



Asamblea General

Distr. GENERAL

A/AC.105/614
8 de noviembre de 1995

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO
ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS

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

**Cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos:
actividades de los Estados Miembros**

Nota de la Secretaría

ÍNDICE

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	2
RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS	4
Estados Unidos de América	4

INTRODUCCIÓN

1. El Grupo de Trabajo Plenario encargado de evaluar la aplicación de las recomendaciones de la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE 82), en el informe sobre la labor realizada en su noveno período de sesiones (A/AC.105/605, anexo II), formuló recomendaciones relativas a la preparación de informes y estudios por la Secretaría y a la recopilación de información de los Estados Miembros.
2. El Grupo de Trabajo, en el párrafo 9 de su informe, recomendó que, habida cuenta del progreso y la evolución constantes de las actividades espaciales, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos pidiera a todos los Estados, especialmente a los que contaran con mayor capacidad en cuestiones espaciales o relacionadas con el espacio, que continuaran informando anualmente al Secretario General, según procediera, acerca de las actividades espaciales que fueran o pudieran ser objeto de una mayor cooperación internacional, prestando especial atención a las necesidades de los países en desarrollo.
3. El informe del Grupo de Trabajo fue aprobado por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 32º período de sesiones (A/AC.105/605, párr. 22), y la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, en su 38º período de sesiones, hizo suyas las recomendaciones del Grupo de Trabajo¹.
4. Posteriormente, el Secretario General dirigió una nota verbal, de fecha 4 de agosto de 1995, a todos los representantes permanentes ante las Naciones Unidas, en la que pedía a todos los gobiernos que comunicaran a la Secretaría, a más tardar el 31 de octubre de 1995, la información que se solicitaba en las recomendaciones mencionadas.
5. Además, en su nota verbal, el Secretario General señaló a la atención de los gobiernos la siguiente recomendación de la Comisión en el sentido de que la Secretaría invitara a los Estados Miembros a presentar información anual sobre sus actividades espaciales. Además de la información sobre los programas espaciales nacionales e internacionales, los informes podían incluir información en respuesta a las solicitudes del Grupo de Trabajo Plenario, así como información sobre los beneficios derivados de las actividades en el espacio y otras cuestiones, que pidieran la Comisión y sus órganos subsidiarios².
6. De conformidad con la recomendación de la Comisión, el Secretario General, en su nota verbal, sugirió a los gobiernos que presentaran información en respuesta a esa solicitud en un solo informe sobre actividades espaciales nacionales, así como información completa solicitada por el Grupo de Trabajo, en particular sobre los siguientes temas:
 - a) las actividades espaciales que fueran o pudieran ser objeto de una mayor cooperación internacional, prestando especial atención a las necesidades de los países en desarrollo;
 - b) los beneficios derivados de las actividades espaciales;
 - c) las investigaciones nacionales e internacionales relativas a la seguridad de los satélites alimentados por energía nuclear;
 - d) los estudios efectuados sobre el problema de la colisión de fuentes de energía nuclear con desechos espaciales;
 - e) las investigaciones nacionales sobre los desechos espaciales.
7. La Secretaría preparó el presente documento sobre la base de la información relativa a los temas mencionados en los incisos a) y b) del párrafo 6 *supra*, recibida de los Estados Miembros al 31 de octubre de 1995. La información que se reciba después de esa fecha figurará en adiciones al presente documento. La información recibida

en relación con los temas mencionados en los incisos c) y e) del párrafo 6 *supra* se presenta en otro documento (A/AC.105/619).

Notas

¹*Documentos oficiales de la Asamblea General, quincuagésimo período de sesiones, suplemento No. 20 (A/50/20), párr. 27.*

²*Ibid., párr. 156.2.*

RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS* ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

[Original: inglés]

A. Astronomía y física espacial

Durante el año fiscal 1994 los científicos espaciales siguieron aportando datos al acervo de información sobre el universo recogida no sólo con instrumentos situados en la Tierra sino también gracias a los instalados en satélites situados en órbita por encima del medio deformante que constituye la atmósfera del planeta. Por ejemplo, los científicos integrantes del equipo del Telescopio Espacial Hubble hicieron varios descubrimientos importantes durante el año fiscal 1994, entre los que figuraban imágenes de una estrella en explosión (Nova Cygni 1992). Muchos de estos descubrimientos antecedieron a la misión de servicio realizada en diciembre de 1993, que brindó excelentes resultados, en la que los astronautas a bordo del sistema de transporte espacial STS-61 repusieron varias piezas defectuosas e instalaron un modernísimo conjunto de óptica correctora para compensar la aberración esférica del espejo principal del Telescopio Espacial Hubble (HST). Desde entonces, los espejos del tamaño de una moneda instalados en la cámara planetaria gran angular 2 y los repuestos axiales de óptica correctora del telescopio espacial ha servido de "lentes de contacto" del HST. El telescopio ha captado siempre una imagen del cielo sin obstrucciones de la bruma procedente de la Tierra y los científicos han podido alcanzar todos los objetivos astronómicos proyectados inicialmente para el observatorio más avanzado de la historia. La primera misión de servicio del HST demostró, además, que los astronautas de la NASA, sumamente capacitados, pueden trabajar de forma productiva en el espacio.

Como fruto de sus esfuerzos, un astrónomo del Observatorio Smithsonian de Astrofísica, a la cabeza de un equipo internacional, empleó la cámara planetaria gran angular 2 del HST en mayo de 1994 para obtener valiosísimas imágenes de la supernova 1994I, descubierta por unos astrónomos aficionados en abril de 1994 en las regiones interiores de la "Galaxia del Torbellino" M51. El HST es el único dispositivo capaz de formar imágenes y medir los espectros de supernovas distantes en luz ultravioleta. A medida que la supernova M51 envejece, el telescopio Hubble "verá" a mayor profundidad en el interior de la estrella en explosión, gracias a lo cual los astrónomos podrán analizar la composición química de los residuos y obtener más información acerca del tipo de estrella que explotó. Con ello, el equipo de científicos espera llegar a conocer qué estrellas explotan en forma de supernova, qué elementos químicos resultan expulsados y la forma de utilizar estos fenómenos luminosos como patrones para medir la magnitud del universo.

En junio de 1994, dos científicos que utilizaron el HST descubrieron unos discos de polvo protoplanetario alrededor de estrellas situadas en la región de la Nebulosa de Orión, perteneciente a la galaxia de la Vía Láctea. Este descubrimiento indica que la formación de planetas tal vez sea relativamente común en la Vía Láctea así como en otras partes del universo. Los discos recientemente descubiertos contienen muchos de los mismos elementos químicos básicos que entran en la composición de los planetas de nuestro sistema solar. Como los planetas son los únicos cuerpos celestes que pueden sustentar la vida tal y como la conocemos, la existencia de planetas alrededor de otros astros suscitaría la posibilidad de que exista vida en otras partes del universo.

Posteriormente, en julio de 1994, un equipo internacional de astrónomos confirmó, mediante la cámara fotográfica para astros de reducida luminosidad, que el helio es común en todo el universo primordial siendo esta una de las hipótesis clave de la teoría de la "Gran Explosión". El descubrimiento de helio en la constelación de la Ballena, que se encuentra a 13.000 millones de años luz de distancia, proporciona a los científicos una información valiosa sobre las condiciones existentes en el momento de la evolución inicial del universo. Además, este descubrimiento otorga mayor peso a la concepción de los científicos de la evolución química en el universo; los científicos creen que el hidrógeno y el helio aparecieron tres minutos después de la "Gran Explosión", mientras que

* El presente documento ha sido reproducido en la misma forma en que se recibió.

los elementos más pesados, como el oxígeno y el carbono, surgieron más tarde.

En otro orden de cosas, unos científicos que analizaban datos procedentes del Observatorio de Rayos Gamma Compton (CGRO), que fue lanzado en 1991, descubrieron nuevos indicios de que las ráfagas de rayos gamma alcanzan las regiones lejanas del universo y, por ello, llevan una huella de la expansión del universo. Esas enormes explosiones vienen de todas direcciones, lo que sugiere una causa cosmológica; hasta que se realizó este descubrimiento se creía que las ráfagas se limitaban al interior de la galaxia de la Vía Láctea. Dado que las ráfagas proceden de puntos tan lejanos, demuestran una "dilación temporal", es decir, un efecto que se produce cuando el tiempo parece transcurrir más despacio en la fuente de las ráfagas que en su destino, ya que se cree que el propio universo se encuentra en expansión.

En una esfera conexas, el telescopio para experimentos con rayos gamma de alta energía (EGRET) del Observatorio de Rayos Gamma Compton produjo el primer mapa detallado de todo el cielo de objetos de rayos gamma de alta energía, indicando varios tipos distintos de fuentes de rayos gamma. Los científicos creen, por ejemplo, que las interacciones de las partículas de rayos cósmicos con el gas que hay entre las estrellas producen emisiones difusas de rayos gamma en nuestra galaxia, la Vía Láctea. En esta banda se encuentran los púlsares de rayos gamma y otras fuentes no identificadas de rayos gamma. Los astrónomos encargados de analizar los datos procedentes del EGRET han descubierto también lo que son, en su opinión, enormes agujeros negros en el medio de galaxias distantes que envían rayos gamma hacia la Tierra.

Igualmente, el satélite explorador del ultravioleta extremo (EUVE), lanzado en 1992, produjo el primer mapa de todo el cielo en cuatro bandas de longitud de onda del ultravioleta extremo. Esta exploración ha detectado también un gran número de estrellas muy calientes, como enanas blancas y estrellas de corona activa. A efectos de comparación, los científicos estudiaron también una región colindante a lo largo de la mitad del plano eclíptico en el que la Tierra se desliza alrededor del Sol.

Los científicos espaciales encargados de manejar el satélite explorador de partículas solares, anómalas y magnetosféricas (SAMPEX), lanzado en junio de 1992, descubrieron un cinturón de radiación de rayos cósmicos anómalos atrapados en la magnetosfera. Han determinado la composición química y la carga eléctrica de estos rayos en la región que se encuentra más allá de la alta atmósfera de la Tierra en la que el campo magnético del planeta afecta a las partículas cargadas. Además, estos científicos han aprendido muchísimo sobre los efectos de los electrones en la atmósfera superior. La misión del SAMPEX consiste en observar los electrones energéticos y los iones atómicos procedentes del Sol y del espacio interplanetario, interestelar y magnetosférico.

Los físicos espaciales consiguieron también grandes adelantos en la esfera de la modelación informatizada. En concreto, gracias a una compleja modelación numérica se ha conseguido una idea detallada de la magnetosfera de la Tierra. Como consecuencia de ello, los científicos ya pueden predecir "el tiempo espacial" provocado por las interacciones solar-terrestres. Mediante simulaciones informáticas los investigadores han logrado hacerse una idea bastante precisa de la heliopausa, es decir, del límite del sistema solar en que la corriente ascendente del viento solar se ve equilibrada por la presión del medio interestelar. Se espera que los parámetros de este modelo queden confirmados o rechazados cuando los dos vehículos espaciales Voyager lleguen a esta región y transmitan sus datos a la Tierra durante el próximo decenio. (El Voyager 1 fue lanzado en septiembre de 1977 y el Voyager 2 en agosto de 1977.)

El SPARTAN 201-2, un pequeño satélite colocado en órbita y recuperado algunos días más tarde por el transbordador espacial Discovery en septiembre de 1994, examinó la atmósfera exterior caliente del Sol, o corona extendida, y el viento solar, es decir, la corriente de iones cargados procedentes del Sol. En su segunda misión de las cuatro proyectadas a bordo del transbordador, el SPARTAN llevó dos instrumentos, uno de ellos el coronógrafo de luz blanca diseñado por la NASA para medir la densidad y la distribución de los electrones en los agujeros coronales y las plumas polares del Sol, y otro denominado espectrómetro coronal de rayos ultravioleta, diseñado por el Observatorio Smithsonian de Astrofísica. En conjunto, los dos instrumentos pueden determinar la velocidad del viento solar a medida que acelera al separarse del Sol de manera que los científicos puedan hacerse una idea exacta

de la manera y el momento en que el Sol crea ese viento, así como de la forma y la espectroscopia de la corona solar. Las medidas tomadas por el SPARTAN 201 se utilizarán en combinación con las procedentes del vehículo espacial Ulysses, que fue lanzado en octubre de 1990 y detectó el viento solar de la corona polar austral al mismo tiempo que el SPARTAN observaba la región originaria de ese viento así como otras partes de la corona solar. Los datos procedentes del SPARTAN 201 servirán también para calibrar las medidas que ha de realizar el Observatorio Solar y Heliosférico de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la NASA, cuyo lanzamiento está previsto en 1995. De estas misiones, los científicos esperan obtener información práctica sobre la manera exacta en que el viento solar produce tormentas magnéticas cerca de la Tierra que pueden perturbar los sistemas de comunicación y provocar cortes del suministro eléctrico, lo que produce unas pérdidas calculadas en 100 millones de dólares cada año en todo el mundo.

Entretanto, el Ulysses se convirtió en el primer vehículo espacial que sobrevoló una región polar del Sol cuando comenzó, en junio de 1994, su misión principal de observar el viento solar a latitudes solares altas. El Ulysses, construido por la ESA y equipado con instrumentos europeos y estadounidenses, tomará medidas directas de muchos fenómenos solares complejos que no pueden ser observados a distancia. Los científicos están muy interesados en tener más datos sobre los campos magnéticos polares del Sol, que invierten su polaridad cada 11 años en paralelo con el ciclo solar y desempeñan una importante función en la corona del Sol y en el viento solar. La composición iónica del viento solar, medida por el Ulysses, indica que su fuente en el gas coronal tiene una temperatura justo por encima de un millón de grados Centígrados. Esta temperatura no es suficientemente elevada para hacer que el viento se desplace a la velocidad que lo hace, lo que indica que algún proceso electromagnético desconocido cerca del Sol es el causante de la aceleración del viento solar.

En otro orden de cosas, los investigadores de la Universidad de Alaska, en Fairbanks, registraron unas fases eruptivas espectaculares que se producían por encima de las tormentas eléctricas. Durante muchos años, los pilotos han observado estos destellos azules y rojos brillantes que duran sólo unas pocas milésimas de segundo. Gracias a unas cámaras especiales para poca luz montadas en dos avionetas los científicos captaron recientemente estos destellos en vídeo por primera vez. Se extendían en dirección ascendente hasta una altura de 100 kilómetros y algunos llegaron incluso a traspasar la capa de ozono de la Tierra y alcanzaron la ionosfera. Después de coordinar sus medidas con las de científicos de otras instituciones, los investigadores llegaron a sospechar que los destellos son una forma de descarga eléctrica. Los científicos proyectan estudiar los destellos más a fondo para lograr comprender su origen y sus posibles repercusiones para la seguridad de las aeronaves.

Desde un punto de vista más amplio, este fenómeno vincula la meteorología de la baja atmósfera terrestre con capas de la alta atmósfera que forman el límite de nuestro planeta con el espacio.

En otras esferas de la ciencia espacial relacionadas con la meteorología, la NASA realizó una serie de vuelos de cohetes sonda durante el año fiscal 1994 para examinar las auroras de Alaska. Los físicos espaciales se interesan en estos pintorescos fenómenos denominados "auroras boreales" porque son provocados por variaciones de la interacción del viento solar con el campo magnético de la Tierra. Dotados de cargas útiles muy avanzadas, los cohetes sonda atravesaron directamente las auroras, lo que permitió a los científicos tomar medidas directas de los niveles de energía de los iones. Los investigadores esperan conseguir una idea más exacta de la forma en que estas partículas se aceleran y energizan. Esta campaña de ocho vuelos de cohetes formó una parte importante de los 41 vuelos de cohetes de la División de Física Espacial durante este año fiscal.

Dada su enorme luminosidad a luz máxima, las supernovas del Tipo Ia han resultado ser muy valiosas para medir tanto la tasa o velocidad local de expansión del universo y la tasa de cambio de esa expansión. La reciente labor desarrollada por Mark Phillips, del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo en Chile, ha demostrado que existe una importante fluctuación de la energía intrínseca radiada en la luz visible de este subtipo clave de supernova. Esa fluctuación puede introducir un sesgo en muestras de supernovas distantes que puede dar lugar a estimaciones erróneas de la desaceleración universal. Phillips y sus colaboradores descubrieron una buena correlación entre la tasa de decrecimiento con el tiempo del rendimiento luminoso de las supernovas y su brillo máximo. También descubrieron que las características de absorción de silicio detectadas con facilidad en el espectro de las supernovas tienen una firme correlación con la tasa de disminución y el brillo máximo. La intensidad de las características espectrales puede servir para aumentar la exactitud de la estimación del brillo intrínseco de cada supernova y, en

consecuencia, de su distancia. El empleo de esta técnica coloca actualmente a las supernovas entre el grupo más preciso de las candelas, prestándose a su utilización como sondas a distancia para medir las características del universo primordial.

Una serie de observaciones sistemáticas realizadas por astrónomos viene indicando desde hace mucho la posibilidad de que exista un "gran centro de atracción", una concentración de masa que causa una corriente masiva de galaxias hacia ella. Los científicos descubrieron esta corriente a gran escala al comparar el movimiento del grupo local respecto de conglomerados con el movimiento respecto del fondo de microondas cósmico, que se supone que es una referencia "estacionaria". La intensidad de esas corrientes en gran escala sirve para diferenciar entre modelos que explican la formación de galaxias y de conglomerados en el universo primordial. Más recientemente, los astrónomos han comenzado a examinar grandes volúmenes de espacio para buscar estructuras y corrientes de escalas incluso mayores. La labor realizada por Todd R. Lauer (Observatorios Nacionales de Astronomía Óptica) y Marc Postman (Instituto de Ciencia Telescópica Espacial), con los telescopios de 4 y 2,1 metros del Observatorio Nacional de Kitt Peak, en Arizona, y el telescopio de 1,5 metros del Observatorio Interamericano de Cerro-Tololo en Chile, indica que se pueden determinar corrientes de gran volumen en escalas que pueden llegar a alcanzar los 600 millones de años luz, magnitud casi tres veces superior a las encontradas en investigaciones anteriores. Utilizaron las galaxias más brillantes para medir las distancias y velocidades de 119 conglomerados, creando con ello el marco de referencia de conglomerados. El movimiento del grupo local de galaxias derivado respecto de esos conglomerados de galaxias es considerablemente distinto del derivado respecto del fondo de microondas cósmico. La interpretación más sencilla de este resultado es que todas las galaxias en el volumen de espacio delimitado por esos conglomerados circulan a una velocidad de casi 700 kilómetros por segundo y que un "centro de atracción", en caso de existir, tiene que encontrarse más allá de los límites de la búsqueda original. Una estructura de tal magnitud no puede explicarse mediante ninguno de los modelos teóricos actuales y deja abiertos nuevos e interesantes caminos para comprender la escala de las estructuras más grandes del universo.

La aplicación de la sismología al estudio del interior solar ha evolucionado casi exclusivamente gracias a la predicción y la medición de las frecuencias de oscilación del Sol. Thomas L. Duvall (Centro Goddard de Vuelos Espaciales), Stuart Jeffries (Bartol), Jack W. Harvey (Observatorio Solar Nacional, Tucson) y Martin A. Pomerantz (Bartol) han demostrado que también se pueden obtener mediciones directas de los tiempos y las distancias de desplazamiento de ondas acústicas (sonoras) concretas, que es el enfoque predominante en la sismología terrestre. El concepto básico es bastante sencillo: en la superficie, las ondas que se propagan en sentido ascendente desde el interior son reflejadas en sentido descendente por el notable cambio de la densidad del gas en la superficie del Sol. A medida que la onda se desplaza hacia el interior, la refracción causada por el fuerte aumento de la temperatura a medida que aumenta la profundidad curva nuevamente su trayectoria hacia la superficie. Si la onda ascendente produce una intensificación del brillo en la zona de la superficie solar, se producirá también una intensificación correlativa del brillo en el punto en que la onda vuelva a salir a la superficie posteriormente. Si se mide la diferencia del tiempo como función de la distancia de separación de dos puntos superficiales, se puede trazar un gráfico del tiempo de desplazamiento en relación con la distancia de separación, gráfico que nos es familiar en la sismología terrestre. La labor inicial demostró que las ondas acústicas con frecuencias de oscilación superiores a un valor crítico pronosticado a partir de las condiciones físicas en la atmósfera solar no resultan reflejadas en medida importante por la atmósfera, teniendo un coeficiente de reflexión inferior al 2%. Este enfoque despeja el camino para estudios sísmicos de fenómenos solares locales, como las inhomogeneidades presentes debajo de la superficie del Sol cerca de las manchas solares. También debería contribuir a perfeccionar los modelos de las velocidades de los gases debajo de la superficie del Sol.

Los doctores Joseph Taylor y Russell Hulse de la Universidad de Princeton fueron galardonados con el Premio Nobel de Física de 1993 por haber descubierto el púlsar binario PSR B1913+16, habiendo utilizado para ello el radiotelescopio de Arecibo (Puerto Rico), y por su observación y análisis posteriores de este objeto. Su labor demostró de forma convincente la idoneidad de la relatividad general como teoría de gravitación en condiciones extremas y confirmó indirectamente la existencia de la radiación gravitatoria que Albert Einstein ya había pronosticado. En una aplicación más reciente del radiotelescopio de Arecibo, el descubridor del púlsar binario de milisegundos PSR B1257+12, Alexander Wolszczan de la Universidad Estatal de Pensilvania, ha contribuido, al

cronometrar en régimen continuo ese objeto, a fortalecer considerablemente el argumento a favor de la existencia previamente anunciada del par de planetas que se encuentran en la órbita de este objeto; las observaciones han comenzado a demostrar los efectos previstos que la gravedad recíproca de los planetas ejerce en su movimiento orbital. Las observaciones han puesto también de manifiesto la presencia de un tercer cuerpo planetario, con una masa equivalente tan sólo al 1,5% de la masa de la Tierra, que orbita las estrellas neutrónicas centrales a una distancia de tan sólo 0,2 unidades astronómicas.

Las observaciones de las nubes gaseosas que acompañan al cuásar de alto desplazamiento hacia el rojo PC 1643+4631A mediante los radiotelescopios de 42 y de 12 metros del Observatorio Nacional de Radioastronomía (NRAO de Kitt Peak, Arizona) han puesto de manifiesto la existencia de emanaciones de monóxido de carbono. Las nubes de este tipo se han relacionado anteriormente con los progenitores de las actuales galaxias. El desplazamiento al rojo de las líneas espectrales moleculares indica que fueron emitidas cuando el Universo tenía aproximadamente la quinta parte de su edad actual. Las observaciones de David T. Frayer, del director asociado del NRAO Robert L. Brown y del director del NRAO Paul A. Venden Bout resultan sorprendentes en la medida en que indican una masa molecular de 4,5 trillones de masas solares. Esta cifra equivale a la masa estelar de una gran galaxia, pero en este caso el material aparentemente se encuentra en un estado preestelar extendido y gaseoso. También son dignas de mención las considerables cantidades de carbono y oxígeno que componen las moléculas de monóxido de carbono; estos elementos deben haberse producido en una explosión de formación masiva de estrellas que precedió al estado protogaláctico observado.

El Centro de Investigaciones Astrofísicas de la Antártida (CARA) de la Fundación Nacional de las Ciencias (NSF) realizó por primera vez observaciones astrofísicas invernales desde el observatorio de la NSF en el Polo Sur durante el invierno austral de 1994. Gracias a su ubicación privilegiada, el telescopio explorador de infrarrojos del Polo Sur (SPIREX) del CARA pudo tomar más imágenes de los impactos del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter que ningún otro instrumento. Igualmente, las mediciones "*in situ*" realizadas por el SPIREX confirmaron que el cielo del Polo Sur es tres veces más oscuro como mínimo que en ningún otro lugar estudiado anteriormente. Otro de los experimentos del CARA se refiere a la anisotropía de la radiación cósmica de fondo; a finales del año fiscal, consistía en un conjunto de dos telescopios denominados PYTHON y VIPER. El PYTHON ha realizado mediciones en el Polo Sur durante los dos últimos veranos australes y ha funcionado por primera vez durante el invierno. Cabe resaltar que ha confirmado la anisotropía del fondo cósmico de microondas medida por primera vez por el Satélite Explorador del Fondo Cósmico (COBE), lanzado en 1989, y ha comenzado a trazar un mapa del fondo cósmico de microondas a una escala mucho más detallada de la que se puede conseguir con las antenas más pequeñas del COBE. Gracias a la estabilidad de las condiciones atmosféricas en el Polo Sur, PYTHON ha podido efectuar mediciones de una sensibilidad sin precedentes.

Basándose en nuevos datos obtenidos por el Satélite Avanzado de Cosmología y Astrofísica (ASCA, lanzado por el Japón en febrero de 1993) sobre los restos de dos supernovas (denominados E0519-69,0 y N103B) en la Nube Mayor de Magellan, un equipo binacional de astrónomos dirigido por John P. Hughes, del Observatorio Smithsonian de Astrofísica, descubrió importantes cantidades de hierro, calcio y otros elementos de sintetización reciente. El satélite ASCA proporciona a los astrónomos un instrumento más perfeccionado para observar directamente las emisiones de muchos átomos, incluidos el oxígeno, el silicio, el calcio y el hierro, en las eyecciones de gas de supernovas, que duran centenares de años después de la explosión que creó la supernova. Los científicos creen que las explosiones que dieron lugar a los restos ocurrieron entre 500 y 1.500 años atrás. La presencia evidente de emisiones de hierro sumada a la falta de emisiones notables de oxígeno indica que esos restos pertenecen a un grupo selecto de explosiones de supernovas que produjeron la mayor parte del hierro existente en el universo, según afirma Hughes. Mediante un estudio más detallado de los nuevos datos, los astrónomos estarán en condiciones de perfeccionar los modelos actuales de explosiones de supernovas y "dada la ubicuidad del hierro dentro del universo", Hughes suponía que los resultados tendrían gran influencia en la astronomía en general.

Otros dos científicos del Observatorio Smithsonian de Astrofísica, Dong-Woo Kim y Giuseppina Fabbiano, descubrieron un enorme halo gaseoso caliente que rodea a una galaxia distante, lo que quizá constituya la prueba de la presencia tanto de materia oscura como de las denominadas corrientes de enfriamiento, lo que, a su vez, tal vez

aporte nueva información sobre la cuestión de si el universo es abierto o cerrado. Los dos astrónomos se sirvieron del satélite de rayos-x ROSAT (Roentgen Satellite), un proyecto conjunto de Alemania, los Estados Unidos y el Reino Unido lanzado en junio de 1990, para observar una galaxia elíptica brillante en rayos-x, la NGC 507, a una distancia de unos 300 millones de años luz de la Tierra. Al medir las temperaturas de un gas caliente emisor de rayos-x observaron una disminución constante del calor hacia el centro de la galaxia. En opinión de estos científicos, esta disminución de temperatura puede deberse a la existencia de corrientes de enfriamiento en la región central. Igualmente, la incertidumbre en las medidas de la masa de la galaxia NGC 507 indica que puede existir una gran cantidad de materia oscura. Las observaciones indican que la materia bariónica (es decir, la masa que se ve en forma de estrellas y gas en todas las longitudes de onda) constituye aproximadamente el 15% de la masa total estimada de la galaxia. Dado que la teoría cosmológica actual predice que la masa bariónica debe constituir menos de un 5% para "cerrar" el universo, este descubrimiento arrastra consecuencias para la cosmología. No obstante, será preciso realizar mediciones análogas de muchos otros sistemas antes de que los científicos puedan determinar si el universo es abierto o cerrado.

B. Exploración del sistema solar

En regiones más cercanas a nuestro planeta, los científicos realizaron también nuevos descubrimientos sobre nuestro propio sistema solar. Por ejemplo, las observaciones realizadas desde la Tierra en el marco del programa de objetos cercanos a la tierra detectaron el cometa Shoemaker-Levy 9 en 1993 y pronosticaron su choque contra Júpiter en julio de 1994. Ese suceso constituyó uno de los resultados más espectaculares de un estudio telescópico detallado a largo plazo del cielo nocturno efectuado en el Observatorio de Monte Palomar (California) por Eugene M. Shoemaker, geólogo del Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos, y dos voluntarios, Carolyn S. Shoemaker y David H. Levy. Se trataba del primer cometa totalmente fraccionado (fragmentado) observado en toda la historia y también del primero que pudo ser observado describiendo la órbita de un planeta y chocando contra éste. Por primera vez, la comunidad científica mundial pudo pronosticar y rastrear una colisión de este tipo. Sirviéndose de la mayoría de los observatorios basados en tierra existentes y de una variedad de vehículos espaciales en funcionamiento, desde el Galileo (lanzado en octubre de 1989) hasta el Telescopio Espacial Hubble y el Observatorio Aerotransportado Kuiper, los astrónomos obtuvieron una serie de datos interesantes y reveladores sobre la composición de los cometas y de Júpiter, comprendida una amplia serie de efectos producidos por el choque en la atmósfera y el entorno de plasma del planeta. En el plazo de una semana chocaron con Júpiter 21 fragmentos observables en total. El impacto, observado en regiones del espectro electromagnético desde el ultravioleta hasta ondas radioeléctricas de gran longitud, produjo bolas de fuego que dejaron grandes marcas visibles en el planeta; también puso de relieve la clara necesidad de realizar un inventario de los cometas y asteroides que pueden chocar alguna vez con la Tierra. En los últimos meses del año fiscal, científicos contratados por la Dirección Nuclear de Defensa (DNA) aplicaron sus conocimientos técnicos a simular y modelar los efectos nucleares en la atmósfera de la Tierra para explicar el aumento de datos de emisiones radioeléctricas derivados de las mediciones en varias bandas de radiofrecuencias de la magnetosfera de Júpiter durante el choque. Los resultados de su labor, acordes a un modelo de aceleración de choque, sugieren que el efecto es mayor de lo que se había supuesto. Hacia finales del año fiscal, se procedió a revisar y perfeccionar los cálculos anteriores en colaboración con una serie de observadores e investigadores en materia de radio y de óptica. Anticipándose a la colisión del cometa con Júpiter, las Divisiones de Ciencias Astronómicas y de Ciencias Atmosféricas de la NSF y la División de Exploración del Sistema Solar de la NASA patrocinaron un programa especial de apoyo a investigaciones de observación y teóricas sobre el mecanismo de deposición de energía en distintas regiones de la atmósfera de Júpiter. Los modelos teóricos reproducen la cantidad y la velocidad del material expulsado durante las colisiones así como las reacciones químicas que se producen como consecuencia de la interacción de este material con los componentes neutrales e ionizados de la atmósfera de Júpiter. Se prevé que el choque habrá generado polvo que, al cargarse por su exposición al medio ionizado, formará nuevos anillos de polvo alrededor del planeta. Los datos obtenidos con una serie de instrumentos estratégicamente situados para observar los efectos de los choques pondrán a prueba las predicciones teóricas.

Los científicos de la NASA realizaron también interesantísimos adelantos en los estudios lunares durante sus labores para la misión Clementine patrocinada por el Departamento de Defensa. Estas actividades, en las que las investigaciones lunares eran tan sólo una de las metas, fueron realizadas por el Laboratorio de Investigaciones

Navales (NRL) con apoyo de la NASA, el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore y el Laboratorio de Retropropulsión de los Estados Unidos (JPL) en California. El vehículo espacial Clementine, lanzado el 25 de enero de 1994, entró en órbita lunar el 19 de febrero de 1994. Durante los dos meses y medio siguientes, cuatro cámaras tomaron 1,8 millones de imágenes de la superficie de la Luna en 11 bandas de ondas discretas con altimetría aproximada sobre la mayoría de la superficie lunar, con lo que se consiguió el primer mapa digital completo de esa superficie. Además, los científicos de la NASA tienen gran interés por poseer datos multispectrales de la superficie que abarcan 11 colores en los espectros visible y de infrarrojos. Otros instrumentos, como un telémetro láser, un telescopio de partículas cargadas, formadores térmicos de imágenes avanzados, y dispositivos de seguimiento radioeléctrico, aportaron también importante información nueva sobre la topografía, la composición de la superficie y el entorno de partículas cargadas de la Luna. Por ejemplo, el sistema lidar (medición de distancia por láser) recopiló un mapa completo de las elevaciones lunares, descubriendo un cráter de impacto de 12 km de profundidad en el polo sur lunar. Un experimento realizado en vuelo para utilizar el transmisor de comunicaciones con fines de mediciones biestáticas activas dio como resultado pruebas complementarias, aunque no concluyentes, de la existencia de hielo en las sombras permanentes de los cráteres próximos a los polos lunares. La NASA tenía proyectado conceder una serie de becas plurianuales a científicos para que examinaran los datos lunares de la misión Clementine con la esperanza de descubrir nueva información sobre la formación de la Luna. Asimismo, el Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos ha comenzado a elaborar los datos obtenidos por la misión Clementine para producir mapas digitales mundiales. Una misión secundaria del Clementine, consistente en un encuentro en el espacio interestelar con el asteroide 1620 Geographos, no pudo llevarse a cabo por un problema que surgió después de haberse terminado la misión cartográfica lunar.

El Galileo, en cambio, llevó a cabo su encuentro con el asteroide Ida y realizó de paso el curioso descubrimiento de la primera luna confirmada alrededor de un asteroide. Se trataba del satélite Dactil, de 1,5 km de diámetro. Aunque los científicos siempre han creído en la probable existencia de satélites naturales de asteroides, ahora sostienen que tales lunas pueden ser más numerosas de lo que se ha pensado hasta ahora. Al acercarse el final del año fiscal, los investigadores se ocupaban de examinar los datos sobre la luna de Ida para descubrir cómo se habían formado ambos objetos. Una de las posibilidades es que la luna se formó durante la explosión de un asteroide más grande de composición heterogénea que también dio nacimiento al Ida. El análisis espectral llevado a cabo por el espectrómetro cartográfico del infrarrojo próximo del Galileo puso de manifiesto que el Dactil está formado por cantidades de compuestos específicos distintas de las de Ida, lo que indica que no procedió directamente de éste. Los nuevos datos recogidos por Galileo indican que la composición del Ida es más diversa de lo que se creyó anteriormente. Al examinar los parámetros orbitales de la luna, los científicos, comprendidos los de la NASA y el Servicio de Prospecciones Geológicas de los Estados Unidos, podrán determinar con mayor exactitud la masa de Ida. Al combinar esta información con datos ya existentes sobre las dimensiones de Ida, los científicos podrán deducir la densidad y la composición del asteroide. Mientras se dirigía hacia Júpiter, el Galileo también examinó otro asteroide, Gaspra, que, al igual que Ida, se desplaza en el cinturón principal de asteroides que describe una órbita alrededor del Sol entre Marte y Júpiter.

En otras actividades de exploración planetaria, el vehículo espacial Magellan, lanzado en mayo de 1989, determinó que Venus sigue teniendo actividad geológica. Tras terminar el levantamiento de mapas de la superficie del planeta, el Magellan empezó a recoger información sobre su densidad. Al calcular la velocidad exacta del vehículo espacial sobre zonas concretas del planeta, los controladores de la misión en la Tierra calcularon la fuerza de la gravedad en esos lugares y, de ese modo, la densidad de la capa inferior a la superficie. Los datos indican que las zonas venusianas de alta gravedad se corresponden con zonas de elevación alta, a diferencia de la situación en la Tierra, donde las cordilleras se corresponden con puntos bajos gravitatorios. En una actividad conexa, el Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos terminó el primer mosaico global de radar de plena resolución de Venus (escala 1:1.500.000); a finales del año fiscal estaba en fase de producción una serie de 170 discos CD-ROM que contienen esos datos del vehículo espacial. Ya se ha terminado casi la mitad de los cuadrángulos del mapa básico geológico a escala 1:1.500.000 en apoyo del Programa de Cartografía Geológica de Venus de la NASA.

Además, el Servicio de Prospecciones Geológicas de los Estados Unidos ha participado también en la planificación de misiones sin piloto que la NASA se propone enviar a Marte, incluido el Pathfinder (un vehículo de

aterrizaje con un pequeño vehículo superficial proyectado para 1996-1997), al menos dos vehículos orbitales denominados "Mars Global Surveyor", y una serie de vehículos de aterrizaje Mars Surveyor. Los geólogos del estudio prestaron servicio en el equipo de formación de imágenes del Pathfinder y ayudaron a planificar una extensa serie de experimentos y observaciones geológicas del Pathfinder, comprendida la elección de un lugar de aterrizaje en la desembocadura de un gran canal de efusión de Marte. El personal del estudio ayudó también a planificar misiones de vehículos orbitales y de aterrizaje Surveyor cuya realización está prevista entre 1998 y 2005.

C. Otras ciencias espaciales

Durante el año fiscal 1994, la NASA realizó importantes adelantos en las investigaciones sobre la microgravedad y las ciencias biológicas, que comenzaron con la segunda misión de ciencias biológicas Spacelab (SLS-2) en octubre de 1993. Su carga útil consistía en 14 experimentos en los que se examinaron las reacciones fisiológicas de los seres humanos y los roedores a la microgravedad y su posterior readaptación a la gravedad de la Tierra. Como prolongación de la misión SLS-1 realizada en junio de 1991, las investigaciones de la SLS-2 se concentraron en determinar y caracterizar con mayor precisión los cambios en los sistemas fisiológicos durante los vuelos espaciales y después de ellos y en aumentar los conocimientos sobre los mecanismos subyacentes, de forma que se puedan minimizar o contrarrestar los cambios negativos para la salud humana antes de que la estación espacial internacional empiece a funcionar. Entre los resultados de importancia de la misión SLS-2 cabe destacar la demostración independiente por tres equipos de investigación distintos de que los modelos actuales para estudiar los efectos de la gravedad en el corazón, los pulmones y la circulación no servían para predecir la respuesta fisiológica observada durante los vuelos espaciales. Estos estudios contribuirán a que se pueda entender mucho mejor la regulación de la presión sanguínea, tanto en el estado de buena salud como de enfermedad, y los trastornos cardiopulmonares. Los investigadores descubrieron también que la exposición a la microgravedad produce un grado sorprendente de plasticidad neural. Estos resultados servirán para que podamos comprender mejor la adaptación del sistema nervioso a los cambios. Las investigaciones sobre el papel que la carga física (la gravedad) desempeña en mantener la función muscular -en las que se combinan la anatomía, la bioquímica y medidas funcionales- será de gran utilidad para el programa conjunto de fisiología muscular de la NASA y los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos.

Con el vuelo de un cosmonauta en el vehículo espacial STS-60 en febrero de 1994 dio comienzo la primera fase de la Estación Espacial Internacional. En agosto, el primer lanzamiento de equipo de investigación estadounidense a bordo de un cohete "Progreso" ruso incluyó un sistema de medición de la aceleración para respaldar los programas de investigación tanto estadounidenses como rusos. Otros elementos de equipo estadounidense están siendo sometidos a ensayos y enviados a Rusia para su lanzamiento a bordo de cohetes "Progreso" el próximo año. Por último, el Instituto Internacional de Investigaciones y Técnicas Espaciales, cuya creación se proyecta, patrocinará nuevos equipos interdisciplinarios formados por biólogos, tecnólogos, físicos y científicos de materiales para que realicen investigaciones tanto en la Tierra como en la estación espacial y aporten nuevas ideas y métodos para subsanar los problemas con que se enfrenta la humanidad.

Por otro lado, en marzo de 1994 la NASA lanzó el USMP-2, una instalación expuesta al medio ambiente espacial en la bodega de carga útil del transbordador espacial que suministra corriente, refrigeración y medios de recogida de datos para una serie de experimentos. El experimento sobre crecimiento dendrítico isoterma mejoró nuestros conocimientos sobre la ciencia de los materiales. El crecimiento dendrítico es la forma común de crecimiento cristalino que se da cuando los metales, las aleaciones y muchos materiales más se solidifican en la mayoría de los procesos industriales. El estudio de la formación de dendritos en órbita demostró de forma concluyente que para poder realizar ensayos rigurosos de las teorías fundamentales de la formación y el desarrollo de dendritos se precisan unas condiciones de microgravedad de larga duración y gran calidad. Estas teorías son necesarias para predecir y conseguir en los materiales solidificados las microestructuras precisas que controlan muchas de las propiedades físicas y químicas, como su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión. En el experimento de crecimiento de cristales de semiconductores en solución sólida, para el que se utilizó el horno automatizado avanzado de solidificación direccional en su primera misión, se logró producir un cristal de aleación de telururo de cadmio y mercurio, un elemento semiconductor, para estudiar las características físicas de la convección aditiva activada

térmicamente y por la composición durante el crecimiento cristalino. Los medios de observación "*in situ*" existentes en el aparato MEPHISTO (siglas derivadas del francés Material pour l'Etude des Phenomenes Interessant la Solidification sur Terre et en Orbite) permiten estudiar los fenómenos cinéticos y de transporte durante el crecimiento de cristales de aleación de bismuto/estaño. El horno MEPHISTO, construido por la Agencia Francesa del Espacio (CNES) y que utilizan investigadores estadounidenses y franceses en el marco de un acuerdo de cooperación, posee la característica exclusiva de poder estudiar la formación de microestructuras en materiales en solidificación para conocer mejor la forma en que los metales adquieren sus propiedades físicas. El experimento de difusión de luz en fluidos críticos sirvió para estudiar los fenómenos de transición de fases cerca del punto crítico del elemento xenón. Gracias al estudio de una esfera que los físicos denominan fenómenos críticos dinámicos, este experimento aportó a los teóricos una nueva orientación para modelar la forma en que sistemas con muchos grados de libertad responden a las fluctuaciones. Esos modelos pueden servir para interpretar fenómenos tan variados como la turbulencia atmosférica, la dinámica de la población humana y la superconductividad.

El vehículo espacial IML-2 continuó en julio de 1994 la exploración de los efectos de la fuerza gravitatoria en sistemas biológicos, físicos y químicos realizada por el IML-1. Las 82 investigaciones puestas en órbita por 75 investigadores principales de 13 países sirvieron para demostrar que los laboratorios espaciales tripulados se pueden utilizar con gran eficiencia en investigaciones internacionales como las que se han de realizar en la Estación Espacial. En el IML-2, once grandes experimentos estadounidenses de microgravedad utilizaron nuevos aparatos de vuelo perfeccionados por los socios internacionales de la NASA. Cuatro equipos de investigadores estadounidenses utilizaron la instalación electromagnética de elaboración sin contenedor alemana (TEMPUS) para llevar a cabo estudios sobre la nucleación en la solidificación y medir al mismo tiempo las propiedades termofísicas. Un investigador estadounidense empleó la instalación avanzada de producción de cristales proteicos de la ESA, que realizaba su primera misión en un vuelo de larga duración, para estudiar la cristalización de macromoléculas sirviéndose de la "técnica de difusión líquido-líquido". Otro investigador estadounidense logró terminar protocolos para estudiar el fenómeno de la sinterización en fase líquida -un proceso utilizado para producir aleaciones de composiciones nuevas a partir de materiales a gran temperatura- en el gran horno isoterma del Organismo Nacional de Aprovechamiento del Espacio (NASDA) del Japón. Dos equipos de investigadores de los Estados Unidos estudiaron las interacciones en la fase líquida sirviéndose del aparato de burbujas, gotas y partículas de la ESA y un grupo de investigadores estadounidenses estudió los cambios de fase sirviéndose para ello de la instalación de temperatura crítica de la ESA. Entre los resultados preliminares de la misión cabe destacar nuevas ideas acerca del transporte de masa y energía en sistemas que se encuentran en el punto crítico vapor-líquido -una condición rara de la materia que promete poner de manifiesto importantes aspectos nuevos de sistemas complejos en escalas que van desde el átomo hasta la meteorología mundial y de cambios difíciles de detectar como la magnetización de una barra de hierro o la forma en que las sustancias pasan de la conductividad a la superconductividad; y observaciones de movimientos de gotas y burbujas provocados por la tensión superficial en condiciones de transferencia térmica y de la cantidad de movimiento fuertemente acopladas. Los estudios sobre biología de radiación realizados por el IML-2 demostraron que el medio ambiente espacial natural tiene efectos dañinos en las células vivas. Los nemátodos experimentaron un número importante de mutaciones en comparación con las muestras de control pero no dieron muestras de un comportamiento reproductor fuera de lo normal. Las investigaciones en animales y plantas pusieron de manifiesto los efectos de la microgravedad y la radiación en las modalidades de crecimiento, el material genético, el desarrollo de los huesos, la diferenciación y la reproducción celulares y la eficacia de los antibióticos. El apareamiento y la incubación de huevos del pez Medaka constituyó el primer caso documentado y positivo de reproducción de vertebrados en el espacio. Un alevín resultante de la fertilización en el espacio logró incubarse y sobrevivir, al igual que lo hicieron los huevos prefecundados. Dos huevos de tritón, cuya puesta se llevó a cabo en órbita, sobrevivieron y un elevado porcentaje de huevos selectos puestos antes de la colocación en órbita siguieron siendo viables como embriones y larvas. En otra primicia espacial, los investigadores establecieron un umbral de gravedad, es decir, el punto en que se pueden observar los efectos de la gravedad, para dos organismos: Euglena y medusas. Las moscas de la fruta expuestas a la gravedad dieron muestras de hiperactividad en comparación con las muestras de control en la Tierra, lo que indica una aceleración del proceso de envejecimiento en el espacio.

A petición de los Gobiernos de Ucrania y la República de Georgia, los biólogos de la NASA vinculados al Laboratorio Espacial de Radar-2 recibieron datos en octubre de 1994 sobre pasadas del transbordador en sobrevuelo

sobre los dos países. Estos datos servirán para respaldar avances tecnológicos y actividades de vigilancia ambiental en respuesta a las preocupaciones de esos Gobiernos sobre la contaminación y la lucha contra las enfermedades.

En el año fiscal 1994 la NASA siguió realizando adelantos en la esfera de la telemedicina, es decir, la práctica de la medicina a distancia sirviéndose de líneas telefónicas, satélites, microondas u otros medios de telecomunicación. El proyecto de demostración de telemedicina "Puente Espacial a Moscú", un programa emblemático en esta esfera que dio comienzo en noviembre de 1993 y que utiliza el vídeo interactivo en dos direcciones entre consultores clínicos del hospital de Moscú del Ministerio de Información y cuatro clínicas en los Estados Unidos. La ayuda a distancia para realizar diagnósticos de personas enfermas en el marco de este proyecto constituye una continuación fructífera del Puente Espacial a Armenia montado en 1988.

Las investigaciones relacionadas con sistemas de supervivencia regeneradores han dado lugar a importantes adelantos en el desarrollo de nuevos revestimientos resistentes a las biopelículas utilizando para ello técnicas de aplicación de uso común en la industria. La NASA puso en marcha estas investigaciones para controlar o prevenir la acumulación de microorganismos médicamente nocivos en el aire, el agua y los sistemas de control de contaminantes de larga duración en vehículos espaciales tripulados. Los resultados preliminares (confirmados independientemente por el Centro de Ingeniería de Biopelículas de la Universidad del Estado de Montana) arrojan una reducción que oscila del 50% a más del 90% de la acumulación de un organismo productor de biopelículas común cuando el revestimiento se aplica a un plástico o un metal. La superficie revestida es termoestable, por lo que se puede esterilizar y ser utilizada nuevamente. Cabe destacar que la superficie revestida resulta también sumamente fácil de limpiar. Es posible que estos revestimientos puedan tener aplicaciones para prevenir la acumulación de biopelículas en una serie de esferas de importancia comercial. Según las estimaciones preliminares realizadas por el Centro de Ingeniería de Biopelículas y la Dirección de Protección Ambiental (EPA), se calcula por lo bajo que las posibilidades comerciales de estas tecnologías se sitúan en centenares de millones de dólares.

La NASA siguió también cooperando estrechamente con otros departamentos del Gobierno en sus investigaciones. En un programa conjunto de biotecnología entre la NASA y los Institutos Nacionales de Salud (NIH) se hizo hincapié en la creación de centros conjuntos para acelerar la transferencia de tecnología de la NASA y permitir que se aplicara a la investigación biomédica, en el desarrollo de tecnología avanzada de cultivo de tejidos para su aplicación a la investigación biomédica y a la biología del desarrollo; tecnologías avanzadas de cristalización de proteínas para fomentar la biología estructural y el diseño de fármacos para luchar contra las enfermedades, y tecnología para el diagnóstico precoz de las cataratas. Al final del año fiscal, la NASA había concertado 18 acuerdos de cooperación con diez institutos de los NIH, así como con la Biblioteca Nacional de Medicina. En el marco de un acuerdo interinstitucional entre la NASA y los NIH, los dos organismos establecieron un Centro de Cultivo de Tejido Tridimensional en el Instituto Nacional de Sanidad Infantil y Desarrollo Humano. Dicho acuerdo prevé la transferencia de la tecnología de fermentadores de la NASA a los NIH, su perfeccionamiento con apoyo de la NASA, un mayor número de experimentos espaciales para producir cristales proteicos y nuevas investigaciones sobre el cultivo celular en condiciones de microgravedad. Además, la NASA y los NIH han seleccionado a 22 investigadores para que envíen experimentos de ciencias biológicas en el transbordador espacial en el período 1994-1996 que serán los primeros de esa índole realizados en un vuelo espacial por la NASA y los NIH; y 34 investigadores para Neurolab, una misión del Laboratorio Espacial Spacelab que irá a bordo del transbordador en 1998, dedicada a las ciencias relacionadas con el cerebro y a la etología. La NASA ha firmado también acuerdos con el Instituto Nacional del Cáncer, la Biblioteca Nacional de Medicina y el Instituto Nacional de Sanidad Infantil y Desarrollo Humano para realizar investigaciones en esferas de interés común. En 1994, la NASA recibió 141 propuestas en materia de biotecnología en respuesta a un anuncio de investigación. Éstas serán estudiadas por especialistas durante el año fiscal 1995 para seleccionar las que serán llevadas a la práctica. La NASA y el Instituto Nacional del Cáncer aplicarán al diagnóstico y al tratamiento del cáncer de mama la tecnología de formación de imágenes utilizada en el telescopio espacial Hubble y en otros contextos. En concreto, tres proyectos brindan la esperanza de poder poner a punto sistemas de mamografía digital directa con gran resolución y un campo de visión amplio. En colaboración con el Instituto Nacional de Salud Mental, la NASA ayudará a aplicar los últimos adelantos en informáticas y ciencias de la información a las ciencias relacionadas con el cerebro y otras ciencias médicas afines.

En otras actividades conexas, la NASA, la Fuerza Aérea y la GTE Corporation concluyeron recientemente un programa en el que se estudió el crecimiento de arseniuro de galio en el entorno espacial. La NASA también financia un programa de crecimiento de cristales proteicos en el Laboratorio de Investigaciones Navales y, en el marco de un acuerdo de la NASA con el Departamento de Defensa, el Instituto Walter Reed de Investigaciones del Ejército ha venido realizando investigaciones sobre el cultivo de células en un sistema de vuelo. Mediante un memorando de entendimiento entre la NASA y la Fundación Nacional de Ciencias, ambos organismos se han comprometido a colaborar en investigaciones sobre la transducción de señales ambientales y la diferenciación celular en plantas en respuesta a estímulos ambientales, sobre todo la gravedad. En virtud de otro acuerdo entre la NASA y la Asociación Americana contra la Esclerosis Múltiple se utilizará la tecnología desarrollada para sistemas de refrigeración en trajes espaciales con objeto de poner a punto una tecnología de trajes refrigerados para personas aquejadas por la esclerosis múltiple que tengan problemas para regular la temperatura corporal interna. Una actividad conjunta de desarrollo de proyectos entre el Centro de Investigaciones Ames de la NASA y el Proyecto Análogo Antártico del sistema de supervivencia ecológico cerrado de la NSF dará por resultado la aplicación por la NASA de tecnología biorregeneradora en la mayor escala hasta la fecha, e incluirá también un sistema de reciclaje para dar apoyo a los investigadores de la Antártida. Gracias a este proyecto, que ha sido concebido para aumentar la habitabilidad de la estación de investigación Amundsen-Scott del Polo Sur y permitir que los Estados Unidos cumpla sus obligaciones internacionales de mantener el medio ambiente antártico en perfectas condiciones, la NASA podrá alcanzar la meta de obtener una experiencia de larga duración en un medio ambiente análogo para ensayar posibles candidatos de supervivencia regeneradora para medios planetarios, desplegando para ello sistemas regeneradores de alimentos, agua y tratamiento de residuos para su uso en el Polo Sur.

D. Transbordador espacial

Durante al año fiscal 1994, la principal finalidad del transbordador espacial siguió siendo la de transportar personas y cargamentos con seguridad a una órbita terrestre baja (de 180 a 600 km sobre la Tierra). A finales del año, la NASA contaba con una flota de cuatro vehículos orbitales en activo: Columbia, Discovery, Atlantis y Endeavour. Durante el año fiscal 1994, Atlantis terminó su período de inactividad de vehículos orbitales por mantenimiento (PIVOM) en el Centro de Vehículos Orbitales de Palmdale (California). Durante el PIVOM se dotó al Atlantis de las modificaciones necesarias para que acople con la estación espacial rusa Mir, estando prevista la primera misión de acoplamiento para el tercer trimestre del año fiscal 1995. Al finalizar el año, se estaba preparando el vehículo orbital Columbia para su traslado a Palmdale para un PIVOM.

Durante el año, la NASA puso en marcha un nuevo diseño del depósito exterior para reducir su peso estructural, lo que mejorará el rendimiento del sistema del transbordador. Este nuevo diseño entrañó la sustitución de la aleación de aluminio existente por otra de aluminio y litio, con lo que se aprovecha la mayor resistencia por unidad de peso del nuevo material. El primer lanzamiento del nuevo depósito superligero tendrá lugar a finales del año civil 1997.

En el programa del motor principal del transbordador espacial, se continuó sin interrupción durante el año fiscal 1994 el desarrollo y la aplicación de las mejoras de la seguridad y la regularidad de funcionamiento. Cinco componentes principales del motor actual se encontraban en fase de mejoras en dos modificaciones en bloque. En el Bloque I se incorpora la nueva cabeza propulsora de la fase II+, el intercambiador de calor de un solo serpentín y la turbobomba suplente de alta presión del oxidante. El Bloque II contiene la mejora del Bloque I y añade además la turbobomba suplente de alta presión de combustible y la cámara principal de combustión de gran cuello. En el año fiscal 1994 los ingenieros realizaron 101 ensayos en tierra durante un total de 47.775 segundos en apoyo de los programas de desarrollo y de vuelo actuales. Hasta la fecha, la turbobomba del oxidante ha cumplido sus requisitos en lo que se refiere a segundos totales de desarrollo y la primera de las dos unidades de homologación oficial ha terminado con éxito su serie de 20 ensayos. El primer motor de homologación del Bloque I, que llevaba la segunda turbobomba de homologación del oxidante, comenzó sus ensayos en octubre de 1994. A finales del año fiscal, estaba previsto que el Bloque I realizara su primer vuelo en junio de 1995. Los ingenieros encargados del desarrollo de la turbobomba del oxidante resolvieron con éxito todos los problemas técnicos principales con que tropezaron en las primeras fases de desarrollo. Debido en gran parte a este éxito, el Congreso aprobó la reanudación de las labores

de desarrollo de la turbobomba de combustible, que habían quedado interrumpidas desde 1991. A finales del año fiscal se encontraban en fase de realización los ensayos de desarrollo de la turbobomba de combustible, y estaba previsto que la configuración del Bloque II entrara en servicio en septiembre de 1997. El programa del motor principal del transbordador espacial ha venido realizando también modificaciones en funcionamiento del motor del bloque II para mejorar su rendimiento como parte del programa global de mejora del rendimiento del transbordador en apoyo de los objetivos relacionados con la estación espacial.

El cohete impulsor de combustible sólido prestó sus servicios con todo éxito en los ocho vuelos del transbordador que despegaron durante el año fiscal 1994. Se realizó un ensayo de funcionamiento estático de un motor auxiliar de vuelo conectado a un gran número de instrumentos. Dieron comienzo las actividades para trasladar la producción de las toberas del motor cohete de combustible sólido de nuevo diseño de Utah a la antigua fábrica de motores cohete avanzados de combustible sólido en el noreste de Mississippi. En la fabricación de las etapas de despegue se siguieron eliminando las sustancias que agotan la capa de ozono. Los técnicos han seguido desarrollando dos elementos de mejora del rendimiento relacionados con la etapa de despegue como parte del programa global de mejora del rendimiento del transbordador en apoyo de los objetivos de la estación espacial. Una prolongación del cono de salida de la tobera del motor aumentará el impulso específico de vacío del motor. En el programa de etapas de despegue ligeras se sustituirán los actuales paracaídas de nylon por versiones de kevlar y se lograrán pequeñas reducciones estructurales del peso.

En la esfera de la integración de sistemas del transbordador espacial, todas las misiones llevadas a cabo durante el año fiscal 1994 dispusieron del sistema de actualización de la carga de despegue en la fecha de lanzamiento (DOLILU I), que actualiza la trayectoria de vuelo para tener en cuenta los vientos reinantes el día del lanzamiento. El sistema DOLILU II, que llevará incorporados los cuadros de control del motor principal, datos de centrado del cohete de combustible sólido y datos de control aerodinámico el día del lanzamiento, optimizará incluso más la trayectoria de ascensión del transbordador. NASA tenía previsto que el primer vuelo en el que se utilizaría esta mejora tendría lugar en mayo de 1995. Durante el año fiscal 1994 las actividades de integración también abarcaron análisis de cargas estructurales, la solución de anomalías, modificaciones y cambios en vuelo; y la elaboración y el ensayo de programas informáticos para controlar cada misión. Para satisfacer los requisitos de la misión de la estación espacial internacional, la NASA ha iniciado la labor necesaria para determinar, elaborar y fijar los parámetros básicos de control de las mejoras de rendimiento del transbordador. Los ingenieros han elaborado planes de integración de sistemas para garantizar que se apliquen debidamente en el programa del transbordador espacial. A finales de año se estaban realizando análisis para garantizar la compatibilidad de las modificaciones del diseño del depósito exterior, el motor principal, los cohetes impulsores de combustible sólido y el propio vehículo orbital. Los ingenieros han especificado análisis de diseño y requisitos de ensayo para elaborar una definición de los márgenes de vuelo. Todas las mejoras se han especificado en apoyo del primer vuelo de montaje de la estación espacial internacional previsto para diciembre de 1997.

Durante 1994, el equipo de tierra del transbordador espacial en el Centro Espacial Kennedy implantó varias innovaciones y mejoras que sirvieron para aumentar la eficiencia, mejorar la organización de los vuelos y reducir los costos. Gracias a un programa de mantenimiento centrado en la regularidad se ajustaron continuamente los procedimientos sobre la base de datos reales de funcionamiento y experiencia operacional. Un sistema integrado del control del trabajo, que sigue en fase de elaboración, ha servido ya para dinamizar y automatizar las funciones del control del trabajo relacionadas con más de 10.000 tareas principales que hay que realizar para preparar los 22 sistemas principales de un vehículo orbital para el vuelo. Con ese programa se han preparado bloques de trabajo, se ha implantado la notificación automatizada de las necesidades de piezas y materiales y, con ello, se ha reducido el número de tareas que experimentan retrasos. Otra mejora en la manipulación en tierra consiste en seleccionar un jefe, o jefa, de equipo de una unidad de trabajo, capacitarle, y definir sus obligaciones y su autoridad para manejar tareas desde la fase de planificación hasta su terminación. De este modo se pueden resolver los problemas en el nivel operacional más bajo y, al mismo tiempo, la actividad está estructurada y tiene cohesión. El concepto de jefe del equipo de tarea ha mejorado las labores relacionadas con el transbordador, ha facilitado el trabajo de equipo, ha reducido los retrasos y ha mejorado la calidad. Más de 4.400 empleados de la NASA y de contratistas han recibido capacitación en este concepto, que ha sido utilizado con éxito en todas las esferas de actuación.

E. Satélites

A raíz de la pérdida del Landsat-6 en octubre de 1996, el Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) siguió dependiendo del Landsat-5, que lleva en funcionamiento desde 1984. La serie de satélites Landsat ha transmitido periódicamente observaciones de la superficie de la Tierra durante dos decenios, observando los recursos renovables y no renovables. Las aplicaciones prácticas de los datos del Landsat sirven para realizar programas como los de investigación sobre los cambios mundiales, la vigilancia de zonas costeras, la gestión de recursos madereros, la planificación regional y la vigilancia ambiental. El 10 de mayo de 1994, la Casa Blanca anunció la Estrategia de Teledetección de los Satélites Landsat, que establece la continuidad de los datos actuales del Landsat y de los futuros. En la estrategia se asignaron responsabilidades relacionadas con el programa Landsat-7 conjuntamente a la NASA, el NOAA y el Servicio de Prospección Geológica y los Estados Unidos (USGS). La NASA asumió las responsabilidades de desarrollo de satélites del programa Landsat-7 que antes tenía el Departamento de Defensa. La NASA y el NOAA prepararán conjuntamente el sistema de tierra, de cuyo funcionamiento se ocupará el NOAA en colaboración con el USGS. El Centro de Datos del Sistema de Observación de Recursos Terrestres (EROS) del Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos seguirá estando encargado de mantener los archivos gubernamentales de datos del Landsat y otros datos de teleobservación de carácter terrestre. El Landsat-7, cuyo lanzamiento está previsto en diciembre de 1998, llevará un sistema de cartografía temática perfeccionado (ETM-Plus).

Gracias al lanzamiento sin problemas, el 13 de abril de 1994, del Satélite Geoestacionario Operacional del Medio Ambiente (GOES)-I, rebautizado GOES-8 cuando alcanzó su órbita, se han podido obtener observaciones meteorológicas y datos sobre la atmósfera más precisos y concretos. Por su diseño, que incluye la estabilización en los tres ejes, los sensores del satélite pueden observar la Tierra continuamente, en comparación con tan solo el 5% del tiempo que pueden hacerlo los actuales satélites estabilizados por rotación. Durante seis meses después de su lanzamiento, la NASA verificó y realizó ajustes de precisión en el GOES-8, que es el primero en la serie de cinco satélites meteorológicos avanzados que se lanzarán en el curso de los próximos años. El NOAA no asumió el control del satélite hasta después del final del año fiscal. Durante la verificación, el satélite fue colocado a 90 grados de longitud oeste, pero se decidió trasladarlo a una posición de 75 grados de longitud Oeste cuando entró en fase operacional y desplazar el GOES-7, que sigue en funcionamiento siete años después de su lanzamiento, de la posición de 112 grados de longitud Este a la de 135 grados de longitud Oeste, de manera que los dos satélites en conjunto pudieran cubrir ininterrumpidamente el hemisferio occidental. La NASA, que se encarga de lanzar y verificar los satélites de la serie GOES y gestiona su diseño, desarrollo y lanzamiento, tenía previsto lanzar el GOES-J en 1995 para sustituir al GOES-7, que ya ha rebasado su duración prevista en servicio. El NOAA se encarga de su manejo, comprendido el mando y el control, la recepción de datos y la generación y distribución de productos de los satélites.

En un ámbito totalmente distinto, el NOAA anunció a principios del año civil que se habían sumado dos nuevas estaciones terrestres a la red de instalaciones de satélites de búsqueda y salvamento en todo el territorio de los Estados Unidos. Situadas en Guam y Puerto Rico, se trataban de las dos últimas de seis instalaciones nuevas, completamente automáticas, diseñadas para mejorar el sistema de búsqueda y salvamento por satélite, que ayuda a socorrer a gente del mar, usuarios en tierra y pilotos en situaciones de urgencia. Esas estaciones y otras cuatro instaladas en los Estados Unidos durante los 18 meses precedentes forman parte de un sistema internacional de búsqueda y salvamento por satélite denominado COSPAS-SARSAT (se deriva de una sigla rusa que significa sistema espacial de búsqueda de buques en situaciones de emergencia y otra sigla inglesa que significa "sistema de seguimiento por satélites de búsqueda y salvamento"). Gracias a este sistema las señales de socorro transmitidas por buques o aeronaves pueden recibirse y tramitarse con más rapidez que antes. El sistema utiliza en total seis satélites ambientales del NOAA y satélites rusos de navegación, así como una red de estaciones terrestres que recogen las señales de radio y de radiobalizas de los que necesitan ayuda y las envían a través de centros de control de misiones, como el del NOAA en Suitland (Maryland), a los centros de coordinación de salvamento. Desde que se puso en marcha el sistema en 1982 hasta el 30 de septiembre de 1994 se ha logrado salvar 4.310 vidas -960 de ellas durante el año civil 1993.

El pequeño sistema cautivo desplegable consumible 2 (SEDS-2), concebido y diseñado por el Observatorio Smithsonian de Astrofísica, fue una carga útil secundaria en un cohete Delta II lanzado a las 22.40 horas EST del 9 de marzo de 1994 desde Cabo Cañaveral (Florida). Con una longitud de casi 20 kilómetros, se trató del objeto más largo colocado en el espacio en toda la historia. A las 23.45 horas, la segunda etapa del Delta expulsó el SEDS-2, de 23 kilogramos de peso, utilizando un dispositivo a resorte. El minisatélite alcanzó una longitud final desplegada de 19,8 kilómetros en tan solo 1 hora y 48 minutos, cumpliendo la función principal del experimento, que era la de suspender una carga útil de ese tipo con una oscilación mínima. Posteriormente, el SEDS-2 permaneció en el espacio para determinar la resistencia de su polietileno trenzado a los micrometeoroides, los desechos espaciales y el oxígeno atómico. El cable de amarre fue cortado aparentemente por un micrometeoroides (o por desechos) el 15 de marzo. Posteriormente el extremo del cable de amarre entró de nuevo en la alta atmósfera y se quemó, mientras que unos 10 a 12 kilómetros de su longitud siguieron unidos a la segunda etapa del cohete y continuaron en órbita hasta el 8 de mayo de 1994. Este fue el tercer objeto espacial cautivo desarrollado por el Observatorio Smithsonian de Astrofísica que se lanzó durante el pasado año, cada uno de ellos puntualmente y con un objetivo cada vez más ambicioso.

F. Estación espacial

El año fiscal 1994 fue un período de enormes logros para el programa de la estación espacial internacional. En octubre de 1993 el programa elaboró oficialmente un primer conjunto de especificaciones, que incluía elementos rusos como parte del diseño. En diciembre de 1993, los 12 países originales participantes en la estación espacial Freedom (los Estados Unidos, Canadá, Italia, Bélgica, Países Bajos, Dinamarca, Noruega, Francia, España, Alemania, Reino Unido y Japón) enviaron una invitación oficial a Rusia para que se sumara a la participación, y Rusia aceptó. Así pues, el programa vigente del Transbordador/Mir se amplió y se convirtió en la Fase I del programa de la estación espacial internacional. En febrero de 1994 dieron comienzo oficialmente las actividades de la Fase I al convertirse el cosmonauta Sergei Krikalev en el primer ruso que voló a bordo del transbordador espacial. Los astronautas de la NASA Bonnie Dunbar y Norm Thagard han estado preparándose para volar en la estación espacial Mir desde marzo de 1994 en el Centro de Capacitación de Cosmonautas ruso en la Ciudad de las Estrellas. Estaba previsto que el primer americano sería lanzado a bordo de un vehículo espacial ruso con destino a Mir en marzo de 1995. Todos los socios del programa de la estación espacial internacional tomaron parte en una sesión de examen del diseño de sistemas en el Centro Espacial Johnson (Texas) en marzo de 1994. El 23 de junio de 1994, el administrador de la NASA, Daniel S. Goldin, y el Director General de la Agencia Espacial Rusa, Yuri N. Koptev, firmaron un acuerdo provisional entre ambos organismos relativo a la estación espacial, así como un contrato por valor de 400 millones de dólares. Mediante el acuerdo, se prevé la participación rusa en órganos mixtos de gestión de programas y el contrato se refiere al suministro por parte rusa de equipo y datos en las primeras fases del programa (principalmente para actividades relacionadas con el programa Transbordador-Mir). Además, el 31 de agosto de 1994, la NASA y la empresa Boeing firmaron un memorando de acuerdo en el que se decidió el contenido y el costo máximo del contrato principal, cuya firma estaba prevista para finales de 1994. Igualmente durante el mes de agosto, en el marco del programa se terminó un examen de la arquitectura del vehículo. Por último, el 28 de septiembre de 1994, la junta de control de la estación espacial examinó la revisión de la arquitectura del vehículo y ratificó sus recomendaciones sobre modificaciones de la secuencia de montaje y sobre necesidades de elementos para la estación espacial.

El rediseño de la estación espacial que se produjo como consecuencia de estas actividades conservó lo mejor del equipo y de las capacidades del anterior programa de la estación espacial Freedom y aportó más capacidad de investigación y flexibilidad para los usuarios. La nueva estación espacial internacional cuesta 5.000 millones de dólares menos que la Freedom. Se ha adoptado una estructura de gestión agilizada y se han reducido considerablemente el número de empleados de la administración pública y de los contratistas destinados al programa. También se ha adoptado un enfoque integrado de equipo de producto, aprovechándose los conocimientos prácticos y técnicos de la fuerza de trabajo de la administración pública para desarrollar cierto número de elementos de la estación de forma más económica y eficiente, ahorrando en ello millones de dólares. Además, la cooperación rusa ha aportado una mayor capacidad a la estación espacial internacional y ha reducido incluso más los gastos para los Estados Unidos, con lo que la estación se convierte en una faceta importante de la nueva relación entre los dos países,

que no cesa de evolucionar. Hasta la fecha, el programa ha producido 12.000 kg de equipo para la estación espacial, lo que viene a ser unos 1.000 kg más de lo proyectado. Se ha celebrado una serie de reuniones de intercambio técnico con los rusos muy fructíferas, y Rusia ha empezado a suministrar los elementos previstos en el contrato firmado en junio. Antes de que terminara el año fiscal, un equipo de enlace de la NASA se instaló en Moscú y la NASA colaboraba con los rusos para que éstos instalaran su oficina de enlace en Houston. En una reunión de intercambio técnico celebrada en agosto de 1994, la NASA y la Agencia Espacial Rusa se pusieron de acuerdo sobre una serie de importantes cuestiones de integración y de operaciones, por ejemplo, la forma en que se transmitirían a la estación espacial las órdenes de mando y control. Estas actividades continuaron y se vieron ampliadas por las conversaciones del equipo conjunto de gestión celebradas en Moscú al mes siguiente, y cuajaron en un acuerdo sobre aspectos necesarios para colaborar, tales como el empleo del inglés como idioma común.

Entretanto, el nuevo Gobierno canadiense reafirmó hace poco su apoyo a la estación espacial internacional. El Canadá ha reestructurado los gastos oficiales para reducir su deuda. Pese a tener que adoptar difíciles decisiones presupuestarias, el Gobierno canadiense ha seguido reconociendo su obligación de desarrollar el sistema móvil de servicio, que aportará los elementos robóticos externos de la estación espacial. El Canadá ha proyectado también desarrollar el manipulador diestro para fines especiales destinado a operaciones robóticas más delicadas. La ESA ha seguido desarrollando el Sistema Orbital Columbus (un laboratorio presionizado) y equipo auxiliar de laboratorio que podrá dedicarse pronto a labores científicas. La ESA ha venido desarrollando también el vehículo de lanzamiento Ariane V y los correspondientes vehículos de transferencia; al terminar el año fiscal 1994, mantenía conversaciones con la NASA sobre el posible empleo de estos vehículos para el suministro logístico de la estación espacial. La ESA llevó a cabo una labor de diseño con arreglo a los costos relacionada con el Sistema Orbital Columbus y colaboró estrechamente con la NASA para coordinar los cambios técnicos y de gestión. Los europeos han manifestado su interés en examinar las posibilidades de proporcionar un vehículo de salvamento de la tripulación y un vehículo automático de transferencia que serviría reabastecer propulsante y recibir. El Japón ha venido desarrollando el módulo experimental japonés (JEM), consistente en un laboratorio presionizado polivalente, un elemento expuesto sin presionizar, un sistema de manipulación a distancia y módulos de logística para experimentos. El programa de la estación espacial del Japón ha hecho progresos continuos y ha destinado el 63% de sus fondos de desarrollo a contratos externos.

G. Energía nuclear

Hasta la fecha, los Estados Unidos han empleado sin problemas 37 generadores termoeléctricos radioisotópicos (GTR) en más de 20 lanzamientos de vehículos espaciales. Un GTR es un dispositivo sin piezas móviles que transforma en electricidad el calor de la desintegración del radioisótopo plutonio 238 (Pu-238). Los GTR han demostrado su flexibilidad y su capacidad de funcionar durante períodos más largos que los plazos concretos de misión que exige una variedad de misiones espaciales. Por ejemplo, el GTR de varios cientos de vatios instalado en el vehículo espacial Voyager 2, que se lanzó en 1977, ha seguido funcionando incluso después de haber rebasado Neptuno y de seguir navegando en el espacio. El Departamento de Energía ha preparado un nuevo tipo de GTR con un diseño de combustible más eficiente que se denomina Fuente Térmica de Uso General (FTUG). El GTR-FTUG funcionó sin problemas en las misiones de Galileo y Ulysses, lanzadas en 1989 y en 1990 respectivamente. Las actividades del programa del Departamento de Energía se concentraron en 1994 en la producción de componentes de la FTUG y de convertidores termoeléctricos de FTUG-GTR para satisfacer las necesidades de electricidad de la misión Cassini a Saturno, cuyo lanzamiento está previsto en 1997. La instalación del Río Savannah, en Carolina del Sur, elaboró la mayor parte del Pu-238 necesario para aprovisionar de combustible a los tres GTR nuevos. En 1994, el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, en Tennessee, terminó la producción de todas las piezas de iridio que se utilizarán para encapsular el combustible de Pu-238. El Laboratorio Nacional de Los Álamos (Nuevo México) prensó las pastillas de combustible iniciales de Pu-238 y las soldó en sus cápsulas de iridio. El organismo publicará el informe preliminar del análisis de seguridad a finales de 1994. La fábrica de Mound de EG&G Mound Applied Technologies de Miamisbur (Ohio) procedía a realizar las actividades de preparación del montaje de GTR de conformidad con lo previsto al acercarse a su fin el año fiscal. El contratista del sistema principal, la empresa Martin Marietta Astrospace, terminó la producción de todos los elementos termoeléctricos de los tres GTR durante el año objeto de examen y las actividades de montaje de otras partes de los GTR avanzaban

con arreglo a lo previsto. El Departamento de Energía preparó también nuevos diseños conceptuales de GTR de menor tamaño y más ligeros para la misión de sobrevuelo rápido de Plutón, en cuyas especificaciones se exige que cuente con fuente de electricidad de GTR. En 1994, el Departamento de Energía publicará un amplio informe en respuesta a una solicitud del General Accounting Office (Tribunal de Cuentas) sobre la capacidad de producción de GTR a largo plazo. El Departamento de Energía se propone conservar la capacidad exclusiva con que cuenta para proporcionar fuentes de energía nuclear especiales para satisfacer las necesidades de otros organismos.

H. Otras tecnologías espaciales

Durante el año fiscal 1994, la NASA realizó importantes adelantos en lo relativo a medir, crear modelos del medio ambiente de desechos orbitales y paliar el problema que tales desechos plantean. De esta forma se cumplió el tercer año completo que el Radar "Haystack" para la Observación de Desechos Orbitales, manejado por el Laboratorio Lincoln del MIT para la NASA, ha medido y observado tales desechos. Este potente radar puede detectar desechos de dimensiones tan reducidas como un guisante en una órbita a 600 kilómetros de distancia en el espacio. A bajas altitudes (400-600 kilómetros) midió menos desechos de lo previsto, lo que constituye una buena noticia para la estación espacial internacional. Ahora bien, a altitudes más altas (800-1000 kilómetros) el número de desechos era superior a lo previsto por la NASA. Como los cambios de la actividad solar no afectan mucho a los objetos en órbitas más altas, su período de duración puede rebasar 1.000 años, lo que significa que no plantearán un peligro para la estación espacial, pero son una amenaza para los satélites científicos, los meteorológicos, los de observación de la Tierra y los de comunicaciones. El 9 de febrero de 1994, el transbordador espacial Discovery desplegó las esferas de calibración de radar para la observación de desechos orbitales (ODERACS-1). Esta seis esferas, cuyo diámetro oscila de los 5 a los 15 centímetros, tienen la finalidad de mejorar la capacidad de los radares terrestres de detectar y rastrear pequeños desechos. Se prevé que las esferas permanecerán en órbita hasta mediados de 1995 y proporcionarán valiosos datos de calibración. La NASA preparó también un telescopio portátil que puede detectar objetos de media pulgada de diámetro en un margen de altitud que va desde el correspondiente a la estación espacial (400-650 kilómetros) hasta altitudes heliosincrónicas (800-1000 kilómetros) y objetos de un tamaño de 5 a 10 centímetros a la altitud geosincrónica (36.000 kilómetros). Este concepto del telescopio con espejo de metal líquido (LMMT) se basa en las investigaciones del Dr. E.F. Borra de la Universidad de Laval, Quebec (Canadá), en el terreno de los espejos de mercurio líquido. El prototipo de telescopio LMMT de tres metros de diámetro que se encuentra en funcionamiento actualmente en el Centro Espacial Johnson de la NASA ocupa el decimoséptimo lugar por su tamaño entre todos los telescopios del mundo. Su construcción costó unos 500.000 dólares, es decir, la centésima parte del costo de telescopios astronómicos terrestres comparables. Para reducir los costos de construcción, la NASA realizó un diseño para que el telescopio LMMT estuviera alojado en un silo de cereales adquirido en el mercado comercial. Los gastos en programas informáticos operacionales se redujeron a un mínimo al modificar programas anteriormente preparados para el telescopio de observación de desechos con dispositivo de acoplamiento de carga del Centro Espacial Johnson.

En una actividad relacionada en parte con la anterior para pronosticar el tiempo espacial y poder evaluar la probabilidad de daños a componentes del satélite, unos científicos de la Universidad de Rice prepararon unos avanzadísimos modelos informáticos para calcular la densidad y la energía de partículas en cualquier punto del espacio. Los científicos elaboraron mapas análogos a los empleados por los meteorólogos que muestran la corriente de plasma en la ionosfera y las características de los iones y los electrones que se precipitan a la atmósfera. Con una resolución temporal elevada, los científicos calcularon cómo cambiaba la corriente de plasma en respuesta a las distintas condiciones del viento solar. Representaron gráficamente los resultados como si fuera una película. Posteriormente, más de 50 científicos realizaron campañas coordinadas de observación para revalidar los resultados del modelo informático.

I. Satélites de comunicaciones

Durante el año fiscal 1994 los Estados Unidos procedieron al lanzamiento de tres nuevos satélites comerciales de servicio fijo para uso nacional. El Galaxy 1R(S), lanzado el 19 de febrero de 1994, proporcionará servicios de vídeo hasta entrado el próximo decenio. Este satélite sustituyó a otro que se acercaba al final de su vida útil; está

situado a 133 grados de longitud oeste. *General Dynamics Commercial Launch Services* consiguió lanzar el satélite de comunicaciones Telstar 401 desde Cabo Cañaveral a bordo de un Atlas IIAS el 15 de diciembre de 1993. El satélite logró llevar a cabo un control de sistemas y de pruebas en órbita a 89 grados de longitud oeste en enero de 1994 y fue situado a 97 grados de longitud oeste para que comenzase a prestar servicios de televisión y de comunicación de datos a clientes de los Estados Unidos a principios de febrero. Lamentablemente, el lanzamiento efectuado el 9 de septiembre de 1994 del Telstar 402 por un vehículo de lanzamiento Ariane desde Kourou (Guayana Francesa) no tuvo el mismo éxito. La operación de lanzamiento en sí se desarrolló correctamente, pero los operadores perdieron contacto con el satélite después de que éste comenzase de forma manifiesta a rotar cuando pasaba por encima del Océano Índico. Clientes como *Fox Broadcasting* y *ABC* continuarán utilizando el Telstar 401 hasta que se produzca el lanzamiento del Telstar 403, rebautizado Telstar 402R.

Otros dos satélites de comunicaciones no pertenecientes a la categoría del servicio fijo nacional, pero que prestaron servicios a usuarios nacionales, fueron los primeros satélites de radiodifusión directa (SRD). Lanzado por una etapa de despegue Ariane desde Kourou, Guayana Francesa, el 17 de diciembre de 1993, el satélite DBS-1, denominado así por sus copropietarios, es decir, *DirecTV and United States Satellite Broadcasting*, ofreció unos 75 a 80 servicios de canales de teledifusión desde abril de 1994 a abonados de los Estados Unidos o a quienes adquieran el equipo de recepción necesario. Situado a 101 grados de longitud oeste, el satélite, que corresponde al modelo HS 601 construido por *Hughes Space and Communications Company*, prestó servicios de radiodifusión a los 48 Estados próximos. A continuación le siguió, el 3 de agosto de 1994, el DBS-2, lanzado con éxito desde la base de las Fuerzas Aéreas de Cabo Cañaveral por Atlas IIA de Martin Marietta, lo que permitió aumentar el número de canales disponibles en el servicio hasta 150. Otro satélite de comunicaciones puesto en órbita durante el año fiscal de 1994 fue el PAS-2 de PanAmSat, denominado PAS-4 por la Comisión Federal de Comunicaciones. Un cohete Ariane 4 lanzó el satélite al espacio desde la base de Kourou (Guayana Francesa) el 8 de julio de 1994. El satélite, de un peso de 2.920 kg, fue construido por Hughes Aircraft Co. y constituye el primer satélite internacional privado de PanAmSat para la región del Océano Pacífico, proporcionando cobertura de teledifusión desde la parte occidental de los Estados Unidos al continente asiático. Es el segundo de cuatro satélites que, según lo previsto, constituirán el sistema mundial de satélites de la PanAmSat, que se inició con el PAS-1, lanzado en junio de 1988, y que proporcionará servicios a la región del Océano Atlántico. Asimismo, el PAS-4, que es un satélite HS 601 de la Hughes, puede transportar más de 320 canales digitales transmitidos por 16 transpondedores en bandas Ku de 63 vatios y otros 16 en bandas C de 34 vatios.

La Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (INTELSAT), un consorcio establecido en 1964 y compuesto (en septiembre de 1994) por 134 países miembros, posee y explota el sistema mundial de telecomunicaciones por satélite mayor del mundo y presta servicios a más de 200 países y territorios, lanzó su satélite INTELSAT 701 el 22 de octubre de 1993, a bordo de un cohete Ariane 44LP. El INTELSAT 701, que es el primero de la serie de vehículos espaciales de gran potencia INTELSAT VII, empezó a prestar servicios comerciales el 15 de enero de 1994 con la transferencia del tráfico del satélite INTELSAT 510 lanzado en marzo de 1985. Situado a 174 grados de longitud este, el satélite, fabricado por *Space Systems/Loral*, comenzó a prestar servicios ampliados de teléfono, de televisión y de otro tipo a los clientes de INTELSAT en la región del Océano Pacífico, comprendida la costa occidental de América del Norte, las islas del Pacífico, y la costa oriental de Asia. La mayoría de las empresas explotadoras de servicios telefónicos de larga distancia en América del Norte y la Región de Asia y del Pacífico comenzaron a utilizar el nuevo satélite, que puede transmitir 90.000 llamadas telefónicas simultáneas en comparación con las 75.000 transmitidas por el satélite 510. Además, el 701 transmite tres canales de televisión simultáneamente en lugar de los dos canales transmitidos por el INTELSAT 501.

El 17 de junio de 1994, INTELSAT lanzó con éxito el segundo de los nueve satélites VII-VII-A encargados a la empresa *Space Systems/Loral* a bordo de un vehículo de lanzamiento Ariane 44LP desde la base de Kourou (Guayana Francesa). Después de abandonar su posición de prueba en órbita, el INTELSAT 702 comenzó a prestar servicios comerciales el 13 de agosto de 1994 a 359 grados de longitud este, sustituyendo al satélite de menor capacidad INTELSAT 512. En su calidad de único enlace de telecomunicaciones directo sin repetidor entre el subcontinente indio y América (del Norte y del Sur), INTELSAT 702 presta servicios más amplios de comunicaciones a clientes de INTELSAT en África, Europa, el subcontinente indio, el Oriente Medio, el Este de los

Estados Unidos y América del Sur. El nuevo satélite es el quincuagésimo que INTELSAT ha lanzado; de esos 50, 22 continúan en funcionamiento proporcionando a los clientes servicios comerciales internacionales tales como de vídeo, teleconferencia, facsímil, transmisión de datos y télex.

La Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (Inmarsat), un organismo internacional con sede en Londres compuesto por 75 países miembros a final de 1994, no ha incorporado ningún elemento a su dotación de cuatro satélites INMARSAT II y otros siete satélites más antiguos que proporcionan telecomunicaciones móviles por tierra, mar y aire a casi 40.000 usuarios de terminales móviles en más de 165 países. Entre los logros de la Organización durante 1994, cabe citar la primera conexión oral por satélite a un teléfono celular de la historia, anunciada por Inmarsat en marzo de 1994. El acontecimiento se produjo durante las pruebas para el establecimiento de un futuro sistema mundial de teléfono de bolsillo para comprobar los márgenes de potencia necesarios para proporcionar servicio telefónico entre los años 1998 y 2000. Paralelamente, en septiembre de 1994, unos grandes almacenes de Londres iniciaron la venta del teléfono por satélite tamaño maletín denominado INMARSAT-M. La tapa del maletín sirve de antena para el teléfono contenido en él. Asimismo, en el transcurso del año, la *United States Communications Satellite (Comsat) Corporation*, cuya participación en Inmarsat oscila en torno al 23%, inauguró el 1º de julio de 1994 una nueva estación en Kuantan (Malasia). Esa nueva estación, más las ya existentes en Santa Paula (California) y Southbury (Connecticut), convierten a Comsat en el primer proveedor de servicios del Inmarsat que presta servicios móviles digitales por satélite en todo el mundo.

J. Red espacial

El 29 de noviembre de 1993 la NASA procedió al reposicionamiento de su primer sistema de satélites de rastreo y retransmisión de datos (TDRS-1) lanzado en 1983, y que seguía prestando servicios una vez transcurrido su tiempo de vida de diez años, a fin de recuperar datos científicos del Observatorio de Rayos Gamma Compton (GRO) lanzado en 1991. De no haber sido así, una gran parte de los datos del GRO se habrían perdido debido a la avería de un dispositivo registrador en el vehículo espacial. La NASA instaló una terminal terrestre hiperautomatizada, el denominado Sistema de Terminal Remoto GRO (GRTS), en su base de la red del espacio interestelar en Australia a fin de controlar el satélite TDRS-1. Esta terminal se maneja por control remoto desde las estaciones terrestres del sistema TDRS en Nuevo México. El TDRS-1 comenzó a retransmitir datos de modo operativo el 6 de diciembre de 1993 en el momento en que fue trasladado a su nueva ubicación, un año después del comienzo del proyecto. El TDRS-1 estaba en posición a 85 grados de longitud este sobre el Océano Índico desde el 7 de febrero de 1994, y la NASA declaró operacional el GRTS el 1º de abril de 1994, con un aprovechamiento de más del 97%. Con TDRS-1 y GRTS, la NASA ha ampliado la recuperación de datos en tiempo real a toda la órbita del GRO que estudia la evolución del universo, la naturaleza de objetos astronómicos enigmáticos, y los procesos que dan lugar a una radiación de muy alta energía.

La NASA ha comenzado a poner el sistema de satélites de rastreo y retransmisión de datos (TDRSS) a disposición de la industria de los Estados Unidos para que se realicen gratuitamente experimentos y demostraciones de tecnologías y conceptos innovadores en materia de telecomunicaciones por satélite. El objetivo de este programa de comunicaciones móviles por satélite a través del TDRSS (MOST) es aumentar la competitividad de la industria de los Estados Unidos en la esfera de las telecomunicaciones mundiales por satélite. El sistema TDRSS permite efectuar pruebas de terminales de bolsillo, móviles y de poco peso, para comunicaciones por satélite en una variedad de condiciones ambientales. El sistema de rastreo ya ha sido utilizado anteriormente para demostraciones de radiodifusión por satélite de programas de calidad comparable a la del disco compacto (CD) a fin de efectuar mediciones de la diversidad de trayectos para servicios móviles de comunicaciones por satélite con fines comerciales. Entre las aplicaciones de las tecnologías cuya viabilidad ha quedado demostrada por el sistema MOST cabe citar, por ejemplo: la escucha de programas de radio de calidad comparable a la de los discos compactos durante viajes en coche por el país; la comunicación mediante aparatos inalámbricos de bolsillo en cualquier parte del mundo, independientemente de la distancia; y la comunicación con excursionistas en zonas remotas en situaciones de emergencia. El funcionamiento del sistema MOST no interfiere en modo alguno con la misión principal del sistema TDRSS, es decir, retransmitir órdenes a vehículos espaciales científicos y de recuperar los datos obtenidos por éstos.

K. Redes terrestres

La NASA utiliza sistemas de telecomunicaciones en tierra a fin de proporcionar servicios de telemetría, control remoto y navegación a diversos vehículos espaciales de la NASA, a otros vehículos espaciales de los Estados Unidos e internacionales tales como el transbordador espacial; a otras naves espaciales de órbita terrestre; a vehículos orbitales planetarios y a naves espaciales internacionales. Entre ellos cabe citar el transbordador espacial y los vehículos orbitales terrestres; a los vehículos orbitales tales como Galileo y Magellan; y las naves espaciales Voyager y Pioneer que viajan por los límites de nuestro sistema solar. Otras utilidades de los sistemas de redes en tierra son los servicios de rastreo y adquisición de datos, los cohetes sonda, globos de gran altitud y las misiones de investigación aeronáutica. Gracias a esta cobertura mundial, los organizadores de misiones han podido dirigir sus naves espaciales, configurarlas para observaciones científicas, y recuperar los datos científicos obtenidos. Durante el pasado año, la recuperación de nuevos datos de imágenes del encuentro en 1993 del vehículo espacial Galileo con el asteroide Ida mostró que el asteroide tenía una luna. El Magellan, que venía proporcionando datos científicos sobre Venus durante varios años, concluyó su misión con un experimento final cuando su órbita descendió y penetró en la atmósfera del planeta. Además, los datos de imágenes de radar obtenidas por el vehículo espacial Clementine proporcionaron mapas detallados de la superficie de la Luna, y los datos de la misión solar internacional Ulysses proporcionaron perspectivas nunca vistas del hemisferio Sur del Sol.

L. Estudios y aplicaciones terrestres

Los estudios terrestres abarcan una amplia gama de actividades. Entre ellas, cabe citar la demostración por la NASA durante el año fiscal de 1994 de dos nuevas técnicas para la observación del medio ambiente desde el espacio. La primera fue un radar de multifrecuencia y multipolarización -el radar más complejo para uso civil que jamás se haya puesto en circulación en el espacio- destinado a estudiar la ecología, los ciclos del agua, la cubierta vegetal natural, así como la oceanografía, la geología y la vulcanología. En cooperación con Italia y Alemania, el laboratorio de radar espacial viajó a bordo del transbordador espacial Endeavour durante abril (SRL-1) y septiembre-octubre de 1994 (SRL-2). Esas misiones han permitido a un equipo de 52 científicos y equipos en tierra de todo el mundo observar el desplazamiento de los límites entre los bosques templados y los boreales (septentrionales), además de otros fenómenos naturales. Los resultados se utilizarán para el levantamiento de mapas, su estudio e interpretación. Por ejemplo, el Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos (USGS) ha comenzado a estudiar el Sahara en África del Norte, la parte meridional de África, Asia, y el Sudoeste de los Estados Unidos utilizando imágenes procedentes del laboratorio de radar espacial. Como las señales de radar atraviesan la arena seca y producen imágenes de accidentes geológicos que de otro modo estarían ocultas debido a las arenas movidas por el viento en las regiones desiertas, las imágenes del laboratorio de radar se están utilizando para levantar mapas de la distribución de diversos indicadores geológicos del cambio climático y de recursos no explotados, especialmente de los relacionados con antiguos sistemas fluviales secos.

Durante abril y mayo de 1994, la NASA y el Gobierno del Canadá llevaron a cabo la campaña denominada "Estudio del ecosistema y la atmósfera boreales" (BOREAS), una investigación a gran escala desde tierra y mediante teleobservación sobre la forma en que los bosques y la atmósfera intercambian energía, calor, agua, dióxido de carbono y otros gases residuales. El SRL-1 captó repetidamente la imagen de ubicaciones del estudio BOREAS en tierra, lo que permitió a los científicos comparar los datos procedentes del espacio con sus medidas basadas en investigaciones terrestres y aéreas. Los resultados de las muestras indican que los índices de evaporación de agua en los bosques boreales (septentrionales) del Canadá central son extremadamente bajos. Esos datos permitirán corregir los modelos actuales que hacen una predicción excesiva de la humedad atmosférica. En una esfera que guarda una relación marginal con la anterior, la NASA, el Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) y la Agencia Espacial del Canadá alcanzaron en agosto de 1994 un acuerdo final sobre la política a seguir en materia de datos del vehículo espacial canadiense Radarsat. Una vez lanzado, el Radarsat levantará un mapa del mundo, reuniendo datos de especial valor en todo tipo de condiciones meteorológicas sobre el hielo y los océanos. Uno de los objetivos de la misión que figuran en el programa es la inclinación del satélite a fin de proporcionar un estudio cartográfico completo de la Antártida.

La segunda de las nuevas técnicas de la NASA para la observación del medio ambiente fue el dispositivo de medición de distancias por láser denominado "lidar" (utilización de rayos láser de forma similar al radar dirigiéndolos contra objetos (tales como nubes, sustancias contaminantes, la superficie de la Tierra) para que reboten y realizando después mediciones ambientales de la energía reflejada. El experimento de tecnología espacial LIDAR (LITE) viajó a bordo del transbordador Discovery en septiembre y observó nubes invisibles para los satélites meteorológicos convencionales, nubes de polvo sobre África, y la estructura de un supertifón en el Pacífico, inclusive la capa superior de las nubes y el ojo del ciclón.

En junio de 1994 la NASA anunció que había seleccionado por concurso dos equipos dirigidos por expertos industriales para construir, lanzar y explotar dos satélites experimentales -cada uno de ellos no mayor que un aparato de televisión de salón y denominados comúnmente "Lewis y Clark"- como parte de la demostración de la tecnología de pequeños vehículos espaciales. La totalidad del proceso contractual duró solamente 70 días en lugar de los seis meses a un año habituales. "Lewis" será el primer sistema de formación de imágenes "hiper-espectral" puesto en el espacio, con amplias aplicaciones en las ciencias de la Tierra y nuevas oportunidades de explotación comercial. "Clark" ayudará a los urbanistas y constructores a evaluar ubicaciones y necesidades de construcción mediante la utilización de un elemento óptico con una elevada resolución espacial y capacidad de producción de imágenes en estéreo. Los dos vehículos transportarán también otros instrumentos que proporcionarán información sobre la dinámica de la contaminación atmosférica mundial para la Misión al Planeta Tierra de la NASA (MTPE).

En la Misión al Planeta Tierra se ha incluido la educación y la concienciación públicas como parte de su estrategia de velar por que el público tenga una información y unos conocimientos suficientes para apoyar la elaboración de políticas adecuadas en el futuro en lo que respecta a los cambios relacionados con el medio ambiente mundial. Se están desplegando considerables esfuerzos a nivel Federal y de organismos, así como en el marco de la Misión al Planeta Tierra, para coordinar y divulgar los resultados del programa de forma más eficaz. A ese respecto, y con la intención de actuar de catalizador para el progreso, la NASA ha comenzado a abordar los problemas de la educación en diversos planos, por ejemplo, formando a la próxima generación de especialistas en ciencias de la Tierra, quiénes enfocarán los cambios mundiales desde una perspectiva interdisciplinaria, formando a profesores universitarios a fin de proporcionarles los instrumentos para la enseñanza de la ciencia del sistema Tierra, y educar al público a nivel social a fin de generar confianza en los métodos científicos y ayudar a que sean comprendidos. Una de las prioridades del programa de los Estados Unidos de investigaciones sobre el cambio mundial (USGCRP) consiste en abordar la educación científica y las comunicaciones y fomentarlas. En abril de 1994, el Vicepresidente Gore anunció el Programa de Estudio y Observaciones mundiales en beneficio del medio ambiente (GLOBE), una importante iniciativa para que estudiantes de todo el mundo efectúen mediciones, las presenten a un fuente central para su tratamiento y analicen los resultados colectivos. Los científicos podrán utilizar esos resultados en sus investigaciones relacionadas con el medio ambiente. El NOAA y la NASA han sido los que han desplegado el mayor esfuerzo con contribuciones de la NSF, del Organismo de Protección Ambiental (EPA), del Departamento de Estado y de otros organismos. Las entidades integrantes del programa USGCRP progresaron mucho durante el año en lo tocante a mejorar la coordinación en materia de educación y divulgación, especialmente la elaboración de materiales de formación del personal docente, la concesión de becas para investigaciones ambientales, y las contribuciones a nuevas normas nacionales de enseñanza científica.

Los análisis de datos del Landsat-4 y 5 correspondientes a 1978 y 1988, patrocinados por la NASA, mostraron que la deforestación en la cuenca amazónica brasileña era menor de lo que se desprendía de estimaciones anteriores. No obstante, la fragmentación del bosque pluvial y los "efectos de borde" para los perímetros de esos fragmentos fueron mayores de lo que se había pensado, incrementándose así el peligro de extinción de las especies. Los bosques tropicales albergan a casi la mitad de todas las especies vegetales y animales de la Tierra. Los investigadores concluyeron que, si bien la superficie de la deforestación se había casi triplicado en esos diez años, la zona total deforestada era menor de lo que predecían muchos otros estudios. Colaborando estrechamente con investigadores brasileños, los autores del estudio confirmaron la validez de utilizar datos del Landsat para calcular la deforestación en el Amazonas, cuestión esta que había sido muy controvertida hasta entonces. Otros investigadores demostraron también la eficacia del Landsat al combinar sus imágenes con la tecnología de los SIG a fin de señalar los tipos y la ubicación de los elementos del paisaje vinculados al riesgo de enfermedad de Lyme en

el condado de Westchester (Nueva York). Asimismo, continuó utilizándose el análisis de datos procedentes de una combinación de dispositivos exploradores del Landsat, aerotransportados y terrestres para hacer frente a los daños producidos por las plagas en la industria vinícola de California, que genera unos ingresos de 10.000 millones de dólares anuales. En torno del 65% de los viñedos de los condados de Napa y Sonoma están plantados con cepas expuestas a una nueva variedad de filoxera, un insecto afidoideo que mata las vides chupando el jugo de sus raíces. El análisis espacial y espectral de los exploradores del Landsat detecta la existencia de problemas antes de que puedan verlos los viticultores.

En otra esfera conexas, cabe señalar que el Centro de datos EROS del Servicio de Estudios Geológicos de los Estados Unidos (USGS) es el centro distribuido de archivos de los datos (DAAC) relativos a procesos terrestres que deben reunirse y distribuirse en apoyo del sistema de observación de la Tierra (EOS). Sus funciones incluyen el almacenamiento, la gestión y la distribución de datos procedentes del espectrómetro de formación de imágenes de resolución moderada y del radiómetro espacial avanzado de emisión y reflexión térmicas, que volarán a bordo de la primera plataforma del sistema de observación de la Tierra (EOS) en 1998, y desde el Landsat-7. El Centro de Datos EROS tenía previsto también archivar y distribuir, a través de su DAAC sobre procesos terrestres otras series de datos, especialmente los procedentes del radiómetro avanzado de muy alta resolución (RAMAR) sobre los satélites de órbita polar del NOAA, datos digitales de radares de exploración aerotransportados, topografía digital y datos auxiliares conexos. El componente DAAC del Centro de datos EROS de la versión 0 del sistema de información y datos EOS (EOSDIS) entró en funcionamiento en el año fiscal 1994, proporcionando al usuario acceso a redes electrónicas, catálogos interoperativos y medios de distribución de datos en el Centro de datos EROS así como en los demás DAAC. El Centro estaba llevando a cabo la transferencia de datos históricos del Landsat de medios magnéticos anticuados a nuevos casetes a fin de conservarlos para su uso futuro. Llevó a cabo la transferencia de 352.000 imágenes del explorador multispectral del Landsat obtenidas desde 1979, y transfirió asimismo alrededor del 30% de los datos del cartógrafo temático del Landsat existentes en el archivo.

El Centro Nacional de Datos Geofísicos (NGDC) del NOAA tiene un centro plenamente operacional de tratamiento, archivo y divulgación de datos procedentes del Programa de Satélites Meteorológicos para Fines de Defensa (DMSP) que entró en pleno funcionamiento durante el año fiscal, tratando los datos en un período de 48 horas desde su recogida por las Fuerzas Aéreas y proporcionando imágenes para consulta en la Internet con regularidad. Podía accederse también, a través de Internet, a los datos directos geofísicos del NGDC, un servicio cuyo número de usuarios se elevó al cuadrado en comparación con el año anterior. Asimismo, empleados del NGDC visitaron más de 30 clases en escuelas locales durante el año organizando cursos prácticos sobre temas tales como los terremotos, los volcanes y el geomagnetismo.

La gestión de la información es uno de los principales elementos del programa de cambio climático y mundial del NOAA, que proporciona a la comunidad científica los datos y la información necesarios para evaluar la variabilidad del medio ambiente mundial, distinguir entre el cambio natural y el cambio debido al hombre, y efectuar evaluaciones integrales de los cambios climáticos y de su impacto en la sociedad. El programa abarca básicamente la creación de bases de datos (recuperación, digitalización, y constitución de series de datos de gran prioridad); el acceso a los datos y la gestión de los archivos, que proporcionan los medios de facilitar las series de datos a los científicos; y el *Pathfinder*, que está estableciendo algoritmos consensuados para el reprocesamiento y la divulgación de conjuntos de datos de gran volumen sobre satélites operacionales, abarcan varios decenios y son de escala mundial. En el año fiscal 1994 el programa apoyó a investigadores del Gobierno y de universidades en 31 proyectos.

En el marco del programa *Pathfinder* del Landsat, el Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos ha producido series de datos normalizados del explorador multispectral del Landsat correspondientes a tres períodos (1973, 1986 y 1992) a fin de apoyar el programa de caracterización del paisaje norteamericano del EPA. En el ejercicio económico de 1994, éste produjo unas 400 escenas de un total de 4.000 de partes de los Estados Unidos, México y América Central. El USGS ha cooperado también con la NASA y con las Universidades de New Hampshire y de Maryland en la producción de series de datos Landsat análogas en serie cronológica triple para el proyecto de inventario de los bosques tropicales húmedos, que estudia las regiones de bosques tropicales de la Cuenca amazónica, África central y el sudeste de Asia. Esos conjuntos permitirán comprobar los cambios de la

cubierta vegetal de esas regiones durante los 20 años transcurridos desde el comienzo del programa Landsat. En un proyecto distinto en el que se utilizaron datos satelitales de menor resolución, el USGS ha colaborado con la NASA, el NOAA, la Agencia Espacial Europea y más de 31 estaciones extranjeras de recepción en tierra desde 1992 para recopilar datos del RAMAR (resolución 1 km) por cada pasada vespertina del satélite en órbita polar del NOAA por encima de la superficie terrestre de la Tierra. Ese proyecto del *Pathfinder* ha permitido tener más de 93.000 escenas del RAMAR al final del año fiscal. Esas imágenes fueron utilizadas para elaborar un mapa mundial de la cubierta terrestre y vigilar el estado de la vegetación (verdor) de forma periódica durante el año. La producción sistemática de datos compuestos en ausencia de nubes para establecer un índice de la vegetación para el conjunto de tierras de todo el planeta estaba también llevándose a cabo al finalizar el año. El USGS cooperaba con la EPA, la NOAA y el Servicio de Fauna Terrestre y Acuática y Flora de los Estados Unidos para establecer los criterios básicos de datos mundiales a escala múltiple sobre las características del medio ambiente y para crear mecanismos de identificación, vigilancia y evaluación de los cambios ambientales. El consiguiente sistema de resolución múltiple de observación de las características terrestres que se establecerá será esencial para comprender la dinámica de la Tierra como sistema.

Mediante una directriz de OSTP, se constituyó un equipo de evaluación y de estrategias científicas entre organismos e interdisciplinario para proporcionar asesoramiento científico a los funcionarios federales encargados de adoptar decisiones sobre la recuperación y la gestión de las cuencas fluviales después de las graves inundaciones de la cuenca del Alto Misisipí y del río Missourí en 1993. El equipo contó con la asistencia de especialistas del USGS, el Servicio de Fauna Terrestre y Acuática y Flora, del Centro Nacional de Estudios Biológicos, el Servicio de Conservación de Suelos, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, la EPA y el Organismo federal de gestión de casos de emergencia. Desde el centro de datos del sistema EROS el equipo produjo numerosos mapas y análisis así como un sistema de información ecológico importante para las dos cuencas utilizando datos de teleobservación, cartográficos y ambientales, muchos de los cuales pueden obtenerse en la red Internet. El informe preliminar del equipo documenta los datos y análisis proporcionados al Comité interinstitucional de estudio de la gestión de terrenos inundables, encargado de formular recomendaciones sobre políticas a la Administración.

En otras actividades del Departamento de Interior, la Oficina de recuperación de tierras utilizó la teleobservación y el sistema de información geográfica (SIG) como ayuda en la gestión de los recursos de agua. Durante el año fiscal 1994, utilizó fotografías aéreas y datos multiespectrales procedentes del dispositivo cartográfico temático del Landsat y el Satélite para la Observación de la Tierra (SPOT) para elaborar el mapa de las tierras regadas, la vegetación ribereña y las aguas abiertas en diversas ubicaciones del oeste de los Estados Unidos. Utilizó esos mapas y otros datos espaciales en un sistema de información geográfica (SIG) con modelos medioambientales para estimar el uso consuntivo del agua. La imagerie obtenida mediante cámaras de vídeo y un explorador infrarrojo térmico aerotransportados se utilizó para trazar el mapa del hábitat fluvial de las especies ictiológicas en peligro de extinción en el sistema fluvial del Colorado, permitiendo a los encargados desembalsar agua de los embalses a fin de velar por la supervivencia de las especies amenazadas.

La Oficina de Asuntos Indios continuó realizando inventarios de los recursos naturales y proyectos de cartografía por imagen, y prestando servicios de formación en el sistema mundial de determinación de la posición (GPS) en apoyo de su programa de información sobre recursos. Los analistas utilizaron datos del dispositivo cartográfico temático del Landsat para clasificar la utilización de las tierras en diversas reservas indias con fines de gestión forestal y de la fauna y flora silvestres. La Oficina prosiguió efectuando inventarios sobre la cubierta vegetal en las reservas de Nuevo México y de Arizona, poniendo especial interés en la elaboración de modelos de la tasa de combustión potencial de diferentes tipos de vegetación en casos de incendio. Gracias a los datos pancromáticos del TM del Landsat y del SPOT, la Oficina pudo preparar mapas de imágenes de tres reservas, mientras que la formación en el sistema GPS sirvió para sacar adelante los programas de inventarios de recursos.

La Oficina de Ordenación Territorial utilizó datos de teleobservación y el GPS a fin de verificar la situación sanitaria de las tierras de propiedad pública y la eficacia de las prácticas de gestión basadas en el ecosistema. Los datos satelitales del Landsat, del SPOT y del RAMAR, complementados por fotografías aéreas, contribuyeron a la gestión de los recursos minerales sobre la base del ecosistema; la planificación de la utilización de las tierras; la

cartografía de los materiales para leña; la caracterización del hábitat de la fauna y la flora silvestres; la detección de las materias peligrosas y sus efectos en un determinado número de sitios en terrenos de propiedad pública repartidos por el territorio de los Estados Unidos. La tecnología de los SIG y el GPS sirvió para realizar una gran parte de esos análisis.

El Estudio Biológico Nacional, que ya ha cumplido un año de actividad, ha seguido llevando a cabo una amplia variedad de proyectos de teleobservación traspasados de otras oficinas del Departamento del Interior. El programa de análisis de omisiones, de carácter estatal y nacional y destinado a localizar las zonas que no están protegidas ni gestionadas a fin de mantener la diversidad biológica, fue uno de los programas de ese tipo traspasados del Servicio de Fauna Acuática y Terrestre y Flora de los Estados Unidos. El programa se basa en levantar mapas de la vegetación natural con los datos del TM de Landsat y otros datos utilizando un sistema unificado de clasificación de la vegetación en todo el país. Los métodos de cartografía normalizada y la disposición de datos permiten reunir datos de los distintos Estados a efectos de comparación regional y nacional. A finales de año, estaban ejecutándose proyectos en 36 Estados y los de Nevada y Washington estaban casi terminados. Con la financiación adecuada, en 1999 se dispondrá de las series completas de datos nacionales.

El Servicio de Parques Nacionales inició durante el año fiscal 1994 un programa global plurianual para elaborar el mapa de la vegetación en 235 dependencias del sistema de parques nacionales, con exclusión de Alaska. El programa permitirá obtener datos digitales de referencia sobre la composición y la distribución de la vegetación a fin de apoyar el Programa de Inventario y Vigilancia del Servicio de Parques Nacionales. La elaboración de los mapas se efectuará mediante la interpretación de fotografías aéreas en colores naturales y en color-infrarrojo a escala mediana (1:20.000) utilizando un sistema normalizado de clasificación en todo el país. El Estudio Biológico Nacional colabora estrechamente con el Servicio de Parques a fin de planificar y dirigir el proyecto, empezando por estudios experimentales realizados en una variedad de entornos de determinados parques.

Con el traspaso de las actividades de investigación al Estudio Biológico Nacional en el año fiscal de 1994, el Servicio de Fauna Acuática y Terrestre y Flora de los Estados Unidos empezó a dar mayor importancia al uso de la cartografía computadorizada, las fotografías aéreas y los datos del Landsat y el SPOT para sus actividades cotidianas, especialmente la gestión del hábitat de la fauna y la flora silvestres desde la perspectiva del ecosistema. Ha utilizado datos de teleobservación y tecnología SIG a fin de evaluar los efectos de los cambios del hábitat en las aves migratorias, evaluar la amenaza de las sustancias contaminantes ambientales para recursos biológicos tales como las especies amenazadas, y localizar las tierras de mayor interés para su inclusión en nuevos refugios como el Valle de Canaan, en Virginia occidental. El Servicio encabezó también las actividades realizadas por el Comité Federal de Datos Geográficos a fin de elaborar normas nacionales de cartografía de tierras húmedas y participó en un proyecto análogo a fin de definir una norma para la cartografía de la vegetación de las tierras altas. Esas actividades permitirán reducir los gastos de adquisición de datos de teleobservación y aumentar la coherencia de los mapas de estos recursos que con ellos se obtengan.

La Dirección General de Minas de los Estados Unidos ha orientado sus investigaciones en materia de teleobservación hacia la elaboración de aplicaciones en regiones mineras abandonadas. Esta tecnología innovadora se utilizará para localizar y caracterizar la minerología de materiales residuales y las posibilidades conexas de drenar minas en las que existan ácidos y de detectar la presencia de metales pesados en esos lugares. Para ello se utilizan imágenes satelitales del (TM) del Landsat así como los datos obtenidos por radares exploradores multispectrales aerotransportados y se han realizado ensayos sobre el terreno en el Distrito Minero de Cripple Creek, en Colorado central. La terminación con éxito de esta investigación permitirá disponer de un procedimiento rápido para inventariar y caracterizar inicialmente el material residual de minas que no sean de carbón, proporcionando a los organismos de gestión de tierras mayores medios de concentrarse en la restauración de esos lugares.

En el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el programa de teleobservación del Servicio Agrícola Exterior continuó siendo un elemento clave del análisis de la producción, la oferta y la demanda agrícolas nacionales y extranjeras, proporcionando oportunamente estimaciones exactas e imparciales de la superficie, el rendimiento y la producción mundiales. El Servicio utilizó imágenes satelitales, modelos de cultivos

y datos meteorológicos obtenidos por teleobservación para ayudar al Departamento de Estado a evaluar las necesidades alimentarias en los Estados de la antigua Unión Soviética, especialmente de Ucrania, afectada por la sequía. El Servicio Agrícola Exterior preparó también análisis detallados de la actividad del monzón de verano de la India, los daños causados por las heladas a la cosecha de café del Brasil y la sequía en las regiones de cultivo de trigo del Este de Australia. Gracias a la alarma anticipada que los datos obtenidos por satélite de las condiciones de cultivo excepcionales permitieron dar, se pudieron ajustar los precios en los mercados de productos básicos y se ayudó a incrementar los ingresos de los agricultores de los Estados Unidos. Además, el Servicio utilizó imágenes satelitales para verificar regiones nacionales de producción de cultivos en apoyo de la labor llevada a cabo por el Servicio de Estabilización y Conservación Agrícolas (rebautizado Organismo de Servicios Agrícolas en octubre de 1994).

El Servicio Nacional de Estadística Agrícola Nacional (NASS) utilizó datos de teleobservación para establecer muestras de tramas de zonas (utilizando datos procedentes de pequeñas zonas de muestra como ayuda en la estimación de las cosechas y las superficies), el levantamiento de mapas de la cubierta vegetal por cultivos específicos, la estimación directa de la superficie cultivada y la evaluación de las condiciones de los cultivos. Los resultados de las tres primeras zonas se basaron principalmente en los datos del dispositivo cartográfico temático del Landsat-5 y del explorador multiespectral del SPOT. Para evaluar las condiciones de los cultivos se utilizaron datos del satélite NOAA-11. En 1994, el NASS finalizó una trama de zona de California para la realización en 1994 de reconocimientos topográficos, tramas de Nueva York y Carolina del Sur para su utilización en estudios en 1995 e inició la preparación de una trama de Kansas. Entre otras actividades, el NASS mejoró los mapas del índice de vegetación publicados quincenalmente para la campaña de 1994, basándose en los datos proporcionados por el RAMAR del NOAA-11, y los distribuyó a las oficinas del NASS y a los encargados de la adopción de políticas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para su utilización. A partir del otoño de 1993, el NASS concluyó un acuerdo de cooperación con el Consejo Agrícola Intertribal a fin de recopilar datos a escala experimental sobre la producción agrícola de los indios americanos. Como resultado del acuerdo se elaboró un mapa de la cubierta vegetal clasificada por cultivos de las reservas indias de los crow y los cheyenne del norte en Montana, que se entregó en septiembre de 1994. Otra aplicación de datos de satélites fue el proyecto de teleobservación Delta en Arizona. Se cotejaron los datos multitemporales y clasificados por computadora proporcionados por el TM del Landsat con la información terrestre para obtener estimaciones de las superficies de arroz, algodón y soja con un error de muestra reducido. Los datos obtenidos constituyeron estimaciones de superficies por condados para la campaña de 1993 en forma tabular y en forma de mapa temático en colores y tabular. El NASS continuó publicando quincenalmente su índice de vegetación basándose en los datos del RAMAR del NOAA-11 durante la campaña de 1994. Procedió a la distribución de los mapas a las instancias decisorias del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y a diversas oficinas estatales de estadística del NASS para facilitar las evaluaciones sobre el estado de las cosechas. En 1994, el NASS mejoró los mapas de diferentes formas, añadiendo por ejemplo la posibilidad de comparar el valor actual con la media de varios años precedentes. No obstante, debido al envejecimiento del satélite NOAA-11, a bordo del cual un RAMAR dejó de funcionar en septiembre, y de una temporada agrícola relativamente exenta de problemas, los mapas de 1994 contenían menos informaciones que los de 1993, año en el que se recogían en los mapas las inundaciones que se produjeron en el Medio Oeste y la sequía del Sudeste.

El Servicio de Investigaciones Agrícolas (ARS) utilizó la teleobservación y las tecnologías SIG a fin de proporcionar información sobre la extensión y la dinámica espacial de la *euphorbia esula*, una mala hierba que causa problemas, en el Parque Nacional Theodore Roosevelt, en Dakota del Norte, entre otras muchas aplicaciones. Los resultados permitieron elaborar un plan de lucha contra la *euphorbia* en el Parque y proporcionaron conocimientos sobre la aplicación de las tecnologías espaciales integradas para la gestión de los recursos naturales. Cabe citar otras utilidades de las teleimágenes junto con datos terrestres, a saber, mapas de la salinidad del suelo, de la biomasa, la gestión de los cultivos y las cosechas. Por ejemplo, se inició un programa de cooperación para estudiar los algodones comerciales en el valle de San Joaquín (California), destinado a elaborar instrumentos integrados de producción de cosechas para obtener los máximos beneficios económicos, apoyar la utilización eficaz de los recursos naturales y reducir al mínimo los efectos perjudiciales para el medio ambiente. Científicos del Servicio de Investigación Agrícola elaboraron asimismo técnicas por fluorescencia y el prototipo de un instrumento fluorescente para poder discriminar y cuantificar los residuos de las cosechas. La gestión eficaz de esos residuos reduce la erosión

del suelo y mejora la calidad del agua. En la esfera de la hidrología, los científicos del Servicio de Investigación Agrícola, en estrecha cooperación con la NASA y el Departamento de Comercio, utilizaron datos terrestres y de teleobservación para ayudar a comprender la forma en que las condiciones en las cuencas fluviales influyen en el clima y en el cambio climático. El Servicio de Investigación Agrícola está utilizando también señales espaciales para ayudar a fabricar "sistemas agrícolas de precisión" que permiten a los agricultores adaptar el tratamiento (con fertilizantes, plaguicidas o tasas de siembra) de forma continua a través de un campo basándose en un conocimiento detallado del lugar.

En 1994, el Servicio Forestal utilizó la teleobservación y las tecnologías conexas para ayudar a luchar contra los incendios en toda la parte occidental de los Estados Unidos, así como para detectar las zonas de elevado riesgo de incendios, evaluar los daños, observar ecosistemas nacionales y extranjeros, y administrar o gestionar más de 80 millones de hectáreas de terrenos y obras del Sistema Forestal Nacional. El número de incendios forestales alcanzó una cifra récord en 1994, estimándose el número de incendios en más de 66.000 la superficie y quemada en más de 1,6 millones de hectáreas. Para luchar contra esos fuegos, el Servicio Forestal empleó radares exploradores aerotransportados, comprendido el aparato *Firefly* construido por el Laboratorio de Retropropulsión (JPL), para localizar y determinar la velocidad y la dirección de los incendios. Durante todo el año, el Servicio Forestal utilizó tecnología de teleobservación, como las imágenes captadas por los RAMAR a bordo de los satélites NOAA para aplicar medidas de alarma anticipada. Después de que los incendios ya se hubieran iniciado, el Servicio Forestal dio prioridad a la utilización de las imágenes captadas desde aviones. Apagados ya los incendios, el Servicio recurrió a las imágenes satelitales para trazar y evaluar los cambios que los incendios habían causado en el paisaje. Cabe citar otras utilidades de las teleobservaciones tales como la cartografía, la clasificación de la vegetación, la rehabilitación y reposición de los ecosistemas, la investigación de emisiones de gases que causan el efecto invernadero en todo el mundo, la ordenación del territorio, la identificación del hábitat indispensable para la supervivencia de especies salvajes, el apoyo a operaciones de policía y el levantamiento de inventarios. El Servicio Forestal estableció relaciones con organizaciones internacionales, federales, estatales y privadas para la evaluación del ecosistema, de las que se derivó un mayor aprovechamiento de los datos satelitales y se conocieron mejor los procesos ecológicos mundiales. Por ejemplo, prosiguieron los intercambios técnicos con Rusia, Brasil, Indonesia, México, Canadá, Australia y Kenya, entre otros países. Las labores Servicio Forestal relacionadas con la investigación y el desarrollo de vídeos, cámaras digitales, radares y sistemas GPS aerotransportados siguieron orientándose a facilitar numerosas aplicaciones para la gestión de los ecosistemas. La integración de datos de teleobservación en el SIG demostró ser rentable en lo referente a la toma de decisiones sobre ordenación territorial.

El Servicio de Conservación de Suelos (rebautizado Servicio de Conservación de Recursos Naturales o NRCS en octubre de 1994) adoptó la ortofotografía digital como marco común para recopilar y gestionar bases de datos geoespaciales sobre recursos naturales. El Servicio cooperó con otros organismos federales y estatales en la adquisición de fotografías aéreas y de ortofotografías digitales. Además, el Servicio y otros organismos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos convinieron con el Departamento de Defensa en comprar aparatos de GPS a fin de obtener referencias geográficas de datos sobre recursos naturales que se incluirán en un SIG.

El Organismo de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), principalmente a través de su laboratorio de sistemas de vigilancia del medio ambiente de Las Vegas (Nevada) (EMSL-LV), con la ayuda de su laboratorio de investigación atmosférica y de evaluación de las exposiciones en Research Triangle Park (Carolina del Norte) también llevó a cabo investigaciones y proporcionó apoyo técnico mediante la utilización de teleobservación como parte de su programa global de vigilancia del medio ambiente. El Organismo utilizó la fotografía aérea a gran escala para recopilar datos de caracterización de ubicaciones durante las medidas de reparación adoptadas en el marco de la Ley de respuesta, compensación y responsabilidad amplias en materia ambiental (CERCLA), así como para ayudar a elegir ubicaciones y verificar instalaciones de desechos peligrosos que se rigen por la Ley de conservación y recuperación de recursos (RCRA). El Organismo desarrolló y utilizó sistemas de teleobservación para comprobar la observancia de las disposiciones de la Ley sobre calidad del agua. En el año fiscal 1994, el EMSL-LV llevó a cabo aproximadamente 150 proyectos de caracterización de ubicaciones mediante fotografía aérea en el marco de la CERCLA y la RCRA, y las imágenes de satélites ayudó a los ingenieros

a realizar caracterizaciones detalladas de las ubicaciones. La fotografía aérea y los datos de satélites contribuyeron asimismo a toda una serie de estudios de verificación de la contaminación, el cambio mundial, la prevención de la contaminación, la conformidad con las leyes y otros estudios de ecosistemas en el ejercicio económico de 1994, tales como los hábitat críticos para la fauna y la flora silvestres. En apoyo de las actividades encaminadas a determinar los efectos y los riesgos derivados de las graves inundaciones del río Mississippi y sus afluentes durante el año fiscal 1993, el Centro de Interpretación Fotográfica Medioambiental de la EPA (EPIC), que depende del EMSL-LV, analizó fotografías aéreas adquiridas con la ayuda del Cuerpo de Ingenieros del Ejército a fin de determinar los efectos de las inundaciones en instalaciones industriales y agrícolas para evaluar los movimientos de los desechos peligrosos y tóxicos y su contención. En un análisis complementario de las fotografías aéreas previas y posteriores a las inundaciones efectuado por el EPIC durante el año fiscal 1944 localizaron los cambios acaecidos en depósitos de desechos conocidos afectados por las inundaciones y se levantaron mapas.

M. Estudios sobre la atmósfera

Las actividades de la NASA y del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) para verificar el agotamiento del ozono continuaron reflejando los efectos de la erupción del Monte Pinatubo en junio de 1991. Con los datos procedentes de instrumentos de la NASA tales como el espectrómetro cartográfico del ozono total (TOMS) a bordo del satélite ruso Meteor-3 (lanzado en 1991), así como de instrumentos del NOAA a bordo de globos y del satélite NOAA-9, los científicos han podido estudiar los efectos de enfriamiento y la pérdida de ozono en todo el mundo derivados de la erupción. Estas son las primeras mediciones inequívocas y directas, de los cambios a gran escala del balance de radiación de la Tierra causados por una erupción volcánica. El ozono, una molécula constituida por tres átomos de oxígeno, forma una delgada capa atmosférica que absorbe la radiación ultravioleta perjudicial del Sol. La expresión "agujero del ozono" abarca una amplia zona de intenso agotamiento de la capa de ozono que se registra sobre la Antártida desde finales del mes de agosto hasta principios de octubre y que suele desaparecer a finales de noviembre. Los científicos han descubierto que los productos derivados del cloro procedentes de actividades humanas tales como la fabricación de productos electrónicos, el aire acondicionado y la refrigeración son una causa principal de la formación del agujero en la capa de ozono. Las cantidades de ozono de la Antártida en 1994 fueron casi tan reducidas como los niveles históricamente bajos registrados en octubre de 1993. La leve recuperación registrada en 1994 probablemente obedeció al descenso de las partículas de ácido sulfúrico procedentes de la erupción del Monte Pinatubo. La Oficina de Programas Polares de la Fundación Nacional de las Ciencias continuó ayudando durante el año a los investigadores que estudiaron la causa y los efectos del agujero del ozono de la Antártida en cada una de las tres estaciones en funcionamiento durante todo el año. Se utilizaron tanto globos para mediciones *in situ* como instrumentos de teleobservación. Se hizo un esfuerzo especialmente importante durante el último invierno y principios de la primavera australes de 1994 para apoyar los vuelos de aeronaves ER-2 patrocinados por la NASA desde Christchurch (Nueva Zelanda), a fin de estudiar los niveles de ozono. El sistema de sondeo por microondas del limbo MLS a bordo del Satélite de Investigaciones en la Alta Atmósfera (UARS), lanzado en 1991, continuó, mientras tanto, efectuando mediciones sin precedentes de la concentración mundial de monóxido de cloro (ClO), observando la relación espacial del ClO, el ozono, la temperatura y otras variables atmosféricas. Esas mediciones brindan el primer cuadro mundial de la forma reactiva del cloro que destruye el ozono. Aun cuando las reglamentaciones permitirán eliminar paulatinamente la producción de clorofluorocarburos en el futuro, la eliminación del cloro de la estratosfera es un proceso muy lento (que llevará decenios o siglos), y el cloro estratosférico seguirá aumentando al menos durante los próximos años, a medida que el cloro ya vertido en la baja atmósfera alcance la estratosfera. La sonda MLS es la única que vigila este proceso a escala mundial durante el período crítico en el que el cloro de la estratosfera está alcanzando niveles sin precedentes.

Una actividad importante del Programa de Investigaciones en la Alta Atmósfera (UARP) en 1994 fue la campaña relacionada con el experimento aerotransportado de medición del ozono del hemisferio sur para evaluar el efecto de las aeronaves estratosféricas. El objetivo de esta labor en el Pacífico fue obtener mediciones *in situ* de gases residuales atmosféricos relacionados con el ozono estratosférico. El examen a fondo de los datos junto con los cálculos sobre modelos aumentarán nuestros conocimientos de la composición química y los procesos de las latitudes medias. Científicos de la NASA y del NOAA contribuyeron al estudio recientemente finalizado "Evaluación de la disminución de ozono: 1994", elaborado bajo los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial y del

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Este informe de publicación periódica proporciona la base científica para la adopción de decisiones políticas de las Partes en el Protocolo de Montreal (el acuerdo internacional por el que se limita el uso y la producción de clorofluorocarburos) y sus enmiendas. Las mediciones del ozono realizadas por la NASA son parte de su programa MTPE, que comprende mediciones efectuadas desde instrumentos a bordo de vehículos espaciales autónomos y del transbordador espacial; observaciones desde aeronaves, *in situ* y desde tierra; un sistema completo de datos y de información para procesar y distribuir los resultados, y la preparación de modelos que ayudarán a entender, y en su momento a predecir, el comportamiento y los cambios del sistema de la Tierra así como a diferenciar entre los efectos de los cambios climáticos mundiales naturales y los provocados por el hombre. La primera fase del programa MTPE comprende la realización por la NASA y sus colaboradores de más de dos docenas de misiones de vuelo hasta 1998. Los datos del MTPE y otras actividades de investigación del cambio mundial permitirán que los encargados de la adopción de decisiones formulen políticas sensatas en lo que respecta al futuro del medio ambiente mundial.

La segunda fase del MTPE es el programa del sistema de observación de la Tierra, (EOS), que consiste en una serie de vehículos espaciales destinados a transportar diversos instrumentos muy avanzados para efectuar las mediciones más completas jamás realizadas de los elementos interconexos del medio ambiente mundial. El programa de la NASA es parte del Sistema de Observación de la Tierra, de carácter internacional, en cuyo marco satélites e instrumentos de los Estados Unidos, Europa, el Japón y el Canadá están estrechamente coordinados para que proporcionen datos complementarios sobre distintos aspectos del medio ambiente de la Tierra. En apoyo del programa del Satélite Geoestacionario Operacional del Medio Ambiente (GOES) del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA), la NASA participó en el lanzamiento con éxito del satélite GOES-8 en abril de 1994. El GOES-8 y los satélites GOES posteriores (J a M) constituyen las principales plataformas de observación de la dinámica meteorológica y el medio ambiente próximo a la Tierra durante el decenio de 1990 y en adelante. A mediados de 1994, se reajustó el programa EOS a fin de adaptarlo a una reducción de su presupuesto hasta el año 2000. Los objetivos de la NASA fueron salvaguardar la integridad científica del EOS como programa sobre el cambio mundial y mantener el calendario de lanzamientos establecido para las principales misiones del EOS. El reajuste del programa EOS significó depender en mayor medida de los socios nacionales y extranjeros, además de retrasar la producción de determinados datos y mediciones. No obstante, se añadieron al programa ciertos elementos científicos de gran prioridad o se programaron en fechas anteriores a las previstas, por ejemplo, una misión de otro instrumento del experimento sobre aerosoles y gases estratosféricos (SAGE) en el año 2000 y la incorporación de un instrumento del tipo LANDSAT en el vehículo espacial EOS AM-2 (AM indica que el vehículo pasa el Ecuador por la mañana). En septiembre, la NASA convocó una importante licitación buscando propuestas para un vector espacial "común" para varios de los vuelos posteriores del EOS, estando prevista la selección en 1995. Mientras tanto, continuaron los avances en el sistema EOSDIS de información y datos del EOS, que permitirá archivar información procedente de observaciones y de análisis del MTPE y facilitarla a los investigadores y a otros usuarios en todo el mundo; la NASA modificó su planificación de la arquitectura del EOSDIS, haciéndola más amplia y accesible. En agosto de 1994, la NASA puso en circulación la versión 0, un prototipo de trabajo del sistema EOSDIS, concebido para que la comunidad de especialistas en ciencias de la Tierra lo utilice en investigaciones científicas.

Los sistemas *Pathfinder* constituyen una aplicación reciente de los conjuntos de datos sobre ciencias de la Tierra y otras materias elaborados específicamente para estudiar el cambio ambiental mundial. Están centrados en el procesamiento, reprocesamiento, archivo, mantenimiento y distribución de conjuntos de datos existentes a fin de que sean más útiles para los investigadores. En el años fiscal 1994, el centro de atención del proyecto *Pathfinder* conjunto NASA-NOAA fue la generación de datos para el período comprendido entre abril de 1987 a noviembre de 1988, pero otros conjuntos de datos incluyeron TOPEX/Poseidon, un CD-ROM educativo, el primer experimento internacional de climatología de nubes por satélite de carácter regional y el satélite de investigaciones en la alta atmósfera (UARS). Utilizando conjuntos de datos del *Pathfinder*, científicos de la NASA combinaron datos de los satélites NOAA-7, -9, y -11 sobre vegetación a partir de 1981 a fin de predecir la posibilidad de hambrunas y plagas de langostas en África, para su utilización por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional con miras a la ubicación de las zonas de sequía y las nubes de langostas. La NASA solicitó asimismo propuestas para lograr una mayor aplicación de sus conocimientos científicos y tecnológicos a través de Internet. Un considerable

número de las propuestas y las adjudicaciones que se sucedieron giraron en torno de la utilización de Internet para facilitar el acceso a la información ambiental con fines educativos.

La Fundación Nacional de las Ciencias estudió también los cambios climáticos mundiales. Dentro del programa de acoplamiento, energía y dinámica de las regiones atmosféricas (CEDAR), los científicos de la Universidad de Tennessee, en Urbana, organizaron una campaña denominada ALOHA-93 (lídar aerotransportado y observaciones de la luminiscencia atmosférica de Hawai). Con la participación de investigadores de diversas instituciones de investigaciones universitarias y comerciales, su objetivo era estudiar la fuente y la dinámica de las ondas de gravedad sobre el Pacífico central en octubre de 1993. Las ondas de gravedad constituyen una importante fuente de energía y de acoplamiento de momentos entre diferentes capas de la atmósfera comprendidas entre la troposfera y la termosfera baja. En el programa ALOHA-93 se obtuvieron datos mediante un lídar de sodio, un dispositivo óptico de formación de imágenes y un espectrómetro instalados en una aeronave, coordinándose los vuelos con determinadas pasadas del satélite de investigaciones en la alta atmósfera VARS de la NASA (lanzado en 1991). La campaña permitió obtener importante información sobre tormentas mesoocéánicas y sobre la generación, la propagación y la filtración de ondas de gravedad en la mesosfera y la estratosfera, con lo que se logrará una mejor determinación de parámetros de las ondas de gravedad en los modelos de circulación mundial. Las observaciones aéreas pusieron también de manifiesto una rica estructura horizontal en capas esporádicas de sodio observadas conjuntamente con aumentos considerables de la temperatura de la mesopausa. Esas capas de metal, formadas mediante ablación meteórica, parecen ser sensibles a los cambios atmosféricos mundiales relacionados con la modificación de la concentración de dióxido de carbono y de metano atmosféricos. Asimismo, el programa CEDAR patrocinó un concurso especial para fomentar el desarrollo de enfoques técnicos innovadores, que dio lugar a diversos proyectos de mejora de la instrumentación y las técnicas.

La Fundación Nacional de las Ciencias ha prestado su apoyo a la realización de estudios sobre la diversa contribución de las variaciones de la producción de energía procedente del Sol y de los efectos antropogénicos al cambio meteorológico mundial. El programa SunRISE (Aportes de Radiación del Sol a la Tierra) tiene por finalidad la creación y el despliegue de un telescopio fotométrico de precisión destinado a efectuar mediciones de manchas solares, fáculas, y otros rasgos considerados como fuentes de las variaciones del brillo solar. El programa prevé también las mediciones del diámetro solar y el análisis de las mediciones históricas de los fenómenos de las playas, o fáculas cromosféricas (zonas luminosas granulares existentes en la cromosfera del Sol), que constituyen posibles indicadores de cambios en la luminancia energética. Una segunda esfera a la que se ha dado gran importancia durante el último año ha sido la meteorología espacial, es decir, las condiciones reinantes en el Sol y en el viento solar, en la magnetosfera, en la ionosfera y en la termosfera, que pueden influir considerablemente en el funcionamiento y la integridad de importantes sistemas tecnológicos espaciales y terrestres. La Fundación Nacional de las Ciencias patrocinó un estudio realizado por científicos de la Universidad de John Hopkins en el que se utilizaron datos de un satélite sueco para predecir las corrientes eléctricas inducidas en una red eléctrica en Chalk Point (Maryland); lograron la correlación entre corrientes eléctricas intensas en la ionosfera y las corrientes inducidas en tierra. En otros estudios de corrientes ionosféricas se utilizaron baterías de magnetómetros desplegadas por científicos de Boston College, Augsburg College y la Universidad de Michigan. Los científicos utilizarán datos de esas redes recientemente creadas en el Canadá y en Groenlandia para estudiar las variaciones dinámicas en las corrientes ionosféricas que tienen su origen en la entrada de partículas energéticas procedentes del Sol en la atmósfera de la Tierra.

Otro motivo de preocupación en el ámbito atmosférico y ambiental en años recientes ha sido el calentamiento mundial. En el primer intento internacional e interdisciplinario de abordar a fondo esta cuestión, 37 científicos de 10 países se reunieron a principios del año fiscal en una conferencia patrocinada por el Departamento de Energía y por el Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA). Entre las conclusiones de la conferencia cabe destacar que, si bien la temperatura media mundial se ha incrementado durante los últimos decenios, el calentamiento no ha sido realmente mundial y ha ocurrido principalmente por la noche. Los científicos creen que la causa del incremento de las temperaturas nocturnas registrado puede ser el resultado conjunto de un aumento de los gases de efecto invernadero y de la cobertura de nubes por encima de los continentes junto a un incremento de las emisiones de azufre producidas por la combustión de combustibles fósiles. Un modelo climático elaborado por James Hansen de la NASA, que tomó los tres factores en consideración se aproximó más a la simulación de los cambios de

temperatura observados que los modelos anteriores. Aunque el calentamiento nocturno podría prolongar el período de cultivo y reducir las heladas devastadoras, también podría incrementar el riesgo de plagas de insectos, reducir las superficies de cultivo de cosechas, y aumentar los índices de mortalidad relacionado con el calor. En un estudio relacionado con esta cuestión, el Instituto Nacional de Normalización y Tecnología (NIST) ha estudiado las mediciones isotrópicas para la NASA a fin de determinar y de cuantificar la presencia de metano troposférico (CH_4), que ocupa el segundo lugar en importancia después del dióxido de carbono (CO_2) por sus efectos sobre el calentamiento del planeta. Si bien la concentración de CH_4 troposférico constituye una pequeña fracción (el 5%) de la de CO_2 , puede atribuirse al CH_4 un 12% del aumento de la temperatura mundial, debido a su fuerte absorción en una parte relativamente transparente del infrarrojo. Se están llevando a cabo mediciones exhaustivas y se preparan modelos del CH_4 dada la considerable incertidumbre existente sobre los datos antropogénicos y de emisiones naturales que son fundamentales para la estimación del balance mundial de CH_4 . A fin de atender esas necesidades, el NIST ha recopilado una base de datos y de mediciones isotrópicas mundiales de fuente y ambiente.

N. Estudios oceanográficos

El satélite oceanográfico TOPEX/Poseidon, patrocinado conjuntamente por la Agencia Espacial Francesa, el Centre National d'Études Spatiales (CNES) y la NASA (lanzado en agosto de 1992) continuó proporcionando valiosa información durante 1994. El satélite utiliza un altímetro de radar para proporcionar mediciones exactas de la altura de la superficie del mar. De los análisis de datos se desprende que el cambio estacional del nivel del mar en el hemisferio norte es aproximadamente un 50% mayor que en la mitad meridional del globo. Esta asimetría no era conocida anteriormente e indica que el intercambio de calor entre el aire y el mar es mucho mayor en el hemisferio norte. Los datos del satélite han permitido asimismo a los científicos hacer un seguimiento de las perturbaciones causadas por los efectos remanentes del fenómeno de El Niño de 1991-1993, el de mayor duración registrado durante los últimos 40 años. El Niño es una corriente templada cercana a la costa que circula anualmente hacia el sur por la costa del Ecuador hacia finales de diciembre y que se extiende aproximadamente cada 7 a 10 años por la costa del Perú; puede traer un clima devastador a varias regiones del mundo, especialmente fuertes lluvias e inundaciones así como inviernos más fríos de lo normal a lo largo de los Estados Unidos, y graves sequías y tormentas de arena en Australia. Las observaciones realizadas por el satélite TOPEX/Poseidon en el Pacífico norte pusieron de manifiesto un cambio de orientación hacia el norte del Kuroshio, la corriente rápida al SE del Japón, lo que se ha atribuido ahora al fenómeno de El Niño de 1982-1983. Los meteorólogos creen que la posición del Kuroshio está afectando drásticamente al clima de América del Norte. La NASA, el CNES y el NOAA celebraron conversaciones en 1994 sobre una misión de seguimiento del satélite TOPEX/Poseidon en la que el NOAA como nuevo socio, proporcionaría el segmento en tierra. La mencionada misión de seguimiento cubriría las necesidades operacionales y en materia de investigación.

La NASA participó asimismo en el programa internacional TOGA-COARE sobre los océanos tropicales y la atmósfera mundial y el experimento de respuesta asociada del océano y la atmósfera. Las mediciones realizadas por los aviones ER-2 y DC-8 de la NASA han permitido efectuar importantes progresos en nuestro entendimiento de los procesos de precipitación, convección, nubes y radiación, interacción aire-mar y oceanográficos. Los resultados del ejercicio práctico del experimento TOGA-COARE sobre oceanografía y efectos atmosféricos a largo plazo serán presentados en Melbourne (Australia) en abril de 1995.

Mientras tanto, la División de Física Radiométrica del NIST ha proseguido su colaboración con el proyecto y con investigaciones conexas de la NASA sobre un sensor de amplio campo de visión para la observación del mar (SeaWiFS). El mencionado sensor, cuyo lanzamiento está previsto en 1995, tiene como finalidad proporcionar observaciones mundiales de concentraciones de pigmentos fotosintéticos contenidos en las plantas marinas microscópicas denominadas fitoplancton. Entre otras cosas, esas mediciones ayudarán a evaluar el volumen de dióxido de carbono transferido al océano desde la atmósfera que se está transformando en biomasa de plantas oceánicas. La calibración exacta del instrumento SeaWiFS es fundamental para el éxito de la misión. Asimismo, las mediciones ópticas efectuadas en el mar para validar la calibración posterior al lanzamiento y diversos productos derivados de las observaciones del satélite deben ser igualmente exactas. El cometido del NIST es garantizar que esas observaciones sean homologables con normas radiométricas y que las calibraciones de instrumentos se lleven

a cabo adecuadamente. El NIST ha diseñado, construido y caracterizado un espectrorradiómetro portátil de canales múltiples (radiómetro de transferencia del SeaWiFS o SXR) a fin de comparar las calibraciones de instrumentos del campo y de comprobar las fuentes de calibración en diferentes instituciones. El aparato fue utilizado durante la segunda y tercera sesiones de ensayo del SeaWiFS en junio de 1993 y septiembre de 1994. El NIST utilizó también el aparato durante un experimento sobre el terreno de la NASA/NOAA en febrero de 1994 en las instalaciones de apoyo de la boya óptica marina en Hawai. Esa boya será utilizada para verificar la calibración después de su lanzamiento del SeaWiFS y de otros instrumentos de satélites de estudio del color oceánico futuros que serán lanzados más adelante en este decenio dentro del programa EOS.

Hacia finales del año fiscal, el NOAA anunció la terminación de las primeras pruebas en vuelo sobre un nuevo sistema de cartografía de la salinidad de las aguas costeras. El nuevo sistema, denominado radiómetro de barrido de microondas de baja frecuencia, es más pequeño que los antiguos y puede funcionar desde una avioneta monomotor en lugar del cuatrimotor C-130. Compuesto de un radiómetro de microondas, un radiómetro infrarrojo, un instrumento GPS para mediciones de localización y una computadora, el nuevo sistema permite levantar mapas de salinidad a una velocidad de 100 km por hora. El Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información sobre el medio ambiente (NESDIS) del NOAA prevé colaborar con otros servicios del NOAA y con organismos federales y universidades en el marco de actividades sobre la condición del ecosistema costero, la hidrología y los pronósticos sobre costas, en las que los datos de salinidad son críticos, como en los estudios sobre la distribución de langostinos en el delta del Mississippi y el Golfo de México.

Además, la Oficina de Producción y Distribución de Datos de Satélites del NOAA/NESDIS se asoció con la NASA para desarrollar y financiar conjuntamente un sistema terrestre en los Estados Unidos destinado a facilitar la recopilación en tiempo real de datos de elevada prioridad de difusometría y cromatografía oceánica procedentes del satélite avanzado japonés de observación de la Tierra, cuyo lanzamiento está previsto para 1996.