

Distr.
LIMITADA

A/CONF.184/BP/1
25 de mayo de 1998



ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

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

LA TIERRA Y SU ENTORNO ESPACIAL

Documento básico 1

Lista completa de documentos básicos:

1. La Tierra y su entorno espacial
2. Prevención, alerta y mitigación de los efectos de los desastres naturales
3. Ordenación de los recursos de la Tierra
4. Sistemas de navegación y posicionamiento por satélites
5. Aplicaciones y comunicaciones espaciales
6. Investigaciones sobre microgravedad y ciencia espacial básica, y sus beneficios
7. Aspectos comerciales, incluidos los beneficios derivados, de la exploración espacial.
8. Sistemas de información para investigaciones y aplicaciones
9. Misiones de satélites pequeños
10. Formación y capacitación en ciencia y tecnología espaciales
11. Beneficios económicos y para la sociedad
12. Promoción de la cooperación internacional

ÍNDICE

| | <i>Parráfos</i> | <i>Página</i> |
|--|-----------------|---------------|
| PREFACIO | | 3 |
| RESUMEN | | 5 |
| I. LAS RELACIONES SOLAR-TERRESTRES | 1-17 | 6 |
| A. La irradiancia solar total y las variaciones de su componente de UV | 1-5 | 6 |
| B. Magnetosfera, ionosfera y atmósfera superior de la Tierra | 6-12 | 7 |
| C. Perturbaciones de la ionosfera y la magnetosfera | 13-17 | 8 |
| II. EFECTOS DEL CLIMA ESPACIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DE LA TIERRA | 18-36 | 10 |
| A. Efectos sobre los servicios terrestres | 18-23 | 10 |
| B. Efectos sobre los seres humanos y las aeronaves | 24-30 | 11 |
| C. Pronóstico del clima espacial: situación actual y perspectivas | 31-36 | 12 |
| III EL CAMBIO CLIMÁTICO MUNDIAL | 37-46 | 13 |
| IV. AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO | 47-54 | 15 |
| V. CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL INDUCIDOS POR LA TECNOLOGÍA | 55-65 | 17 |
| VI. PRONÓSTICO DEL TIEMPO Y ALERTA DE DESASTRES NATURALES | 66-74 | 19 |
| VII. ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES | 75-80 | 20 |
| VIII. PROMOCIÓN DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA | 81-98 | 22 |
| A. Programas de investigación internacionales | 81-82 | 22 |
| B. Coordinación de programas y misiones de satélites operacionales y de investigación | 83-91 | 23 |
| C. Participación de países en desarrollo | 92-98 | 25 |

PREFACIO

La Asamblea General, en su resolución 52/56, acordó que la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III) se realizaría 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, abierta a la participación de todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas.

Los objetivos principales de UNISPACE III serán:

- (a) Promover medios eficaces para utilizar la tecnología espacial para prestar asistencia en la solución de problemas de importancia regional o mundial;
- (b) Reforzar las capacidades de los Estados Miembros, en particular los países en desarrollo, para utilizar las aplicaciones de las investigaciones espaciales en el desarrollo económico y cultural.

UNISPACE III tendrá también los siguientes objetivos:

- (a) Proporcionar a los países en desarrollo oportunidades para que definan sus necesidades en materia de aplicaciones espaciales con fines de desarrollo;
- (b) Considerar formas en que los Estados Miembros podrían acelerar la utilización de las aplicaciones espaciales para promover el desarrollo sostenible;
- (c) Estudiar diversas cuestiones relacionadas con la formación, la capacitación y la asistencia técnica en ciencia y tecnología espaciales;
- (d) Ofrecer un foro útil para realizar una evaluación crítica de las actividades espaciales y aumentar la sensibilidad de la población en general respecto de los beneficios de la tecnología espacial;
- (e) Fortalecer la cooperación internacional en el desarrollo y la utilización de la tecnología y las aplicaciones espaciales.

Como parte de las actividades preparatorias de UNISPACE III, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría ha preparado varios documentos básicos para proporcionar a los Estados Miembros participantes en la Conferencia, así como a los participantes en las reuniones preparatorias regionales, información sobre las novedades y las tendencias más recientes en la utilización de tecnologías relacionadas con el espacio. Los documentos se han preparado sobre la base de insumos proporcionados por organizaciones internacionales, agencias espaciales y expertos de todo el mundo. Se ha preparado un juego de 12 documentos básicos que se complementan entre sí y deben ser considerados como un conjunto.

Los Estados Miembros, las organizaciones internacionales y las industrias espaciales que se propongan asistir a UNISPACE III debieran examinar el contenido del presente documento, sobre todo al adoptar decisiones sobre la composición de sus delegaciones y la preparación de sus aportaciones a la labor de la Conferencia.

En la preparación del presente documento básico se utilizaron aportaciones de las siguientes organizaciones: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (Estados Unidos de América); Agencia Espacial Europea, Sede de París; Centre national d'études spatiales (Francia); Departamento de Física de la Universidad Obafemi Awolowo (Nigeria); Instituto de Astrofísica Teórica de la Universidad de Oslo (Noruega); Instituto Nacional de Aeronáutica y del Espacio (Indonesia); Organismo Nacional de Aprovechamiento del Espacio (Japón); Organización

Meteorológica Mundial; Organización de Investigación Espacial de la India; y Subcomisión de Física Solar del Comité de Investigaciones Espaciales.

Se reconoce también con agradecimiento la asistencia 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 su carácter de editor técnico de los documentos básicos 1 a 10.

RESUMEN

En el presente documento básico, titulado "La tierra y su entorno espacial", se examina la situación de los conocimientos científicos sobre la tierra y su entorno, incluida la influencia de la actividad solar en la magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera superior, media e inferior, los cambios climáticos, el agotamiento del ozono y la contaminación atmosférica proveniente de factores naturales y antropogénicos. Se examina también el estado de la cooperación internacional en las ciencias ambientales a los niveles mundial, regional y local, así como la participación de los países en desarrollo.

En el próximo siglo, el planeta Tierra estará expuesto a los posibles peligros de los rápidos cambios ambientales, incluido el calentamiento mundial, la elevación del nivel medio del mar, la deforestación, la desertificación y la degradación de la tierra, el agotamiento del ozono, la lluvia ácida y una reducción de la diversidad biológica. Esos cambios tendrán importantes efectos en todos los países; con todo, hay muchas cuestiones científicas importantes para las que todavía no hay respuesta. La actividad humana ha modificado las condiciones sobre la Tierra al reconfigurar el paisaje, cambiando la composición de la atmósfera mundial y creando tensiones de innumerables maneras en la biosfera. Hay firmes indicios de que los cambios naturales se están acelerando como consecuencia de la intervención humana. En sus esfuerzos por mejorar la calidad de su vida, la humanidad se ha convertido en una fuerza que impulsa los cambios en el planeta, construyendo, remodelado y modificando la naturaleza, a veces de manera impredecible y no intencional.

Hay, sin embargo, muchas incertidumbres en los modelos climáticos, entre ellos el desconocimiento de los efectos de las nubes y los aerosoles sobre el clima y la función de los océanos en los cambios climáticos. Por lo tanto, la observación de estos parámetros desde el espacio, así como la vigilancia de los gases de efecto invernadero reviste la máxima importancia. El agotamiento del ozono estratosférico es ahora evidente en todo el mundo salvo en los trópicos; su manifestación más conspicua es el agujero de ozono en la Antártida. Las observaciones desde satélites han demostrado su utilidad en la vigilancia mundial del ozono y en la observación de la distribución mundial de especies de trazas estratosféricas que intervienen en la química del ozono. Ahora bien, las mediciones de los perfiles de altitud del ozono deben mejorarse en términos de exactitud, frecuencia y resolución horizontal.

La variación de la irradiancia solar es, en parte, la causa de los cambios climáticos, y la variación de la irradiancia solar ultravioleta afecta a las reacciones fotoquímicas en la atmósfera superior. A fin de determinar la influencia del sol sobre la Tierra, es esencial vigilar la irradiancia total y espectral del sol, las eyecciones coronales masivas y otros atributos de las fluctuaciones de la actividad solar, el viento solar y las partículas energéticas, y la estructura y dinámica de la atmósfera inferior, media y superior. A fin de comprender el comportamiento mundial de las interacciones solar-terrestres, la magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera superior deben considerarse como un sistema complejo.

Las necesidades de observación que se plantean a raíz de la necesidad de comprender más cabalmente el sistema de la Tierra, y proporcionar servicios basados en esa mayor comprensión, son muy variadas y abarcan muchas técnicas de medición diferentes y sistemas de procesamiento de datos conexos. Los satélites ubicados en diversas órbitas proporcionan plataformas críticas y únicas de observación mundial desde las que se puede vigilar ampliamente el sistema de la Tierra. Los datos obtenidos del espacio son voluminosos, por lo que es preciso realizar actividades especiales para establecer un sistema internacional que permita procesarlos, archivarlos y distribuirlos libremente y en forma adecuada.

Los instrumentos montados a bordo de satélites tienen la capacidad singular de hacer observaciones y vigilar procesos en todo el mundo. Por cierto, proporcionan el único medio para estudiar varios parámetros críticos. También proporcionan la información necesaria para elaborar modelos del sistema de la Tierra y hacer pronósticos a corto y a largo plazo de los cambios que tienen importancia social y económica. Ahora bien, se necesitan también sistemas generales de observación terrestres para complementar los sistemas de observación espaciales. Para poder

armonizar toda las actividades internacionales en el campo de la vigilancia del medio ambiente, es necesario establecer un sistema integrado de observación y vigilancia mundial.

Asimismo, hay una necesidad fundamental de crear infraestructura en países en desarrollo para que éstos puedan realizar análisis de las observaciones actuales y futuras, de los resultados de las investigaciones y de los resultados obtenidos con modelos (incluidas las predicciones), con miras a lograr una mejor ordenación de los recursos y como base para la adopción de decisiones de política relativas al medio ambiente, así como también a la actividad socioeconómica. Algunos de los conocimientos se pueden utilizar directamente para reducir los efectos de las peligros naturales, por ejemplo, para vigilar y mitigar los efectos de los grandes incendios forestales, las inundaciones o las sequías. En un plano temporal más largo, estos conocimientos permitirán hacer predicciones climáticas y del tiempo más fiables. Sólo mediante la vigilancia sistemática de los datos sinópticos y la observación con fines de investigación podrán los científicos aumentar su caudal de conocimientos sobre el medio ambiente mundial y sus variaciones, a fin de que la humanidad pueda adaptarse mejor a los cambios naturales y reducir al mínimo los cambios inducidos por la tecnología.

Es ahora claramente evidente que se requieren investigaciones, observaciones y una mejor comprensión científica para mejorar la base de la adopción de políticas oficiales y oficiosas sobre cuestiones ambientales que tienen consecuencias sobre una diversidad de cuestiones de ordenación de los recursos y desarrollo económico, social y de la salud. Estas cuestiones revisten la misma importancia a los niveles nacional, intergubernamental e internacional. Ningún país o región puede asumir el costo o la responsabilidad de ejecutar programas y proyectos de observación, investigación y desarrollo; se necesitan servicios mundiales interconectados que traten de la manera adecuada las necesidades del desarrollo sostenible.

I. LAS RELACIONES SOLAR-TERRESTRES

A. La irradiancia solar total y las variaciones de su componente ultravioleta

1. El Sol es la principal fuente energética e impulsora de los sistemas de circulación de los océanos y del clima en la superficie de la Tierra. La combinación de energía solar, agua y nutrientes del suelo en la superficie de la Tierra determinada en gran medida la vida animal y vegetal de cada lugar (véase la sección III). La radiación solar electromagnética varía mucho menos en las longitudes de onda visible e infrarroja que en las longitudes de onda corta (ultra violeta (UV) y rayos X) y de radio.
2. La irradiancia UV es una importante fuente energética de la atmósfera de la Tierra; las pequeñas fluctuaciones en los parámetros atmosféricos (por ejemplo, pequeños cambios en la cantidad de ozono total) pueden producir diferencias muy notables en la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra. Se sabe que el aumento de la irradiancia UV provoca aumentos de la ocurrencia de cáncer de la piel y puede también afectar a los sistemas microbiológicos dañando o alterando su estructura genética. Las mediciones de los cambios pequeños en la irradiancia solar UV permitirá mejorar la comprensión de los cambios correspondientes en la fotoquímica, la dinámica y el equilibrio energético de la atmósfera media. Las variaciones en la irradiancia espectral solar de onda corta (UV y rayos X) son mucho mayores que las variaciones de la irradiancia solar total. Tienen efectos sobre la temperatura y la química (por ejemplo, ozono, óxido nítrico) en la atmósfera media y superior. Los cambios en la circulación termosférica modifican la estructura electrodinámica de la atmósfera superior y, mediante una acción de dínamo, los procesos de acoplamiento magnetosfera-ionosfera.
3. Los registros de los isótopos de origen cósmico muestran un ciclo de 200 años de actividad solar y luminosidad solar total. Hay una posible correlación entre escalas temporales más cortas, de 10 a 30 años, y las tendencias periódicas a largo plazo hacia sequías en algunas regiones del mundo. La longitud de los ciclos de las manchas solares y las anomalías de la temperatura media del mundo en la superficie de la Tierra muestran una alta correlación (0,95) en los últimos cien años. En la actualidad se discute mucho sobre las razones de esa alta correlación con las

fluctuaciones de la actividad solar que, según las observaciones desde satélites, parecen estar vinculadas a cambios sólo pequeños en la irradiación solar total. Probablemente, las mayores correlaciones entre la actividad de las manchas solares y el clima de la Tierra se produjeron entre 1640 y 1720, cuando la actividad solar en forma de manchas disminuyó y las temperaturas en Europa septentrional disminuyeron en aproximadamente un grado centígrado (°C); ese período se denomina a veces "la pequeña edad de hielo".

4. La única forma de medir la irradiancia solar total fuera de la atmósfera de la Tierra es utilizar instrumentos montados en satélites. Esos instrumentos se comenzaron a utilizar sólo en 1978, por lo que el período es demasiado corto para realizar un estudio serio sobre el comportamiento del Sol a largo plazo. Ahora bien, hay pruebas de que las variaciones a largo plazo pueden ser grandes y quizá todavía no hayan sido detectadas en las mediciones indirectas desde satélites. Como nota de interés científico reciente, cabe señalar que la luminosidad del Sol parece haber cambiado entre la mínima de los ciclos solares 21 y 22 en una cantidad que, de mantenerse, podría producir un cambio del 0,5% al 1,0% en la luminosidad en la escala temporal cósmica necesaria para producir eventos climáticos como la pequeña edad de hielo. Los datos de satélites muestran que la irradiancia solar total alcanzó un punto bajo en 1986, cerca del mínimo del ciclo solar de 11 años, alcanzó una cima aproximadamente en 1991, y luego declinó hasta alcanzar otro punto bajo en 1996.

5. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

- a) Continuar las observaciones y la vigilancia a largo plazo de la irradiancia espectral solar;
- b) Elaborar modelos de la actividad solar y sus fluctuaciones;
- c) Evaluar la interacción entre las fluctuaciones de la radiación solar y el clima de la Tierra;
- d) Cuantificar, mediante observaciones y modelos, la influencia solar sobre los cambios y la variabilidad del clima a corto plazo (escalas temporales estacionales e interanuales) y a largo plazo (10 a 30 años o decenales).

B. La magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera superior de la Tierra

6. La respuesta del medio ambiente mundial al Sol en constante cambio se denomina actualmente "clima espacial". Los efectos de las perturbaciones solares sobre la Tierra, sin embargo, se habían reconocido hace mucho tiempo. El origen solar de las tormentas geomagnéticas, las fluctuaciones rápidas e irregulares de los campos geomagnéticos que son más intensos en las regiones polares, y las auroras que se producen como consecuencia de la entrada en la atmósfera de partículas cargadas se habían identificado aún antes del comienzo de la era espacial, pero fue sólo durante la era espacial que se comprendieron mejor esos fenómenos y sus efectos perturbadores sobre los sistemas eléctricos y de comunicaciones.

7. El Sol y su atmósfera están siempre cambiando; es cierto sentido, tienen una "clima" propio. El Sol pasa por variaciones "similares a climáticas" a largo plazo (10 años o más) como los ciclos solares de aproximadamente 11 años. Este primer ciclo se manifestó en el número de manchas solares (oscuras concentraciones de campos magnéticos intensos que surgen desde debajo de la superficie del Sol) contadas en la superficie solar y observadas con un telescopio terrestre. Pronto se observó que el número de manchas que aparecían en la superficie solar variaba con el tiempo en un ciclo de aproximadamente 11 años. Este aumento y disminución regulares en el nivel de la actividad solar se denominó ciclo solar.

8. Si bien las manchas solares por sí mismas producen pocos efectos sobre las emisiones solares, la actividad magnética que las acompañan puede producir cambios dramáticos en los niveles de emisión ultravioleta y de rayos X blandos. Las observaciones espaciales recientes han revelado que los complejos de manchas solares denominados regiones activas son la fuente principal de las características solares de larga duración que aumentan las emisiones

ultravioletas y de rayos X. Los gases solares, confinados por los fuertes campos magnéticos de las regiones activas en estructuras de tipo circuito, se calientan a temperaturas de varios millones de grados. En las épocas de máxima actividad solar, el nivel medio de emisiones solares ultravioletas puede llegar a varias veces el nivel del Sol inactivo, mientras que la intensidad de los rayos X muestra incrementos aún mayores. Dado que las regiones activas por lo general duran más de los 27 días del período de rotación solar, la radiación que emiten también varía periódicamente en esta escala temporal.

9. La imagen del Sol en una placa de rayos X es completamente diferente a la del Sol en el cielo. Los rayos X son emitidos por gases muy calientes en la atmósfera solar exterior, la corona, donde las temperaturas llegan a unos pocos millones de grados; la superficie mucho más fría del Sol, a unos 6.000 grados, no es suficiente para emitir rayos X. El resultado es que la placa de rayos X muestra la corona como un halo brillante y la superficie del Sol como un disco negro. En la corona, la forma y el carácter de los gases calientes dependen de los campos magnéticos, de la misma forma en que las cuentas se desplazan a lo largo del hilo en que están enhebradas. Cuando el ciclo de actividad solar pasa del máximo al mínimo, el campo magnético del Sol cambia de una estructura compleja a una configuración más sencilla. Como los gases calientes del Sol están controlados por el campo magnético, la imagen de rayos X refleja este cambio global, con una reducción general de la luminosidad de 100 veces.

10. La alta temperatura de la atmósfera solar superior genera una corriente de gas ionizado de la corona, o plasma, hacia afuera a velocidades típicas de 400 a 800 kilómetros por segundo. Esta corriente se conoce con el nombre de "viento solar". El viento solar se desplaza alrededor de obstáculos como los planetas, pero estos últimos tienen sus propios campos magnéticos que responden de manera específica. Bajo la influencia del viento solar, las líneas del campo magnético de un planeta se comprime en dirección hacia el sol y se estiran en la dirección del viento. Esto crea una magnetosfera, una cavidad compleja en formas de gota alrededor de un planeta que posee un campo magnético, como la Tierra. Los cinturones de radiación de Van Allen se encuentran dentro de esta cavidad, y también la ionosfera, una capa de la atmósfera superior de la Tierra donde la fotoionización producida por los rayos X y los rayos ultravioletas extremos del Sol crean iones y electrones libres.

11. El campo geomagnético siente el viento solar y su velocidad, densidad y campo magnético. Como el viento solar varía en escalas temporales de hasta segundos, la interfaz que separa el espacio interplanetario de la magnetosfera es muy dinámica. Normalmente esta interfaz, denominada la "magnetopausa", se encuentra a una distancia equivalente a 10 radios de la Tierra en dirección al Sol. Ahora bien, durante episodios de elevada densidad o velocidad de viento solar, la magnetopausa puede ser comprimida hasta una distancia de 6,6 radios de la Tierra (la altitud de los satélites geosincrónicos). Dado que la magnetosfera extrae energía del viento solar, su forma y estructura depende de la actividad solar, y se observan efectos complejos que todavía no se comprenden totalmente.

12. La aurora es una manifestación visual dinámica y delicada de la actividad geomagnética inducida por el Sol. Las partículas de viento solar que entran en la magnetosfera también transmiten energía a los electrones y iones atrapados en ella. Las partículas con energía suficiente pueden entrar a la atmósfera superior de la Tierra, por lo general cerca de las regiones polares. Cuando las partículas golpean las moléculas y los átomos de la atmósfera alta y delgada, algunas comienzan a emitir un brillo en colores diferentes. Durante períodos de gran actividad geomagnética, las regiones en que penetran estas partículas energéticas pueden llegar a latitudes mucho más bajas. En esos casos, las auroras y otras perturbaciones geomagnéticas que pueden tener una influencia negativa sobre las actividades humanas se pueden observar en regiones mucho más alejadas de los polos que normalmente (véase la sección II.B).

C. Perturbaciones de la ionosfera y la magnetosfera

13. Hay dos tipos de eventos solares diferentes que inician perturbaciones en el medio ambiente de la Tierra. Uno se denomina "erupción solar", ya que su ocurrencia es anunciada por el aumento del brillo de una pequeña zona del Sol. El otro tipo se denomina "eyección de masa coronal" (EMC) y es, de hecho, una enorme erupción de material de la atmósfera solar en el espacio interplanetario. Las erupciones y las EMC tienen cierta relación entre sí, pero

la mayoría de las erupciones no van acompañadas de una EMC y muchas de estas últimas se producen sin una erupción visible.

14. Las erupciones solares van seguidas de un gran aumento en la radiación electromagnética (principalmente fotones con energías en la parte ultravioleta extrema (UVE) y de rayos X del espectro de energía). Las enérgicas explosiones de radiación electromagnética que acompañan a las erupciones en el Sol viajan a la velocidad de la luz y llegan a la Tierra sólo ocho minutos después de haber partido del sitio de la erupción, mucho antes que cualquier partícula cargada o material coronal relacionados con la erupción. La respuesta directa de la atmósfera superior a una explosión proveniente de una erupción solar que emite luz ultravioleta y rayos X es un aumento temporal de la ionización (así como de la temperatura) en el hemisferio iluminado. El fenómeno, que puede variar de unos pocos minutos a varias horas, se denomina "perturbación ionosférica repentina" (PIR). En esas ocasiones, es especialmente significativo el aumento de la ionización a altitudes inferiores a 100 kilómetros.

15. Al tiempo que las erupciones solares afectan a la ionosfera, las EMC se producen cuando la magnetosfera es perturbada por el plasma que se propaga a través del espacio interplanetario hasta la Tierra tras perturbaciones repentinas en el campo magnético solar. Una gran EMC puede contener mil millones de toneladas de materia que pueden alcanzar velocidades de hasta 2.000 km por segundo, considerablemente mayor que la velocidad del viento solar normal que es de unos 400 km por segundo. De esta forma, al contrario de las erupciones solares que pueden emitir radiación UVE y de rayos X, las EMC producen una "nube" de partículas cargadas (iones y electrones). Esta nube suele traer consigo partes del campo magnético solar y suele denominarse "nube magnética". Las partículas cargadas y el campo magnético interactúan con el campo magnético de la Tierra cuando la nube llega a la órbita terrestre, causando una tormenta geomagnética.

16. La actividad geomagnética en el medio ambiente de la Tierra puede también provenir de fluctuaciones del viento solar debidas a la estructuración en gran escala de la superficie solar. La fuente principal de viento solar son los denominados agujeros coronales. Estos son regiones de la corona solar donde la densidad es inferior a la media y la temperatura y la velocidad de expansión del viento solar resultante son superiores a la media. Su nombre refleja el hecho de que aparecen de color oscuro en las imágenes de rayos X de la corona debido a su baja densidad. Los agujeros coronales se limitan sobre todo a las regiones polares (los denominados "agujeros coronales polares") pero algunas veces pueden llegar a latitudes más bajas, en dirección al ecuador del sol. Cuando durante la rotación del sol un frente de viento solar rápido proveniente de los agujeros y viento solar lento cruza la Tierra, la actividad geomagnética también suele aumentar. Dado que los agujeros coronales son estructuras de larga vida, esas perturbaciones pueden repetirse dentro del período de rotación solar de 27 días.

17. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

- a) investigar el plasma del sistema solar y los sistemas de corrientes y campos magnéticos asociados;
- b) mejorar la observación y la comprensión del proceso físico que rige la termosfera, la magnetosfera, la ionosfera y la atmósfera superior de la Tierra;
- c) desarrollar una comprensión teórica detallada de los procesos físicos que constituyen la conexión Sol-Tierra, mejorando la predicción de la actividad que solar geo-efectiva y pronosticando las condiciones del clima espacial;
- d) mejorar las observaciones y la comprensión de la variabilidad solar y de los mecanismos que liberan al espacio la energía generada en el núcleo de Sol;
- e) caracterizar la dinámica, las propiedades y la estructura del viento solar que sopla a través del espacio interplanetario y produce una interacción con el medio interestelar local para constituir la heliosfera.

II. EFECTOS DEL CLIMA ESPACIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DE LA TIERRA

A. Efectos sobre los servicios terrestres

18. Las radiocomunicaciones de onda corta en alta frecuencia (3-30 MHz) que todavía se usan mucho para los servicios de telecomunicaciones de larga distancia en diversos países, dependen de la reflexión de señales desde la ionosfera de la Tierra. Los efectos de una PIR se manifiestan como un aumento de la concentración local de electrones en la ionosfera, que puede causar una interrupción total de las radiocomunicaciones. Estos aumentos son causados por la radiación de onda corta de las erupciones solares, aunque la entrada de partículas energéticas provenientes de una erupción y de tormentas geomagnéticas también pueden causar perturbaciones en la ionosfera. Los cambios en la ionosfera que se produce en épocas de perturbaciones también aumentan la incidencia de irregularidades en la densidad de los electrones, causando algunas veces variaciones graves en la fase y la fuerza de las señales enviadas de la Tierra a los satélites a frecuencias VHF y UHF (30 MHz a 3 GHz).

19. Los estudios geomagnéticos son instrumentos importantes para la exploración comercial de los recursos naturales (como las exploraciones de petróleo y gas). Ahora bien, las perturbaciones relacionadas con el clima espacial pueden crear señales en los datos de los estudios que se pueden confundir con señales de recursos subterráneos. Es necesario modificar los calendarios de los estudios o de las operaciones, a veces repentinamente y con un gran impacto sobre el costo, para evitar la contaminación de los datos de los estudios.

20. Los sistemas de navegación como LORAN y OMEGA resultan perjudicados cuando la actividad solar perturba la longitud de onda de sus radios. El sistema OMEGA consiste de ocho transmisores ubicados en distintas partes del mundo. Las aeronaves y los barcos usan las señales de radio de muy baja frecuencia de estos transmisores para determinar sus posiciones. Durante eventos solares y tormentas geomagnéticas, el sistema puede dar a los navegantes información con errores de hasta varias millas. Si los navegantes tienen conocimiento de que se está produciendo un evento solar o una tormenta geomagnética, pueden utilizar un sistema de reserva.

21. Los mismos cambios relacionados con la perturbaciones en la ionosfera de la Tierra que afectan a las comunicaciones, producen también cambios en el tiempo que necesitan las señales para atravesar la ionosfera. Las demoras anormales producen errores de posición y reducen la exactitud y fiabilidad de los sistemas de posicionamiento mundial (GPS) basados en satélites, que se utilizan con muchos fines de navegación y determinación de la distancia.

22. Los sistemas terrestres de generación de energía pueden verse afectados por las mayores corrientes que fluyen del sistema magnetosfera-ionosfera durante perturbaciones geomagnéticas. Esas perturbaciones pueden inducir corrientes casi continuas (corrientes de inducción geomagnética (CIG)) en las líneas de transporte de energía largas. Por ejemplo, durante la tormenta magnética del 13 de marzo de 1989, las CIG obligaron a cerrar completamente la red eléctrica de Hydro-Quebec, con una suspensión del suministro de energía de nueve horas. Las redes de energía mancomunadas que abastecen a todo el nordeste de los Estados Unidos de América estuvieron muy cerca de un colapso del sistema en cascada.

23. Las corrientes inducida es por el clima espacial fluyen también en los conductores terrestres largos, como los oleoductos. Estas corrientes crean efectos de galvanización que pueden corroer rápidamente las juntas de los oleoductos si no están adecuadamente conectadas a tierra. La reparación de esa corrosión es costosa y a veces el daño puede ser permanente.

B. Efectos sobre los seres humanos y las aeronaves

24. Si bien los efectos nocivos de la radiación y las partículas con carga energética provenientes de las erupciones solares se conocen desde hace mucho tiempo, algunos de los aspectos de las eyecciones de masa de la corona solar sobre la Tierra y las aeronaves, así como sus efectos sobre los satélites de telecomunicaciones, se han puesto de manifiesto sólo recientemente con las investigaciones realizadas en el marco del programa espacial internacional de física solar y terrestre (ISTP). La predicción fiable de la extensión de las eyecciones en dirección a la Tierra, así como de la probabilidad de que se produzcan erupciones que generen partículas energéticas guiadas magnéticamente hacia la Tierra, permitiría emitir alertas para evitar peligros importantes para los astronautas y los satélites de comunicaciones (que podrían ser desconectados temporalmente o diseñados para pasar a una modalidad de seguridad cuando una nube de plasma solar llega al medio ambiente de la Tierra).

25. La atmósfera superior se expande al ser calentada por fuentes de energía adicionales, como las partículas aurorales cargadas y las corrientes ionosféricas resistivas aumentadas. El aumento de las densidades atmosféricas que esto produce a altitudes entre 800 a 500 kilómetros aumenta significativamente el número de colisiones entre los satélites y las partículas de gases que los rodean. Esta "mayor resistencia aerodinámica de los satélites" puede alterar su órbita lo suficiente como para que el satélite quede temporalmente fuera de la cadena de comunicaciones. En algunas ocasiones, estos efectos pueden ser suficientemente graves como para provocar la reentrada prematura de objetos orbitales, como Skylab en 1979 y la Misión Solar Maximum en 1989.

26. Las partículas cargadas de energía que se originan en el Sol y en la magnetosfera de la Tierra chocan con las superficies de las naves espaciales. Las partículas con carga energética muy alta penetran en los componentes electrónicos, causando inversiones de bits en una cadena de señales electrónicas que puede resultar en un comando falso o fantasma que los sistemas de la nave interpretan como directivas provenientes de la base terrestre. Además, los instrumentos montados a bordo pueden generar datos erróneos. Estos comandos falsos provocan fallos graves en los sistemas de los satélites y pueden hasta llegar a orientar a la nave en dirección contraria a la Tierra y hacerle perder el contacto de radio.

27. Muchos de los fallos se podrían haber evitado si los controladores de tierra hubieran tenido conocimiento anticipado del peligro inminente causado por partículas cargadas. Es posible que durante las grandes tempestades solares, los operadores de satélites ni siquiera tengan conocimiento de las anomalías en los satélites a raíz de que sus comunicaciones con los satélites no funcionan a causa de la propia tempestad geomagnética. Las partículas cargadas con menos energía contribuyen a una diversidad de problemas en la carga en la superficie de las naves espaciales, especialmente durante períodos de alta actividad geomagnética. Además, los electrones energéticos que producen cargas dieléctricas profundas pueden reducir la vida útil de componentes internos.

28. La Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) mantiene en su Centro Nacional de Datos Geofísicos (NGDC) de Boulder, Colorado, datos sobre anomalías de naves espaciales. Ahora bien, no suele ser fácil obtener información sobre anomalías de satélites ya que muchos operadores no están dispuestos a compartir dicha información. En un período de 25 días de marzo de 1989, se comunicaron 46 casos de perturbaciones operacionales en relación con una gran tempestad magnética; el diagnóstico fue que la mayoría se debía a descargas electroestáticas resultantes de la carga recibida por la nave espacial. Esos fallos se produjeron en el satélite de geoestacionario japonés de comunicaciones CS-3B en 1989 y en el satélite canadiense Anik en enero de 1994. Una eyección de masa coronal dirigida hacia la tierra produjo el fallo del satélite de comunicaciones Telstar 401 en enero de 1997.

29. Los protones solares energéticos constituyen un peligro de radiación para los astronautas en los vuelos espaciales tripulados. El tiempo de llegada al entorno cercano a la tierra puede comenzar dentro de los diez minutos siguientes a una erupción solar. Si bien las órbitas de inclinación baja aprovechan el blindaje del campo magnético de la tierra, las órbitas de inclinación alta colocan a la nave espacial fuera del aislamiento de rigidez normal, causando dosis mayores. La estación espacial internacional utilizará una órbita de inclinación baja de unos 52

grados. La predicción y vigilancia de las erupciones solares y de las eyecciones de masas coronales proporcionarán límites de seguridad esenciales.

30. Es también motivo de preocupación la exposición a las radiaciones de los pasajeros de aeronaves que vuelan a gran altura y, en particular, y la de los tripulantes que efectúan esos vuelos repetidas veces. Si bien la atmósfera residual sobre la aeronave proporciona un cierto grado de protección contra los rayos cósmicos y las partículas solares energéticas que entran en la magnetosfera, preocupan todavía los vuelos en rutas polares durante grandes sucesos solares de partículas cargadas. Los ascensores de radiación del avión supersónico Concorde han mostrado que los pasajeros y los tripulantes a veces reciben una dosis de radiación equivalente a una radiografía pectoral. Para reducir los riesgos para los tripulantes y pasajeros de aeronaves, se envían por canales apropiados pronósticos de rutina y alertas a fin de que el piloto de una aeronave expuesta a un posible peligro pueda decidir las medidas que hay que tomar para reducir al mínimo la exposición a la radiación.

C. Pronóstico del clima espacial: situación actual y perspectivas

31. Los pronósticos del clima espacial se basan en observaciones del Sol, tanto desde la Tierra como desde el espacio. Además, varios satélites vigilan el entorno de la Tierra midiendo los parámetros físicos clave. Las imágenes del Sol en diversas regiones y líneas espectrales seleccionadas proporcionan información sobre la ocurrencia de erupciones y, junto con las mediciones del campo magnético (magnetogramas solares), sobre la probabilidad de que se produzcan erupciones en el futuro. Estas mediciones están sujetas a una gran incertidumbre ya que no es posible seguir la evolución de la regiones activas en el hemisferio invisible del Sol. Algunos tipos de configuraciones del campo magnético de las regiones solares activas tienen más probabilidad que otros de producir una erupción. Ahora bien, es imposible predecir el momento en que se producirá una erupción. Los detectores colocados en el espacio vigilan también la producción de radiactividad del Sol. En particular, la serie de satélites geoestacionarios operacionales del medio ambiente (GOES) proporciona mediciones del flujo de rayos X solares. Unos pocos minutos después de que se produce una erupción, aún si los observatorios terrestres no la detectan debido a la hora del día en que se producen o al mal tiempo, el mayor flujo de rayos X proveniente del Sol da los primeros indicios de una posible erupción.

32. Aún cuando los observatorios terrestres o los satélites detectan fenómenos solares activos, es muy difícil estimar los efectos que se producirán en el entorno de la tierra. Las erupciones son fuentes de rayos X y partículas energéticas cargadas pero su relación con las tempestades geomagnéticas es muy tenue. La observación de EMC en tiempo real es un medio mucho mejor para vigilar el clima espacial, pero aún si se descubre que una EMC se desplaza en dirección de la tierra, la enorme distancia entre el Sol y la Tierra da lugar a una gran incertidumbre en los pronósticos por dos razones. Primero, la fuerza y la velocidad de la nube magnética o de partículas son muy difíciles de determinar con exactitud sobre la base de observaciones de las EMC. Segundo, las características y la dinámica estructural de la nube de partículas cuando cruza el espacio interplanetario se conocen muy poco y sólo pueden volver a examinarse cuando llegan a un satélite cercano a la tierra.

33. Una forma de predecir con precisión y a corto plazo las nuevas perturbaciones es realizar observaciones continuadas y en tiempo real del viento solar. Los datos obtenidos en el punto de libración L1 (240 radios de la tierra corriente arriba), donde la atracción de la gravedad de la Tierra se contrapone a la del Sol, proporcionan una alerta de 30 a 50 minutos de antelación al momento en que el choque o la perturbación del viento solar llegan a la magnetosfera de la Tierra. El momento preciso depende de la velocidad del viento solar, que puede medirse con un instrumento colocado a bordo de un satélite cercano al punto de libración L1, que está bien alejado de la influencia del campo magnético. Dado que los satélites están permanentemente bajo la luz del día, pueden observar el Sol y el viento solar 24 horas por día, mientras que todos los anteriores observatorios solares tenían una órbita terrestre baja y sus observaciones quedaban periódicamente interrumpidas por la sombra de la tierra.

34. Los primeros dos satélites de vigilancia del viento solar situados en el punto de libración (el observatorio solar y heliosférico (SOHO), desde 1995, y el programa Explorer de composición avanzada (ACE), desde 1997),

mejorarán la exactitud de los pronósticos del tiempo espacial. Además, permitirán mejorar los conocimientos sobre los mecanismos que producen las tempestades solares (tanto las erupciones como las EMC) y sobre la forma en que el frente de choque viaja por el espacio interplanetario antes de encontrar el entorno de la tierra para crear una tormenta geomagnética.

35. Los científicos de una docena de países utilizan unos 20 satélites en órbita alrededor de la Tierra o en órbita excéntrica, o cerca del punto de libración, así como unos 30 laboratorios terrestres situados en todo mundo para vigilar los sucesos geomagnéticos en el marco del programa internacional de física solar-terrestre (ISTP). Este complejo programa ha demostrado el valor de la cooperación internacional y, en algún momento, permitirá efectuar pronósticos más precisos del clima espacial, tanto a corto plazo para emitir alertas como a largo plazo para crear una base de datos suficiente para desarrollar mejores modelos de las variaciones en el nivel de la actividad solar.

36. El último umbral solar inferior se alcanzó a finales de 1996, y el ciclo solar No. 23 se inició en 1997. Han comenzado a aparecer un número creciente de regiones activas del nuevo ciclo, y el número de erupciones y EMC seguirá aumentando en los próximos años, así como también la fuerza de los sucesos. Es importante que la sociedad sea más sensible a la actividad del clima espacial, en la actualidad y durante el próximo umbral solar superior en 2000-2003.

III. EL CAMBIO CLIMÁTICO MUNDIAL

37. La posibilidad de que se produzcan cambios climáticos mundiales sin precedentes debido a la actividad humana, es un tema que preocupa mucho a la comunidad internacional. Esta preocupación se ha expresado en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (A/AC.237/18 (Part II)Add.1 y Corr.1, anexo I). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), que fue establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1998, ha realizado evaluaciones científicas periódicas de los cambios climáticos mundiales y sus posibles efectos para los últimos años. Las simulaciones mediante modelos y las predicciones retrospectivas corresponden al cambio mundial "observado" en la temperatura de unos 0,5 grados C de calentamiento durante los últimos cien años, atribuidos (por lo menos en parte) a mayores concentraciones de gases de efectos de invernadero amplificados por retroalimentación proveniente de un aumento del vapor de agua, etc. El IPCC ha estimado que las temperaturas del aire de superficie aumentarán significativamente en todo mundo durante los próximos cien años. Entre las posibles consecuencias de este calentamiento figuran la modificación de las pautas de la temperatura y las precipitaciones (lluvias), una mayor elevación del nivel del margen y una alteración de la distribución del agua dulce. Probablemente serán muy importantes los efectos sobre la salud humana, la vitalidad de los bosques y otras zonas naturales, y la productividad de la agricultura.

38. El clima mundial en cualquier momento es una consecuencia de complejas interacciones entre la entrada de energía solar a la Tierra, la atmósfera y la composición atmosférica, los océanos (incluida la circulación en el océano medio y profundo), el ciclo hidrológico (que incluye ríos, lagos, procesos de nubes y precipitaciones, etc.), la superficie de la Tierra y la vegetación y la biosfera, la criosfera (campos de nieve y hielo, placas de hielo y glaciares) y la geosfera (topografía continental y cambios tectónicos, erupciones volcánicas, rotación de la Tierra, etc.). En los últimos años, se han agregado otros dos componentes: la quimiosfera (varias especies químicas inyectadas en la atmósfera) y la tecnosfera (es decir, cambios en la superficie de la Tierra, la atmósfera, los océanos, etc. introducidos por corrientes tecnológicas y/o prácticas sociales y culturales).

39. El clima mundial seguirá cambiando permanentemente. Ahora bien, lo que causa preocupación es el hecho de que la creciente actividad humana está provocando cambios climáticos a un ritmo mucho más rápido que anteriormente. Ha habido muy poco tiempo para la adaptación mediante procesos naturales como la "migración" de las plantas. Aún con la tecnología se necesitan períodos muy largos para acomodar y compensar los posibles impactos de los cambios climáticos mundiales.

40. El sistema de la Tierra ya ha pasado por períodos muy fríos y muy calientes. Los cambios que se produjeron el pasado se debieron probablemente a los cambios en la órbita de la Tierra alrededor del sol, las fluctuaciones de la irradiancia solar, las erupciones volcánicas y otros fenómenos naturales. Los registros paleoclimáticos atrapados en las burbujas de aire de los núcleos de hielo antártico indican que las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) muestran una alta correlación con los cambios de la temperatura local durante los últimos 220 mil años, aún cuando la precisión temporal de los análisis impide determinar con exactitud qué variable conduce a la otra.

41. El historial del clima reciente indica que se ha producido un calentamiento mundial de unos 0,5 grados durante los últimos cien años, que se atribuye en general a crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero. El CO₂ se inyecta en la atmósfera durante el quemado de combustibles fósiles, el metano procede de la expansión, por ejemplo, de los arrozales y el ganado, y el óxido de nitrógeno es generado por el quemado de combustibles fósiles y posiblemente por la utilización de fertilizantes en la agricultura. Otros gases de efecto de invernadero son moléculas producidas tecnológicamente que se denominan clorofluorocarbonos (CFC), cuya utilización en aparatos de acondicionamiento de aire se ha prohibido. El efectos de calentamiento de invernadero producido por una molécula de cualquier CFC es equivalente a unas 10,000 moléculas de CO₂. Los CFC también agotan la capa de ozono, permitiendo así una mayor penetración de radiación UV-B a través de la atmósfera hasta la superficie de la Tierra. Por lo tanto, son doblemente peligrosos.

42. Los cálculos indican que la temperatura media de la superficie de la tierra de +15° C sería de -18° C si no fuera por la presencia de gases de efecto invernadero. La noción de una "efecto de invernadero aumentado" se refiere principalmente al calentamiento mundial adicional causado por las mayores concentraciones de gases de efecto invernadero "de actividad infrarroja" introducidos antropogénicamente en forma adicional al efecto invernadero causado por los gases de ocurrencia natural (por ejemplo, el vapor de agua). Durante el siglo XX, el quemado de combustibles fósiles y la actividad industrial han perturbado el equilibrio que ha mantenido la temperatura media de la tierra en +15° C. Los niveles de CO₂ en la atmósfera han aumentado de 280 partes por millón (ppm) por volumen en 1860 a unas 360 ppm en 1995. Las mayores cantidades de CO₂ y otros gases de efecto invernadero han absorbido cada vez más radiación infrarroja, lo que ha contribuido a un aumento de la temperatura de 0,5 +/- 0,1° C desde el siglo XIX. El aumento de las temperaturas y, por lo tanto, la ocurrencia de veranos más calientes e inviernos más templados ha hecho que los glaciares hayan comenzado a derretirse y esto ha elevado el nivel del mar.

43. La comprensión del efecto de calentamiento mundial aumentado se ve complicada por el hecho de que hay también muchos fenómenos naturales que provocan variaciones climáticas en escalas temporales, anuales o estacionales. Como ejemplos de estos fenómenos se pueden citar El Niño/oscilación meridional, las variaciones periódicas en las precipitaciones que se producen en las zonas del Sahel y en el nordeste brasileño, la variación anual de los Monzones, la oscilación cuasi bienal y las interacciones decenales e interdecenales entre la atmósfera y los océanos.

44. Las misiones de satélites en marcha permitan obtener o derivar observaciones desde plataformas en órbitas geoestacionarias y polares de la estructura y la dinámica atmosférica (por ejemplo, temperatura, campos de vapor de agua, agua precipitada, nubes, vientos); la temperatura de la superficie del mar; las características superficiales medidas y derivadas directamente (por ejemplo, el nivel del mar, el estado del mar, los hielos marinos, la capa de nieve, las inundaciones, el índice de vegetación, el volumen de precipitaciones); las características de la superficie terrestre; y especies químicas atmosféricas seleccionadas (por ejemplo, ozono, aerosoles, etc.). Si bien actualmente la mayoría de estas observaciones se recogen en forma rutinaria como parte de los subsistemas basados en el espacio en el marco de la Vigilancia Meteorológica Mundial, se necesitan todavía más misiones de satélites. Estas futuras misiones efectuarán observaciones de estos parámetros más precisas, mejor calibradas y mejor situadas geográficamente y, además, permitirán vigilar constituyentes atmosféricos clave como gases de efecto invernadero, aerosoles, precursores químicos del agotamiento del ozono, campos térmicos latentes, campos eólicos y la biomasa y el color de los océanos.

45. Ejemplos de misiones de satélites avanzadas son el Satélite avanzado de observación de la tierra (ADEOS) del Japón, la misión pluviométrica tropical (Japón y Estados Unidos), el sistema de observación de la tierra (EE.UU.), ENVISAT (ESA), RADARSAT (Canadá), y el censor de amplio campo de visión para la observación del mar (SeaWifs) (Estados Unidos). Estos instrumentos y misiones se están desarrollando conjuntamente para abordar cuestiones ambientales clave que se reflejan en los requisitos del programa mundial de investigaciones climáticas, el sistema mundial de observación del clima, el sistema mundial de observación de los océanos, el sistema mundial de observación de la tierra y otros programas (véase la sección VIII).

46. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

a) caracterización y documentación de la variabilidad y las tendencias climáticas a largo plazo mediante observaciones mundiales sistemáticas del sistema climático y las fuerzas externas que lo impulsan;

b) comprensión de la naturaleza de los parámetros clave que impulsan los cambios en el sistema climático y la identificación de las causales de las variaciones climáticas observadas y los procesos de retroalimentación que rigen la respuesta del sistema climático;

c) evaluación de la parte predecible de la variabilidad y los cambios climáticos a largo plazo, incluidos los efectos regionales, mediante la aplicación combinada de observaciones y modelos mundiales.

IV. AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

47. El ozono es el único gas de efecto de invernadero de gran absorción de la radiación solar en el extremo ultravioleta del espectro y principalmente en la estratosfera. El ozono estratosférico protege a la superficie de la tierra contra la radiación solar ultravioleta nociva (especialmente UV-B) y cumple una función importante en el control de la temperatura de la estratosfera al absorber tanto la entrada de radiación solar ultravioleta como la salida de radiación terrestre de onda larga.

48. La reducción del ozono estratosférico puede modificar la temperatura de la superficie mediante los procesos competitivos: a) mayor radiación solar transmitida al sistema superficie-troposfera, contribuyendo así al calentamiento de la superficie; y b) el enfriamiento de la estratosfera debido a una menor absorción ultravioleta y menores emisiones de onda larga a la troposfera, que producen una tendencia al enfriamiento de la superficie. El calentamiento solar (una función de la columna total de cantidad de ozono) y el enfriamiento de onda larga (una función de la distribución vertical del ozono) son de magnitud similar. Por lo tanto, la magnitud y el aumento o la disminución de la temperatura de la superficie depende fundamentalmente de la magnitud del cambio en el ozono que, a su vez, depende en gran medida de la altitud, la latitud y la estación.

49. El ozono absorbe radiación ultravioleta y radiación térmica infrarroja, por lo que los cambios en la cantidad de ozono pueden aumentar o disminuir la temperatura de la Tierra en función del cambio en el perfil del ozono. Se cree también que una reducción del ozono estratosférico tiene consecuencias biológicas potencialmente graves. El aumento de la intensidad de la radiación UV-B en la superficie de la Tierra probablemente aumentará la incidencia de cáncer de la piel y reducirá la productividad de la biota marina, afectando así el bombeo de carbono biológico. Este último efecto puede producir un aumento en las concentraciones de CO₂ en las aguas superficiales y, por consiguiente, en la atmósfera. La observación y vigilancia de la columna total de contenido de ozono y la distribución vertical del ozono se consideraran de importancia fundamental. El ozono estratosférico está controlado fotoquímicamente por especies de las familias del oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno, el cloro y el bromo. El aumento de la carga atmosférica de halocarbonos, en particular los CFC, se considera también una causa principal del agujero de ozono y es la razón de las medidas reglamentarias acordadas en virtud del Protocolo de Montreal.

50. Aunque ya en el decenio de 1920 se hicieron observaciones aisladas del contenido de la columna de ozono, las observaciones mundiales sistemáticas del ozono total para estudiar su evolución a largo plazo comenzaron al final del decenio de 1950 con el Sistema mundial de observación del ozono coordinado por la OMM, que ahora constituye un componente de la Vigilancia Atmosférica Mundial. Desde 1950 se han venido realizando extensas observaciones del perfil vertical del ozono utilizando espectrómetros de Dobson y mediciones desde globos situados en muchas partes del mundo.

51. El comienzo de las observaciones del ozono desde satélites planteó la difícil cuestión de la estabilidad y la calibración de los sensores. Debido a una calibración insuficiente, el agotamiento del ozono antártico se descubrió mediante estudios realizados desde la Tierra a finales del decenio de 1970 y mediados del decenio de 1980, y no mediante observaciones desde satélites; ahora bien, esto demuestra la necesaria complementariedad de los programas de observaciones espaciales y las observaciones terrestres. En la actualidad, las observaciones del ozono desde satélites sólo un elemento clave de la vigilancia cotidiana del ozono estratosférico. Proporcionan en tiempo casi real una estructura muy detallada de la distribución horizontal del ozono. Debido a su perspectiva mundial, constituyen un insumo esencial para la preparación de modelos numéricos del ozono estratosférico, proporcionando información indispensable para la comprensión de los procesos del ozono estratosférico que conducen a su destrucción durante las primaveras ártica y antártica.

52. El Satélite de Investigaciones en la Alta Atmósfera (UARS) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos ha obtenido más de seis años de datos mundiales sobre química atmosférica, insumos de energía y dinámicas. Los datos han confirmado una relación definitiva entre los niveles de agotamiento del ozono y la química del cloro, y han confirmado que los compuestos producidos tecnológicamente, principalmente los CFC, son la fuente de cloro estratosférico que destruye catalíticamente el ozono. Los datos del espectrómetro cartográfico del ozono total (TOMS) colocado a bordo del satélite Nimbus 7 muestran que las concentraciones medias mundiales de ozono total disminuyeron hasta valores inferiores sin precedentes a principios del decenio de 1990.

53. El agujero de ozono sobre la Antártida produjo en 1993 los valores más bajos de ozono jamás registrados. Durante el mismo período, se midieron niveles sin precedentes de luz UV en la superficie de la Antártida. En un puesto de vigilancia, la radiación UV-B, que es la parte del espectro que se considera más dañina para los organismos vivos, se registró a niveles superiores en un 44% a los de 1992. En 1994 se comunicaron concentraciones de ozono tan bajas como las de 1993. Las observaciones desde satélites, combinadas con cambios medidos en las nubes y los aerosoles, se utilizaron para deducir la radiación ultravioleta (UV-B) en la superficie terrestre. A unos 40 grados de latitud en dirección al polo, se han calculado aumentos estadísticamente significativos para el período 1979-1992. Los aumentos más grandes de la radiación UV-B a nivel del suelo se produjeron en latitudes más altas, en el invierno y la primavera. A 45 grados de latitud norte (por ejemplo en Portland, Oregon; Minneapolis; Montreal; Francia meridional; Italia septentrional; Bosnia), se calculó que la exposición de primavera a radiación eritémica (que induce quemaduras solares) y dañina para el ADN había aumentado en 5,1% y 8,6% respectivamente en los últimos dos decenios. En zonas altamente pobladas a los 55 grados de latitud norte (por ejemplo, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Escandinavia y Rusia), los aumentos de primavera fueron aún mayores.

54. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

a) caracterización de la distribución mundial del ozono, los constituyentes en trazas químicamente activos como los oxidantes fotoquímicos, los aerosoles y los parámetros meteorológicos conexos;

b) Comprensión de los procesos que producen la transformación química de los constituyentes en trazas, la función de los aerosoles sobre la química atmosférica y el transporte de constituyentes en trazas entre la troposfera, la estratosfera y la atmósfera superior, y entre la troposfera y la superficie de la Tierra;

c) Preparación de modelos cuantitativos de la composición de constituyentes en trazas del sistema troposfera/estratosfera mediante la aplicación combinada de observaciones y modelos mundiales.

V. CAMBIOS EN EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL INDUCIDOS POR LA TECNOLOGÍA

55. Los avances tecnológicos de los últimos decenios han aportado contribuciones sustanciales a los sistemas de transporte (y movilidad), los sistemas de producción y distribución de alimentos agrícolas, la generación y distribución de energía, y, por cierto, han introducido la era de la información pero, como se reconoció a posteriori, esto se logró a un costo considerable para el medio ambiente. Se sabe que muchos adelantos tecnológicos tienen efectos negativos sobre el medio ambiente y sobre la salud humana, las plantas y los animales.

56. Un ejemplo de los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente mundial es la contaminación de la atmósfera, las aguas y el suelo. La contaminación atmosférica, cuya causa más visible es la quema de combustibles fósiles como fuente de energía para el transporte, da lugar a esmog urbano y lluvia ácida*, que no sólo dañan la vegetación, acidifican el suelo y causan varios problemas de salud sino que también contaminan los ríos y lagos y destruyen los bosques.

57. La quema de biomásas es una importante fuente de contaminación del aire en muchos países en desarrollo de los trópicos, dado que la quema de arbustos y pastos es la forma más común de preparar la tierra para la agricultura. Los incendios producidos por la quema de biomásas representan una importante fuente de dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y dióxido de azufre en la atmósfera. La quema de biomásas es una fuente importante de emisión de metano y puede representar un cuarto de las emisiones totales de metano en la región de los trópicos.

58. La contaminación de la atmósfera por la emisión de dióxido de azufre y trióxido de azufre es uno de los problemas planteados por las refinerías de petróleo de los países productores de petróleo. Los efluentes gaseosos nocivos y el gas que queman las refinerías de petróleo incluyen hidrocarburos en forma de vapor. Las descargas de las industrias manufactureras contaminan ríos, lagos y, cada vez más, los océanos, que una vez se consideraban como reservas con capacidad infinita para absorber desechos. Muchas zonas costeras tienen ahora graves problemas.

59. La aplicación de métodos agrícolas avanzados ha resultado en cultivos de elevado rendimiento en algunas partes del mundo, pero el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes contamina el suelo y los cuerpos de agua en los que se descargan por emisión, escorrentía y drenaje. De esta forma, la gestión de los recursos sostenibles está pasando a ser una cuestión crítica en todo el mundo, situación que fue confirmada en 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.

60. Los problemas de la degradación del suelo y las aguas y del daño ambiental no se deben exclusivamente a la tecnología. En algunos países en desarrollo, la superpoblación, el abuso de las tierras de pastoreo y el uso de madera como combustible ha dado lugar a una extensa deforestación y han provocado problemas igualmente graves de erosión y degradación del suelo, desertificación, contaminación del agua, pérdida de la biodiversidad, etc. Todas las prácticas mencionadas más arriba se consideran insostenibles en razón de su creciente impacto sobre el medio ambiente.

* Lluvia ácida es un término genérico que se refiere a cualquier precipitación acídica, por ejemplo, la lluvia, la nieve, el aguanieve, el granizo, la bruma, la niebla. Un 30% de los contaminantes del aire se mezclan con el agua en las nubes y más tarde caen en forma de precipitaciones. El dióxido de azufre es la principal fuente de lluvia ácida, a la que también contribuyen los óxidos de nitrógeno.

61. Las graves consecuencias del empleo de CFC, que se utilizan como refrigerantes, propulsores de aerosoles, agentes de soplado de espuma y disolventes para limpieza, han llevado a la adopción de medidas en el plano internacional. En muchos países, las industrias químicas han venido desarrollando alternativas a los CFC. Muchos gobiernos han firmado ya el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, aprobado el 16 de septiembre de 1987, el cual, junto con las enmiendas acordadas en Londres en 1991 y en Copenhague en 1992, dispone que la fabricación de CFC se vaya eliminando gradualmente hasta el año 1996 en los países industrializados y hasta el año 2006 en los países en desarrollo. En el tercer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que tuvo lugar en 1997 en el Japón, también se consideraron medidas relativas al agotamiento del ozono en la atmósfera y a la función de los CFC y el ozono como gases de efecto invernadero.

62. Los sistemas de transporte aeronáuticos y espaciales inyectan productos de combustión, incluidas sustancias químicas que agotan el ozono, en las capas superiores de la troposfera y la estratosfera inferior. A la altitud de crucero, las aeronaves emiten óxidos de nitrógeno, que son elementos clave de la fotoquímica del ozono. Las aeronaves emiten también otros productos químicos que influyen en el presupuesto de radiación de la Tierra, es decir, agua, dióxido de carbono y hollín/aerosoles. Las descargas que emiten las aeronaves a altitud de crucero persisten mucho más tiempo que las emitidas cerca del suelo, por lo que estas emisiones se han convertido en una cuestión de ámbito mundial. Las emisiones de las aeronaves también contribuyen a crear capas de nubes cirrostratos que bloquean la radiación solar y le impiden llegar a la superficie de la Tierra. Todavía no se conocen a ciencia cierta los efectos de estas actividades. Se requieren vigilancia e investigaciones más a fondo para elaborar directrices para los entes normativos, particularmente en un momento en que la industria aeronáutica proyecta un aumento sustancial en el tráfico de pasajeros en los próximos 20 años.

63. Otros cambios inducidos por la tecnología son los efectos de la urbanización, que conduce a la creación de "islas urbanas de calor" que modifican el clima local, aumentan las escorrentías de agua y transportan contaminantes químicos hasta los cuerpos de agua y el subsuelo circundante, y causan un aumento de la demanda de refrigeración en todos los países de las zonas más calientes del mundo.

64. En la práctica, es muy difícil distinguir entre los cambios en el medio ambiente mundial causados por la actividad humana y los cambios naturales, como los efectos de la actividad solar descritos más arriba, las erupciones volcánicas, los terremotos y los tsunamis, los huracanes, los ciclones, los tifones, las inundaciones, las sequías y los fenómenos como El Niño. El empleo de la tecnología de la teleobservación para vigilar esos efectos se examina con más detalle en el documento básico sobre ordenación de los recursos de la Tierra (A/CONF.184/BP/3).

65. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

- a) La vigilancia de los contaminantes atmosféricos y troposféricos, los aerosoles y otras especies químicas;
- b) La observación y vigilancia de los cambios en las prácticas del uso de la tierra y la vegetación (incluida la deforestación);
- c) La observación y vigilancia de las descargas de los ríos en cuerpos de aguas interiores y zonas costeras;
- d) La comprensión de la interacción entre los subproductos de la tecnología y el medio ambiente, y la preparación de modelos de sus efectos;
- e) El desarrollo de un modelo de distribución de contaminantes a los niveles nacional, regional y mundial;
- f) La observación y vigilancia de los efectos naturales sobre el medio ambiente mundial.

VI. EL PRONÓSTICO DEL TIEMPO Y LA ALERTA DE DESASTRES NATURALES

66. El pronóstico del tiempo ha revestido una gran importancia para todas las sociedades durante milenios. El clima en cualquier lugar es el resultado de complejas interacciones entre aspectos locales, regionales y mundiales de la radiación solar y la circulación y la dinámica atmosféricas. La circulación atmosférica, a su vez, está determinada por procesos dinámicos y termodinámicos internos e interacciones con océanos, superficies terrestres y vegetación, y la criosfera. Si el pronóstico del tiempo se extiende a más de unas pocas horas, entran en juego zonas geográficas más grandes y también la dinámica de los componentes interactivos del sistema de la Tierra, como los océanos.

67. Los pronósticos modernos del tiempo requieren la integración temporal de los modelos numéricos utilizando las supercomputadoras más poderosas disponibles. Sobre la base del producto de modelos mundiales, se aplican modelos regionales (encajados) de alta resolución y de más alta resolución para obtener características más específicas de los sistemas climáticos, como el volumen de las precipitaciones. La extensión del pronóstico del tiempo a más de cinco y hasta siete días requiere modelos acoplados que tengan en cuenta la dinámica de los cambios en los océanos. Actualmente se hace más hincapié en el desarrollo de una capacidad de pronóstico de estacional a interanual en razón de los intervalos necesarios para la ordenación de los recursos naturales e industriales, como la agricultura, el abastecimiento de agua y la producción y distribución de energía.

68. Todos estos modelos requieren datos de observaciones mundiales, obtenidos normalmente una o dos veces por día. Las observaciones *in situ* se hacen en el plano mundial cada seis horas y se transmiten a centros de procesamiento, donde se los combina con datos obtenidos de fuentes espaciales, que están disponibles de manera continuada. Utilizando complejas técnicas de asimilación, se pueden hacer pronósticos del tiempo para períodos desde 24 horas hasta una semana; también es posible hacer pronósticos a más largo plazo, de hasta varias semanas o un mes. Para los pronósticos estacionales a interanuales, que se utilizan para vigilar fenómenos como El Niño, se utilizan modelos acoplados atmósfera-océanos, que requieren un número mucho mayor de observaciones del sistema de la Tierra. Los actuales sistemas de satélites describen las tormentas y los principales sistemas climáticos, y proporcionan datos operacionales sobre la estructura de temperatura y humedad de la atmósfera, las temperaturas de la superficie del mar, los vientos y las nubes.

69. La precisión y puntualidad de los pronósticos del tiempo han mejorado mucho desde el lanzamiento de los satélites meteorológicos. Hoy en día, todas las partes del planeta se pueden observar a intervalos frecuentes desde satélites geoestacionarios y en órbita polar. Desde el lanzamiento del primer satélite meteorológico en abril de 1960, las observaciones de la atmósfera y los sistemas climáticos de la Tierra desde el espacio han progresado rápidamente en calidad y cantidad. Una constelación de sólo cinco satélites geoestacionarios ofrece la ventaja de cubrir casi todo el planeta desde posiciones fijas sobre el ecuador. Estos satélites pueden proporcionar datos cada media hora (o a intervalos más cortos) para capturar el desarrollo de tormentas de rápido desarrollo. El uso de sensores visuales e infrarrojos proporciona una cobertura casi continuada día y noche. Los países y regiones que actualmente tienen satélites meteorológicos geoestacionarios incluyen a China (serie Feng Yun), Europa (serie METEOSAT), India (sistema nacional de la India de satélites para televisión y telecomunicaciones (INSAT)), la Federación de Rusia (serie Electro) y los Estados Unidos (satélite geoestacionario operacional del medio ambiente (GEOS)).

70. La mayoría de los satélites meteorológicos operacionales en órbita polar pertenecen a la Federación de Rusia (serie Meteor) y a los Estados Unidos (serie NOAA)). La constelación de sistemas de satélites operacionales, geoestacionarios y en órbita polar seguirá ampliándose en el futuro. Hay una tendencia creciente hacia la realización de más misiones conjuntas de satélites, tanto sobre una base nacional (por ejemplo, acoplando sistemas civiles y militares) como mediante la cooperación internacional. Las naves espaciales de vigilancia del medio ambiente recientemente desarrolladas comprenden, por ejemplo, la misión del programa meteorológico METEOP, la misión de medición de las precipitaciones tropicales (Japón/Estados Unidos), Vigilancia de la Tierra (Europa), y los satélites operacionales de observación del medio ambiente en órbita polar (Estados Unidos). Estas misiones portarán instrumentos de vigilancia del medio ambiente más complejos y avanzados que las misiones anteriores.

71. Las observaciones recogidas tendrán un formato que facilitará la asimilación de datos integrados en pronósticos y modelos de predicción. Uno de los objetivos principales es mejorar la capacidad de predecir sucesos climáticos y del tiempo importantes desde el punto de vista socioeconómico y, de esta forma, ayudar a los dirigentes y encargados de adoptar decisiones relativas a la ordenación de recursos como la agricultura, el abastecimiento de agua, la energía, el transporte y el turismo.

72. Las observaciones aéreas y desde el espacio también apoyan la detección y el seguimiento de una amplia gama de desastres naturales como ciclones y otras condiciones climáticas extremas, sequías, inundaciones, incendios forestales y daños causados por terremotos. En escalas temporales más largas, proporcionan la única fuente de información cuantitativa sobre desertificación, deforestación, degradación de la tierra, etc. Las misiones actuales y las previstas también proporcionarán datos e información fundamentales sobre erupciones volcánicas y su impacto potencial, vigilando los aerosoles y el polvo atmosférico. La inclusión de mejores instrumentos en la próxima generación de satélites permitirá obtener datos mucho más precisos sobre vientos, temperatura y campos de humedad y sobre la concentración y distribución de gases de efecto invernadero y gases que entran en la química del ozono.

73. La metodología y la tecnología espaciales que se pueden utilizar para alertar en casos de desastres naturales se examinan más detalladamente en el documento básico sobre predicción, alerta y mitigación de desastres (A/CONF.184/BP/2).

74. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

a) Desarrollo de teleobservaciones y su utilización, junto con las observaciones *in situ*, para vigilar, describir y comprender la variabilidad del sistema climático, desde unos pocos días hasta las fluctuaciones mensuales, estacionales e interanuales;

b) Mejorar la cobertura (espacial y de los parámetros y variables necesarios) para la calibración y validación de las teleobservaciones con sensores remotos y desde satélites actuales y previstas;

c) Mejorar los algoritmos de recuperación de datos de teleobservación a fin de que los parámetros geofísicos sean más representativos de mediciones directas;

d) Mejorar los insumos directos de mediciones mundiales obtenidas con satélites a los modelos mundiales.

VII. ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES

75. En los últimos años, ha aumentado el reconocimiento en todo el mundo de los efectos sobre el medio ambiente de los adelantos tecnológicos, las poblaciones en aumento y el desarrollo económico, y del carácter finito de los recursos del sistema Tierra y su capacidad para sostener la vida. Las prácticas actuales causan daños considerables a los ecosistemas naturales y a los sistemas de apoyo vitales modificando la atmósfera y contaminando el aire, el agua y el suelo del planeta. Si bien las tensiones ambientales causadas por cada país son diferentes, todas las naciones participan en el proceso (por distintas razones) sin quererlo. De continuar las prácticas actuales, gran parte del daño podría ser irreversible.

76. Los beneficios sociales y económicos a corto plazo han sido con frecuencia los impulsores principales de las acciones humanas, sin tener debidamente en cuenta los daños al medio ambiente y el posible agotamiento de los recursos naturales. Una creencia común ha sido que los recursos naturales de la Tierra, y su capacidad para absorber el impacto de las acciones humanas, son ilimitados. Han debido pasar varias generaciones para comprender que este supuesto no es válido ni siquiera en el caso de los océanos, que ocupan más del 70% de la superficie de la Tierra. En la etapa actual del desarrollo humano, una planificación y preparación a más largo plazo tendrá beneficios sociales y económicos directos. De hecho, preocupa sobremedida la posibilidad de que se puedan producir daños

irreversibles antes de que se puedan tomar medidas correctivas. Por supuesto, se sabe que tomará algún tiempo hasta que las prácticas industriales, sociales, económicas y culturales se ajusten a la realidad. También se reconoce que las medidas drásticas e inmediatas pueden causar grandes perturbaciones económicas que en lo posible deben evitarse. Es decir, las medidas a corto plazo se pueden justificar en tanto se tenga conciencia de que son necesarias pero que no se pueden mantener. Estas medidas deben estar incorporadas en planes generales a largo plazo, basados en observaciones y análisis científicos.

77. La salud humana también ha pasado a ser una cuestión importante. El impacto destructivo de El Niño sobre los hábitat humanos y la descarga de fertilizantes agrícolas (nutrientes de las algas costeras), contaminantes generales y plaguicidas (que se concentran en ostras, almejas y mariscos) y contaminantes que contienen metales pesados como el mercurio han causado problemas de salud en muchas regiones del mundo.

78. El reconocimiento internacional de lo que antecede está reflejado en muchos acuerdos internacionales, entre los que figuran los siguientes:

El Programa 21¹ y la labor de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible
La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la labor del IPCC
La Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África
La Convención sobre la Diversidad Biológica²
La Convención de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono y su Protocolo de Montreal.

79. Las observaciones desde el espacio no pueden vigilar la actividad social y económica como tal, pero pueden proporcionar información sobre los efectos mundiales de la urbanización, la deforestación, los florecimientos de algas costeras, la descarga de sedimentos en los océanos y varias otros precursores de peligros ambientales.

80. Entre las cuestiones y los objetivos científicos importantes figuran:

a) Mejorar los conocimientos científicos y la comprensión de los cambios mundiales, lo cual reducirá la vulnerabilidad humana y ecológica a grandes cambios ambientales. Las investigaciones científicas más cabales y especializadas pueden proporcionar el fundamento para crear sociedades nacionales e internacionales fuertes fomentando el crecimiento económico y asegurando suministros de alimentos adecuados, así como la disponibilidad de agua dulce de buena calidad, garantizando al mismo tiempo la integridad del medio ambiente natural, que es la clave subyacente del concepto de “desarrollo sostenible”;

b) Desarrollar la capacidad de distinguir entre las influencias humanas sobre los ecosistemas natural y climático y las que dimanen de la variabilidad natural;

c) Desarrollar la capacidad para comprender y predecir el impacto social y económico de las prácticas existentes (tecnológicas, sociales, económicas y culturales) que podrían perjudicar a las generaciones futuras y a los sistemas económicos y sociales nacionales;

d) Estudiar estrategias de desarrollo económico alternativas que sean menos dañinas para el medio ambiente;

e) Establecer sistemas de vigilancia mundial para proporcionar la información cuantitativa precisa que necesitan los entes normativos para tomar decisiones que permitan corregir tendencias irreversibles en la salud de los ecosistemas naturales y en los sistemas de abastecimiento de alimentos, agua y energía. Estas actividades deben incluir la vigilancia (por todos los países) de la superficie de la Tierra, el uso de la tierra, la cobertura de vegetación y la deforestación, la expansión urbana, las necesidades de energía y transporte, etc.;

f) Desarrollar y aplicar la capacidad para vigilar la salud de las zonas costeras y los océanos en general.

VIII. PROMOCIÓN DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

A. Programas de investigación internacionales

81. La comprensión de la naturaleza fundamental del sistema de la Tierra y su medio ambiente, y la preparación de modelos de este sistema, requieren observaciones detalladas de la atmósfera, la hidrosfera y los componentes del ciclo hidrológico, la superficie de la tierra y la biosfera, los océanos, la criosfera y el balance de radiación del planeta. Esas actividades requieren una amplia cooperación a nivel mundial. Ningún país o región puede realizar esta tarea sin ayuda. Por esta razón, las instituciones internacionales de investigación científica han organizado tres programas cooperativos de investigación de los cambios mundiales:

El Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC), que forma parte del Programa Mundial sobre el Clima.

El Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB)

El Programa Internacional de la Dimensión Humana del Cambio Ambiental Mundial

Estos y otros programas internacionales se coordinan a varios niveles, incluso entre científicos, entre agencias y entre gobiernos, en una amplia gama de organizaciones y arreglos multilaterales y bilaterales. El Consejo Internacional de Uniones Científicas está a la cabeza de la planificación científica de muchos programas internacionales clave.

82. Las cuestiones relacionadas con el estado de la comprensión científica del medio ambiente mundial son evaluadas internacionalmente con la participación de miles de científicos de más de 150 países en exámenes críticos de la literatura científica más reciente. Las últimas evaluaciones incluyen las del IPCC, realizada por tres de sus grupos de trabajo sobre:

El estado de los conocimientos científicos con respecto al sistema climático, incluidos los posibles cambios debidos a la actividad humana

El impacto potencial de los cambios mundiales, la adaptación a los mismos y las medidas de mitigación

Las cuestiones que abarcan varias disciplinas, como las consecuencias económicas de los cambios climáticos y de escenarios de emisión seleccionados

El IPCC está preparando cuatro informes especiales en respuesta a peticiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático relativos a: impactos regionales del cambio climático (1997); efectos atmosféricos de la aviación (1998); transferencia de tecnología (1999); y escenarios de emisión (1999).

B. Coordinación de programas y misiones de satélites operacionales y de investigación

83. *Sistema mundial de observación del clima (SMOC)*. Los objetivos del programa SMOC abarcan una amplia gama de temas, incluidos los siguientes: vigilancia del sistema climático; detección de los cambios climáticos; vigilancia de los efectos y las respuestas del clima, especialmente en los ecosistemas terrestres; datos para aplicaciones al desarrollo económico nacional; e investigaciones para comprender mejor el sistema climático y preparar modelos y predicciones. En la planificación del SMOC se aplica un enfoque amplio y general de los requisitos de observación para la información sobre el clima, que debe abarcar la atmósfera, los océanos, las

superficies terrestres y la biosfera y la criosfera. Se necesitan ambos tipos de observaciones, desde el espacio y terrestres, así como un sistema de datos amplio. El SMOC es un programa en etapas, basado en las actuales capacidades de observación de los programas operacionales y de investigación de los países participantes. Respecto de la atmósfera, se mantiene una estrecha coordinación con los programas en marcha de la OMM. El SMOC está examinando actualmente la disponibilidad de datos de sistemas operacionales como Vigilancia Meteorológica Mundial, Vigilancia Atmosférica Mundial y los programas operacionales de hidrología. Sobre la base de estas evaluaciones se harán recomendaciones sobre mejoras o nuevas observaciones que se necesitan para asegurar que se cumplan los requisitos de los datos climáticos y que los datos reunidos estén en consonancia con los programas existentes.

84. El ámbito científico del SMOC fue minuciosamente examinado y desarrollado en 1995. En la preparación de los planes científicos detallados del SMOC se examinaron todas las cuestiones, incluidos los requisitos que debían cumplir los usuarios, las contribuciones de los sistemas de datos y programas operacionales y de investigación existentes, y la participación de organizaciones tanto internacionales como nacionales. El ámbito científico incluye la atmósfera, los océanos, las superficies de la tierra, la criosfera, la hidrosfera y los procesos de los ecosistemas. Tras la terminación en 1995 de estos importantes planes y documentos, el SMOC entró en 1996 en la fase de la ejecución. Se espera que, a medida que se vaya ejecutando el SMOC, los países descubrirán los beneficios no sólo de las mejores predicciones del tiempo sino también de la planificación para el desarrollo sostenible y la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la agricultura y los ecosistemas naturales.

85. *Sistema mundial de observación de los océanos (SMOO)*. Sobre la base de observaciones a largo plazo de las condiciones de los océanos, el SMOO facilita el pronóstico de las condiciones de los océanos en beneficio de los Estados costeros y los usuarios nacionales e internacionales del mar. El SMOO se ejecuta en cinco fases, culminando con una evaluación del desempeño y la introducción de mejoras en 1997. El objetivo inicial del SMOO fue el clima costero, los recursos marinos vivos y la salud de los océanos, para todo lo cual se necesitan datos obtenidos desde el espacio.

86. Varios aspectos del SMOO se ejecutan mediante actividades nacionales y regionales:

- a) La Asociación Euro-SMOO, que abarca a 22 organismos operacionales de 14 países, ejecutará seis proyectos piloto en el Báltico, el Ártico, el Mediterráneo, el Mar Negro, la plataforma Noroccidental y el Atlántico;
- b) El programa de océanos tropicales y la atmósfera mundial (TOGA) y la serie de amarres TAO (observaciones automatizadas TOGA) para predicciones del fenómeno El Niño/Oscilación Meridional en el Pacífico tropical, dirigido por los Estados Unidos;
- c) La serie PIRATA en el Atlántico tropical, dirigida por el Brasil;
- d) Los cinco proyectos costeros SMOO que están desarrollando los Estados Unidos.

Además, el SMOO está desarrollando un experimento mundial de asimilación de datos oceánicos (GODAE) para determinar la forma de asimilar colecciones de datos de satélites y de otro tipo en modelos numéricos avanzados.

87. *Sistema Mundial de Observación de la Tierra (SMOT)*. Este sistema fue establecido en 1996 por cinco organizaciones internacionales: el PNUMA, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la OMM y el CIUC. Hay sistemas de observación mundiales para el clima y los océanos, pero no hay ninguna organización que pueda proporcionar información amplia sobre los recursos de tierra y agua, la diversidad biológica y los efectos de la contaminación (o los medios para obtener acceso a dicha información). La misión central del programa SMOT es abordar este problema vinculando las redes y los sistemas de observación de la Tierra existentes a fin de proporcionar a los entes normativos, los administradores de recursos y los investigadores acceso a los datos

que necesitan para detectar, cuantificar, ubicar y comprender los cambios (especialmente las reducciones), y alertar sobre ellos, respecto de la capacidad de los ecosistemas terrestres para apoyar el desarrollo sostenible. Esto se puede lograr centrandó la atención en cinco cuestiones de interés mundial: cambios en la calidad de la tierra; disponibilidad de recursos de agua dulce; pérdida de la biodiversidad; contaminación y toxicidad; y cambio climático.

88. *Grupo de sistemas espaciales de observación mundial (GOSSP)*. El GOSSP se estableció en 1997 para coordinar las necesidades científicas dimanantes de los programas SMOC, SMOO y SMOT bajo los auspicios del sistema de programas y organismos especializados de las Naciones Unidas con el objetivo de desarrollar una estrategia integrada para la aplicación de sistemas de observación mundial basados en el espacio.

89. *Comité de Satélites de Observación Terrestre (CSOT)*. El CSOT es una organización internacional informal compuesta de organismos espaciales nacionales que coordina programas nacionales de observación del sistema de la Tierra desde sistemas espaciales. El CSOT está haciendo un análisis de todos los satélites, sensores y productos de datos en funcionamiento o previstos para los próximos 10 a 15 años y las necesidades de las principales organizaciones científicas internacionales y de los usuarios intergubernamentales. En el estudio se establecerán prioridades y se proporcionará una oportunidad para que los miembros del CSOT cubran las lagunas y reduzcan voluntariamente las duplicaciones. Desde finales de 1995, el CSOT ha centrado las deliberaciones en los componentes espaciales de la estrategia mundial integrada de observación (IGOS).

90. *Estrategia mundial integrada de observación (IGOS)*. El concepto de la IGOS nació cuando se comprendió que la integración de las capacidades existentes y nuevas de observación de todo el mundo en un sistema o familia de sistemas coherente permitiría satisfacer de manera más eficiente las necesidades de la sociedad. Sería el producto conjunto de todos los organismos que participan en la reunión y el análisis de datos *in situ* y desde el espacio. Una fuente fiable y eficaz en función del costo sería un recurso valioso para una diversidad de aplicaciones importantes, como la comprensión y predicción de tensiones ambientales, la planificación de la asignación de recursos energéticos y la evaluación de la productividad agrícola. La IGOS es un mecanismo coordinado cuya finalidad es proporcionar un foro internacional para desarrollar asociaciones entre usuarios y proveedores de datos para la definición y financiación complementaria de programas de observación mundial. Este mecanismo servirá para promover la continuidad de los datos y la transición de la investigación a los sistemas operacionales. Permitirá también reducir a un mínimo las lagunas en los datos y la redundancia innecesaria.

91. La finalidad de la IGOS es:

- a) Proporcionar un marco coherente para el conjunto de necesidades de los usuarios, a fin de que los proveedores puedan responder a ellas;
- b) Reducir la duplicación innecesaria de las observaciones;
- c) Prestar asistencia en el mejoramiento de la asignación de recursos entre diferentes tipos de sistemas de observación;
- d) Hacer posible la creación de mejores productos de más alto nivel facilitando la integración de múltiples conjuntos de datos de diferentes organismos y organizaciones nacionales e internacionales;
- e) Proporcionar un marco para adoptar decisiones sobre la continuidad y la cabalidad espacial de las observaciones clave;
- f) Identificar situaciones en que no haya arreglos para la gestión y distribución de productos y observaciones mundiales clave;

g) Prestar asistencia en la transición de los sistemas de la investigación a las operaciones mediante una mayor cooperación internacional;

h) Hacer que los gobiernos comprendan mejor la necesidad de contar con observaciones mundiales para presentar un panorama de las capacidades y limitaciones de los sistemas actuales.

C. Participación de los países en desarrollo

92. Es fundamental que los países en desarrollo participen activamente en las investigaciones y observaciones necesarias para comprender mejor los procesos que gobiernan los cambios en el sistema mundial. Los países en desarrollo con frecuencia están situados en zonas ambientalmente sensibles, por ejemplo, la regiones semiáridas de África y Asia; los cambios mundiales tienen efectos dramáticos en esas zonas. Asimismo, los países en desarrollo no son objetos pasivos del proceso de cambio mundial. Al contrario, tienen un importante impacto sobre el cambio mundial, como lo prueban los incendios forestales de Indonesia, la quema de biomásas en África y la deforestación de la cuenca del Amazonas.

93. Aunque los países en desarrollo tienen recursos limitados para realizar extensas investigaciones o ejecutar amplios programas de observación, los beneficios de las actividades realizadas en cooperación con países desarrollados son sustanciales. Esa colaboración ha sido estimulada por el sistema de las Naciones Unidas, las organizaciones científicas no gubernamentales como el Consejo Internacional de Uniones Científicas, y otras diversas organizaciones no gubernamentales y fundaciones. Los beneficios para los países en desarrollo son evidentes en la esfera de las aplicaciones de los productos de los sistemas de observación mundiales y los productos de la vigilancia (por ejemplo, El Niño y sus efectos), los modelos mundiales y las evaluaciones del estado del sistema ambiental de la Tierra.

94. El Servicio Geológico de los Estados Unidos, asociado al Organismo de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Ministerio del Medio Ambiente del Senegal, ha venido desarrollando un marco de vigilancia a largo plazo para comprender mejor y documentar los rápidos cambios que se producen en el medio ambiente del Senegal. Geógrafos, ecologistas y científicos sociales trabajan en equipo para comprender mejor las dimensiones humanas del cambio en el medio ambiente, utilizando datos biofísicos reunidos a lo largo del tiempo en cientos de sitios y datos de teleobservación desde satélites.

95. Durante un período de más de 30 años se han usado datos de teleobservación desde satélites para construir mapas de las tendencias en la erosión de los suelos, la degradación de los bosques proveniente de la producción de carbón, la deforestación, la expansión de la agricultura, el desmembramiento del sistema de cultivo en barbecho, la fragmentación de los hábitat y la pérdida de la biodiversidad. Estas tendencias se basan en las comparaciones entre las primeras imágenes de satélites de alta resolución del programa Corona de los Estados Unidos, adquiridas a mediados del decenio de 1960, que ahora son del dominio público y las imágenes de satélite de teleobservación (LANDSAT) de los años 80 y 90. Desde 1986 y 1988 respectivamente, las imágenes del Systeme pour l'observation de la Terre (sistema experimental de observación de la tierra (SPOT)) y del satélite de teleobservación de la India (IRS) se han utilizado mucho en todo el mundo para vigilar de manera continuada el uso de la tierra, la vegetación y el medio ambiente. Además, el uso y la cobertura de la tierra se están analizando mediante videografía aérea y preparación de modelos espaciales avanzados. El marco de vigilancia se aplica al África y a otras partes del mundo, incluidos los Estados Unidos.

96. Muchos países en desarrollo como China, la India, Marruecos y otros, trabajan activamente en investigaciones sobre el medio ambiente mundial; algunos, como Indonesia, el Líbano y Nigeria, están lanzando programas de cooperación. Muchos países en desarrollo están situados cerca del ecuador, donde tienen lugar efectos específicos en la ionosfera y la atmósfera superior. En esta región hay un déficit de observatorios terrestres, por lo que hay que hacer todo lo posible por fortalecer la infraestructura y los servicios locales. Al mismo tiempo, no hay que descuidar las investigaciones teóricas y la metodología para la evaluación de los datos.

97. Como ejemplos de arreglos de colaboración con la participación directa de países en desarrollo cabe mencionar la aparición de redes regionales de investigación y aplicaciones en todo el mundo, como en las regiones de Asia y el Pacífico (Red de Asia y el Pacífico de investigación del cambio mundial), Europa-África (ENRICH), y América. Dieciséis países han firmado un acuerdo para establecer el Instituto interamericano para el estudio del cambio mundial; la dirección del Instituto compete al Consejo Ejecutivo ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil. La decisión internacional de crear capacidades para investigar el cambio mundial en el mundo en desarrollo se refleja además en el Sistema de análisis, investigación y capacitación para hacer frente al cambio mundial, una actividad conjunta de PIGB, IHDP y PMIC. Las redes regionales de investigación de este Sistema promueven actividades de investigación y capacitación centradas en cuestiones regionales de importancia mundial, integran y sintetizan los resultados de las investigaciones, y proporcionan insumos a los entes normativos a nivel nacional y regional.

98. Los países en desarrollo siguen estando subrepresentados en los programas de reunión de datos *in situ*. Los intereses de los países en desarrollo son pertinentes, particularmente en el contexto del programa SMOT, que podría aprovechar más insumos de estaciones de reunión de datos *in situ* de países en desarrollo. De los tres sistemas de vigilancia mundial (SMOC, SMOO y SMOT), la orientación hacia la tierra de SMOT hace que éste sistema sea el más pertinente para los países en desarrollo, aun cuando sea el menos desarrollado de los tres. Las actividades de la IGOS de promoción de la continuidad de los datos y la transición de las investigaciones a los sistemas operacionales pueden por cierto ser de gran ayuda para los países en desarrollo.

Notas

¹*Informe de 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 S.93.I.8 y corrección), vol. I: *Resoluciones aprobadas por la Conferencia*, resolución 1, anexo II.

²Véase Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Convención sobre la Diversidad Biológica* (Centro de Actividad del Programa de Derecho e Instituciones Relacionados con el Medio Ambiente), junio de 1992.