



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

---

**GESTIÓN DE LOS RECURSOS TERRESTRES**

*Documento de antecedentes N° 3*

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 .....		3
RESUMEN .....		4
I. SISTEMAS DE SATÉLITES PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS TERRESTRES .....	1-9	4
A. Principales sistemas operacionales existentes en la actualidad .....	4-6	5
B. Sistemas nuevos y futuros .....	7-9	7
II. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE TELEOBSERVACIÓN Y VENTAJAS CONEXAS .....	10-48	9
A. Necesidades de información .....	10-12	9
B. Ventajas manifiestas de la teleobservación mediante satélites .....	13-18	10
C. Aplicaciones .....	19-21	11
D. Beneficios para la sociedad .....	22-48	13
III. COOPERACIÓN INTERNACIONAL .....	49-54	18
A. Programas ambientales mundiales .....	49-50	18
B. Enseñanza, capacitación y transferencia de tecnología .....	51-52	19
C. Coordinación internacional de las observaciones de la Tierra .....	53	19
D. Acceso internacional a los datos .....	54	19
IV. CUESTIONES DE INTERÉS PARA LOS ESTADOS MIEMBROS .....	55-64	19
A. La transferencia práctica de tecnologías operacionales .....	55-58	19
B. Acceso a los datos .....	59-61	20
C. Desarrollo de servicios de teleobservación operacionales .....	62-63	21
D. El desarrollo local de programas espaciales apropiados .....	64	21

*Cuadros*

1. Principales sistemas de satélites en funcionamiento utilizados normalmente para la gestión de recursos terrestres
2. Principales especificaciones de los tres grandes sistemas de satélites radáricos (microondas) en funcionamiento
3. Sistemas de satélites con medios potencialmente útiles para la gestión de recursos terrestres cuyo lanzamiento está previsto durante el período 1997-2003 por organismos con apoyo gubernamental
4. Sistemas de satélites comerciales recientemente lanzados o cuyo lanzamiento está previsto
5. Longitudes de onda de espectro electromagnético normalmente utilizadas para diversas aplicaciones de teleobservación

## 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 entre sí que por ello 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.

La Secretaría reconoce con gratitud las contribuciones que han hecho varios especialistas y organizaciones para preparar y examinar el presente documento, en particular los siguientes: Agencia Espacial Europea (ESA); Agencia Espacial del Canadá (CSA); Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA); Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA), de los Estados Unidos de América; Centre royal de télédétection spatiale (CRTS), de Marruecos; Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO); Observatorio de Manila, de Filipinas; Instituto Nacional de Aeronáutica y el Espacio (LAPAN), de Indonesia; Universidad Internacional del Espacio; Organización Meteorológica Mundial (OMM); Centre national d'études spatiales (CNES), de Francia; Lawrence Fritz y Bruce Foster en nombre de la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teleobservación (SIFT); Ray Harris; U.R.Rao; y Ray A. Williamson.

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

## RESUMEN

La población de la Tierra aumenta a un ritmo que supera las 250.000 personas diarias. Este crecimiento, que se observa principalmente en los países en desarrollo, impone enormes presiones para explotar los recursos existentes y satisfacer así las crecientes necesidades de desarrollo socioeconómico. Esa explotación ha causado graves problemas ambientales, en particular la deforestación en gran escala, la sobrepesca y la destrucción del hábitat pesquero, la degradación de los suelos y la desertificación, la propagación de enfermedades y plagas, la disminución de la diversidad biológica, la insuficiencia del acceso al agua dulce, el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento del planeta. Se reconoce en la actualidad que es necesario gestionar los recursos terrestres en forma sostenible y teniendo presente la protección del medio ambiente. Los satélites de teleobservación suministran una información muy variada que resulta indispensable para ello.

La tecnología de teleobservación reporta muchos beneficios directos e indirectos a la sociedad, entre los que cabe citar los siguientes: a) el ahorro de tiempo y recursos, al lograrse una eficiencia y eficacia mayores de las actividades de planificación, explotación y vigilancia con respecto a fuentes análogas de información, como los reconocimientos aerofotográficos; b) la posibilidad de salvar más vidas (al contarse con más información de utilidad para hacer frente a los desastres); c) la mejora de la calidad de la vida (mediante una mayor seguridad alimentaria y una ordenación más eficaz del medio ambiente y los recursos naturales); y d) la posibilidad de reducir más aún la incertidumbre que dificulta la adopción de decisiones en general.

Está aumentando el número de satélites operacionales dotados de sensores apropiados para elaborar mapas pormenorizados de los recursos terrestres, gracias en parte a la aparición de sistemas de satélites totalmente comerciales. La utilización de los datos de dichos satélites también va en aumento, si bien esto último ocurre principalmente en los países industrializados. Para promover el empleo de los sistemas de teleobservación en todo el mundo se deberán abordar varias cuestiones de política, entre ellas un mayor acceso a los datos y la creación de mecanismos y programas que faciliten la utilización más frecuente de los sistemas de teleobservación por satélite en las actividades habituales de desarrollo.

### I. SISTEMAS DE SATÉLITES PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS TERRESTRES

1. En la actualidad hay una gran diversidad de sistemas de teleobservación por satélite con los que pueden obtenerse datos útiles para resolver problemas de importancia nacional, regional y mundial. Su resolución espacial fluctúa entre kilómetros y metros, y efectúan registros en longitudes de onda que comprenden desde el ultravioleta hasta el infrarrojo térmico y las microondas, pasando por la región visible y la infrarroja del espectro electromagnético. La región concreta en la que el sensor obtiene los datos, así como su resolución espacial y capacidad de repetir la observación (es decir, el lapso entre observaciones sucesivas de un sitio determinado efectuadas por el satélite), son consideraciones importantes que determinan la utilidad de los datos a efectos de su aplicación en diversos sectores clave del desarrollo, como la agricultura, la prospección de minerales, los recursos forestales, la vigilancia de riesgos, la pesca y la hidrología. Prácticamente todos los sistemas basados en satélites tienen sus equivalentes de utilidad análoga en sistemas aerotransportados; sin embargo, estos últimos no obtienen los datos en forma periódica y sólo pueden observar zonas limitadas de la superficie terrestre.

2. Las actividades civiles de teleobservación desde el espacio comenzaron en abril de 1960 con el lanzamiento por los Estados Unidos del Satélite de Observación por Televisión Sensible al Infrarrojo (TIROS-1) (precursor de la serie de satélites operacionales de observación ambiental en órbita polar (POES) que utiliza actualmente la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA)), que tenía el carácter de satélite meteorológico experimental. Estos satélites produjeron las primeras imágenes televisivas sistemáticas y periódicas de la superficie

terrestre. En agosto de 1960 las fuerzas armadas de los EE.UU. lanzaron su primer satélite de observación de la Tierra, el *Discoverer*. En el decenio de 1960 los EE.UU. y la Unión Soviética pusieron en órbita una serie de satélites de teleobservación para sus programas meteorológicos, de inteligencia y de exploración de la Luna. En 1972 se lanzó el primer satélite civil destinado puntualmente a reunir datos sobre la superficie y los recursos terrestres, el *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1), rebautizado luego como *Land Remote Sensing Satellite 1* (LANDSAT-1). Los siguientes satélites de dicha serie, los LANDSAT-2, 3, 4 y 5, fueron lanzados en 1975, 1978, 1982 y 1984, respectivamente.

3. De 1972 a 1986 las únicas imágenes de teleobservación por satélite a que tenía acceso el público eran las de la serie LANDSAT. Sin embargo, después de esa fecha las opciones de los usuarios de los datos han aumentado en forma sostenida. Distintos organismos espaciales, con el apoyo de los gobiernos, han lanzado y comenzado a explotar otros sistemas de estudio de los recursos de la Tierra basados en satélites, con diversas características técnicas (por ejemplo, carga útil de instrumentos, pormenores de la órbita y zonas principales de aplicación). Continúa aumentando el número de fuentes posibles de información obtenida por teleobservación. En un futuro próximo se contará con sistemas que podrán efectuar registros de muy alta resolución espacial y espectral y con intervalos muy breves entre observaciones. Ello garantizará a los usuarios una flexibilidad cada vez mayor para obtener la información necesaria a su debido tiempo. En los párrafos siguientes figura una sinopsis de los sistemas operacionales existentes en la actualidad, que va seguida de una reseña de algunos de los sistemas que se lanzarán próximamente (es decir, desde comienzos de 1998, fecha de redacción del presente informe, en adelante).

#### **A. Principales sistemas operacionales existentes en la actualidad**

4. En la actualidad hay seis sistemas que suministran periódicamente la mayor parte de los datos aplicables a la ordenación de los recursos terrestres. Dichos sistemas y su fecha de lanzamiento inicial son los siguientes: el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (RAMAR-AVHRR) de la NOAA de los Estados Unidos de América; el LANDSAT 1972; el Sistema de observación de la Tierra (SPOT), 1986; el Satélite de Teleobservación de la India (IRS), 1998, el Satélite de Recursos Terrestres (ERS), 1991; el Satélite del Japón para el Estudio de los Recursos Terrestres (JERS), 1992; y el RADARSAT, 1995.

5. El sistema RAMAR de la NOAA se concibió para suministrar información destinada a estudios hidrológicos, oceanográficos y meteorológicos, aunque sus datos se han utilizado también en aplicaciones relativas a la observación de las características terrestres. Una serie de estos sistemas se halla en órbita terrestre y todos tienen un ciclo de retorno que se cumple dos veces al día (de noche y de día). Los sistemas LANDSAT fueron los primeros en concebirse para cubrir periódicamente la superficie terrestre. Los actuales sistemas LANDSAT están dotados de dos instrumentos de teleobservación multiespectrales con diferente resolución espacial y espectral. Se trata de los sensores llamados Explorador Multiespectral (MSS) y Cartógrafo Temático (TM). Los sistemas SPOT 1, 2 y 3 se lanzaron en 1986, 1990 y 1993, respectivamente. Son idénticos y obtienen datos en las modalidades pancromática y multiespectral. Tienen un ciclo de repetición uniforme de 26 días, pero al estar dotados de capacidad de observación lateral pueden repetir con más frecuencia la observación de un sitio (cada dos días) y también pueden crear pares de imágenes estereoscópicas. Los sistemas de satélites IRS (1A, 1B, 1C y 1D) se lanzaron en 1988, 1991, 1996 y 1997, respectivamente, y tienen un ciclo de retorno de 22 días. Los sistemas IRS-1C y 1D llevan sensores pancromáticos y multiespectrales. Las características de los sensores de estos cuatro sistemas de satélites se resumen en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Principales sistemas de satélites en funcionamiento utilizados normalmente para la gestión de recursos terrestres**

<i>Sistema</i>	<i>Características</i>	<i>Resolución espacial</i> (en metros)
RAMAR (AVHRR) DE LA NOAA	VAIC(2) IRT(3)	1,1 km
LANDSAT	VAIC(4)	56 m x 79 m
	VAIC/IROC(6)	30 m
	IRT(1)	120 m
SPOT	PAN	10 m
	VAIC(3)	20 m
IRS	PAN	5,8 m
	VAIC(3)	23,5 m
	IRM(1)	70 m

*Nota:* VAIC - visible a infrarrojo cercano; IROC - infrarrojo de onda corta; PAN - pancromático; IRM - infrarrojo medio; IRT - infrarrojo térmico. La cifra que aparece entre paréntesis ( ) indica el número de bandas espectrales.

**Cuadro 2. Principales especificaciones de los tres grandes sistemas de satélites radáricos (microondas) en funcionamiento**

	<i>ERS-1 &amp; 2</i>	<i>JERS-1</i>	<i>RADARSAT-I</i>
Longitud de onda	5,7 cm	23,5 cm	5,7 cm
Frecuencia	5,3 Ghz	1,28 Ghz	5,3 Ghz
Polarización	VV	HH	HH
Ángulo de incidencia	23 grados	35 grados	20 a 49 grados
Anchura de barrido	100 km	75 km	100 km/500 km (MN)
Resolución sobre el terreno	30 metros	18 metros	25 m (MN)
Resolución azimutal	30 metros	18 metros	28 metros (MN)

*Nota:* MN - en modo normal.

6. Los sistemas RADARSAT, JERS-1 y ERS-1 y ERS-2 están dotados de sistemas de teleobservación por radar o microondas. Se trata de sensores activos que tienen fuentes de energía propias, por lo que los datos pueden obtenerse en todo momento, de día o de noche, según la posición del satélite sobre la superficie terrestre. Los satélites ERS-1 y ERS-2 se lanzaron en 1991 y 1995, respectivamente. El JERS-1 se lanzó en 1992 y el RADARSAT en 1995. Tanto el ERS como el JERS tienen otros instrumentos de observación aparte de sus radares de formación de imágenes, y el RADARSAT está dotado de varias modalidades de formación de imágenes con diferentes grados de resolución sobre el terreno. En el cuadro 2 se presentan otras características técnicas de estos tres sistemas.

## B. Sistemas nuevos y futuros

7. Los sistemas de teleobservación que se han desarrollado con el apoyo de los gobiernos se han centrado en el acopio de datos de amplia escala y de resolución mediana y baja, que resultan apropiados especialmente para presentar información de beneficio público sobre investigaciones meteorológicas, vigilancia del medio ambiente y gestión de recursos. Sin embargo, los sistemas nuevos que se planifican o que han lanzado recientemente los explotadores comerciales tanto establecidos como nuevos (cuadros 3 y 4) exhiben una tendencia manifiesta hacia una mayor resolución espacial y espectral<sup>1</sup> (véase también el documento de antecedentes N° 9 (A/CONF.184/BP/9) sobre Misiones con pequeños satélites, algunos de los cuales guardan relación con la teleobservación). En el año 2000, de cumplirse los planes actuales relativos a los satélites de observación de la Tierra, habrá 31 satélites en órbita al mismo tiempo, que podrán suministrar datos con resolución de 30 m o incluso mayor. La más alta resolución espacial de los sistemas planificados será de 0,8 m. Como muchos de estos sistemas contarán además con un dispositivo estereoscópico, podrán suministrar modelos digitales del terreno de alta resolución, con equidistancia de 2 m entre curvas de nivel. La gran resolución espacial de estos sistemas permitirá, además, elaborar modelos tridimensionales de los edificios y planos cartográficos de la utilización del suelo, sin limitarse a la representación de la cubierta vegetal. El mercado principal de los datos de muchos satélites de alta resolución comprende los ámbitos de la ordenación de los cultivos con precisión, la cartografía y diversas aplicaciones en el marco de los sistemas de información geográfica (SIG) (por ejemplo, para servicios de utilidad pública, planificación urbana, actividades de explotación de los recursos forestales y gestión de desastres). Los proveedores afirman que los productos de los sistemas comerciales estarán disponibles, en general, a pocas horas de obtenerse los datos del satélite. Sin embargo, ello dependerá del acceso de los usuarios a medios adecuados de tecnología de información que permitan la transferencia de datos en tiempo casi real.

8. Con la próxima generación de satélites de observación de la Tierra se podrá observar la química y la estructura atmosféricas, los océanos, la superficie terrestre y su vegetación con una precisión y un grado de detalle sin precedentes. Estas observaciones facilitarán la evolución extensa del estado en que se encuentre el sistema de la Tierra, y merced a ellas se podrá determinar la índole y la causa de los cambios naturales que ocurran en el globo terráqueo, como también aquéllos de origen antropogénico.

9. Al hacerse cada vez más accesible la gran diversidad de datos obtenidos por satélite, se irá reconociendo en igual medida el concepto de fusión de datos. En lugar de utilizarse los de un solo sistema, con un solo grado de resolución y obtenidos en una fecha determinada que tal vez no satisfagan todas las necesidades de información del usuario, se comenzará a integrar conjuntos múltiples de datos. Se empezará a contar con programas informáticos que permitan extraer el máximo de información destinada a aplicaciones concretas.

**Cuadro 3. Sistemas de satélites con medios potencialmente útiles para la gestión de recursos terrestres cuyo lanzamiento está previsto durante el período 1997-2003 por organismos con apoyo gubernamental<sup>2</sup>**

<i>Sistema</i>	<i>Características</i>	<i>Resolución espacial</i>
CBERS (1999, 2000)	VAIC (4)	20 m, 260 m
	PAN	20 m, 80 m
	IROC	80 m
	IRT	160 m
RADARSAT-II (2000)	SAR (C)	3 m, 9 m, 25 m, 50 m, 100 m
Envisat-1 (1999)	VAIC (15)	250 m, 1 km
	SAR(C)	30 m, 100 m
SPOT-4 (1998)	VAIC/IROC (4)	10 m, 20 m
SPOT 5A (2002)	VAIC/IROC (4)	10 m
	PAN	5 m
IRS-1D (1997)	VAIC(4)	23,6 m
	PAN	5,8 m
	IROC	70,8 m
	WiFS	188 m
IRS-P5 (1999-2000)	PAN	2,5 m

<i>Sistema</i>	<i>Características</i>	<i>Resolución espacial</i>
IRS-P6 (2000-2001)	VAIC(4)	23 m
	VAIC(3)	6 m
	AWiFS(3)	80-100 m
ALOS (2003)	VAIC	10 m
	PAN	2,5 m
	SAR(L)	
KOMPSAT (1999)	VAIC	10 m
Resource-01 N4 (1998)	VAIC(3)	25 m
Resource-F2M (1998)	VAIC(4)	6 a 9 m, fotografía
NIKA-Kuban (2000)	VAIC(1)	2 a 4 m, fotografía
	VAIC(9)	3 a 5 m, 6 a 8 m, fotografía
SICH-1M (1999)	VNIR	45 m
Landsat-7 (1998)	VAIC/IROC(6)	30 m
	IRT	60 m
	PAN	15 m, 5 m, 10 m
EOS-AMI (1998)	VAIC(3)	1 m
	IROC(6)	30 m
	IRT (5)	90 m
EO-1 (1999)-Exp	VAIC/IROC(9)	30 m
	PAN	10 m
	H	
LightSAR (2000)	SAR(L)	
TOPSAT (2001)	SAR(L)	

*Nota:* Exp - misión experimental; IROC - infrarrojo de onda corta; VAIC - visible a infrarrojo cercano; PAN -pancromático; SAR(X) - radar de apertura sintética de banda X; H - sensor hiperespectral. La cifra que aparece entre paréntesis ( ) indica el número de bandas espectrales.

*a/* Las fechas de lanzamiento están sujetas a modificación. Sólo se citan las misiones que disponen como mínimo de un sensor principal que da una resolución espacial mayor de 100 m.

#### **Cuadro 4. Sistemas de satélites comerciales recientemente lanzados o cuyo lanzamiento está previsto**

<i>Misión</i>	<i>Características del sensor<sup>a/</sup></i>	<i>Resolución espacial</i>	<i>Lanzamiento</i>
Israel Aircraft Industries (IAI)	PAN	1,3 m	-
Orbview-3 (ORBIMAGE)	PAN	1 m, 2 m	1999
	VAIC(4)	4 m	
	H	8 m	
IKONOS-1 (EOSAT de imágenes espaciales)	PAN	1 m	1998
	VAIC(4)	4 m	
IKONOS-2 (EOSAT de imágenes espaciales)	PAN	1 m	1998
	VAIC(4)	4 m	
Quick Bird (Earth Watch)	PAN	1 m, 2 m	1998
	VAIC(4)	4 m	
GDE Systems	PAN	0,8 m	1998
West Indian Space (EROS-A)			1998
Resource 21	VAIC(4)	10 m	1999
	IROC	20 m, 100 m	
ARIES-1	IROC(32)	30 m	2000
	IROC(32)	30 m	
EROS-BI (West Indian Space)			1999



<i>Misión</i>	<i>Características del sensor<sup>a/</sup></i>	<i>Resolución espacial</i>	<i>Lanzamiento</i>
EROS-B2, B3 (West Indian Space)			2000
GEROS I, II (GER Corporation)			2000
GDE Systems			2000
CIBSAT (Kodak)			2000
Resource 21, -A-B (Resource 21)			2000
EROS-B4, -B5 (West Indian Space)			2001
XSTAR A (Matra-Marconi)			2001
Orb View -3B (ORBIMAGE)			2001
GEROS -III, IV (GER Corporation)			2001
Resource 21-C, -D (Resource 21)			2001
EROS-B6 (West Indian Space)			2002
XSTAR-B (Matra-Marconi)			2002
GEROS-V, VI (GER Corporation)			2002
EROS-B6 (West Indian Space)			2003

*Nota:* Exp - misión experimental; IROC - infrarrojo de onda corta; VAIC - visible a infrarrojo cercano; PAN - pancromático; SAR(X) - radar de apertura sintética de banda X; H - sensor hiperespectral La cifra que aparece entre paréntesis ( ) indica el número de bandas espectrales.

<sup>a/</sup> Se indican las características de los sensores cuando constan.

## II. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE TELEOBSERVACIÓN Y VENTAJAS CONEXAS

### A. Necesidades de información

10. La población del mundo, que se calcula actualmente en unos seis mil millones de habitantes, aumenta con rapidez, a un ritmo que supera las 250.000 personas diarias, crecimiento que se observa principalmente en los países en desarrollo. Ello ha impuesto una tensión considerable en los recursos disponibles y ha contribuido a agravar algunos problemas ambientales que ya eran importantes. Para aliviarlos se requiere ordenar mejor los recursos terrestres y el medio ambiente, basándose en un conocimiento suficiente del estado de la superficie terrestre y acuática del planeta, así como de su atmósfera. La información obtenida mediante teleobservación por satélite puede contribuir de manera importante a obtener dichos conocimientos y con ello a una mejor gestión de los limitados recursos.

11. Aunque la teleobservación contribuye considerablemente a satisfacer las necesidades de información, se debe reconocer que la realizada mediante satélites cumple una función complementaria de otros medios para obtener datos espaciales. Otras fuentes de datos, como los mapas existentes, los sistemas de fotografía aérea, los informes, los datos estadísticos, la información histórica y las entrevistas a terratenientes, deberían formar parte de un proceso global de recolección de datos. La información reunida en el terreno, desde aviones o desde naves espaciales, será ventajosa únicamente si contribuye a satisfacer las necesidades de información a un costo razonable para los usuarios, ya se trate de particulares, instituciones, países u organizaciones internacionales. Al comprenderse sus ventajas y desventajas será posible formular estrategias en que la teleobservación favorezca realmente la rentabilidad de la recolección de datos.

12. Entre las principales necesidades de información de muchos países en desarrollo figura la de contar con datos para apoyar la adopción de decisiones en varios sectores importantes. Se trata por lo general de los siguientes: a) los recursos naturales (incluidos la agricultura y la ganadería, los recursos forestales, minerales y acuáticos y la pesca); b) el medio ambiente; c) los recursos humanos (lo que comprende la enseñanza y los servicios de atención de salud); d) la prevención y mitigación de desastres naturales y los conflictos; y e) la prevención del delito. En todos estos sectores de desarrollo han surgido aplicaciones satisfactorias de la teleobservación, que reportan diversas ventajas directas e indirectas a la sociedad.

### **B. Ventajas manifiestas de la teleobservación mediante satélites**

13. La teleobservación mediante satélites reporta varias ventajas únicas en su género respecto de otros medios de recolección de datos, como los reconocimientos aerofotográficos y la exploración terrestre, lo que la convierte en instrumento ideal para satisfacer determinadas necesidades de información. En líneas generales, son las siguientes:

- a) el menor costo de la obtención de imágenes;
- b) la velocidad y la facilidad relativas con que pueden obtenerse imágenes desde el espacio;
- c) la elevada frecuencia de recolección de datos, lo que permite obtener información actualizada;
- d) la homogeneidad de los datos reunidos, al utilizarse un solo instrumento para obtenerlos en superficies de gran extensión;
- e) la mayor cobertura de las observaciones, particularmente en zonas remotas y en regiones extensas;
- f) la continuidad espacial de las observaciones.

14. Las ventajas de los satélites de teleobservación son manifiestas no sólo en zonas de interés de gran extensión geográfica (por ejemplo, a escala nacional), como ha sido el caso históricamente, sino también en las superficies reducidas de varios kilómetros cuadrados, como se desprende de la introducción reciente de satélites comerciales de teleobservación de alta resolución. Estos sistemas comerciales están destinados expresamente a usuarios que necesitan información sobre zonas relativamente pequeñas en que la obtención de datos -en particular su adquisición múltiple- no sería rentable si se utilizaran aviones, debido a los elevados costos fijos de las misiones aéreas. A modo de comparación, se calcula que en América del Norte un mapa de proyección ortomórfica obtenido por satélite a partir de imágenes con resolución de 2 m costaría, en promedio, entre la mitad y la tercera parte que otro trazado a partir de fotografías aéreas. En China, un análisis comparado de la utilización de estudios aerofotogramétricos y de teleobservación mediante satélites para trazar mapas de una zona de 608.000 hectáreas reveló que la utilización de estos últimos reportaba economías de un 55% a un 66% en cuanto al costo de obtención de las imágenes y de mano de obra, respectivamente. En la India, la representación cartográfica integrada de los recursos mediante teleobservación por satélite significó, en promedio, economías de un 52% respecto de los métodos convencionales (basados en fotografía aérea). En algunos casos observados en el sector agrícola del Reino Unido se registraron unos coeficientes de costo-beneficio de 1:10 al utilizarse datos de teleobservación por satélite en programas operacionales de vigilancia.

15. Muchos de los sistemas de satélites no comerciales obtienen periódicamente imágenes de regiones extensas de la Tierra. Los datos archivados son una fuente valiosa de información coherente, que permite efectuar estudios retrospectivos (cronológicos), por ejemplo, para determinar el origen de la contaminación marina o la rapidez con que se agota un recurso determinado. Las imágenes de archivo obtenidas por satélite pueden consultarse actualmente con facilidad desde lugares distantes, gracias a la ampliación de los sistemas de información y a la Internet, lo que aumenta las posibilidades de acceso para los usuarios de todo el mundo. Entre los sitios de la MultiMalla Mundial (*World Wide Web*) figuran los siguientes: Centro de Observación de la Tierra ([www.ceo.org](http://www.ceo.org)); Comité de Satélites de Observación de la Tierra ([ceos.esrin.esa.it/dossier/](http://ceos.esrin.esa.it/dossier/)); *Satellite Active Archive* ([www.saa.noaa.gov](http://www.saa.noaa.gov)); e Instituto Europeo de Investigaciones Espaciales (<http://shark1.esrin.esa.it/informations.html>).

16. El formato digital de las imágenes y la cobertura sinóptica de los satélites de teleobservación facilitan el procesamiento de aquéllas para transformarlas en productos capaces de satisfacer diversas necesidades. Es posible extraer con facilidad o crear mediante mosaicos imágenes relativas a una cierta gama de tamaños (por ejemplo, un lugar, un plano cartográfico normal, un Estado o un país entero). Esta característica permite, entre otras cosas, elaborar productos de valor añadido compatibles con los SIG que satisfacen las necesidades concretas de diversos grupos de usuarios con el mismo conjunto de imágenes de origen. Ello facilita lograr economías de escala y fijar precios competitivos, y aumenta en mayor medida la rentabilidad de los datos obtenidos mediante satélites.

17. Ya se reconoce generalmente que muchos problemas ambientales son de alcance mundial y trascienden las fronteras internacionales. Por ello, las medidas para remediarlos no pueden adoptarse aisladamente. Los sistemas de teleobservación por satélite son la única fuente de datos que suministra una visión integrada, global y coherente con la magnitud de esos problemas.

18. En la actualidad la teleobservación operacional ha evolucionado hasta el punto en que el usuario final puede obtener, con relativa facilidad y rapidez, imágenes nuevas o de archivo de cualquier zona geográfica y en un plazo relativamente breve, que va de algunas horas a unas semanas. En cambio, la ejecución de reconocimientos aerofotogramétricos de zonas equivalentes puede tardar varios meses.

### **C. Aplicaciones**

19. Dada la gran diversidad de fuentes de datos basados en imágenes obtenidas mediante teleobservación en diversas longitudes de onda y resoluciones espaciales, las aplicaciones de los sistemas de observación de la Tierra para la gestión de los recursos naturales son variadas, como refleja la siguiente lista:

- a) agricultura, por ejemplo, detección de fitopatologías y evaluación de las necesidades de agua;
- b) detección y localización de incendios y otros riesgos;
- c) gestión y mitigación de desastres;
- d) vigilancia ambiental, en particular de los derrames de petróleo y la contaminación por hidrocarburos;
- e) ordenación e ingeniería de los recursos costeros;
- f) información territorial y otros productos para la planificación urbana y regional;
- g) seguridad de la navegación;
- h) cartografía topográfica en grandes escalas;
- i) vigilancia hidrológica de cuencas hidrográficas urbanas y de otra índole;
- j) ubicación de instalaciones, p. ej. carreteras, tuberías, líneas de transporte de energía y otra infraestructura;
- k) censos, fiscalidad y avalúo de bienes;
- l) turismo y esparcimiento;
- m) empresas y comercialización, incluidas las investigaciones de mercado y demográficas;
- n) aplicación de la ley; operaciones de mantenimiento de la paz y observación del cumplimiento de los tratados.

20. La utilidad de los datos procedentes de los sistemas de observación de la Tierra guarda relación directa con las bandas espectrales empleadas para su obtención. En el cuadro 5 se enumeran las longitudes de onda que se utilizan habitualmente para la teleobservación de una diversidad de recursos terrestres, incluidos los que interesan especialmente a los países en desarrollo, como los recursos costeros, de agua dulce, forestales y agrícolas. La utilidad de los sistemas basados en satélites para un aplicación determinada puede calcularse comparando estas longitudes de onda con las bandas espectrales de los sensores de los diversos sistemas basados en satélites existentes y previstos, que se enumeran en los cuadros 1 a 4. Otras consideraciones son la resolución espacial de la imagen y la frecuencia de obtención de las imágenes.

**Cuadro 5. Longitudes de onda de espectro electromagnético normalmente utilizadas para diversas aplicaciones de teleobservación**

<i>Gama de longitudes de onda</i>	<i>Esfemas de aplicación</i>
0,40 - 0,50 $\mu$ m (azul)	Penetración del agua y profundidad del agua
0,50 - 0,60 $\mu$ m (verde)	Verdor de la vegetación, color de los océanos
0,60 - 0,70 $\mu$ m (rojo)	Absorción de clorofila en plantas sanas, contenido de óxidos de hierro en los suelos, carga de sedimentos en el agua
0,70 - 0,90 $\mu$ m (IR cercano)	Reacción de la vegetación sana, vigilancia y clasificación de cosechas, separación de tierra y agua; separación de vegetación y suelo; separación de superficies edificadas y cubiertas de vegetación
1,55 - 1,75 $\mu$ m (IR cercano)	Contenido de humedad del suelo
2,00 - 2,40 $\mu$ m (IROC)	Presencia de minerales arcillosos
3,00 - 4,00 $\mu$ m (IR medio + IR térmico)	Actividad volcánica, incendios forestales, incendios subterráneos
9,00 - 12,50 $\mu$ m (IR lejano + IR térmico)	Temperaturas de los océanos y la masa terrestre de la Tierra
2,4 - 3,75 cm (microondas de banda X)	Forma del dosel forestal, clasificación de cosechas. Rugosidad de los océanos, velocidad del viento
3,75 - 7,5 cm (microondas de banda C)	Espesor de las copas, tamaño y orientación de hojas y ramas. Morfología de las plantas. Rugosidad de la superficie oceánica, velocidad del viento, infiltraciones de petróleo; altitud de la superficie; cubierta del terreno; batimetría; geología; campos de gravedad; vigilancia de hielos marinos y de icebergs
15 - 30 cm (microondas de banda L)	Tamaño de los troncos y densidad de los árboles; rugosidad oceánica, rugosidad de la superficie del suelo; contenido de humedad del suelo, desmontes
30 - 100 cm (microondas de banda P)	Tamaño del tronco y densidad de los árboles; contenido de humedad del suelo; penetración de la superficie del suelo y fenómenos superficiales, penetración de la nieve

21. Desde la perspectiva técnica operacional, la aplicación satisfactoria de la teleobservación depende de varios factores, a saber: a) la comprensión de las respuestas espectrales relativas de los materiales sometidos a observación; b) la elección apropiada de las resoluciones espectral, espacial y temporal de los datos teleobservados que se ha de utilizar, teniendo presentes las características de los fenómenos de interés y la escala en que se presentarán; c) la obtención de imágenes en el momento o momentos más oportunos, en que los rasgos de interés se distinguen con la mayor facilidad y, en consecuencia, sean susceptibles de detección; y d) la utilización de metodologías apropiadas de interpretación, incluidos sistemas visuales y digitales, y el empleo de técnicas de integración y elaboración de modelos de datos basadas en los SIG.

#### **D. Beneficios para la sociedad**

22. La teleobservación por satélite reporta considerables beneficios a la sociedad. En la presente sección figuran varios ejemplos de aplicaciones útiles. Se hace hincapié en aquellas cuya viabilidad técnica y económica dependen principalmente de las ventajas inherentes a la teleobservación por satélite respecto de otros medios de recolección de datos. Desde luego, en el caso de algunas aplicaciones y dadas las limitaciones en materia de tiempo, cobertura geográfica, costo o características básicas de los parámetros por medir, los satélites son el único medio viable de recolección de datos. En general, las aplicaciones pueden agruparse en las siguientes categorías: cartografía, vigilancia y observación, elaboración de modelos y medición. Los beneficios para la sociedad se presentan conforme a ellas.

### *Cartografía*

23. La representación cartográfica correcta es necesaria en una gran diversidad de actividades de planificación y desarrollo. Sin embargo, en las regiones en desarrollo e incluso en algunos países industrializados los mapas son escasos o anticuados, debido en parte al elevado costo de prepararlos con los medios tradicionales. La disponibilidad cada vez mayor de imágenes de teleobservación obtenidas por satélites está cambiando la forma de preparar y utilizar los mapas. En lugar de extraer manualmente los datos temáticos obtenidos mediante fotografía aérea y presentarlos cartográficamente, las imágenes mismas se rectifican ortométricamente, se complementan con anotaciones y se utilizan como mapas. Éstos suministran un contenido mayor de información y resultan de más fácil comprensión para una gran diversidad de usuarios finales, con distintos niveles de educación formal. Se los utiliza cada vez más como instrumento eficaz y directo de comunicación entre quienes intervienen en proyectos relativos a los recursos naturales y el medio ambiente, en particular los que guardan relación con comunidades rurales de países en desarrollo. La gran precisión posicional de los mapas rectificados ortométricamente obtenidos mediante satélites de teleobservación de alta resolución convierte a dichos mapas en opción rentable respecto de los reconocimientos topográficos, especialmente cuando se trata de zonas distantes e inaccesibles en que resultan muy difíciles los levantamientos topográficos en tierra o desde aviones.

24. En varios países del mundo, incluidos aquellos con economías en transición hacia el sistema de libre mercado, se está emprendiendo una reforma agraria. La propiedad privada de la tierra es un factor importante de impulso a las economías nacionales y el desarrollo sostenible. La necesidad de reaccionar con rapidez ante la enorme demanda de títulos de propiedad a un costo razonable se está satisfaciendo mediante la aplicación de enfoques innovadores y baratos a la cartografía catastral, en que se utilizan imágenes de alta resolución obtenidas por satélites y los datos procedentes de reconocimientos en tierra.

25. La amplia perspectiva de las imágenes obtenidas por satélite ha permitido a los geólogos representar cartográficamente con bastante facilidad los rasgos detallados de una región (como fallas, lineamientos y contactos geomorfológicos o litológicos), que no podrían observarse fácilmente desde tierra, debido a la ausencia de manifestaciones superficiales, pero que pueden reconocerse en las imágenes en pequeña escala. La representación cartográfica de dichas características facilita la exploración de minerales y de agua del subsuelo, que suelen ser recursos clave para el desarrollo.

26. Los datos topográficos, que se utilizan a menudo en muchos estudios de planificación y de ingeniería, pueden extraerse de imágenes ópticas estereoscópicas o de radar. A partir de imágenes de radar obtenidas por satélite, utilizando técnicas de interferometría o de interpretación y medición de imágenes de radar se elaboran modelos digitales de elevación. La gran precisión de éstos permite utilizarlos para vigilar los riesgos precedidos de movimientos del suelo, como erupciones volcánicas, terremotos y desprendimientos de tierras.

27. Hay regiones del mundo cuya nubosidad casi permanente hace imposible obtener imágenes ópticas convencionales de satélite, por lo que se utilizan imágenes de radar para elaborar mapas actualizados, en una escala de 1:200.000 y con niveles aceptables de precisión posicional. Ello se ha logrado mediante triangulación en bloque y datos orbitales de precisión, sin necesidad de reconocimientos locales en tierra.

28. En la agricultura, la teleobservación (mediante satélites ópticos y de radar) se utiliza para complementar las fuentes corrientes de información al preparar estadísticas agrícolas de alcance nacional y regional. Para individualizar los cultivos se emplean imágenes ópticas de baja a elevada resolución espacial obtenidas en diversas fechas durante

la época de cultivo, así como imágenes de radar. Estas últimas son especialmente útiles en las zonas de nubosidad frecuente con poca visibilidad de la superficie terrestre, como los trópicos húmedos y Europa septentrional. Con arreglo a la política agrícola común en los países de la Unión Europea se utilizan habitualmente imágenes de satélite unidas a muestreos limitados del terreno para individualizar y medir las zonas de cultivo y las superficies cultivables. Ello sirve para administrar las subvenciones a los agricultores según la superficie que cultiven. Anualmente se presentan unos tres millones de declaraciones de cultivos, cuya exactitud debe verificarse antes de la cosecha. Alrededor del 5% de ellas se verifica sistemáticamente utilizando datos de teleobservación por satélite, de fotografía aérea, o de ambas fuentes. En varios otros países, como China, la India, Marruecos y el Senegal, existen programas análogos para medir las superficies cultivadas y predecir el rendimiento de las cosechas.

29. Los mapas elaborados con datos de teleobservación por satélite se utilizan para apoyar el desarrollo sostenible. En países como la India se utilizan mapas de los recursos naturales basados en esos datos, unidos a información colateral sobre los aspectos socioeconómicos, culturales, demográficos y meteorológicos, para representar cartográficamente determinadas zonas respecto de las cuales se elaboran planes concretos de desarrollo sostenible (por ejemplo, sobre prácticas permisibles de utilización del suelo y medidas de conservación).

30. Algunas actividades agrícolas tienen repercusión considerable en la concentración de gases de efecto invernadero y contribuyen al calentamiento de la Tierra. La teleobservación por satélite cumple una función inestimable en la representación cartográfica de los arrozales de zonas húmedas y con ello permite calcular el volumen de los gases de metano que descargan a la atmósfera.

#### *Vigilancia y observación*

31. La frecuencia con que un satélite pasa sobre un lugar determinado, unida a la capacidad de muchos sensores de observar posiciones fuera del nadir, facilita una diversidad de actividades de vigilancia de la superficie terrestre y marina. Los objetivos de interés suelen ser fenómenos o rasgos que cambian con el tiempo.

32. Un factor clave del desarrollo sostenible es conocer la rapidez con que se agota un recurso existente, a fin de formular estrategias apropiadas de gestión. La frecuencia de cobertura de los satélites de teleobservación facilita el cumplimiento de este objetivo, al suministrar información cronológica sobre diversos recursos importantes, entre ellos la vegetación (bosques y pastizales), los suelos y las fuentes de agua superficial. Por ejemplo, por lo que atañe a los recursos forestales la información obtenida mediante teleobservación facilita la vigilancia de las zonas deforestadas o en reforestación, el volumen de biomasa, las enfermedades, las plagas de insectos y los incendios forestales. Ello permite a los gobiernos evaluar con rapidez la repercusión de diversas políticas e introducir los cambios necesarios. En los archivos de los diversos operadores de satélites u organismos conexos existen imágenes de satélites de muchas regiones del mundo, las más antiguas de las cuales se remontan a 1972 (o fechas anteriores, en el caso de las que se obtuvieron con fines de inteligencia militar). Estos datos son un recurso coherente y valioso para los estudios que requieren el análisis cronológico de cambios regionales de gran alcance, por ejemplo deforestación, erosión costera y variaciones del nivel de los lagos.

33. La temperatura y el color de la superficie marina se han correlacionado con las zonas de mayor productividad pesquera. La información sobre el color del océano se utiliza sistemáticamente para localizar las zonas oceánicas ricas en fitoplancton o en aquellas que se producen corrientes ascendentes relativamente frías. Esta información se transmite en tiempo casi real a las flotas pesqueras, con lo que se aumenta la rentabilidad de sus operaciones. Por desgracia, muchos barcos pesqueros locales de países en desarrollo no son de tamaño suficiente ni cuentan con equipo adecuado para aprovechar estos medios. La información histórica sobre el color de los océanos permite también delimitar las regiones que requieren protección por hallarse expuestas a un alto riesgo de degradación por contaminación. Los datos obtenidos mediante teleobservación son útiles, además, para detectar las floraciones de algas y las zonas de pesca costeras amenazadas por la contaminación procedente de tierra o por la destrucción de los desovaderos, por ejemplo, las marismas. La obtención periódica de imágenes de satélite correspondientes a las zonas del mundo expuestas a riesgos por la intensidad del tráfico marítimo resulta útil para detectar los penachos de contaminación y analizar su trayectoria. Esos datos sirven, además, para evaluar el efecto de la contaminación en los entornos marino y costero. En algunos países, como Indonesia, los datos obtenidos mediante teleobservación

por satélite se utilizan sistemáticamente para vigilar el crecimiento de los arrecifes de coral y evaluar las poblaciones marinas de peces.

34. En casos de emergencia, como terremotos, huracanes e inundaciones mayores, la facilidad de acceso a imágenes actualizadas permite a los organismos de socorro reconocer las zonas más afectadas, y con ello planificar y aplicar medidas eficaces de mitigación. Esa información es utilizada también por las empresas aseguradoras para liquidar con rapidez las reclamaciones por daños y perjuicios en viviendas o cultivos. En el caso de los desastres causados por los fenómenos climáticos, la meteorología por satélite ayuda a conocer mejor los sistemas meteorológicos, lo que contribuye a mejorar los sistemas de alerta en caso de catástrofe. La teleobservación por satélite facilita la vigilancia sistemática de la magnitud de las inundaciones anuales, la representación cartográfica de las zonas expuestas a inundaciones y la formulación de medidas apropiadas para reducir la vulnerabilidad al riesgo de avenidas. Por lo general, las redes de observación sinóptica basadas en tierra para la vigilancia del tiempo son inapropiadas, debido en general a su baja densidad de puntos de observación. En cambio, las plataformas basadas en el espacio tienen gran capacidad de cobertura espacial de las zonas terrestres y marinas y no se hallan limitadas por los factores que normalmente obstaculizan el acceso de los sistemas de reconocimiento topográfico basados en tierra.

35. En la actualidad la mayor parte de los países en desarrollo tiene acceso a estaciones terrestres baratas para recibir información meteorológica de satélites en órbita polar y geoestacionarios. En algunos, dichas imágenes han permitido delimitar zonas que se verían afectadas por ciclones, lo que ha facilitado la transmisión de mensajes de alerta. De este modo, la teleobservación ha contribuido a salvar muchas vidas al transmitir alertas y posibilitar la evacuación oportuna de personas y ganado. La alerta con suficiente anticipación permite adoptar otras medidas concretas de mitigación, como la orden de regreso a puerto de los botes pesqueros, la cosecha anticipada y la protección de los embalses. Otras ventajas de las observaciones meteorológicas mediante satélites son el mejoramiento de la seguridad y eficiencia de la aviación y el aumento de la eficacia en la detección de tormentas de polvo y arena y nubes de ceniza volcánica.

36. La vigilancia de los cultivos en las fincas agrícolas mediante imágenes de alta resolución ayuda a delimitar, mucho antes de que broten los cultivos, las superficies afectadas por falta de agua o fertilizantes o por plagas. Esto facilita la distribución óptima del agua, lo que permite realizar economías y mejorar el rendimiento de la cosecha. Además, evita la utilización excesiva de fertilizantes, que puede tener efectos nocivos en el medio ambiente.

37. La facilidad de acceso a los datos de observación de la Tierra está creando ya la posibilidad de relaciones sociales y políticas más abiertas entre los países. Los funcionarios pueden adquirir legalmente información que resulte útil para adoptar decisiones oportunas que fortalezcan su seguridad. Ejemplos de ello son la información relativa a las principales tendencias ambientales de los países vecinos o los territorios objeto de disputa. La información obtenida mediante teleobservación es un medio imparcial para el debate de cuestiones potencialmente conflictivas.

#### *Elaboración de modelos (predicción)*

38. La mayor parte de los datos de teleobservación por satélite puede obtenerse fácilmente en formato digital. Se han elaborado numerosos algoritmos de clasificación que transforman automáticamente los datos digitales en información temática útil. Con esta transformación se simplifica la incorporación de información obtenida por teleobservación a los sistemas de información geográfica (SIG). Los SIG se utilizan extensamente en la actualidad no sólo como base de datos para almacenar y recuperar información espacial, sino también como instrumento interactivo de gestión para analizar distintas estrategias de asignación de recursos. Los programas informáticos de los SIG dan apoyo ya a una variedad de enfoques de elaboración de modelos para predecir resultados basados en la información contenida en bases de datos espaciales. En determinadas aplicaciones, la base de datos espacial puede consistir en una información de serie cronológica obtenida principalmente por medio de satélites de teleobservación.

39. Las imágenes multitemporales obtenidas por satélite (tanto ópticas como de radar) de cosechas en distintas etapas fenológicas se utilizan en combinación con otra información, como datos meteorológicos y edafológicos, para elaborar modelos destinados a pronosticar la producción varias semanas antes de la cosecha. Esta aplicación puede

tener una considerable utilidad en algunos países en desarrollo que carecen de estudios agronómicos fidedignos. Los pronósticos resultan útiles para determinar los precios, facilitar una información crucial a fines de asegurar las cosechas y para tomar a tiempo las medidas necesarias para el almacenaje, la importación, la exportación y la distribución local eficiente de los productos agrícolas. Si se pronosticara una producción baja (por ejemplo, como consecuencia de la sequía), se dispondría de tiempo para tomar las medidas correctivas pertinentes. Esa es la base de programas como el Sistema de Alerta Temprana de Hambruna que se utiliza en varios países en desarrollo de África.

40. Los datos obtenidos de la observación periódica de la temperatura y la altitud del nivel del mar por satélites de observación de la Tierra se utilizan para predecir la aparición del fenómeno de El Niño en el Océano Pacífico. Este fenómeno está vinculado a condiciones meteorológicas anormales en América, Asia y África. Los pronósticos de El Niño son beneficiosos en la medida en que es posible prever repercusiones potencialmente negativas para las actividades humanas, comprendida una reducción de la producción agrícola.

41. Los datos de teleobservación, junto con otra información contenida en los SIG, se utilizan para analizar las vinculaciones, tanto en el tiempo como en el espacio, entre los patrones de elementos del paisaje que son críticos para la transmisión de enfermedades y la distribución espacial de enfermedades infecciosas, tanto emergentes como reemergentes. Gracias a estos análisis es posible elaborar variables predictivas obtenidas mediante teleobservación del riesgo de enfermedades que se pueden aplicar a regiones más extensas de las que no se dispone de datos sobre el terreno. Como ejemplo de algunas aplicaciones recientes pueden citarse el descubrimiento de arrozales que producen grandes cantidades de mosquitos anófeles en California, la predicción de la abundancia de mosquitos en varias aldeas de Chiapas (México), el cálculo de la exposición al riesgo de la enfermedad de Lyme en los Estados Unidos, y estudios del cólera en Bangladesh, de la leishmaniasis en el Brasil, de las enfermedades transmitidas por vectores en el sudeste de Turquía y la encefalitis equina en Venezuela.

42. Las imágenes captadas por satélite en las que se reproduce la extensión superficial de las capas de nieve sirven como insumo de modelos hidrológicos para pronosticar la escorrentía debido a la fusión de la nieve. De esa forma se pueden gestionar mejor los riegos de superficies cultivadas situadas aguas abajo de las zonas de captación.

43. La información histórica de olas y vientos recogida por los satélites de observación de la Tierra ERS está siendo utilizada para pronosticar el estado del mar y reconstituirlo *a posteriori*. La reconstitución *a posteriori* se emplea para confirmar las condiciones oceánicas y meteorológicas en lugares y momentos concretos. Las compañías de seguros utilizan la información así obtenida para llevar a cabo análisis de riesgos y liquidar reclamaciones. Los satélites radáricos permiten también una mejor observación de los hielos marinos y de los icebergs con la finalidad de planificar las actividades en alta mar y las rutas de navegación en las regiones polares. Gracias a las bases de datos que contienen observaciones históricas de las condiciones de los hielos marinos se pueden determinar parámetros de diseño para buques y plataformas marinas y seleccionar las rutas de navegación óptimas.

44. La creciente demanda de agua potable en todo el mundo, debida al aumento de la población y a los niveles generalmente más altos de consumo de agua, ha intensificado la necesidad de evaluar y gestionar los recursos hídricos. Los satélites de teleobservación suministran datos sobre diversas variables hidrológicas básicas (por ejemplo, la pluviosidad, la humedad del suelo, la evaporación y la nieve) a una escala que se presta a la evaluación. Entre los sistemas de satélites que resultan útiles para evaluar los recursos hídricos figuran los principalmente meteorológicos de órbita polar (por ejemplo, la serie NOAA, la misión pluviométrica tropical (TRMM) y los geoestacionarios (por ejemplo, METEOSAT, GMS, GOES). Además, para una evaluación correcta son también indispensables los sistemas de satélites radáricos (véase el cuadro 2) de los que se puede obtener información sobre la humedad del suelo y los sistemas ópticos (véase el cuadro 3) que proporcionan información que sirve para elaborar modelos hidrológicos y de la escorrentía. Este enfoque de la evaluación de los recursos hídricos basada en satélites reviste especial importancia en aquellas regiones del mundo en que no existen redes hidroclimatológicas adecuadas.

45. La información sobre condiciones anteriores y actuales de sequía ayuda mucho a pronosticar las sequías. Estas suelen afectar a grandes superficies simultáneamente y la vigilancia debe llevarse a cabo en la escala correspondiente. Por regla general, no es necesario vigilar sequías con una gran resolución espacial, pero sí es importante observar su impacto con carácter periódico. Un sistema idóneo para vigilar sequías es el RAMAR (radiómetro avanzado de



muy alta resolución) de la NOAA, que dispone de las bandas espectrales apropiadas y de la capacidad de vigilar enormes extensiones diariamente. Puede pronosticarse el comienzo de las condiciones que derivan en una sequía mediante el análisis comparativo de la tendencia en índices de vegetación obtenidos por satélites correspondiente a ese año en relación con la tendencia en un año normal. Gracias a esta posibilidad de dar la alarma, las autoridades de algunos países en desarrollo en que la pluviosidad anual es sumamente variable han podido paliar los efectos de sequías mediante la oportuna redistribución de alimentos para la población y piensos para el ganado. El sistema de alerta anticipada "Artemis" para África de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se basa en esos medios y entraña la utilización de índices de vegetación y parámetros de duración de la nubosidad, que se obtiene en ambos casos gracias a satélites de teleobservación. El costo de la recepción y la utilización de datos de la NOAA es reducido. Así pues, es muy posible que esta aplicación represente para algunos países en desarrollo un medio barato de desarrollar conocimientos especializados locales acerca de la utilización de sistemas de observación de la Tierra para la gestión de los recursos.

#### *Medición (detección)*

46. La índole multispectral de la mayoría de las imágenes obtenida por satélites permite identificar y discriminar una amplia variedad de accidentes de la superficie como consecuencia de sus distintas reacciones en diferentes regiones del espectro electromagnético (que oscila habitualmente del espectro visible al del infrarrojo cercano, el infrarrojo de onda corta, el infrarrojo medio, el infrarrojo térmico y las microondas). Gracias a esa capacidad se pueden detectar diversos objetivos de interés para la gestión de los recursos naturales, como masas de agua, humedales, derrames de petróleo, proliferaciones de algas, descargas de agua caliente de centrales eléctricas, productos de alteración geológica que son indicio de mineralización, óxidos de hierro que son los causantes de la escorrentía ácida de las minas, enfermedades de los árboles y zonas de salinización en campos agrícolas. En estas aplicaciones también podrían utilizarse levantamientos aéreos, pero los costos de recopilar datos de una calidad comparable serían considerablemente más elevados.

47. Hace ya algún tiempo que se han perfeccionado sensores aerotransportados con un número de bandas espectrales mucho mayor que el máximo disponible en la actualidad de siete bandas en una plataforma espacial (LANDSAT 5). Ahora bien, la resolución radiométrica de los sensores a bordo de satélites está mejorando. La nave espacial EO-1, cuyo lanzamiento está previsto en 1999 (véase el cuadro 3), llevará dos sensores experimentales que contarán respectivamente con 233 y 309 bandas espectrales estrechas que cubren la gama espectral de 0,4 a 2,5 micras y tienen una resolución espacial de 30 m. La infortunada nave espacial "Lewis", lanzada en agosto de 1997, transportaba un sensor hiperespectral con capacidad de obtener imágenes en 384 bandas. La obtención de imágenes hiperespectrales permitiría, por ejemplo, no sólo detectar problemas en cosechas agrícolas sino también averiguar la magnitud y la causa de esos problemas, que se pueden deber a una variedad de factores, como la falta o el exceso de fertilizante o la falta de agua.

48. Además de una mayor resolución radiométrica, se están desarrollando sensores de una gama dinámica cada vez mayor. Con ellos se puede identificar el contraste y, de ese modo, estar en mejores condiciones de obtener información de las superficies representadas, especialmente si las imágenes se han obtenido con poca luz. Por lo menos un sistema comercial en proyecto contará con una gama dinámica de 11 bits (2.048 niveles), en comparación con los 8 bits (256 niveles) de la mayoría de los actuales satélites de observación de los recursos terrestres.

### **III. COOPERACIÓN INTERNACIONAL**

#### **A. Programas ambientales mundiales**

49. Actualmente en general se aprecia en mayor grado la influencia mundial de las actividades humanas para la habitabilidad de la Tierra y la necesidad de adoptar las medidas pertinentes para abordar problemas mundiales complejos e intervinculados relacionados con la actividad humana. Los problemas que causan la mayor inquietud ponen también de relieve la necesidad de administrar los recursos y el medio ambiente de la Tierra en forma sostenible. Entre estos problemas cabría mencionar los siguientes: a) el agotamiento del ozono estratosférico, b) la

deforestación, c) la destrucción de los bancos pesqueros, d) la degradación y la desertificación de las tierras, e) la propagación de enfermedades y plagas, f) la disminución de la biodiversidad, g) la insuficiencia de la disponibilidad de agua potable y h) el rápido calentamiento de la Tierra debido a la utilización de combustibles fósiles, con sus problemas concomitantes (por ejemplo, los aumentos de la contaminación y del nivel del mar, el aumento de la evaporación y la evolución de los patrones de precipitación con el consecuente aumento de los riesgos de inundación y las sequías).

50. Existen ya varios acuerdos internacionales, programas de vigilancia e investigación y sistemas mundiales de observación relacionados con el medio ambiente mundial. Entre los acuerdos pueden citarse, por ejemplo, el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, concertado en Montreal el 16 de septiembre de 1987, la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992<sup>2</sup>, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992<sup>3</sup>, la Declaración autorizada, sin fuerza jurídica obligatoria de principios para un consenso mundial respecto de la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques de todo tipo, 1992<sup>4</sup>, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1994 (A/AC.237/18 (Part II)/Add.1 y Corr.1, anexo I) y la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África, 1994 (A/49/84/Add.2, anexo, apéndice II). Entre los programas internacionales de vigilancia e investigación cabe citar los siguientes: el programa *Earth Science Enterprise* (ESE), el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB), el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), DIVERSITAS y el Programa internacional de las dimensiones humanas del cambio ambiental mundial (IHDP); todos ellos se concentran en distintos aspectos del medio ambiente mundial. La obtención de información mediante teleobservación es crítica para llevar a buen fin todos esos programas. Recientemente se han perfeccionado tres sistemas de observación mundial, con medios de medición tanto terrestres como de teleobservación, que facilitan la recogida y la distribución de conjuntos de datos mundiales, a saber: el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) lanzado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (IOC/UNESCO), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC); el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO) que está siendo perfeccionado por el PNUMA, la IOC/UNESCO, la OMM y el CIUC; y el Sistema Mundial de Observación de la Tierra (SMOT), desarrollado por el PNUMA, la FAO, la UNESCO, la OMM y la CIUC.<sup>5</sup>

### **B. Enseñanza, capacitación y transferencia de tecnología**

51. Varios países han firmado acuerdos bilaterales que brindan oportunidades limitadas de capacitación, enseñanza y transferencia de tecnología a los países en desarrollo en la esfera de la tecnología de teleobservación por satélite. Participantes de los países en desarrollo cuentan también con oportunidades de enseñanza y capacitación en forma de becas, reuniones técnicas, conferencias, reuniones de expertos y cursillos de capacitación que les brindan diversos organismos espaciales, sociedades científicas profesionales, universidades (incluida la Universidad Internacional del Espacio), las comisiones regionales de las Naciones Unidas, así como la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre a través de su Programa de aplicaciones de la tecnología espacial. Este Programa cuenta con apoyo financiero de los Estados Miembros que sirven de anfitriones de esos actos y de diversos copatrocinadores, entre los que figuran organizaciones apoyadas por los gobiernos y organizaciones del sector privado dedicadas a actividades relacionadas con el espacio.

52. En todo el mundo en desarrollo se están instalando varios centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales con ayuda de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. El primero de esos centros, establecido en la India en 1996, presta servicios a los países de Asia y el Pacífico. Se están poniendo los medios para establecer análogos centros regionales en África, América Latina, Asia occidental y Europa oriental. Además de fomentar la cooperación Sur-Sur, los centros contribuyen a la creación de conocimientos especializados locales y, en última instancia, al éxito de los programas de transferencia de tecnología.

### **C. Coordinación internacional de las observaciones de la Tierra**

53. Habida cuenta del número creciente de satélites y de que es imperioso satisfacer las necesidades de información de los usuarios finales, se ha hecho necesario mejorar la coordinación entre los satélites de observación de la Tierra.

La iniciativa acerca de una estrategia mundial integrada de observación, que está promoviendo el Comité de Satélites de Observación Terrestre (CEOS), se orienta concretamente a constituir un marco integrador de las observaciones basadas en el espacio y las basadas en la Tierra que se precisan para atender a las necesidades de los sistemas internacionales de observación mundial (por ejemplo, el SMOC, el SMOO, el SMOT), así como los programas de investigación mundiales y regionales.

#### **D. Acceso internacional a los datos**

54. El acceso suficiente a los datos que se necesitan para abordar los problemas ambientales mundiales es absolutamente básico para la comunidad científica mundial. Varios programas internacionales han creado sistemas de información basados en Internet que permiten a usuarios de todo el mundo obtener acceso a los datos. Entre esos sistemas figuran ya el Sistema de Observación de la Tierra-Sistema de Datos e Información (EOS-DIS), el Sistema Mundial de Información sobre Tierras (GLIS), el sistema europeo de observación de la Tierra (EEOS), el sistema de datos e información de observación de la Tierra (EOIS), el Servicio Localizador de Información Ambiental Mundial (GELOS) y la Red Internacional de Guías del CEOS (CEOS-IDN). Los organismos espaciales y de teleobservación nacionales se hallan estableciendo sus propias redes intercomunicables (por ejemplo, CEONet en el Canadá), con el fin de brindar acceso a los datos nacionales e internacionales procedentes de diversas fuentes. El acceso práctico a estos sistemas de información depende de que se disponga de buenos enlaces de telecomunicación con la Internet.

### **IV. CUESTIONES CONCRETAS DE INTERÉS PARA LOS ESTADOS MIEMBROS**

#### **A. La transferencia práctica de tecnologías operacionales**

55. Existe una serie de obstáculos para la utilización de datos procedentes de sistemas de observación terrestre, sobre todo en los países en desarrollo. Se trata del costo de compra de los datos, el costo de las instalaciones de obtención de datos, el costo de las instalaciones de tratamiento de datos, el número limitado de personal suficientemente capacitado en los planos técnico, profesional, de gestión de proyectos y de investigación, el desconocimiento de posibles usuarios y la inflexibilidad de los actuales encargados de administrar los recursos. En consecuencia, tan solo algunos países en desarrollo aprovechan actualmente de forma óptima los datos de sistemas de observación terrestre. Se estima que la falta de mecanismos de transferencia de tecnología idóneos es un factor principal que limita la utilización de esos datos. Si bien es cierto que existen muchos ejemplos de la transferencia directa de equipo, sensores y sistemas de análisis de imágenes, el concepto de la transferencia debe incluir también el concepto de la absorción de la tecnología por parte del país receptor.

56. Para que la transferencia de tecnología sea eficaz, es necesario contar con enseñanza y capacitación a varios niveles con objeto de producir todo el abanico de actividades que van desde la investigación hasta el apoyo técnico. Si bien el número de personas necesarias para la investigación es relativamente reducido en comparación con el nivel de apoyo técnico, no se puede exagerar la necesidad de que los países en desarrollo creen rápidamente una base local autónoma de investigación básica. Esa base fomenta la facultad creadora y potencia la capacidad autóctona de adaptar, modificar y crear nuevas técnicas que contribuyen al desarrollo nacional. Para que la investigación evolucione en forma óptima tal vez sea oportuno examinar la posibilidad de crear centros coordinadores de investigación, adjuntos a las universidades, y en los que un "umbral de concentración" de científicos y tecnólogos pueda actuar catalíticamente para maximizar el rendimiento de los gastos en investigación y desarrollo.

57. Hasta la fecha, los países han dedicado pocos esfuerzos a determinar sus necesidades de recursos humanos y los programas docentes que tienen que preparar. La enseñanza y la capacitación han sido poco sistemáticas y se han llevado a cabo como parte de una variedad de proyectos patrocinados por diversos organismos de ayuda, bancarios, bilaterales o multilaterales. En general, la capacitación se ha orientado a la clase profesional, haciéndose hincapié habitualmente en aplicaciones concretas. Sin un apoyo técnico e investigador, la tecnología transferida acaba por marchitarse y esos profesionales bien capacitados buscan otras carreras o emigran del país.

58. El equipo necesario para transferir conocimientos especializados en las diversas aplicaciones de la tecnología de teleobservación ya no es tan costoso. Sin embargo, no puede haber una transferencia fructífera sin fondos suficientes. Por ello, muchos países en desarrollo han tenido que depender de una serie de fuentes bilaterales y multilaterales para la financiación y otro tipo de apoyo. No obstante, la gama de actividades llevada a cabo por estos grupos resulta en general descoordinada, lo que lleva en muchos casos a la repetición ineficiente de proyectos y programas análogos. Además, aspecto éste que reviste gran importancia, las esferas atendidas por estos organismos no abarcan forzosamente todas las necesidades del país en materia de teleobservación, o reciben baja prioridad. Así pues, aunque la financiación internacional sea conveniente y, desde luego, necesaria, cada uno de los países debe desplegar esfuerzos muchos mayores para determinar sus propias necesidades concretas y para lograr una mejor coordinación a través de comités nacionales. Cada país debe evaluar sus necesidades de financiación y determinar los méritos de cada oportunidad de financiación atendiendo a las necesidades nacionales. Debe procederse con suma cautela por lo que se refiere a las propuestas de financiación que imponen al país usuario equipos y metodologías específicos. A la larga, pueden conducir a un mantenimiento costoso, a la restricción de oportunidades y a una transferencia de tecnología inapropiada.

### **B. Acceso a los datos**

59. Para que las capacidades nacionales de teleobservación puedan desarrollarse es imprescindible que los países dispongan de acceso a datos de sistemas de observación terrestre. Es cierto que ello puede conseguirse mediante la creación de una instalación receptora nacional y un mecanismo de distribución de datos apropiado, pero quizá no todos los países podrán permitirse una instalación de esa índole y que puede incluso no resultar apropiada. Mucha mayor importancia para esos países revisten los mecanismos por los que puedan acceder de forma rentable a esos datos.

60. La llegada de proveedores de datos de teleobservación totalmente comerciales es un buen augurio en lo que se refiere a la mayor disponibilidad de datos que atiendan a toda una gama de necesidades. Sin embargo, es poco probable que los usuarios de algunos países en desarrollo puedan permitirse pagar las tarifas comerciales.

61. Las políticas de datos de los sistemas de teleobservación paragubernamentales varían mucho. Los factores básicos opuestos que influyen en las políticas de precios son, por una parte, el carácter asequible de los datos y, por la otra, la sostenibilidad de los programas de observación terrestre. Poner los datos a disposición de los usuarios gratuitamente o a bajo costo sólo puede hacerse si se dispone de una financiación oficial ininterrumpida. Si la disponibilidad depende por completo de las fuerzas del mercado o los datos se proporcionan a su costo, los usuarios con presupuestos reducidos quedarán excluidos. Se han propuesto otros sistemas de fijación de precios, como el sistema de dos niveles o los precios basados en el valor de la información extraída de los datos de observación terrestre. La solución ideal sería al parecer una en la que haya grandes volúmenes de ventas a precios bajos, lo que suministraría datos baratos a los usuarios y representaría grandes ingresos para los proveedores, lo cual les permitiría continuar con sus programas de observación terrestre. Es preciso elaborar las políticas y mecanismos pertinentes para alcanzar progresivamente ese objetivo.

### **C. Desarrollo de servicios de teleobservación operacionales**

62. Si bien es cierto que se ha registrado un crecimiento importante del volumen de los datos de observación terrestre, no se ha producido un crecimiento comparable de las aplicaciones de esos datos, sobre todo en las esferas operacionales y comerciales. Hasta en los países industrializados ha sido necesario establecer programas nacionales con objeto de estimular el desarrollo de aplicaciones. Por lo tanto, la explotación del espacio no va únicamente en función de la capacidad técnica para elaborar datos y producir un producto. En la actualidad, la mayoría de las actividades de observación de la Tierra se limitan a desarrollar la dotación técnica para adquirir y procesar datos de observación terrestre y a realizar estudios de demostración. Ahora bien, para que la producción de la tecnología espacial resulte eficaz debe ir acompañada de mayores inversiones en las fases posteriores de desarrollo de aplicaciones, es decir, en la implantación de servicios experimentales, seguidos de servicios preoperacionales que se ajustarán para servir a las necesidades de los usuarios, y, por último, servicios operacionales continuos que estén totalmente integrados en el entorno de los usuarios.

63. Uno de los principales desafíos para garantizar un mayor uso de la información de teleobservación es el desarrollo de métodos para utilizar eficazmente los datos y la creación de un nuevo conjunto de aplicaciones, para lo que habrá que desarrollar nuevos programas informáticos de análisis, visualización y representación gráfica. También será preciso redoblar los esfuerzos para impartir capacitación a las colectividades de posibles usuarios de datos.

#### **D. El desarrollo local de programas espaciales apropiados**

64. En algunos países en desarrollo existen numerosas barreras a una mayor utilización de la teleobservación y es preciso arbitrar los mecanismos oportunos para salvarlas. Algunas de las actividades que contribuirían al desarrollo local de programas espaciales, y que brindan oportunidades para la cooperación internacional, son las siguientes: a) la creación de una conciencia local de la tecnología espacial y sus beneficios, b) el fortalecimiento de programas de capacitación y transferencia de tecnología, así como la posibilidad de que los países en desarrollo compartan sus experiencias, c) la formulación de marcos regulatorios y políticas nacionales apropiadas en asuntos relacionados con el espacio, d) el desarrollo del sector privado local de teleobservación, e) la creación de puntos nacionales de contacto para fomentar la teleobservación de forma compatible con las necesidades reales, f) la promoción de la teleobservación en las instituciones académicas y la creación de más oportunidades de capacitación y enseñanza a corto y largo plazo\* y g) el reconocimiento por parte de los gobiernos de las tecnologías espaciales como medidas prioritarias para atender a las necesidades nacionales de desarrollo.

#### *Notas*

<sup>1</sup> Las resoluciones espaciales se clasifican del siguiente modo: muy baja  $\geq 300$  m; baja  $\geq 30 < 300$  m; mediana  $\geq 3 < 30$  m; alta  $\geq 0,5 < 3$  m; muy alta  $< 0,5$  m.

<sup>2</sup> *Informe sobre la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992* (publicación de las Naciones Unidas, N° de venta A.93.I.8 y correcciones), vol. I: *Resoluciones aprobadas por la Conferencia*, resolución 1, anexo I.

<sup>3</sup> Véase Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, *Convenio sobre la Diversidad Biológica* (Centro de Actividad del Programa para el Derecho y las Instituciones Ambientales), junio de 1992.

<sup>4</sup> *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ...*, anexo III.

<sup>5</sup> Véase también el documento de antecedentes N° 1 sobre la Tierra y su medio ambiente en el espacio (A/CONF.184/BP/1).

---

\* Las ventajas que un país puede recoger de la teleobservación por satélite se pueden calcular aproximadamente según el número de profesionales dedicados a actividades de cartografía y reconocimiento. Una comparación muestra que en los países en desarrollo los cartógrafos están subrepresentados, a menudo por un factor mayor de siete, en relación con sus números en países industrializados de igual superficie y densidad de población.