



Distr. LIMITADA

A/CONF.184/BP/9
26 de mayo de 1998

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

**TERCERA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA EXPLORACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS**

MISIONES CON PEQUEÑOS SATÉLITES

Documento de antecedentes N° 9

Lista completa de los documentos de antecedentes:

1. La Tierra y su medio ambiente en el espacio
2. Actividades de predicción, alerta y acción paliativa en casos de desastre
3. Gestión de los recursos terrestres
4. Sistemas de navegación y localización por satélite
5. Las comunicaciones espaciales y sus aplicaciones
6. La ciencia espacial básica y las investigaciones sobre microgravedad y sus beneficios
7. Aspectos comerciales de la exploración del espacio, comprendidos los beneficios secundarios
8. Sistemas de información para investigación y aplicaciones
9. Misiones con pequeños satélites
10. Enseñanza y capacitación en materia de ciencia y tecnología espaciales
11. Beneficios económicos y sociales
12. Fomento de la cooperación internacional

ÍNDICE

	<i>Párrafos</i>	<i>Página</i>
PREFACIO		2
RESUMEN		4
I. FILOSOFÍA DE LOS PEQUEÑOS SATÉLITES	1-12	5
II. COMPLEMENTARIEDAD DE LAS MISIONES DE GRANDES Y PEQUEÑOS SATÉLITES	13-17	7
III. ALCANCE DE LAS APLICACIONES DE PEQUEÑOS SATÉLITES	18-43	8
A. Telecomunicaciones	19-25	9
B. Observaciones de la Tierra (teleobservación)	26-31	10
C. Investigación científica	32-37	11
D. Demostraciones de tecnología	38-39	12
E. Capacitación académica	40-43	12
IV. POSIBILIDADES DE REALIZAR LANZAMIENTOS DE PEQUEÑOS SATÉLITES A BAJO COSTO	44-53	13
A. Lanzamientos específicos	46-47	13
B. Lanzamientos secundarios/adicionales	48-50	14
C. Formas de obtener acceso al lanzamiento	51-53	14
V. APOYO TERRESTRE A LOS PEQUEÑOS SATÉLITES	54-58	15
VI. BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LOS PEQUEÑOS SATÉLITES	59-66	16
A. Beneficios directos	60	16
B. Beneficios indirectos	61-66	16
VII. COOPERACIÓN INTERNACIONAL A NIVEL REGIONAL Y EN PLANOS SUPERIORES	67-75	17

PREFACIO

La Asamblea General, en su resolución 52/56, convino en que la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III) se celebrara en la Oficina de las Naciones Unidas en Viena del 19 al 30 de julio de 1999 como período extraordinario de sesiones de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, abierto a la participación de todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas.

Los principales objetivos de UNISPACE III serán los siguientes:

- a) Fomentar medios eficaces de utilizar la tecnología espacial para contribuir a solucionar problemas de importancia regional o mundial;
- b) Fortalecer las capacidades de los Estados Miembros, en particular los países en desarrollo, para utilizar las aplicaciones de la investigación espacial con fines de desarrollo económico y cultural.

UNISPACE III también tendrá los siguientes objetivos:

- a) Brindar a los países en desarrollo oportunidades de definir sus necesidades de aplicaciones espaciales para fines de desarrollo;
- b) Examinar formas de acelerar la utilización de aplicaciones espaciales por los Estados Miembros para fomentar el desarrollo sostenible;
- c) Abordar las diversas cuestiones vinculadas con la enseñanza, la capacitación y la asistencia técnica en materia de ciencia y tecnología espaciales;
- d) Proporcionar un foro de suma utilidad para una evaluación crítica de las actividades espaciales y potenciar la sensibilidad entre el público en general en lo referente a los beneficios de la tecnología espacial;
- e) Fortalecer la cooperación internacional en el desarrollo y la utilización de la tecnología espacial y sus aplicaciones.

Como parte de los preparativos de UNISPACE III, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría ha preparado una serie de documentos de antecedentes que brindan a los Estados Miembros participantes en la Conferencia, así como a las reuniones preparatorias regionales, información sobre la situación más reciente y las tendencias de la utilización de las tecnologías vinculadas con el espacio. Los documentos se han preparado basándose en las aportaciones de organizaciones internacionales, organismos espaciales y expertos de todo el mundo. Se ha publicado una serie de 12 documentos de antecedentes complementarios que deben consultarse en su conjunto.

Los Estados Miembros, las organizaciones internacionales y las industrias espaciales que tengan proyectado asistir a UNISPACE III deberían examinar el contenido del presente documento, en particular al decidir acerca de la composición de su delegación y al formular aportaciones a la labor de la Conferencia.

En la preparación del presente documento de antecedentes se han utilizado contribuciones de las siguientes organizaciones: *Centre national d'études spatiales* de Francia; *Centre royal de télédétection spatiale* de Marruecos; Agencia Espacial Europea; Academia Internacional de Astronáutica; Subcomisión sobre pequeños satélites para países en desarrollo; Instituto Coreano de Altos Estudios Científicos y Tecnológicos; *Surrey Satellite Technology Ltd.*, con sede en la Universidad de Surrey (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte) y Organización Meteorológica Mundial.

Se reconoce con agradecimiento la ayuda prestada por M.J. Rycroft (Universidad Internacional del Espacio, Estrasburgo (Francia) y Universidad de Cambridge (Reino Unido)) en calidad de editor técnico de los documentos de antecedentes 1 a 10 (A/CONF.184/BP/1 a 10).

RESUMEN

Los pequeños satélites ofrecen la posibilidad de realizar interesantes misiones con tecnologías actuales y en curso de elaboración en todas las esferas de la ciencia y las aplicaciones, así como de las demostraciones de tecnología, la enseñanza y la capacitación. Esto no se aplica únicamente a los países industrializados que ya cuentan con programas espaciales, sino también es particularmente importante para los países en desarrollo y los países con una tecnología espacial incipiente, que pueden así tener acceso a misiones, aplicaciones espaciales y a tecnologías derivadas. Por su fase de preparación más corta, así como por la disminución inherente de los costos de lanzamiento gracias al menor tamaño y masa de los vehículos espaciales y a sus proporciones más manejables, los pequeños satélites constituyen un valioso medio para fomentar y establecer un núcleo nacional de especialización en materia de tecnología espacial y atender a las necesidades de todos los países para que puedan tener acceso a nuevas misiones

Los pequeños satélites han aumentado considerablemente la gama de las misiones espaciales posibles, con lo que se ha reducido el umbral del costo de acceso al espacio para los países que se inician en la tecnología espacial. Si bien los pequeños satélites no son una solución para todo tipo de misiones, ofrecen la posibilidad de realizar ambiciosos experimentos científicos y aplicaciones como complemento de misiones en gran escala. Sus capacidades aumentan a medida que se perfeccionan los procesadores y sensores electrónicos.

Los pequeños satélites pueden fabricarse en el marco de la cooperación internacional, ya sea a nivel regional o en planos superiores. Los programas de cooperación ofrecen también a ingenieros y científicos oportunidades de capacitación en materia de diseño, producción y operaciones de satélites. Las misiones de pequeños satélites son especialmente interesantes para las "incipientes potencias espaciales", es decir, países con una base de conocimientos técnicos y alguna experiencia espacial que tratan de realizar ese tipo de misiones a fin de explotar las nuevas posibilidades económicas que ofrecen.

En el presente documento se examinan la filosofía y las funciones de los microsátélites y los pequeños satélites, así como los aspectos económicos de los proyectos relacionados con pequeños satélites, el papel que cabe a las instituciones de enseñanza e investigación y al sector comercial, y las posibilidades de cooperación en los planos regional e internacional.

I. FILOSOFÍA DE LOS PEQUEÑOS SATÉLITES

1. En los primeros tiempos de la exploración del espacio, la mayoría de las misiones espaciales eran pequeñas, principalmente debido a la limitada capacidad de lanzamiento. A medida que los vehículos de lanzamiento fueron aumentando de tamaño, también crecieron los satélites. Sin embargo, no debe olvidarse que gracias a esos primeros satélites pequeños se produjo un increíble auge de los conocimientos humanos. A medida que se ampliaban los proyectos, especialmente los de carácter científico, se generalizó de la comunidad espacial mundial la preocupación por la gradual disminución de las oportunidades de vuelo ofrecidas a las distintas disciplinas y el creciente costo de misiones cada vez más complejas y menos flexibles (debido a su largo período de preparación, por ejemplo).
2. En consecuencia, la comunidad espacial propugnó la necesidad de volver a las misiones de menor envergadura, tendencia que se reforzó al reducirse los presupuestos espaciales. No obstante, el regreso a las misiones con pequeños satélites también se debió a los adelantos de la tecnología. Así pues, fue posible fabricar pequeños satélites que no sólo proporcionaban importantes beneficios científicos, sino también permitían realizar aplicaciones completamente nuevas en las esferas de la teleobservación, la vigilancia del medio ambiente y las comunicaciones.
3. No existe una definición universalmente aceptada de “pequeño satélite”. Por lo general, se adopta un límite superior de unos 1.000 kilogramos. Por debajo de ese límite, los satélites de más de 100 kilogramos suelen denominarse “minisatélites”, los de 10 a 100 kilogramos “microsatélites”, y los de menos de 10 kilogramos, “nanosatélites”. En la Universidad de Surrey (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte) los satélites cuya masa oscila de 500 a 1.000 kilogramos se denominan “pequeños” y los que tienen una masa de 100 a 500 kilogramos, “minisatélites”. La Agencia Espacial Europea (ESA) considera generalmente que los satélites de 350 a 700 kilogramos son “pequeños”, los de 80 a 350 kilogramos son “minisatélites” y los de 50 a 80 kilogramos son “microsatélites”. El costo de diseño y fabricación de un minisatélite típico se sitúa entre 5 millones y 20 millones de dólares EE.UU., el de un microsatélite entre 2 millones y 5 millones de dólares y el de un nanosatélite podría ser inferior a un millón de dólares. En el presente documento se utiliza el término genérico “pequeño satélite” para referirse a un vehículo espacial de menos de 1.000 kilogramos.
4. La filosofía en que se basan las misiones espaciales con pequeños satélites se centra fundamentalmente en el concepto de diseño en función del costo, con estrictas restricciones en cuanto a gastos y calendario y, en la medida de lo posible, con un único objetivo asignado a la misión. Esta filosofía se apoya en las cuatro tendencias que se indican a continuación.

Miniaturización electrónica y aumento del rendimiento

5. Como resultado del perfeccionamiento de la tecnología electrónica, muchos de los objetos que utilizamos en la vida cotidiana (desde computadoras hasta cámaras de vídeo, teléfonos portátiles, radios y relojes) se han vuelto más pequeños, más eficientes y generalmente más baratos. Lo mismo puede decirse de todo equipo de satélite basado en la electrónica y los programas informáticos. Los dispositivos destinados al mercado de consumo masivo impulsan el adelanto tecnológico. En los vuelos de misiones pequeñas se han utilizado con éxito memorias de almacenamiento masivo y procesadores no homologados para aplicaciones espaciales más poderosas que sus equivalentes homologados. Las tecnologías de micromaquinado han permitido reemplazar los voluminosos sensores electromecánicos, como los acelerómetros, por sensores semiconductores de muy baja masa y escaso volumen.

Aparición de los vehículos de lanzamiento pequeños

6. La masa de los satélites geoestacionarios de telecomunicaciones ha aumentado debido a la necesidad de dotarlos de un ciclo operacional más largo, más potencia y un mayor número de canales. Por consiguiente, los vehículos de lanzamiento también han aumentado de volumen; el rendimiento adicional ha permitido realizar lanzamientos dobles de satélites de telecomunicaciones y ha sido necesario para prestar apoyo a las misiones

tripuladas. Esta mayor capacidad ha redundado en misiones científicas de creciente envergadura, con algunos beneficios en términos de economías de escala pero con el inconveniente de que esas misiones grandes y costosas requieren mucho más tiempo para obtener financiación y una compleja coordinación de las divergentes exigencias que plantean los distintos instrumentos. Para contrarrestar esa tendencia, a fines del decenio de 1980 los Estados Unidos de América apoyaron la producción comercial de nuevos vehículos de lanzamiento pequeños (que entraron en fase operacional a mediados del decenio de 1990). En la actualidad también se están utilizando con éxito vehículos de lanzamiento comerciales generalmente más pequeños y baratos para crear “constelaciones” de pequeños satélites de comunicaciones en órbitas terrestres bajas. La Federación de Rusia ha promovido la utilización de misiles militares modificados para lanzar pequeños satélites y podría llegar a ejercer una gran influencia en el mercado de los pequeños satélites debido a la alta fiabilidad, amplias existencias y bajo costo de estos vehículos de lanzamiento. Europa, con su vehículo de lanzamiento Ariane, está desempeñando un importante papel gracias a una plataforma especial dedicada al lanzamiento de microsátélites (véase el párrafo 50).

Independencia

7. Como forma asequible de poner sus propios satélites en órbita, las nuevas “potencias espaciales” a menudo recurren al lanzamiento de un pequeño satélite equipado con un solo instrumento y un objetivo específico. Gracias a los pequeños satélites, los países también pueden adquirir capacidades completamente independientes en materia de comunicaciones, observación de la Tierra o defensa a un costo bastante bajo a fin de evitar una total dependencia de los países con mayor potencia espacial. Incluso si el rendimiento de los pequeños satélites no puede alcanzar el de los satélites más grandes en todos los aspectos, ofrecen al país que los explota la considerable ventaja de que están bajo su control directo.

Complejidad de las misiones y costo de los satélites equipados con instrumentos múltiples

8. El mayor costo y complejidad de las misiones científicas tradicionales ha causado un aumento paralelo de las restricciones y los niveles de gestión relacionados con ellas. Se han aplicado reglamentaciones cada vez más estrictas para proteger la inversión que impiden la utilización de las tecnologías más avanzadas. Ello ha dado lugar a que los usuarios finales tengan menos control de la misión y deban esperar más por los resultados. Las plataformas de misiones pequeñas permiten realizar demostraciones de vuelo y homologaciones de nuevos equipos, sensores y sistemas de manera económica y rápida con valiosos resultados.

9. Así pues, en el decenio de 1990 se ha expresado creciente interés por volver a utilizar satélites pequeños, los cuales pueden lanzarse algunos años después de la puesta en marcha del programa. Este concepto de misiones pequeñas también fue adoptado por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América, con su enfoque basado en el lema “más rápido, mejor y más barato”. Las misiones científicas de exploraciones cercanas a la Tierra y planetarias se realizan en la actualidad conforme a ese concepto: varios vehículos espaciales de la nueva generación ya han sido lanzados y están funcionando satisfactoriamente. Paralelamente a esas nuevas misiones en menor escala, se ha limitado también el grado de supervisión por el cliente, lo que a su vez ha redundado en mayores reducciones de los costos, aunque es necesario seguir manteniendo el nivel de calidad del producto a fin de garantizar el éxito de la misión.

10. Un excelente ejemplo es el programa del Instituto de Ciencias Espaciales y Astronáuticas (ICEA) del Japón, donde la mayoría, si no la totalidad, de los vehículos espaciales científicos han sido de tipo pequeño y han proporcionado valiosos beneficios para la ciencia así como en la esfera de la exploración lunar y de los cometas. La reducción del tamaño de los satélites ya es un hecho actualmente en las misiones de observación de la Tierra con objetivos más específicos, cuyos instrumentos más pequeños y menos numerosos permiten prestar servicios completos a grupos especializados o nacionales de usuarios, junto con los satélites más grandes de teleobservación terrestre (LANDSAT), los satélites del tipo Envisat y Operacional Meteorológico (MetOp) de la ESA o el Système pour l'observation de la Terre (SPOT).

11. Si bien la mayoría de estas nuevas misiones obedecen a la reducción mundial de los presupuestos espaciales, sigue siendo posible si se aprovechan al máximo los adelantos tecnológicos, como la miniaturización de los elementos de ingeniería y el desarrollo de microtecnologías de sensores e instrumentos aptos para misiones de observación de la Tierra y científica con objetivos concretos y en pequeña escala. Si se lleva hasta sus últimas consecuencias, el proceso de miniaturización conduce a la integración de sistemas microelectromecánicos en los que se utiliza la microelectrónica para el procesamiento de datos, el acondicionamiento de señales, el acondicionamiento de la potencia y las comunicaciones, o sea, al concepto de microinstrumento integrado para aplicaciones específicas. Las evaluaciones iniciales de las microtecnologías y las nanotecnologías han dado lugar incluso al concepto de nanosatélites con dimensiones de unos pocos centímetros y masas de tan sólo algunos kilogramos, contruidos apilando microinstrumentos integrados del tamaño de obleas para aplicaciones específicas, con antenas y células solares en la superficie exterior.

12. Por consiguiente, los vehículos espaciales pequeños no son sinónimo de tecnología barata y corta vida útil: por el contrario, pueden suponer una tecnología muy avanzada que ofrezca una mayor masa de carga útil en relación con la masa total del vehículo espacial. De hecho, los pequeños satélites, incluso con la tecnología actual, permiten realizar valiosas misiones, para la ciencia y las aplicaciones de la tecnología, así como para la enseñanza y la capacitación. Junto con un período de producción más corto y la inherente disminución de los costos de lanzamiento gracias a una menor dimensión y masa, el concepto de pequeño satélite ha pasado a ser una solución ventajosa para satisfacer las necesidades de las nuevas misiones. Ello es particularmente importante para los países en desarrollo, pues les brinda la oportunidad de tener acceso a misiones y aplicaciones espaciales y a las tecnologías pertinentes.

II. COMPLEMENTARIEDAD DE LAS MISIONES DE GRANDES Y PEQUEÑOS SATÉLITES

13. Las misiones de pequeños satélites no reemplazan a las misiones de satélites grandes, dado que sus objetivos y esferas de actividad suelen ser diferentes. Las pequeñas misiones complementan las misiones de mayor envergadura. Al desarrollar nuevas metodologías y técnicas, los pequeños satélites pueden propiciar adelantos innovadores en experimentos y tecnologías que más adelante se aprovecharán en misiones de mayor alcance.

14. Los pequeños satélites tienen varias ventajas con respecto a los satélites de mayor volumen, tanto para los países grandes como para los chicos: oportunidades de realizar misiones más frecuentes y variadas; expansión más rápida de la base de conocimientos técnicos; mayor participación de la industria local; y mayor diversificación de los posibles usuarios.

15. Desde luego, todos los problemas no admiten necesariamente la misma solución. Existen, por ejemplo, razones bien fundadas para el aumento de la masa de los satélites geoestacionarios: el número de posiciones disponibles en la órbita geoestacionaria es limitado y una vida útil más prolongada significa un mayor rendimiento de la inversión. En general, la relación entre los satélites pequeños y grandes es similar a la que existe entre los microprocesadores y las computadoras centrales. Algunos problemas se resuelven mejor mediante sistemas dispersos, por ejemplo, constelaciones de microsátélites o de pequeños satélites (normalmente para cobertura mundial), mientras que otros tal vez requieran sistemas centralizados (es decir, un gran instrumento óptico, como un telescopio espacial, o un sistema de comunicaciones de transmisión directa de alta potencia).

16. Para que sean asequibles, los pequeños satélites requieren un enfoque muy diferente en cuanto a la gestión y a la tecnología, si han de alcanzarse los objetivos de costo, rendimiento y ejecución. Varios intentos de recurrir a una organización aeroespacial tradicional para producir satélites de este tipo han fracasado debido a la rigidez de la estructura de gestión y a una mentalidad conservadora. Es fundamental contar con equipos pequeños (de 25 personas) que trabajen en estrecha proximidad con buenas comunicaciones y personal de gestión informado y atento a las necesidades que surjan. Estas características suelen encontrarse en pequeñas empresas o equipos de investigación antes que en grandes organizaciones aeroespaciales, donde puede ser difícil adoptar o modificar los

procedimientos necesarios para producir pequeños satélites asequibles con personal y estructuras destinados a grandes proyectos aeroespaciales.

17. Concretamente, para tener éxito, un proyecto con pequeños satélites requiere:
- a) Personal técnico altamente innovador;
 - b) Equipos pequeños y motivados;
 - c) Responsabilidad personal, rigor y calidad;
 - d) Buenas comunicaciones de equipo, estrecha proximidad;
 - e) Clara definición de los objetivos y las restricciones de la misión;
 - f) Uso informado de componentes modernos;
 - g) Estructura sistémica de múltiples niveles y fácil readaptación en caso de fallo;
 - h) Ensayo cuidadoso tanto de los componentes como del sistema en su conjunto;
 - i) Gestión competente del proyecto desde el punto de vista técnico;
 - j) Plazo breve (para impedir una posible escalada de los objetivos).

III. ALCANCE DE LAS APLICACIONES DE PEQUEÑOS SATÉLITES

18. Diversas aplicaciones de la tecnología espacial, en particular las que utilizan pequeños satélites, permiten abordar problemas económicos y sociales. Esas necesidades directas pueden clasificarse por su situación geográfica, por el tipo de servicios y productos o por el tipo de aplicaciones. En la actualidad se suele centrar la atención en problemas como las comunicaciones o la vigilancia de zonas remotas, el aprovechamiento de tierras agrícolas y la protección del medio ambiente. Además de las necesidades directas, también es importante comprender que los pequeños satélites pueden proporcionar la mejor manera de ensayar y validar nuevas tecnologías. Por último, el tema de la capacitación académica requiere especial atención, dado que los pequeños satélites pueden desempeñar un importante papel a ese respecto, particularmente para los países en desarrollo.

A. Telecomunicaciones

19. El tema de las telecomunicaciones tiene muchas aplicaciones espaciales. A los efectos del presente documento, el examen de este tema se limitará a las comunicaciones remotas y móviles (incluidos mensajería, correo electrónico y localización) utilizando pequeños satélites en órbitas terrestres bajas.

20. La utilización de sistemas de comunicaciones en órbita terrestre baja permite prestar muchos servicios, como comunicaciones entre un terminal portátil, similar al que se emplea en las comunicaciones por teléfono celular, y un teléfono normal de la red fija de telecomunicaciones existente. En ese caso, ambos usuarios pueden estar situados en cualquier parte del territorio, lo que supone una ventaja considerable en zonas remotas o en regiones que carecen de infraestructura de comunicaciones. Por otra parte, también pueden establecerse las comunicaciones entre un usuario móvil y un usuario de un sistema de red fija en cualquier parte del mundo. En este caso, la conexión final se establece por conducto del sistema de la red existente.

21. La utilización de plataformas de reunión de datos automáticas, junto con las características de emisión y recepción de las comunicaciones en órbita terrestre baja, permite instalar una red de reunión de datos capaz de garantizar una amplia cobertura y prestar servicios en tiempo real. Además, el sistema de comunicaciones en órbita terrestre baja puede localizar a cualquier usuario de un terminal móvil. La exactitud de la ubicación, dentro de un radio de 100 metros, es suficiente para la mayoría de las aplicaciones. El terminal móvil de comunicaciones en órbita terrestre baja también puede acoplarse a una máquina de facsímil para la transmisión de datos gráficos. De este modo se podrá, por ejemplo, enviar un facsímil de un electrocardiograma cuando se presente una emergencia médica en una zona remota.

22. La telemedicina es una aplicación que aumentará la eficiencia de los servicios médicos al permitir la transmisión directa de la información obtenida a través de sensores sencillos y baratos a unidades de procesamiento complejas de grandes centros médicos donde podrán interpretarla adecuadamente médicos especializados. Así pues, será posible ofrecer a zonas pobres y subdesarrolladas servicios de emergencia potentes y eficaces que permitirán salvar muchas vidas y evitar el desplazamiento innecesario de los pacientes. El proyecto *HealthNet* es un excelente ejemplo de aplicación de la telemedicina: se emplea un microsatélite de 60 kilogramos (*HealthSat*) en órbita terrestre baja para retransmitir información y datos médicos entre varios países africanos y América del Norte.

23. Para garantizar una mayor inmunidad a una caída de las comunicaciones en casos de desastre, las comunicaciones móviles también pueden desempeñar un importante papel cuando ocurra un desastre natural de grandes proporciones: la ayuda deberá llegar a las víctimas del desastre más rápidamente que por otros medios y las comunicaciones móviles proporcionarán apoyo logístico a los equipos de rescate.

24. Las comunicaciones en órbita terrestre baja podrían representar la solución a los problemas de comunicación de grandes zonas remotas de países en desarrollo. Es necesario concentrar los esfuerzos en esa dirección en un momento en que los sistemas de comunicaciones de órbita terrestre baja que se proponen actualmente están orientados hacia el vasto sofisticado mercado de los países desarrollados. El costo para los usuarios finales puede ser poco realista para las zonas remotas de países en desarrollo, por lo que deberían esforzarse al máximo por definir debidamente sus necesidades. A su vez, ello contribuirá al proceso de coordinación y reglamentación internacionales del espectro de radiofrecuencias. Por su propia naturaleza, estas misiones pasan a ser un importante factor en el empeño de poner los beneficios de la educación y el desarrollo social al alcance de todos.

25. Un ejemplo de ese tipo de misión especializada para países en desarrollo es el proyecto ECO-8, concebido originalmente por el Brasil. Dado que la mayor parte de este país está situada en la zona tropical, los especialistas brasileños cayeron en la cuenta de que las órbitas de baja inclinación serían apropiadas para satisfacer sus necesidades. Esto significa que en lugar de un gran número de satélites, como los utilizados en los programas Iridium (66) o Globalstar (48), bastaría con sólo ocho (o posiblemente doce) satélites para prestar el servicio. Este sistema mucho más económico también podría interesar a otros países tropicales.

B. Observaciones de la Tierra (teleobservación)

26. Las aplicaciones de observación de la Tierra examinadas en esta parte abarcan los diversos aspectos relacionados con la reunión de datos y la elaboración de imágenes. En cuanto a las telecomunicaciones, la observación de la Tierra puede analizarse desde diferentes puntos de vista. Teniendo en cuenta las características especiales de cada país, es posible concebir toda una gama de eventuales aplicaciones singulares. De cualquier modo, los pequeños satélites de bajo costo ofrecen actualmente la posibilidad de establecer a un costo asequible redes integradas por múltiples satélites de observación de la Tierra para reducir los intervalos de observación de entre 10 y 20 días a unas 12 horas en cualquier parte de la superficie terrestre.

27. Muchos países han podido aprovechar desde un principio los beneficios de la teleobservación por satélite, pero aún les queda mucho por hacer para acrecentar al máximo los beneficios que pueden obtener de las capacidades que

poseen. No obstante, existen necesidades particulares en los planos nacional y regional que exigen soluciones nuevas. Por ejemplo, el Brasil y la República de Corea, ya están desarrollando nuevos programas de satélites para atender a sus necesidades concretas. América Latina, el Asia sudoriental y otras regiones en desarrollo requieren capacidades especiales relacionadas con parámetros de sensores, como bandas espectrales específicas, resolución espacial, resolución en tiempo, costo de la imagen, autonomía y nivel de inversión en equipo terrestre, así como los conocimientos especializados necesarios para su utilización.

28. Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, el desarrollo sostenido y la diversificación biológica fueron expresiones mencionadas y defendidas en todos los discursos pronunciados por los Jefes de Estado. Un desarrollo sostenido y cuidadoso sólo podrá darse si se adoptan localmente medidas adecuadas de vigilancia y control de la utilización de los recursos naturales. Si obtiene información de carácter periódico, global y permanente sobre sus recursos como la que puede proporcionar, por ejemplo, un pequeño satélite especializado, un país puede planificar su política a más largo plazo. Así pues, las teleobservaciones desde satélites y la distribución de los datos de teleobservación deberían ayudar a frenar el agotamiento de los recursos naturales, incluidas las selvas fluviales. También es importante para el desarrollo sostenido tener en cuenta la logística necesaria para apoyar los asentamientos y el empleo.

29. La teleobservación, con estaciones terrestres portátiles y sistemas espaciales de bajo costo, desempeña una importante función en este sentido. Una de las principales características del sistema espacial es la posibilidad de enlace descendente directo con un gran número de estaciones terrestres pequeñas, lo que permite eliminar la necesidad de contar con un sistema centralizado de procesamiento y distribución. Las ventajas son el acceso a las observaciones en tiempo real, la conveniencia de trabajar con bases de datos más pequeñas y una mayor facilidad para distribuir la información, incluso en zonas que no están bien atendidas por los sistemas de comunicaciones. En algunos casos -incendios de bosques y malezas, contaminación, pesca y tormentas- la vigilancia en tiempo real y la descentralización son condiciones imprescindibles. En la esfera de la prevención de desastres hay una evidente demanda de pronósticos de terremotos, sistemas de detección temprana de tormentas tropicales y previsiones de actividad volcánica. En esas esferas cabe realizar actividades científicas y de diseño de sistemas.

30. Las actuales constelaciones de satélites meteorológicos geoestacionarios y en órbita polar permiten compartir los gastos comunes y obtener una sinergia entre los sensores (datos simultáneos sobre una zona determinada). Los adelantos en las tecnologías de sensores, en particular los nuevos tipos de detectores de microondas activos y pasivos, permiten considerar la posibilidad de utilizar pequeños satélites con una carga útil y una misión específicas. En el futuro próximo, las misiones de pequeños satélites podrán llevarse a cabo con un solo instrumento. Una constelación de este tipo presenta muchas ventajas como, por ejemplo, una menor vulnerabilidad al reducirse la posibilidad de un fallo puntual simple.

31. Otra filosofía que proponen algunas organizaciones privadas es la comercialización, en virtud de la cual el sector privado asumiría la función de construir, lanzar y explotar satélites de vigilancia del medio ambiente. Diversas organizaciones, como los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales, podrían adquirir los datos científicos obtenidos de esa forma.

C. Investigación científica

32. Una de las principales ventajas de los proyectos científicos con pequeños satélites es la posibilidad de efectuar mediciones simultáneas de parámetros físicos desde diferentes puntos del espacio. El concepto de un satélite grande (principal) y un subsatélite pequeño (secundario) se ha aplicado con éxito para separar los componentes de tiempo y espacio de las variaciones de los parámetros geofísicos en el marco de los proyectos internacionales Aktivny, Apex e Interball. Los subsatélites Magion de fabricación checa de unos 50 kilogramos de masa lograron, desde una distancia controlada, complementar los datos reunidos por el satélite principal. Hay muchos programas científicos de cooperación en curso en la esfera de la física del plasma solar y espacial que ilustran esta ventaja de los pequeños

satélites en cuanto a proporcionar apoyo para realizar mediciones de diversos fenómenos desde puntos múltiples, en particular en el marco del Programa Internacional de Física Solar-Terrestre en el que participan el Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO) de la ESA, *Wind and Polar* (NASA), Geotail (ICEA) y el futuro Cluster 2 (ESA). Por supuesto, no todos los componentes de los proyectos se relacionan con pequeños satélites (por ejemplo, SOHO).

33. Entre los pequeños satélites científicos de países en desarrollo cabe citar el FASat (Chile) para la vigilancia del agotamiento de la capa de ozono y el proyecto KITSAT de la República de Corea, en el que se utiliza un instrumento para vigilar las partículas atrapadas por factores geomagnéticos.

34. Durante el último decenio se han realizado progresos considerables en la comprensión del comportamiento global de las regiones de la atmósfera superior y su relación con el medio interplanetario. No obstante, esos estudios se han concentrado principalmente en el hemisferio norte de la Tierra. Por consiguiente, parece sumamente aconsejable que los países en desarrollo, que en muchos casos están situados en el hemisferio sur -y en particular en la zona tropical- se unan al esfuerzo mundial por mejorar el conocimiento de su propio medio ambiente espacial. No tiene sentido que estudios ambientales tan importantes, que se hacen en beneficio de toda la humanidad, se limiten al hemisferio norte de la Tierra. Los países del hemisferio sur cuentan por cierto con los recursos humanos, los conocimientos especializados y la motivación necesarios para realizar tales estudios.

35. Como consecuencia de la relativa falta de estudios sobre ciencias espaciales en el hemisferio sur, no se comprenden de una manera adecuada varios fenómenos naturales que ocurren en la atmósfera superior en la zona tropical y del hemisferio sur. Cabe citar como ejemplo los agotamientos del plasma ionosférico, o burbujas, que se registran sobre el sector sudamericano y cuyas repercusiones en las radiocomunicaciones son más fuertes que en ningún otro sector de baja latitud del globo, o la anomalía geomagnética que se observa en el Atlántico Sur, con sus grandes flujos de precipitación de partículas cargadas de energía desde el cinturón interior de radiación de Van Allen, que provocan graves daños físicos o incluso la destrucción total de ciertos instrumentos de los satélites (como sensores, células solares o dispositivos fotométricos).

36. El hemisferio sur es también una región importante para los estudios en la esfera de la astrofísica, especialmente sobre regiones del cielo a las que no se puede acceder directamente desde el hemisferio norte; muchos países en desarrollo situados en el hemisferio sur han emprendido estudios astrofísicos en los últimos decenios. Los satélites podrían constituir un medio importante de complementar los estudios hechos en tierra hasta la fecha por países en desarrollo, así como una orientación de los estudios futuros.

37. Entre los ejemplos recientes de misiones planetarias con pequeños satélites figuran los programas sumamente innovadores *Discovery* y *New Millennium* de los Estados Unidos, que han dado resultados muy positivos, las misiones planetarias y lunares realizadas por el ICEA del Japón y la propuesta de minisatélite lunar de bajo costo de la Universidad de Surrey. Estas misiones prueban las considerables ventajas de estos nuevos enfoques, que cabe incluir en la categoría de programas "más rápidos, mejores y más baratos".

D. Demostraciones de tecnología

38. La demostración de tecnología es una aplicación evidente de los pequeños satélites, los cuales constituyen un medio conveniente y económico de demostrar, verificar y evaluar nuevas tecnologías o servicios en un entorno orbital realista y con riesgos aceptables antes de adoptar esas tecnologías o servicios en misiones más costosas de gran envergadura. Como ejemplos de tales demostraciones cabe citar las realizadas por los programas *Discovery* y *New Millennium* de la NASA, la clase de satélites japoneses Hypersat y el Proyecto para Autonomía a Bordo (PROBA) de la ESA. El *Centre national d'études spatiales* (CNES) de Francia está elaborando una plataforma universal llamada Proteus, para diversas aplicaciones de las investigaciones espaciales, la teleobservación y las telecomunicaciones, así como para demostraciones de tecnología. El CNES está desarrollando asimismo una familia de microsátélites (de 100 kilogramos) para misiones de tecnología, ciencia y aplicaciones espaciales.

39. El programa *Discovery* de la NASA es un ejemplo típico de misión destinada a demostrar tecnologías para la exploración del sistema solar (Lunar Prospector, Mars Pathfinder, NEAR). Si bien este programa es conocido debido al tipo de misión de que se trata y a la cobertura de los medios de información, se han llevado a cabo con éxito otras misiones, gracias a las cuales se han podido reunir valiosos datos sobre el comportamiento del material y el equipo en el medio ambiente espacial, particularmente en el entorno de radiaciones peligrosas de la órbita terrestre baja o incluso en la órbita geostacionaria de transferencia. Cabe citar como ejemplo los satélites del Reino Unido equipados de vehículos para fines de tecnología e investigaciones espaciales.

E. Capacitación académica

40. La expansión de la industria espacial y las numerosas organizaciones científicas y de servicios conexas requieren un caudal permanente de jóvenes ingenieros y científicos competentes, capacitados y entusiastas para hacer frente a los retos del futuro. Por cierto, los países que se inician en la tecnología espacial y desean dar sus primeros pasos en el espacio también necesitan aprender de los países que ya poseen experiencia en esa esfera y disponer de un cuadro de personal capacitado antes de establecer sus propios organismos nacionales y su presencia en el espacio. Se han llevado a cabo con mucho éxito programas de capacitación y transferencia de tecnología con pequeños satélites entre el Reino Unido y Chile, Malasia, el Pakistán, Portugal, la República de Corea, Sudáfrica y Tailandia.

41. Si bien los pequeños satélites son físicamente de poco tamaño, son vehículos complejos que presentan prácticamente todas las características de un satélite grande. Esto hace que sean especialmente adecuados para centrar en ellos la educación y la capacitación de científicos e ingenieros, dado que proporcionan un medio de adquirir experiencia directa y práctica en todas las etapas y todos los aspectos (tanto técnicos como de gestión) de una misión de satélite real, desde el diseño, la producción, el ensayo y el lanzamiento hasta el funcionamiento en órbita. La educación en materia de tecnología espacial reviste gran importancia en muchas partes del mundo.

42. Las universidades y escuelas de ingeniería de varios países, concretamente en Europa, ya han desarrollado, lanzado y explorado sus propios satélites pequeños. Otros países han puesto en marcha ese proceso, como el Japón (donde ha adoptado la forma de un concurso entre estudiantes), en Sudáfrica y en los Estados Unidos (en el marco del programa de la misión Explorer (UNIX) de la Oficina de la Universidad del Espacio de la NASA). Un entorno universitario es el lugar ideal para comenzar las actividades espaciales. De ese modo, los beneficios que generalmente se derivan de un programa espacial, a saber, la adquisición de tecnología y el desarrollo de una organización industrial y de métodos de gestión, empezarán a acumularse a nivel nacional a medida que los estudiantes se gradúen de la universidad e inicien su vida profesional.

43. Las ventajas en cuanto a economía, breve período de preparación y proporciones manejables hacen este enfoque especialmente interesante para los países que desean desarrollar y establecer una base nacional de conocimientos especializados en materia de tecnología espacial. Pueden formularse programas estrictamente nacionales, pero por lo general se trata de programas de cooperación con un contenido de transferencia de tecnología. Estos programas constan normalmente de enseñanza académica, capacitación en el trabajo y cooperación con respecto al satélite y la estación terrestre, y apoyo para la explotación del satélite.

IV. POSIBILIDADES DE REALIZAR LANZAMIENTOS DE PEQUEÑOS SATÉLITES A BAJO COSTO

44. El acceso económico al espacio es una capacidad facilitadora esencial, en particular para los países en desarrollo que cuentan con recursos limitados para ampliar sus actividades espaciales iniciales. Entre las modalidades de lanzamiento de pequeños satélites figuran el lanzamiento desde un vehículo de lanzamiento no recuperable especialmente concebido para ese lanzamiento; el lanzamiento como satélite secundario o adicional desde un vehículo

de lanzamiento grande no recuperable; el lanzamiento junto con otro vehículo espacial en una misión doble desde un único vehículo de lanzamiento no recuperable; y el lanzamiento realizado mediante uno de los servicios de pequeños satélites ofrecidos por el Transbordador Espacial (compartimientos del espacio de carga útil denominados “contenedores especiales”).

45. La elección de una de estas modalidades entraña una evaluación de las condiciones particulares de la misión frente a las capacidades, costos y limitaciones de las opciones de lanzamiento. Las consideraciones más importantes son la flexibilidad en cuanto a la fecha de lanzamiento y la órbita (en el caso de un lanzamiento compartido) y el valor del vehículo espacial. Una segunda consideración ha de ser el expediente de fiabilidad o el historial de vuelo del posible vehículo de lanzamiento. Los explotadores que organizan lanzamientos de una serie de cargas útiles de bajo costo tal vez estén dispuestos a correr el riesgo de utilizar un nuevo vehículo de lanzamiento más barato pero sin fiabilidad demostrada. Una vez que se ha seleccionado un determinado vehículo, es posible que la nave espacial con su carga útil requiera algunas modificaciones si ha de lanzarse desde un vehículo que no sea el previsto en el diseño original.

A. Lanzamientos específicos

46. Durante los últimos 30 años, muchos países han invertido en la creación de una capacidad autóctona en materia de vehículos de lanzamiento a fin de aprovechar los beneficios del lucrativo mercado comercial o fortalecer sus propios programas de defensa civil y nacional. A raíz de la expansión comercial y de los adelantos en las tecnologías conexas, se están estableciendo políticas y programas espaciales a nivel internacional. La actividad empresarial y comercial se ha concentrado en los últimos años en la categoría de pequeños vehículos de lanzamiento no recuperables, tanto en los Estados Unidos como en el extranjero (incluidos vehículos de lanzamiento aerotransportados como Pegasus). Además, los misiles intercontinentales de largo alcance de los arsenales militares de las superpotencias rivales de la guerra fría están disponibles actualmente para lanzamientos espaciales civiles.

47. El costo específico de los pequeños vehículos de lanzamiento por kilogramo en órbita es superior al de los vehículos de lanzamiento más grandes, pero su costo absoluto es muy inferior. Algunos explotadores también ofrecen precios más bajos por sus servicios de lanzamiento, especialmente desde vehículos de lanzamiento de reciente introducción (el pasaje en un vuelo de prueba podría incluso ser gratuito). Los pequeños vehículos de lanzamiento no recuperables pueden lanzar cargas útiles de 25 a 1.500 kilogramos a la órbita terrestre baja. El lanzamiento de dos o más pequeños satélites desde el mismo vehículo de lanzamiento no recuperable (“doble manifiesto”) es una alternativa viable (véase el párrafo 50).

B. Lanzamientos secundarios/adicionales

48. En un esfuerzo por reducir el costo del acceso al espacio y aprovechar el excedente de la capacidad de rendimiento, a los fabricantes de los vehículos de lanzamiento no recuperables de mayor tamaño les compensa ofrecer a los explotadores de pequeñas cargas útiles la opción de llevarlas a bordo como carga útil secundaria o adicional en misiones en las que la carga útil principal no utilice la capacidad del vehículo en su totalidad. Estas posibilidades se han aprovechado en algunos de los lanzamientos Delta de los Estados Unidos y en los vehículos de lanzamiento Soyuz y Tsiklon de la Federación de Rusia en combinación con cargas útiles principales de los satélites Resurs y Meteor. El calendario de lanzamiento y la fiabilidad de la carga útil principal no se ven afectados por la carga útil acompañante y de este modo se proporciona al propietario de la pequeña carga útil una alternativa potencialmente eficaz en función de los costos frente a la compra de un pequeño vehículo de lanzamiento especializado no recuperable.

49. No obstante, las oportunidades de lanzamiento de una carga útil adicional en la órbita terrestre baja son relativamente poco frecuentes y el usuario principal es quien dicta los parámetros y el calendario de la misión. Cabe esperar que los lanzamientos múltiples en las órbitas terrestres mediana y baja que requieren las nuevas

constelaciones de telecomunicaciones proporcionen mayores oportunidades de lanzamiento de cargas útiles adicionales en el futuro.

50. Para el vehículo de lanzamiento europeo Ariane 4 se ha creado una estructura de apoyo especial, la estructura Ariane para cargas útiles auxiliares (ASAP), capaz de lanzar varios satélites pequeños simultáneamente. La masa de cada uno de esos satélites (cuyo número puede llegar hasta un máximo de siete por lanzamiento) se limita a 50 kilogramos, mientras que el nuevo vehículo de lanzamiento Ariane 5, más poderoso, puede lanzar varios satélites de 50 a 100 kilogramos. Esto facilita considerablemente el lanzamiento de pequeños satélites adicionales a órbitas geoestacionarias de transferencia o, en algunos casos, a órbitas polares bajas.

C. Formas de obtener acceso al lanzamiento

51. Existen varias formas de obtener acceso al lanzamiento, ya sea sobre una base puramente comercial o mediante la participación en acuerdos de cooperación internacional. Los países también pueden considerar la posibilidad de desarrollar su propia capacidad de lanzamiento. Una de las fuerzas motrices de este enfoque es la escasa disponibilidad de vehículos de lanzamiento de bajo costo y la incapacidad de los países de satisfacer oportunamente sus necesidades de lanzamiento (si consideran que el acceso al espacio es esencial para su desarrollo nacional).

52. Algunas veces la adquisición de servicios de lanzamiento de fuentes comerciales internacionales es preferible a los acuerdos de cooperación debido a la dificultad de encontrar un intercambio apropiado de oportunidades. En particular, para un país que se propone realizar su primer lanzamiento, la adquisición comercial puede resultar la vía más eficaz. Estos servicios de lanzamiento deberían planificarse como parte integrante de la planificación del programa espacial nacional a largo plazo. Un país que haya iniciado recientemente sus actividades con satélites y procure desarrollar una infraestructura nacional (gubernamental y/o industrial) también debe establecer prioridades para generar los conocimientos especializados en materia de gestión de actividades de lanzamiento.

53. La posibilidad de realizar misiones en régimen de cooperación puede considerarse cuando exista una clara ventaja programática compartida por más de un país y el deseo mutuo de aprovechar al máximo los recursos nacionales autóctonos y la financiación disponible. Los acuerdos de cooperación internacional varían de una misión a otra y de un país a otro; la mayoría de ellos requiere que cada país asuma plenas responsabilidades financieras y técnicas con respecto a su participación en el esfuerzo cooperativo. Además, los acuerdos estipulan relaciones técnicas y de gestión claras y precisas.

V. APOYO TERRESTRE A LOS PEQUEÑOS SATÉLITES

54. El segmento terrestre cumple tres funciones: a) las operaciones, que incluyen la vigilancia de la situación y el estado de funcionamiento del satélite, y la preparación y validación del mando; b) las funciones de seguimiento, telecomando y telemetría, que garantiza la estación de comunicaciones, posiblemente en conjunción con el centro de operaciones; y c) la recepción y transmisión de los datos de la misión al usuario o usuarios para su procesamiento y posterior distribución.

55. Según el tipo de misión, la estación terrestre para pequeños satélites puede basarse en una simple antena de muy alta frecuencia, como muchas plataformas estándares, como las de la serie de satélites de la Universidad de Surrey (UoSAT) del Reino Unido, o podría ser más compleja, como la que requiere, por ejemplo, una misión de observación terrestre. La razón es que en este último caso se requiere normalmente la adquisición de un gran volumen de datos. Los pequeños satélites tienden a basarse principalmente en los modos de autonomía y seguridad a bordo. Esto reduce la necesidad de una vigilancia continua desde la tierra, y por consiguiente simplifica y reduce

el costo del segmento terrestre. La reciente disponibilidad de mecanismos de autonomía de navegación a bordo (utilizando el sistema mundial de determinación de posiciones para la navegación) fomenta dicha tendencia.

56. El costo de las operaciones de las misiones representa una parte importante del costo del programa y es fundamental encontrar la manera de reducirlo al mínimo. La reutilización de las redes de seguimiento de los organismos importantes en las operaciones de rutina debería evitarse aunque puede resultar necesario recurrir a ellas para el lanzamiento y las etapas iniciales de funcionamiento. Por lo general ha resultado mucho más eficaz en función de los costos utilizar las instalaciones nacionales, idealmente empleando una sola estación terrestre en la medida de lo posible.

57. A fin de reducir el costo de las operaciones, es necesario comprender que los recursos humanos constituyen uno de los costos principales. Gracias a la alta fiabilidad de las computadoras y a la capacidad de las modernas computadoras personales, la autonomía es una solución asequible. Muchos elementos operacionales podrían automatizarse: el seguimiento mediante antenas, el ajuste y cierre de paso, la recepción y el almacenamiento de datos, la conversión de datos brutos y la verificación de la situación, entre otras cosas. En el futuro, es posible que los pequeños satélites con menos requisitos de telemetría y disponibilidad utilicen las constelaciones de comunicaciones móviles como sistema mundial de retransmisión de datos.

58. Si bien los sistemas terrestres para programas de pequeños satélites han de ser lo menos costosos posible, no deben dejar de ser fiables en cuanto al registro cabal de pases o datos de satélites. También deben garantizar la devolución rápida de datos críticos, así como una respuesta rápida a las órdenes decisivas. Una devolución periódica podría ser adecuada para un volumen masivo de datos, según la aplicación de que se trate. Sin embargo, el enlace descendente directo con los terminales de usuarios y las estaciones terrestres portátiles, puede considerarse ventajoso especialmente en el caso de datos de teleobservación, como ya se ha indicado.

VI. BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LOS PEQUEÑOS SATÉLITES

59. Por lo general se tienen en cuenta dos tipos diferentes de beneficios, según constituyan un resultado directo de la esfera de aplicación o el resultado del establecimiento de un sistema espacial en el país.

A. Beneficios directos

60. Pueden señalarse beneficios directos de la utilización de los pequeños satélites en función de su esfera de aplicación. No obstante, debe entenderse que esos beneficios se derivan de la aplicación de que se trate, servicio que también podría prestar un vehículo espacial más grande. Los pequeños satélites aportan sus ventajas singulares en esferas como las siguientes:

a) Mejoramiento de la productividad agrícola y animal en granjas medianas y grandes gracias a mejores pronósticos del tiempo, determinación de las características del suelo, mejoras en las comunicaciones y el transporte;

b) Disminución de los costos de transporte gracias a la optimización de las rutas de camiones, autobuses y buques, la localización y detección temprana de robos, con el consiguiente efecto favorable en el precio de las mercaderías;

c) Suministro de comunicaciones para satisfacer las necesidades básicas de pequeños asentamientos rurales en zonas remotas;

d) Mejoras en la detección y el socorro en casos de desastres naturales gracias a sistemas que integran redes de satélites científicos, de comunicaciones y de teleobservación;

- e) Programas educativos para poblaciones de zonas remotas.

B. Beneficios indirectos

61. Los beneficios indirectos son especialmente pertinentes para los países en desarrollo o para los países pequeños que deseen poner en marcha un programa espacial. Los sistemas espaciales son por cierto caros, particularmente desde el punto de vista de un país en desarrollo. No obstante, la experiencia internacional ha mostrado que la inversión en el sector espacial tiene un efecto multiplicador muy poderoso en el producto nacional bruto: según publicaciones especializadas ese efecto se expresa en un factor cercano a siete.

62. Puede resultar muy conveniente para un país conservar dentro de sus fronteras una creciente proporción de las inversiones en servicios y sistemas espaciales comerciales. Ello puede lograrse aumentando la participación de la industria nacional en los contratos internacionales para el suministro de sistemas y servicios. Esto no depende únicamente de la política gubernamental, sino también de las capacidades locales existentes.

63. Por su costo razonable y más corta duración, los proyectos de elaboración de sistemas de microsátélites y pequeños satélites pueden constituir la mejor estrategia para adquirir los conocimientos especializados que se consideran necesarios para movilizar a nivel nacional una parte de las inversiones gubernamentales en los servicios y sistemas espaciales comerciales.

64. Con demasiada frecuencia, debido a la falta de conocimientos y capacitación apropiados, en el pasado se han adoptado decisiones que no eran las más adecuadas a las necesidades de un país. Para adquirir la capacidad deseada es necesario contar con programas de enseñanza y capacitación estructurada, los cuales deberían negociarse como parte de los contratos de adquisición de sistemas espaciales; así se ha hecho, por ejemplo, al establecer el programa de satélites de telecomunicaciones Koreasat. Esa capacitación estructurada se aprovecha en forma óptima aplicándola directamente en proyectos espaciales y, como se observó anteriormente, los programas de microsátélites o de pequeños satélites pueden ser un primer paso asequible para los países en desarrollo.

65. Un intercambio de información coordinado entre países de la misma región del mundo podría constituir una manera adecuada de perfeccionar la capacidad de definir los objetivos precisos de los programas espaciales. Los estudios en profundidad destinados a evaluar las necesidades reales pueden contribuir a que los países logren tener mayores posibilidades de elegir la alternativa que mejor convenga a sus necesidades específicas y cambiantes, incluso mediante acuerdos de cooperación con países vecinos.

66. El despliegue de constelaciones de telecomunicaciones móviles constituirá otra ventaja para las misiones de pequeños satélites. La producción en serie de pequeños satélites para constelaciones está reduciendo considerablemente el costo del equipo de satélites disponible en el mercado.

VII. COOPERACIÓN INTERNACIONAL A NIVEL REGIONAL Y EN PLANOS SUPERIORES

67. De conformidad con los principios consagrados en la Carta de las Naciones Unidas y en otros acuerdos relativos a la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, cada país tiene derecho a una oportunidad de participar en las actividades espaciales. Además, cada país tiene la obligación de cooperar en esos esfuerzos y de compartir la información existente y la tecnología adecuada a fin de ayudar a otros a proyectar, fabricar, lanzar y explotar satélites.

68. Si bien existen desde hace años actividades de cooperación en el espacio, especialmente en forma de esfuerzos científicos concretos, sólo ahora comienzan a incluir pequeños satélites. Por consiguiente, es altamente deseable

definir oportunidades de ampliar el alcance de los esfuerzos de cooperación para que un mayor número de países tenga acceso al espacio y a los beneficios derivados de la tecnología espacial. La opción de los pequeños satélites es sin lugar a dudas la mejor oportunidad de que disponen los países en desarrollo para poner en marcha sus propios programas espaciales de la manera más eficaz en función de los costos.

69. Son numerosos los programas de esta índole en los que se capacita a ingenieros en el diseño, la producción y el funcionamiento de los pequeños satélites. Cabe observar que empresas del Reino Unido han prestado asistencia a Chile, el Pakistán y la República de Corea en la fabricación de pequeños satélites de menos de 100 kilogramos e incluso a pequeños países de Europa decididos a emprender un programa espacial. Algunos países, como la República de Corea, han puesto en marcha programas más ambiciosos utilizando pequeños satélites de observación de la Tierra de varios cientos de kilogramos con el apoyo de países industrializados. La Universidad Técnica de Berlín ha proporcionado la plataforma Tubsat-C a un proyecto marroquí para construir el primer microsátélite experimental nacional para mensajería y teleobservación. Existen también programas de cooperación más clásicos para la fabricación de pequeños satélites, entre los que cabe mencionar el de la Argentina y la NASA, o el de la Argentina y el Brasil de carácter más regional. Otros países ya están considerando la posibilidad de celebrar acuerdos semejantes para establecer un programa espacial nacional.

70. Las actividades de cooperación en el espacio a menudo están respaldadas por algún tipo de transferencia de tecnología. El éxito de la transferencia de tecnología para actividades relacionadas con pequeños satélites supone un proceso en el cual un equipo cobra impulso suficiente como para estar en condiciones de producir la siguiente generación de pequeños satélites. La transferencia de tecnología puede realizarse mediante mecanismos diversos pero para lograr sus objetivos debe transferirse la capacidad de comprensión y no un mero conjunto de tecnologías (“saber por qué” además de “saber cómo”).

71. Considerando que en todos los procesos de transferencia de tecnología intervienen normalmente personas de diferentes países, es necesario reunir algunas condiciones mínimas para que su ejecución dé buenos resultados:

- a) La tecnología sólo puede transferirse con éxito a personas con conocimientos técnicos y científicos suficientes;
- b) Debe tenerse acceso a la infraestructura apropiada para apoyar la aplicación de la tecnología;
- c) Debería contarse con un plan de desarrollo a largo plazo con objetivos programados y financiación adecuada, sobre todo porque la transferencia de tecnología es un proceso a largo plazo.

72. Cuando se ejecutan de una manera apropiada, los programas de cooperación con algún tipo de transferencia de tecnología pueden tener éxito y proporcionar la clave para acelerar el acceso de los países interesados al espacio.

73. En la región de Asia y el Pacífico en particular, no existe experiencia anterior de cooperación en la esfera del espacio y las condiciones económicas y tecnológicas son muy diversas. Por consiguiente, es muy difícil que los países en desarrollo puedan siquiera unirse a un proyecto existente de cooperación en el espacio si se requiere algún nivel de contribución financiera. A fin de paliar esa situación, la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP) ha propuesto un marco que ha sido reconocido posteriormente por los países miembros como un enfoque muy viable y apropiado, por lo menos para la región de Asia y el Pacífico. Su *modus operandi* se basa en el principio de la contribución porcentual, según el cual los países participantes comparten los gastos de los proyectos en forma flexible sobre la base de su nivel de participación.

74. Según la CESPAP, la tecnología necesaria para ejecutar un proyecto puede dividirse en dos categorías: tecnología publicada y nueva tecnología. Cuando se trata de tecnologías publicadas, éstas pueden utilizarse

libremente en el proyecto (no se requiere el pago de derechos de transferencia de tecnología). Cuando han de desarrollarse nuevas tecnologías para un proyecto, el costo de las actividades de investigación y desarrollo debe imputarse al proyecto. La participación puede efectuarse a cuatro niveles:

a) La participación como anfitrión, en el caso de países que disponen de las tecnologías necesarias para construir cargas útiles comunes y están dispuestos a ofrecer esas tecnologías al proyecto, sin hacer ninguna contribución financiera. No obstante, los países participan como anfitriones no deberían cobrar por el uso de sus tecnologías en el marco del proyecto;

b) La participación como propietario se da cuando los países colocan cargas útiles comunes en sus propios satélites y se hacen cargo de su explotación, además de sufragar todos los gastos necesarios para la fabricación de dichas cargas útiles de su propiedad. Si se requieren nuevas tecnologías, el país que participa como propietario debe asumir los gastos de las actividades de investigación y desarrollo necesarias;

c) La participación como socio corresponde a los países que intervienen en la fabricación de la totalidad o de una parte de cargas útiles comunes. Una vez que las cargas útiles comunes están en órbita, los países que participan como anfitriones, los que participan como propietarios y los que participan como socios pueden utilizar libremente la constelación de satélites, con arreglo a acuerdos previos;

d) La participación en la labor de análisis es la aplicable a los países que no participan en la fabricación de cargas útiles comunes sino que realizan análisis e investigaciones utilizando datos derivados de dichas cargas útiles; el acceso a los datos y otra información conexas se garantiza de manera gratuita. Si se requieren equipo o programas informáticos específicos, cada país participante debe hacerse cargo de los gastos de elaboración correspondientes.

75. Los gastos por concepto de asistencia a reuniones y seminarios relacionados con el proyecto deben correr por cuenta de cada país participante. Cuando los países anfitriones o propietarios deban proporcionar capacitación a la mano de obra de países participantes, dicha capacitación podría impartirse a un costo marginal con cargo a los países participantes.