



Asamblea General

Distr. limitada
24 de diciembre de 2021
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio

Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos

59º período de sesiones

Viena, 7 a 18 de febrero de 2022

Protección de los cielos oscuros y silenciosos

Documento de trabajo preparado por Chile, Eslovaquia, España, la Unión Astronómica Internacional, el Observatorio Europeo Austral y Square Kilometre Array Observatory

I. Introducción

1. Durante las últimas seis décadas, la ciencia de la astronomía se ha beneficiado de un enorme impulso vinculado a la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. Decenas de satélites científicos han dado acceso a toda la gama de señales electromagnéticas cósmicas, desde las microondas hasta los rayos gamma más energéticos. Los científicos han utilizado los nuevos datos para construir un modelo amplio de todo el universo y de su historia, pero esos datos también les han permitido describir nuevos fenómenos de alta energía que están mucho más allá del alcance de cualquier instalación experimental terrestre actual y futura. El espacio ultraterrestre ha resultado ser un laboratorio insustituible para el avance de la física fundamental.

2. Sin embargo, la astronomía espacial por sí sola no habría logrado esas hazañas sin la contribución complementaria esencial de las grandes instalaciones astronómicas terrestres. Solo la combinación de datos obtenidos desde el espacio y datos obtenidos en tierra está haciendo posible un verdadero progreso en nuestro conocimiento de la realidad física. Asimismo, la exploración de los cuerpos del sistema solar, desde los asteroides hasta los planetas, depende en gran medida de observaciones detalladas de las instalaciones astronómicas en tierra y en el espacio. Por tanto, redundando en interés de toda la comunidad científica internacional proteger las capacidades mundiales de observación astronómica frente a las interferencias artificiales adversas y considerablemente disruptivas y dañinas.

3. Existen tres categorías de interferencias artificiales que afectan negativamente a las observaciones astronómicas: a) la iluminación urbana o la luz artificial durante la noche; b) las estelas ópticas o de infrarrojos de los satélites ubicados en la órbita terrestre baja; y c) la radiotransmisión de emisores terrestres y espaciales, especialmente de los satélites situados en la órbita terrestre baja.

4. De ellas, la más reciente está relacionada con el despliegue de un gran número de satélites de comunicaciones en la órbita terrestre baja, una innovadora hazaña tecnológica. Su objetivo principal es proporcionar una red de comunicaciones de baja



latencia Tierra-espacio-Tierra a cualquier región habitada del planeta. Ello es muy prometedor para la conectividad y puede ser una pieza importante del sistema mundial de banda ancha.

5. Las grandes constelaciones satelitales suponen un nuevo reto para la astronomía a causa de su número, su brillo en el cielo (debido a los reflejos ópticos o a la emisión térmica), su localización ubicua en el cielo (en comparación con los satélites en la órbita geostacionaria, que están confinados a un único “cinturón”) y su proximidad (que posibilita la baja latencia).

6. Todas las categorías de interferencias arriba mencionadas fueron las materias principales del curso práctico y la conferencia dedicados al tema “Cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad”, que organizaron la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Gobierno de España y la Unión Astronómica Internacional (UAI). El informe del curso práctico, que se celebró en línea del 5 al 9 de octubre de 2020, está disponible en www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf.

7. Durante el 58º período de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos se presentó un resumen de las conclusiones del curso práctico en un documento de sesión en que figuraban recomendaciones para mantener los cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad (A/AC.105/C.1/2021/CRP.17, en inglés únicamente), presentado por las delegaciones de Chile, Eslovaquia, España, Etiopía y Jordania y por la Unión Astronómica Internacional. Las delegaciones del Canadá, los Estados Unidos de América y el Japón presentaron un documento de sesión conexas, en el que figuraba una propuesta de cuestión concreta y tema de debate para el 59º período de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos, en 2022, a saber, el tema “Intercambio general de opiniones acerca de los efectos de los sistemas satelitales en la astronomía terrestre” (A/AC.105/C.1/2021/CRP.24). En el informe sobre su 58º período de sesiones, la Subcomisión alentó a la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre a que, en la cuestión de los cielos oscuros y silenciosos, colaborara con todos los interesados pertinentes, tales como la UAI y otros, y señaló que la conferencia que se celebraría en 2021 podría contribuir a un debate centrado en las oportunidades de cooperación internacional (A/AC.105/1240, párr. 233).

8. En la Conferencia sobre Cielos Oscuros y Silenciosos para la Ciencia y la Sociedad, que se celebró en línea del 3 al 7 de octubre de 2021, se analizaron los resultados de casi dos años de investigaciones sobre las citadas interferencias y, en un fructífero debate con la comunidad astronómica y sectores de la industria espacial, se centró la atención en la aplicación de medidas viables que pudieran mitigar el impacto negativo en la ciencia y la sociedad. El informe de la conferencia figura en el documento A/AC.105/1255, y el informe técnico detallado de los grupos de trabajo que prepararon el evento está disponible en <https://noirlab.edu/public/es/products/techdocs/techdoc051/>. El presente documento de trabajo se centra en aquellas medidas que son del ámbito de actuación de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

II. La luz artificial nocturna

9. La interferencia de la luz artificial nocturna en las observaciones astronómicas, que afecta tanto a los astrónomos aficionados como a los profesionales, se ha convertido en un problema agudo con la llegada de los diodos emisores de luz, especialmente los que tienen un alto nivel de luz azul. La UAI ha establecido un umbral máximo tolerable de contaminación lumínica recomendado para los emplazamientos astronómicos del 10 % por encima de los niveles de fondo naturales. La contaminación lumínica está creciendo en todo el mundo a un ritmo estimado de entre el 2 % y el 6 % anual y está reduciendo la oscuridad en todas partes, incluso en los emplazamientos de los observatorios: los emplazamientos de clase mundial corren el riesgo de alcanzar el umbral del 10 % en el próximo decenio, y muchos emplazamientos más pequeños ya se han visto perjudicados. Además del impacto en la astronomía, la luz artificial nocturna puede tener importantes repercusiones biológicas en la flora y en la fauna tanto

vertebrada como invertebrada, lo que requiere un estudio más profundo por parte de los expertos correspondientes.

10. La luz artificial nocturna tiene un grave impacto negativo en la ciencia de la astronomía en general y, en consecuencia, también en la astronomía espacial. Por ello se alienta a las delegaciones a que consideren la posibilidad de adoptar las recomendaciones detalladas y cuantitativas que figuran en los informes del curso práctico y la conferencia que se celebraron en línea, en particular en el ámbito de las instalaciones astronómicas terrestres.

III. Las constelaciones satelitales y la astronomía óptica/infrarroja

11. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y los archivos reguladores nacionales indican que en el próximo decenio podrían lanzarse casi 100.000 satélites a la órbita terrestre baja, y varias empresas ya han comenzado a construir y lanzar constelaciones satelitales.

12. A pesar del indiscutible mérito de las constelaciones de comunicaciones, el gran número sin precedentes de satélites que poblarán la esfera orbital terrestre baja está creando una situación nueva que plantea diversas dificultades, entre otras cosas, para la visibilidad impoluta del cielo nocturno y para la ciencia de la astronomía.

13. Tal como se estableció en el curso práctico y en la Conferencia sobre Cielos Oscuros y Silenciosos para la Ciencia y la Sociedad, las grandes constelaciones satelitales suponen un obstáculo para la astronomía óptica/infrarroja a causa de la interferencia lumínica generada como consecuencia de la reflectividad y los factores térmicos de los vehículos espaciales. Se trata de un problema nuevo para la astronomía debido al gran aumento del número de satélites, su ubicuidad en el cielo y su proximidad a la Tierra. La visibilidad y el brillo de un satélite durante la noche dependen de la altitud de su órbita (que actualmente oscila entre los 350 km y los 1.200 km aproximadamente) y de la reflectividad de su superficie y su actitud con respecto al observador, así como de la configuración orbital del sistema. En órbita, una fracción de los satélites son visibles a simple vista (los de magnitud inferior a siete), pero todos ellos son potencialmente detectables durante el ascenso a la órbita, el descenso de órbita, así como cuando están en órbita, mediante detectores de telescopios muy sensibles, donde dejan huellas de su tránsito en las imágenes astronómicas, y hacen que disminuya considerablemente la usabilidad científica de los datos recogidos. El postprocesamiento de las imágenes afectadas resulta no ser una solución: las estelas más brillantes (de magnitud inferior a siete) pueden saturar los detectores y de ese modo dejar inutilizables partes de las imágenes, mientras que la eliminación de las estelas menos brillantes deja efectos residuales que afectan gravemente a importantes programas científicos, como los estudios estadísticos automáticos de las galaxias débiles.

14. Esos impactos se pueden mitigar siguiendo dos vertientes principales: a) medidas que pueden adoptar los astrónomos actuando en el ámbito de la observación; y b) medidas que pueden adoptar la industria satelital y las autoridades reguladoras en cuanto al diseño y el funcionamiento de las constelaciones. La experiencia adquirida hasta el momento indica que los resultados más eficaces se obtienen mediante una estrecha colaboración entre la comunidad astronómica y los agentes de la industria.

15. Las medidas que los astrónomos pueden adoptar para mitigar el impacto de las constelaciones se describen en los informes del curso práctico y de la conferencia e incluyen, entre otras, las siguientes: a) observaciones coordinadas de satélites individuales desde múltiples ubicaciones; b) la elaboración de algoritmos para identificar y ocultar las estelas y predecir el paso de los satélites por determinados puntos de observación previstos; c) el desarrollo de detectores ópticos/de infrarrojos “inteligentes” y de sistemas radorreceptores; d) soluciones de *software* y postprocesamiento de datos; y e) la difusión de información y el apoyo a la aplicación de mejores prácticas de observación y procesamiento de datos.

16. En la sección de su informe relativa a la industria¹, el Grupo de Trabajo sobre Constelaciones Satelitales de la conferencia concluyó que era más probable que los operadores de satélites adoptaran prácticas voluntarias o instrumentos para la mitigación si trabajaban con astrónomos desde el principio de su ciclo de proyectos, antes de que los diseños de los vehículos espaciales estuvieran finalizados y cuando podían modificarse la arquitectura, el diseño de los vehículos espaciales o las operaciones con menos repercusiones en los costos o en el calendario. En el informe de la conferencia se resume un conjunto de directrices sobre mejores prácticas, que abarcan cinco áreas prioritarias: a) hacer frente al brillo visible de los satélites visto desde tierra; b) abordar las repercusiones que las grandes constelaciones satelitales en la órbita terrestre baja con altitudes superiores a los 600 km tienen en la visibilidad para las ciencias astronómicas; c) facilitar el acceso a datos públicos de gran exactitud sobre la ubicación prevista de los distintos satélites (efemérides) para que los astrónomos puedan evitar el rastro de los satélites durante sus observaciones; d) consideraciones sobre el ascenso a órbita y el retiro de órbita minimizando las interrupciones de las observaciones astronómicas que puedan provocar los satélites inmediatamente después del lanzamiento y durante las fases de retiro de órbita/reentrada; y e) la colaboración continuada entre la comunidad de observación astronómica y la de los satélites. El Grupo de Trabajo también elaboró un proyecto de plan de acción, que puede constituir la base de los puntos que se debatirán en un único tema del programa orientado a la acción.

17. El impacto definitivo de una constelación en la astronomía depende de la combinación de todos los factores descritos más arriba. Por tanto, en lugar de proponer límites específicos a factores individuales (como la altitud de la órbita, la reflectividad de la superficie, etc.), sugerimos que las empresas que deseen diseñar, lanzar y operar una constelación satelital hagan un estudio cuantitativo del impacto previsto que la constelación propuesta tendrá en la astronomía. El Centro para la Protección del Cielo Oscuro frente a las Constelaciones Satelitales, constituido recientemente en la UAI, producirá y difundirá datos e información nuevos sobre el impacto de los satélites, que podrán utilizar cualquier grupo de interesados. El Centro, previa petición, podría contribuir al estudio y sugerir medidas que, si se adoptaran voluntariamente en la fase inicial del diseño, podrían mitigar el impacto en la astronomía sin un aumento sustancial del costo, y sin que dejaran de lograrse los objetivos de la constelación.

18. Todavía hay muchas preguntas sin respuesta y áreas que necesitan más estudio. El impacto en la astronomía óptica/infrarroja aún no se ha determinado: es un problema multidimensional y no se ha respondido a preguntas como cuál es el número total recomendado de satélites en diversas configuraciones orbitales. Se recomienda seguir estudiando esa y otras cuestiones relacionadas.

IV. Las constelaciones satelitales y la radioastronomía

19. La gestión del espectro radioeléctrico corresponde al Sector de Radiocomunicaciones de la UIT. El Reglamento de Radiocomunicaciones prevé atribuciones para diversos servicios, como la radioastronomía en el marco del servicio de radioastronomía. En efecto, la radioastronomía tiene una larga historia de actividad negociadora destinada a proteger las bandas de frecuencias de interés astronómico frente a las interferencias perjudiciales generadas por las emisiones radioeléctricas artificiales dentro de la gama de longitudes de onda de interés astronómico, por ejemplo, mediante la atribución, las identificaciones y las protecciones que figuran en notas a pie de página del Reglamento de Radiocomunicaciones.

20. La situación creada por las nuevas grandes constelaciones de satélites de telecomunicaciones plantea nuevas amenazas para la radioastronomía que merecen estudiarse en mayor profundidad. En el informe de la conferencia se definieron una serie de problemas concretos y se resaltó el modo en que las protecciones existentes no bastan para proteger la radioastronomía, ni siquiera en las zonas de silencio radioeléctrico.

¹ Disponible en <https://noirlab.edu/public/es/products/techdocs/techdoc051/>.

Algunas de las recomendaciones que figuran en el informe de la conferencia para proteger la radioastronomía son las siguientes: a) los diseños de los satélites deberían tener la capacidad de evitar la iluminación directa de los radiotelescopios y las zonas de silencio radioeléctrico; y b) la densidad de flujo de potencia equivalente de la radiación electromagnética no intencionada, incluidas las emisiones agregadas, fuera de banda, armónicas y espurias, debería mantenerse por debajo del límite acordado por la UIT (para los casos individuales y agregados). En el informe se destaca también la importancia de sensibilizar al público en general sobre la vulnerabilidad de la radioastronomía.

21. Además de las recomendaciones anteriores para la radioastronomía, es necesario prestar especial atención a la protección de las investigaciones en tierra del fondo cósmico de microondas, cuyas instalaciones de observación utilizan bolómetros, que son sensibles a cualquier energía dentro de su ancho de banda. Se sugiere que la comunidad dedicada al estudio del fondo cósmico de microondas y los operadores de satélites evalúen conjuntamente el impacto previsto de la emisión acumulada de microondas por las constelaciones y sugieran estrategias de mitigación.

V. Conclusión

22. En el curso práctico celebrado en 2020 y en la Conferencia sobre Cielos Oscuros y Silenciosos para la Ciencia y la Sociedad celebrada en 2021, ambos organizados por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Gobierno de España y la UAI, se evaluaron desde el punto de vista científico y técnico el impacto que tendrán en la astronomía las grandes constelaciones satelitales ubicadas en la órbita terrestre baja. Además, se sugirieron medidas viables de mitigación, un conjunto actual de directrices sobre mejores prácticas y una breve exposición de la labor futura destinada a mitigar el impacto negativo que las constelaciones pueden tener en las observaciones astronómicas.

23. En este documento de trabajo presentamos, para su examen por las delegaciones ante la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, un resumen de alto nivel del informe de la conferencia y una serie de propuestas para la aplicación racional de medidas de mitigación, así como directrices sobre mejores prácticas que pueden ser viables para su aplicación por las constelaciones satelitales.

24. En particular, quisiéramos sugerir que las delegaciones examinen las siguientes acciones propuestas y posteriormente concurren con todas o algunas de ellas:

a) Incluir la investigación astronómica, desde tierra y desde el espacio, como una parte fundamental de las actividades espaciales.

b) Señalar a la atención de sus respectivas autoridades gubernamentales los perjuicios creados por la expansión incontrolada de la luz artificial nocturna, no solo para la astronomía sino también, potencialmente, para otros ámbitos.

c) Apoyar la adopción del conjunto de directrices voluntarias sobre mejores prácticas para las constelaciones satelitales situadas en la órbita terrestre baja y para la comunidad astronómica que se describen tanto para la radioastronomía como para la astronomía óptica/infrarroja en los informes del curso práctico y la conferencia.

d) Incluir en el programa de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos un tema titulado “Efectos de las constelaciones satelitales en las instalaciones astronómicas”. El despliegue de constelaciones satelitales evoluciona rápidamente y, en consecuencia, el impacto en la astronomía aumentará, lo cual supondrá nuevas dificultades que tal vez requieran nuevas estrategias de mitigación. El nuevo tema del programa ofrecería un foro adecuado para que las delegaciones presentaran y discutieran su posiciones respectivas sobre la cuestión, así como novedades técnicas y modificaciones del conjunto actual de directrices sobre mejores prácticas. El tema del programa se podría eliminar una vez que la situación hubiera alcanzado un equilibrio satisfactorio.