



Asamblea General

Distr. general
24 de noviembre de 2022
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Informe del Curso Práctico de las Naciones Unidas y Azerbaiyán relativo a la Iniciativa Internacional sobre el Clima Espacial: el Sol, el Clima Espacial y la Geosfera

(Bakú, 31 de octubre a 4 de noviembre de 2022)

I. Introducción

1. La meteorología del espacio es un asunto intrínsecamente internacional. Las tormentas solares y magnéticas afectan de forma simultánea a vastas regiones de la Tierra y habitualmente se producen perturbaciones ionosféricas ecuatoriales en diversas partes del mundo. Por consiguiente, es apropiado que las Naciones Unidas promuevan mejoras en la modelización y la predicción del tiempo espacial en beneficio de todas las naciones.

2. La Iniciativa Internacional sobre el Clima Espacial se puso en marcha en 2009 y ha mejorado la capacidad de investigación en las disciplinas científicas que estudian las relaciones Sol-Tierra y la meteorología del espacio en numerosos países de todo el mundo. La Iniciativa ha creado una plataforma en la que se adopta un enfoque ascendente con miras a propiciar la formación de comunidades versadas en meteorología del espacio, en particular en los países en desarrollo, de modo que puedan colaborar entre ellas como una red para el intercambio de ideas, información y datos, y la elaboración de proyectos conjuntos.

3. Si bien la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos dio por concluido oficialmente el tema del programa titulado “Iniciativa Internacional sobre el Clima Espacial” en 2012, las actividades de la Iniciativa han continuado en el marco del tema del programa titulado “Clima espacial” (véase [A/AC.105/1001](#), párr. 226).

4. La Iniciativa sigue ampliando los complejos de instrumentos existentes y creando otros nuevos. En la actualidad existen 19 complejos de instrumentos en todo el mundo, con cerca de 1.045 instrumentos desplegados que registran datos sobre la interacción entre el Sol y la Tierra, desde las eyecciones de masa coronal hasta las variaciones en el contenido electrónico total de la ionosfera. El sitio web de la Iniciativa puede consultarse en www.iswi-secretariat.org.

5. La Iniciativa ha permitido a los científicos utilizar datos de los sistemas mundiales de navegación por satélite en estudios sobre meteorología del espacio. Gracias a esos datos, científicos de distintas disciplinas (entre ellas la sismología y las ciencias de la ionosfera y la atmósfera) se han unido para trabajar en el ámbito de la meteorología del



espacio y ha sido posible aplicar la física fundamental de las relaciones Sol-Tierra a la vida cotidiana, algo sumamente importante para quienes formulan políticas.

6. La Iniciativa es regida por un comité directivo, que se reúne una vez al año paralelamente a los períodos de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos. En sus reuniones, el comité directivo examina la situación del funcionamiento y la coordinación de los distintos complejos de instrumentos, el análisis de los datos de la meteorología del espacio y las actividades de la Iniciativa. Los informes anuales elaborados por los coordinadores nacionales y los operadores de los instrumentos se presentan en la reunión y se publican en el boletín de la Iniciativa.

7. El objetivo del Curso Práctico de las Naciones Unidas y Azerbaiyán relativo a la Iniciativa Internacional sobre el Clima Espacial: el Sol, el Clima Espacial y la Geosfera era examinar los resultados del funcionamiento de los complejos de instrumentos de la Iniciativa y deliberar sobre las maneras de seguir llevando a cabo actividades de investigación y educación en el ámbito de la meteorología del espacio. El curso práctico fue organizado conjuntamente por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y la Universidad Estatal de Bakú en nombre del Gobierno de Azerbaiyán, y fue coorganizado y copatrocinado por el Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite. La Universidad Estatal de Bakú acogió el curso práctico, que se celebró en formato híbrido en Bakú del 31 de octubre al 4 de noviembre de 2022.

8. En el presente informe se exponen los antecedentes, los objetivos y el programa del curso práctico y se resumen las observaciones y recomendaciones formuladas por los participantes. Se ha preparado para presentarlo a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su 66º período de sesiones y a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 60º período de sesiones, ambos previstos para 2023.

A. Antecedentes y objetivos

9. La Iniciativa consta de tres elementos, a saber: a) el programa sobre complejos de instrumentos, que se ocupa del funcionamiento y despliegue de instrumentos de meteorología del espacio; b) el programa de coordinación y análisis de datos para la elaboración de modelos de predicción utilizando los datos generados por la Iniciativa; y c) programas de capacitación, educación y divulgación pública.

10. A medida que la comunidad científica y la sociedad son cada vez más conscientes de los efectos del clima espacial en la infraestructura de la economía mundial, las actividades de investigación en el marco de la Iniciativa deben concertarse a escala mundial, ya que en última instancia contribuirán a un mejor conocimiento de las condiciones solares, así como de las condiciones del viento solar, la magnetosfera, la ionosfera y la termosfera que podrían afectar al funcionamiento y la fiabilidad de los sistemas tecnológicos espaciales y terrestres y poner en peligro la vida y la salud humanas.

11. El Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite ha desempeñado un papel importante en las actividades de la Iniciativa, ya que los receptores de los sistemas mundiales de navegación por satélite se utilizan para comprender mejor los procesos dinámicos de la atmósfera terrestre causados por fenómenos meteorológicos extremos en el espacio y la interacción Sol-Tierra, así como los efectos de tales procesos en los satélites.

12. De conformidad con el examen por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos del tema del programa titulado “Clima espacial” (véase [A/AC.105/1258](#), párrs. 158 a 172), la finalidad del curso práctico era: a) sensibilizar a los Estados miembros acerca de los efectos del tiempo 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 datos de meteorología del espacio; d) poner de relieve los resultados y las conclusiones de las nuevas investigaciones; y e) fomentar una mayor cooperación para establecer alianzas entre los proveedores de instrumentos y las

entidades que acogen estos últimos. En los debates sostenidos durante el curso práctico también se tomaron en consideración la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4, 9 y 17.

B. Programa

13. Durante la apertura del curso práctico, pronunciaron discursos de bienvenida el Rector de la Universidad Estatal de Bakú, el Ministro de Ciencia y Educación de Azerbaiyán, la Viceministra de Juventud y Deporte de Azerbaiyán, el Presidente de la Junta de la Agencia Espacial de Azerbaiyán “Azercosmos”, el Director del Observatorio de Astrofísica Nasiraddin Tusi de Shamakhy, un profesor emérito de la Universidad de Maryland y un representante de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). Los representantes de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y de la Secretaría Ejecutiva del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite formularon declaraciones de apertura. Pronunciaron discursos inaugurales el profesor emérito de la Universidad de Maryland y el representante de la NASA.

14. El programa del curso práctico consistió en ocho sesiones técnicas y debates sobre las observaciones y recomendaciones, a los que siguieron las declaraciones de clausura de los organizadores. En total, se presentaron 57 ponencias en las sesiones técnicas, que abarcaron temas de las esferas siguientes: a) la instrumentación y los datos de meteorología del espacio; b) la modelización meteorológica del espacio; c) la investigación meteorológica del espacio; d) la física solar; e) el acoplamiento de la magnetosfera, la ionosfera y la termosfera; f) los efectos del tiempo espacial; g) los programas nacionales y regionales de meteorología del espacio; y h) estudios de casos y actividades de divulgación y educación sobre meteorología del espacio.

15. Cada una de las sesiones técnicas incluyó un debate centrado en los principales problemas y cuestiones planteados en las ponencias. Los resultados de los debates se resumieron y presentaron en la sesión de clausura, en la que se celebró un último intercambio de opiniones y se aprobaron las conclusiones y recomendaciones.

16. También se organizó una visita técnica informativa a Azercosmos para los participantes en el curso práctico.

17. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y la Universidad Estatal de Bakú prepararon el programa en cooperación con el comité científico organizador. Los presidentes y relatores asignados a las sesiones técnicas presentaron sus observaciones y notas como aportaciones para la preparación del presente informe.

18. Las ponencias y los resúmenes de los documentos presentados en el curso práctico, así como el programa y la documentación de referencia, pueden consultarse en el sitio web de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (www.unoosa.org).

C. Asistencia

19. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y la Universidad Estatal de Bakú 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 su preparación académica, así como a su experiencia en la ejecución de programas y proyectos en los que la Iniciativa desempeñara una función de liderazgo.

20. Se utilizaron fondos proporcionados por las Naciones Unidas, el Gobierno de Azerbaiyán y el Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite para sufragar los gastos de viaje, alojamiento y de otra índole de 25 participantes procedentes de 23 países. Se invitó a asistir al curso práctico a un total de 281 expertos.

21. Los siguientes 65 Estados Miembros estuvieron representados en el curso práctico de manera presencial o en línea: Alemania, Argelia, Austria, Azerbaiyán, Bahrein,

Bangladesh, Bélgica, Brasil, Burkina Faso, Camerún, Chile, China, Colombia, Congo, Côte d'Ivoire, Croacia, Egipto, Eslovaquia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Etiopía, Federación de Rusia, Filipinas, Gabón, Ghana, Guinea, Haití, India, Indonesia, Irán (República Islámica del), Iraq, Italia, Japón, Kazajstán, Kenya, Kuwait, Letonia, Líbano, Malasia, Malta, Marruecos, México, Mongolia, Myanmar, Nepal, Nigeria, Pakistán, Perú, Polonia, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República de Corea, República Democrática del Congo, República Democrática Popular Lao, Senegal, Serbia, Somalia, Sri Lanka, Sudán, Tayikistán, Türkiye, Uganda, Venezuela (República Bolivariana de), Yemen y Zambia. También asistieron representantes de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre.

II. Observaciones y recomendaciones

22. Los participantes expresaron la opinión de que las actividades de investigación en materia de meteorología del espacio constituían uno de los primeros pasos en la aplicación de un programa más amplio de medidas destinadas a proteger la Tierra de los peligros que planteaba el espacio. Se celebró un debate sobre las formas de hacer frente a posibles amenazas, incluidos los fenómenos meteorológicos espaciales extremos y fenómenos como las superfulguraciones celestes y los impactos de asteroides que, si bien eran poco probables, si ocurrieran tendrían consecuencias graves.

23. Los participantes señalaron que la frecuencia de anomalías en los vehículos espaciales solía alcanzar su punto álgido unos días después del inicio de un episodio de partículas energéticas solares en el espacio cercano a la Tierra o después de que se originara una tormenta solar repentina. En ambos casos, los protones y electrones energéticos del medio espacial interactuaban con los componentes de los vehículos espaciales, provocando su degradación o pérdida.

24. Los participantes señalaron también que los fenómenos producidos por la actividad solar, como las erupciones y las eyecciones de masa coronal, podían tener consecuencias graves en el medio ambiente terrestre. En los estudios sobre las eyecciones de masa coronal y los electrones energéticos que provocan ráfagas radioeléctricas, las observaciones conjuntas con un radiointerferómetro, el radiotelescopio Low-Frequency Array y radiorreceptores espaciales ofrecieron una visión amplia de las características de esas erupciones y ayudaron a calcular sus efectos en la Tierra. Se hizo hincapié en que las observaciones del Sol por microondas seguían siendo una de las principales tendencias en el ámbito de la radioastronomía y la física solares. Se informó a los participantes sobre las observaciones espectropolarimétricas del Sol realizadas por el radiotelescopio RT-32 del Centro Internacional de Radioastronomía de Ventspils. Se presentaron los resultados de un estudio sobre las perturbaciones en la región D de la ionosfera, llevado a cabo utilizando el receptor de muy baja frecuencia del Sistema Electromagnético de Observación, Modelización y Enseñanza sobre Meteorología Atmosférica.

25. Los participantes observaron que la previsión del tiempo espacial era una cuestión compleja que implicaba la modelización del plasma solar desde la corona solar hasta la atmósfera terrestre. Por consiguiente, era preciso contar con modelos de la corona, la heliosfera, la ionosfera y la magnetosfera para poder simular la transferencia de energía del Sol a la Tierra. Con el fin de reunir todos esos modelos y acoplarlos, se estaba creando una plataforma virtual e interactiva de modelización meteorológica del espacio, el Centro Virtual de Modelización de Meteorología del Espacio, que combinaría 19 modelos distintos. Los participantes señalaron que se había modelizado un evento de eyección de masa coronal utilizando un nuevo modelo heliosférico llamado Icarus y que se había modelizado el contenido electrónico total sobre África utilizando satélites del Sistema de Observación en Constelación para la Meteorología, la Ionosfera y el Clima.

26. Los participantes también pusieron de relieve otros modelos menos sofisticados pero más rápidos, como el European Heliospheric Forecast Information Asset y un modelo de magnetohidrodinámica coronal en 3D llamado COCONUT, utilizados por los servicios operacionales de meteorología del espacio para la predicción del viento solar

y la propagación de las eyecciones de masa coronal en la heliosfera interior y su posible propagación a la Tierra. Además, se señaló que el modelo magnetohidrodinámico Gorgon había sido adaptado para simular la magnetosfera global más rápidamente que en tiempo real, de modo que fuera posible generar predicciones continuas de las condiciones geomagnéticas a partir del viento solar modelizado y medido.

27. Se informó a los participantes sobre el modelo de densidad electrónica ionosférica, NeQuick2, diseñado para aplicaciones de propagación transionosférica con el fin de reproducir el comportamiento mediano (el clima) de la ionosfera y estimar la densidad electrónica tridimensional de la ionosfera para las condiciones actuales (el tiempo). Puede consultarse el sitio web del modelo NeQuick2 en <https://t-ict4d.ictp.it/nequick2/nequick-2-web-model>.

28. Asimismo, los participantes recibieron información sobre la creación 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 del espacio. Se trata de una red de sensores basada en la web que proporciona datos históricos y en tiempo real sobre el contenido electrónico total de los sistemas mundiales de navegación por satélite, el contenido electrónico total diferencial y productos de datos de centelleo. Todos los datos se introducen en la base de datos Madrigal y están disponibles para su procesamiento en tiempo casi real. Se señaló que se habían elaborado mapas verticales del contenido electrónico total a partir de los datos obtenidos de unos 6.000 receptores de frecuencia doble de los sistemas mundiales de navegación por satélite de todo el mundo. Ya en el año 2000 se podían consultar en línea los datos sobre contenido electrónico total, y desde hacía tres años se disponía de un nuevo producto: archivos de datos sobre el contenido total de electrones en la línea de visibilidad directa. Esos archivos de datos proporcionan el contenido electrónico total de cada satélite y cada receptor, a intervalos de 30 segundos. Puede consultarse el sitio web de la base de datos Madrigal en <http://cedar.openmadrigal.org>.

29. Los participantes señalaron que los instrumentos terrestres y espaciales diseñados para la vigilancia del sistema Sol-Tierra generaban enormes cantidades de datos. Además de aumentar la capacidad de computación, esos conjuntos de datos se utilizaban para elaborar modelos de predicción y productos de meteorología del espacio. Se observó que se podía utilizar el aprendizaje automático para definir funciones capaces de aproximar procesos espaciometeorológicos y pronosticar su manifestación en el campo magnético terrestre y la ionosfera.

30. En cuanto a las aplicaciones de la investigación meteorológica del espacio, se indicó que los sistemas tecnológicos y las actividades de la civilización moderna podían verse afectados por los cambios en las condiciones meteorológicas del espacio. El estudio de todo tipo de fenómenos, desde la dinámica del Sol y la atmósfera solar hasta las partículas y los campos magnéticos presentes en el espacio que rodea la Tierra, ayudaba a comprender mejor los procesos físicos que regían el medio espacial, lo que a su vez servía para crear mejores simulaciones y modelos predictivos de ese complejo sistema y, en última instancia, para proteger la tecnología más eficazmente, así como emitir alertas tempranas sobre los peligros derivados del aumento de la actividad meteorológica en el espacio dirigidas a los operadores de vehículos espaciales.

31. Los participantes reconocieron que la investigación meteorológica del espacio se veía favorecida por una coordinación y colaboración internacionales eficaces en cuanto al intercambio y el uso de las observaciones disponibles; la evaluación de la capacidad de predicción y análisis del tiempo espacial; los progresos realizados en materia de conocimientos, teoría y modelización; y la alocación de los avances de las investigaciones en aplicaciones relacionadas con la meteorología del espacio.

32. Los participantes recibieron información acerca de un estudio de las variaciones temporales y periódicas del índice mensual de erupciones y de determinados parámetros de actividad geomagnética, como el índice simple de actividad geomagnética a nivel mundial y el índice de tiempo de tormenta de perturbación correspondiente a los ciclos solares 21 a 24 (de 1976 a 2019). Los resultados revelaron que todos los parámetros guardaban una estrecha relación con los períodos de actividad solar, de una duración

de 11 años, y que las variaciones en el índice de erupciones eran una de las principales causas de la actividad geomagnética.

33. Los participantes también recibieron información sobre fenómenos poco frecuentes, como el famoso evento Carrington de 1859, y sobre las hipotéticas superfulguraciones que tienden a producirse en estrellas de tipo solar que presentan amplias zonas de manchas (de más de un orden de magnitud que las manchas solares más grandes).

34. Los participantes indicaron que se sabía que los plasmas de la corona solar y el viento solar se estructuraban a través del campo magnético, lo que hacía pensar que la uniturbulencia quizá influía en esas regiones. Se señaló que estaba en curso un proyecto de investigación sobre nuevas simulaciones numéricas tridimensionales de la propagación de ondas transversales con el fin de comprender mejor la física de la turbulencia, y que los resultados se verificarían a la luz de los datos observacionales pertinentes.

35. Los participantes reconocieron que, en general, se comprendía el mecanismo de formación del campo magnético estelar a gran escala, especialmente el ciclo de variación de la actividad solar, de 11 años de duración. No obstante, quedaba por estudiar el equilibrio de la helicidad hidrodinámica y magnética y su transporte a lo largo del espectro. En ese sentido, se expresó la opinión de que podría aplicarse el enfoque aproximación por capas en futuros estudios sobre el transporte de energía a pequeña escala a lo largo del espectro y para resolver el problema de la estabilización de los procesos de dínamo estelar a gran escala.

36. Los participantes se refirieron a las actividades llevadas a cabo en el marco del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite. Se señaló que los grupos de trabajo del Comité estaban estudiando los aspectos problemáticos de los fenómenos meteorológicos espaciales, sus repercusiones para los usuarios de los sistemas mundiales de navegación por satélite, la variabilidad de esas repercusiones y las medidas que podrían mitigar sus efectos. Se pusieron de relieve las actividades del grupo de trabajo sobre difusión de información y fomento de la capacidad y de su equipo del proyecto de vigilancia meteorológica del espacio a través de sistemas receptores de bajo costo de los sistemas mundiales de navegación por satélite. Los participantes indicaron que, en el marco de ese proyecto, se crearían prototipos de sistemas con el fin de estudiar las posibilidades de utilizar sistemas receptores de bajo costo para la vigilancia meteorológica del espacio.

37. Los participantes indicaron también que las tres principales esferas de la labor futura del equipo del proyecto eran: a) estudiar qué receptores de bajo costo de los sistemas mundiales de navegación por satélite podían utilizarse para calcular parámetros relacionados con el contenido electrónico total; b) analizar qué programas informáticos podían servir para procesar datos generados por receptores de bajo costo de los sistemas mundiales de navegación por satélite con el fin de calcular el contenido electrónico total; y c) diseñar un prototipo de receptor de bajo costo de un sistema mundial de navegación por satélite destinado a aplicaciones relacionadas con la meteorología del espacio. Se destacó que el equipo del proyecto estaba abierto a todas las personas y grupos interesados en participar activamente en sus actividades. Varios participantes en el curso práctico expresaron su interés en contribuir a esa labor.

38. Los participantes señalaron que se utilizaba una amplia gama de instrumentos y técnicas de observación para investigar regiones que iban desde la zona próxima a la superficie del Sol hasta la capa más baja de la ionosfera. Algunos participantes opinaron que sería conveniente incluir más estudios de casos relativos a fenómenos meteorológicos espaciales en futuros cursos prácticos.

39. Se expresó la opinión de que deberían organizarse actividades de capacitación práctica con material didáctico y ejercicios sobre determinadas disciplinas relacionadas con la meteorología espacial antes de celebrar futuros cursos prácticos sobre la Iniciativa Internacional sobre el Clima Espacial. También se hizo hincapié en la

importancia de la capacitación complementaria a los efectos del aprendizaje continuo y para mantener las competencias básicas de forma sostenible.

40. Los participantes recomendaron que se siguieran ofreciendo actividades de creación de capacidad y orientación técnica a los países que desearan participar en actividades científicas y educativas relacionadas con la meteorología del espacio. Asimismo, era preciso que el personal técnico y de ingeniería adquiriera un conocimiento más detallado sobre las estaciones terrestres y los instrumentos que intervenían en la observación meteorológica del espacio. Se expresó la opinión de que se deberían seguir creando oportunidades para forjar alianzas permanentes con entidades y actividades de las Naciones Unidas centradas en la creación de capacidad.

41. Se señaló que las actividades de la Iniciativa también se coordinaban con los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales afiliados a las Naciones Unidas y con el programa sobre las aplicaciones de los sistemas mundiales de navegación por satélite del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite.

42. Se informó a los participantes de que la revista *Sun and Geosphere* publicaría a finales de 2022 un número especial sobre las influencias solares en la magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera. Se invitó a los participantes a que presentaran a la revista los resultados de sus investigaciones relativas a la meteorología del espacio y la física del Sol y la Tierra.

43. Los participantes expresaron su agradecimiento a las Naciones Unidas, el Gobierno de Azerbaiyán, la Universidad Estatal de Bakú y los copatrocinadores por el contenido del curso práctico, así como por su excelente organización y su culminación exitosa.
