Práctico se organizó una sesión de presentación de pósteres. En total, se presentaron 62 ponencias y 36 pósteres científicos.

14. El programa fue preparado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y el Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam, en cooperación con la NASA y el Boston College.

15. Las ponencias presentadas en el Curso Práctico, así como los resúmenes de los artículos presentados, el programa del Curso Práctico y la documentación de antecedentes, pueden consultarse en los sitios web de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre ([www.unoosa.org](http://www.unoosa.org)) y del Centro Internacional (<http://indico.ictp.it/event/8682/>).

## C. Asistencia

16. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam, la NASA y el Boston College invitaron a científicos, ingenieros y educadores de países en desarrollo y países industrializados de todas las regiones económicas a participar en el Curso Práctico y a contribuir a él. Se seleccionó a los participantes atendiendo a su formación en ciencias e ingeniería y a sus antecedentes académicos, así como a su experiencia en la ejecución de programas y proyectos en los que la Iniciativa cumplía un papel destacado. Los preparativos del Curso Práctico estuvieron a cargo de un comité organizador científico internacional y un comité organizador local.

17. Se utilizaron fondos proporcionados por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Centro Internacional y los copatrocinadores para sufragar los gastos de viaje, alojamiento y de otra índole de 44 participantes procedentes de 31 países. En total participaron en el Curso Práctico 115 expertos.

18. Los siguientes 47 Estados Miembros estuvieron representados en el Curso Práctico: Alemania, Argelia, Argentina, Azerbaiyán, Bangladesh, Bosnia y Herzegovina, Brasil, Bulgaria, Burkina Faso, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Croacia, Egipto, Eslovenia, España, Estados Unidos, Etiopía, Federación de Rusia, Fiji, Francia, Georgia, Ghana, Hungría, India, Indonesia, Irán (República Islámica del), Italia, Japón, Kazajstán, Kenya, Malasia, Nepal, Nigeria, Noruega, Pakistán, Perú, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Rwanda, Sri Lanka, Sudán, Turquía, Ucrania, Uganda y Zambia. También asistieron al Curso Práctico representantes de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, la Agencia Espacial Europea y el Comité Científico de Física Solar Terrestre.

## II. Observaciones y recomendaciones

19. Los participantes tomaron nota de la situación actual y las perspectivas de las numerosas redes distribuidas de vigilancia del clima espacial. Se observó que el clima espacial adverso constituía una de las principales amenazas para los sistemas tecnológicos. Las eyecciones de materia coronal, las grandes erupciones solares y las corrientes de viento solar de alta velocidad a menudo daban lugar a secuencias de perturbaciones dañinas dentro de la magnetosfera de la Tierra, en la atmósfera e incluso en la superficie terrestre.

20. Los participantes recordaron que la Red de detección de centelleo como ayuda para la toma de decisiones (SCINDA) era un sistema activado por datos de pronóstico y alerta en tiempo real de interrupciones en las comunicaciones. Se señaló que la Red necesitaba que se restableciera sus capacidades (para actualizar los detectores existentes del sistema mundial de determinación de la posición y los sensores de muy alta frecuencia) y que se adquirieran datos uniformes (datos en tiempo real que se pondrían a disposición de los participantes en la Red o se facilitarían mediante la colaboración con los investigadores principales). La capacitación y formación complementarias que se ofrezcan en la próxima fase de la Red para mejorar el apoyo a los sitios del sistema constituirían una buena oportunidad educativa para la comunidad de la IIME.

21. Los participantes observaron que las mediciones de muy baja frecuencia proporcionaban información valiosa sobre la respuesta ionosférica a las erupciones solares de rayos X y que el proyecto de formación sobre “Erupciones solares detectadas por efectos ionosféricos” y el sistema de vigilancia del clima espacial denominado “Sistema mundial de detección de erupciones ionosféricas” vigilaban la ionosfera inferior por medio de dichas mediciones para brindar información sobre los efectos de las erupciones solares. Se señaló que la participación en el proyecto antes mencionado estaba abierta a todas las instituciones educativas y de investigación interesadas y que se debería utilizar una técnica de muy baja frecuencia para detectar y analizar los efectos de las precipitaciones de partículas.

22. Los participantes recordaron que el conjunto de instrumentos de la Red de generación continua de imágenes H-alfa era una red de observación provista de telescopios en tierra para la observación de las erupciones solares. Se señaló que se añadirían espectroscopios solares a los instrumentos de la Red a fin de mejorar la medición de las magnitudes físicas de los fenómenos de actividad solar y que se organizarían actividades de creación de capacidad para reforzar los conocimientos en materia de análisis de datos, incluido el de nuevos datos espectroscópicos.

23. Se impartió formación a los participantes sobre el desarrollo de la Red de detectores del clima auroral de Alaska y el Canadá en el espacio, destinada a colmar las lagunas existentes en los datos de meteorología espacial. Esta es una red de sensores basada en la web que proporciona contenido electrónico total sobre los GNSS en tiempo real e histórico, contenido electrónico total diferencial y productos de datos de centelleo. Todos los datos se introducirán en la base de datos Madrigal y estarán disponibles para su procesamiento casi en tiempo real.

24. Los participantes también aprendieron que las cámaras compactas de imágenes multicolores utilizaban filtros de interferencia para seleccionar las características de emisión óptica. Debido a su bajo costo y necesidades mínimas en términos de recursos, esas cámaras serían muy apropiadas para el despliegue de observaciones terrestres y suborbitales en todo el mundo, así como para su inclusión en satélites pequeños. Se destacó que esas cámaras serían un aporte a la creación de capacidad para el desarrollo de instrumentos ópticos de última generación, la reunión de datos, el procesamiento, el análisis y la interpretación de los parámetros del clima espacial y la cooperación internacional.

25. Con respecto a los futuros instrumentos de vigilancia del clima espacial, se describieron las capacidades y el diseño de un nuevo sensor coronográfico que se llevaría a bordo de la próxima misión del Orbitador Solar, así como el potencial científico y operacional de las observaciones de la corona cerca del disco solar, tanto en términos de calidad como de tiempo de espera adicional para predecir los impactos de la materia coronal en la Tierra. A raíz de los debates resultantes, se modificó el enfoque principal del campo óptico basado en el espacio a las observaciones de ondas radioeléctricas basadas en tierra. Se subrayó la importancia de las emisiones de radio y de su polarización para comprender la heliosfera y los efectos de las explosiones de radio en sistemas fabricados por el hombre.

26. Los participantes tomaron nota de las observaciones sensibles de las emisiones ultravioletas ionosféricas realizadas por la Estación Espacial Internacional. La intensidad de esas emisiones era proporcional al cuadrado de la densidad de los electrones, por lo que brindaba una medida sensible de la densidad del plasma en la atmósfera superior. Se compartieron y resumieron numerosos resultados, desde características morfológicas hasta observaciones de la estructura vertical, para llegar a la conclusión de que aún quedaba mucho por aprender de este valioso y singular conjunto de datos.

27. Los participantes también señalaron la utilización de las redes de sensores GNSS en los países de África occidental y las ventajas relativas de los datos disponibles. A pesar de los progresos realizados en cuanto al número de sensores, se subrayó que la disponibilidad de datos procedentes de algunas fuentes era relativamente escasa. Se hizo hincapié en que si esas redes utilizaban principalmente los aeropuertos para ubicar los sensores obtendría los datos más coherentes debido a que la energía eléctrica y las comunicaciones eran más fiables allí que en otras instalaciones. Estas eran, por tanto, reflexiones importantes que habían de tenerse en cuenta en las futuras instalaciones de sensores.

28. Los participantes observaron la disponibilidad y distribución de los datos por conducto del centro de datos utilizado en los cursos prácticos coordinados de la NASA sobre análisis de datos. Se destacó que este instrumento digital virtual representaba una importante contribución a la comunidad de interesados en la meteorología espacial y que servía de depósito central para muchos tipos de datos que de otro modo requerirían múltiples búsquedas por parte de los usuarios a través de diversas interfaces y formatos de datos.

29. Los participantes reconocieron que la conveniencia y la comodidad que ofrecía un punto de distribución normalizado central como el mencionado centro de datos habían permitido mejorar notablemente el desarrollo de productos de meteorología espacial, mientras que la interfaz de web abierta había puesto esas ventajas a disposición de todos los usuarios, lo que hacía extensivo su libre acceso a todos los países.

30. Los participantes señalaron que la tecnología GNSS era un medio relativamente conveniente para vigilar la actividad de la ionosfera. En consecuencia, la agregación y la reducción estandarizada de esos datos en todas las regiones representaba una meta a alcanzar. Los participantes subrayaron la necesidad de contar con archivos de datos GNSS normalizados, consolidados y accesibles, como los conjuntos de datos solares disponibles en los cursos prácticos coordinados sobre análisis de datos. De hecho, este era justamente el problema que el Centro Internacional de Física Abdus Salam había abordado al anunciar un plan para calibrar y cargar los datos mundiales sobre el contenido electrónico total de los GNSS recopilados en los últimos 20 años y ponerlos gratuitamente a disposición de la comunidad de interesados en el clima espacial.

31. Los participantes observaron que se utilizaba una amplia gama de instrumentos y técnicas de detección para sondear regiones ubicadas desde la proximidad de la superficie del Sol hasta la capa más baja de la ionosfera. Sin embargo, algunos participantes opinaron que sería deseable organizar un curso práctico de carácter más temático en el marco del programa de la Iniciativa.

32. Los participantes pusieron de relieve los últimos avances en la modelización del clima espacial, incluidas las mejoras de los códigos y algoritmos existentes utilizados en la amplia gama de pronósticos del clima espacial desde el Sol hasta la Tierra. Tomaron nota de los estudios regionales sobre meteorología espacial que se habían basado en observaciones, análisis de datos y modelizaciones para comprender y, en última instancia, predecir el complejo estado y las interacciones del Sol, el viento solar, la magnetosfera y la ionosfera y sus efectos en los sistemas tecnológicos.

33. Se impartió formación a los participantes sobre la estimación del tamaño y la energía de las erupciones solares y las eyecciones de materia coronal más extremas a la luz de lo que se sabía acerca de los eventos solares pasados en otras estrellas similares al Sol. El estudio de estos eventos permitió elaborar gráficos estadísticos en los cuales se podía estimar la posible energía de un evento a partir de las colas de alta energía de las distribuciones. Por ejemplo, la famosa erupción y expulsión de materia coronal de Carrington indicaba que una erupción con energía de  $10^{33}$  ergios podría ocurrir cada 150 años, mientras que una erupción de  $10^{34}$  ergios podría ocurrir cada 125.000 años.

34. Los participantes señalaron que las observaciones terrestres H-alfa de movimientos de pequeña escala en filamentos solares parecían preceder a varias erupciones. También se observaron señales de desplazamiento Doppler en las alas roja y azul de la línea H-alfa. Dado que esos movimientos ocurrieron en un período de entre varios minutos y unas pocas horas antes de una erupción, podían ser utilizados como precursores con capacidad de predecir grandes erupciones y sus correspondientes eyecciones de materia coronal.

35. Los participantes también observaron las tasas de eyecciones de materia coronal del halo en los ciclos solares 23 y 24. Las eyecciones de materia coronal del halo surgieron de eventos ocurridos cerca del centro del disco y mostraban una clara correlación con el clima espacial en la Tierra. Estos datos provienen del catálogo, elaborado en el marco de los cursos prácticos coordinados sobre análisis de datos, de eyecciones de materia coronal observadas por el coronógrafo espectrométrico de gran ángulo del Observatorio Solar y Heliosférico. Las tasas máximas en los dos ciclos fueron similares, aunque las distribuciones variaron durante cada ciclo. Los datos también incluían ráfagas de radio interplanetarias de tipo II, que eran indicativas de eyecciones de materia coronal energética que provocaban choques.

36. De forma improvisada durante el Curso Práctico, se dio a los estudiantes y jóvenes investigadores la oportunidad de hacer un resumen de sus ponencias en la sesión oral, lo que les permitió poner a prueba provechosamente sus aptitudes de presentación. Algunos participantes expresaron la opinión de que en los futuros cursos prácticos podría ser útil programar tiempo para los resúmenes sobre los pósteres presentados por los estudiantes a fin de alentar a los jóvenes a participar en las actividades de la Iniciativa y en proyectos que amplían las fronteras de la investigación, el desarrollo y las operaciones experimentales.

37. Los participantes reconocieron que entre los factores que contribuían positivamente a la investigación sobre el clima espacial se incluían la coordinación y la colaboración internacionales eficaces en el intercambio y la utilización de las observaciones disponibles; la evaluación de las capacidades de predicción y análisis del clima espacial; los progresos realizados en los conocimientos, la teoría y la modelización; y la aplicación de los avances de las investigaciones a las aplicaciones de la meteorología espacial.

38. Los participantes señalaron dos iniciativas mundiales que se beneficiarían de la coordinación con la Iniciativa para aprovechar las sinergias resultantes, a saber: los Equipos de Acción Internacionales sobre Meteorología Espacial del Comité de Investigaciones Espaciales y la Heliophysics Data Environment Alliance, una asociación de usuarios del entorno de datos heliofísicos. Se señaló que los Equipos de Acción Internacionales sobre el Clima Espacial estaban abiertos a todas las personas y grupos que se comprometieran a participar activamente en sus actividades.

39. Los participantes recordaron que uno de los objetivos de la Iniciativa había sido fomentar el aumento del número de científicos espaciales en todo el mundo. En África, por ejemplo, se había impartido formación sobre el clima espacial a cientos de estudiantes de doctorado y jóvenes científicos, en particular los conocimientos necesarios para llevar a cabo investigaciones en ese ámbito. En la actualidad, muchos equipos nacionales y regionales centran sus esfuerzos en aumentar la capacidad de sus respectivas instituciones para la vigilancia, instrumentación, formación e investigación en materia de meteorología espacial.

40. Los participantes observaron que se deberían seguir ofreciendo posibilidades de creación de capacidad y orientación técnica a los países que desearan participar en actividades científicas relacionadas con el clima espacial y la formación conexas. Esto también requería que los técnicos e ingenieros adquirieran conocimientos más específicos sobre las estaciones terrestres y la instrumentación relacionadas con la observación del clima espacial. Se señaló la necesidad de seguir fomentando las oportunidades de establecer nuevas alianzas con entidades dedicadas a la creación de capacidad, así como de realizar otras actividades en el marco de las Naciones Unidas.

41. Las actividades de la Iniciativa también se coordinaron con los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, afiliados a las Naciones Unidas, y con el programa sobre aplicaciones de los GNSS del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite. A este respecto, los participantes tomaron nota del curso práctico africano sobre los GNSS y la meteorología espacial que se celebraría, en francés, en el Centro Regional Africano de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales en Rabat, en 2020. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam y el Boston College se encargarían conjuntamente de organizar el curso.

42. Los participantes expresaron su agradecimiento a la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, al Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam y a los patrocinadores por el contenido y la excelente organización del Curso Práctico.

---