



**Asamblea General**

Distr. GENERAL

A/AC.105/593/Add.3\*  
7 de febrero de 1995

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS

---

**COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO  
ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS**

**INVESTIGACIONES NACIONALES SOBRE LA CUESTIÓN DE LOS DESECHOS ESPACIALES**

**SEGURIDAD DE LOS SATÉLITES NUCLEARES**

**PROBLEMAS DE LA COLISIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA  
NUCLEAR CON LOS DESECHOS ESPACIALES**

Nota de la Secretaría

Adición

1. El Secretario General envió una nota verbal de fecha 13 de julio de 1994 a todos los Estados Miembros invitándoles a proporcionar información sobre las investigaciones nacionales relativas a los desechos espaciales, la seguridad de los satélites nucleares y los problemas de la colisión de las fuentes de energía nuclear con los desechos espaciales.
2. El presente documento contiene la información proporcionada por los Estados Miembros en las respuestas recibidas entre el 3 y el 7 de febrero de 1995.

**ÍNDICE**

	<u>Página</u>
<b>RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS</b> .....	2
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte .....	2

---

\* El presente documento es traducción de un texto que no ha sido revisado a fondo por los servicios de edición.

## RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS

### REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE

[Original: Inglés]

#### A. Medidas adoptadas por el Reino Unido para reducir a un mínimo los desechos espaciales

El Reino Unido reconoce la naturaleza singular de la altitud geosincrónica y la necesidad de conservar este recurso mundial para su desarrollo y aprovechamiento futuros.

En consecuencia, con respecto a la familia de satélites de comunicaciones geosincrónicos Skynet, controlada por el Reino Unido, se aplican los siguientes requisitos operacionales:

- Para todos los satélites actualmente en órbita, se asigna un presupuesto de combustible que permite realizar una maniobra en tres impulsos para acceder a una órbita circular con una altitud mínima de 150 km por encima del anillo geostacionario al final de la vida operacional; y
- Como uno de los requisitos de diseño para futuras series de satélite se incluye específicamente la capacidad de alcanzar una altitud mínima de 500 km por encima del anillo geostacionario utilizando una maniobra similar de tres impulsos al término de la vida operacional.

En todos los casos, a fin de eliminar las posibilidades de explosión, se establecerán procedimientos operacionales apropiados para apagar todos los subsistemas energéticos cuando el satélite se haya colocado en una órbita de eliminación.

#### B. Justificación de los riesgos derivados de los sistemas de energía nuclear en el espacio

Se considera inevitable que la revisión de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre abarque el principio de justificación, que es un requisito fundamental para el cumplimiento de las recomendaciones de la CIPR y un supuesto implícito en los principios básicos de seguridad del OIEA. Tras deliberar sobre los problemas conexos, se concluye que, a reserva de que se confirme que el Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales se aplica a todos los países que sufran daños, puede formularse una argumentación cualitativa plausible a favor del principio de justificación respecto de misiones que de otro modo se consideran generalmente aceptables. Se sugiere que la justificación cuantitativa de todas las futuras misiones espaciales que incluyan fuentes de energía nuclear se presenten a la Comisión mientras no se cree una cultura de consenso a nivel internacional en materia de seguridad nuclear en el espacio.

##### 1. Introducción

La aprobación de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre por la Asamblea General en diciembre de 1992<sup>1</sup> representó la culminación de un debate que se había prolongado durante más de un decenio. Los numerosos países que participaron en ese debate expresaron las más diversas opiniones, lo que hizo difícil lograr un consenso. Las delicadas soluciones de avenencia que fueron necesarias para alcanzar el consenso condujeron simultáneamente a la decisión de la Asamblea General de emprender un proceso de revisión.

El problema de la elaboración de principios de seguridad para las fuentes de energía nuclear en el espacio es considerablemente distinto al que plantean dichas fuentes en tierra. Las fuentes de energía nuclear espaciales

constituyen un riesgo potencial para todos los países situados por debajo de la órbita utilizada, mientras que en el caso de las fuentes de energía nuclear terrestres el peligro se limita en gran medida al país de origen, aunque hay excepciones que se han tratado en diversas Convenciones<sup>2,3,4,5,6</sup> y acuerdos bilaterales. La Convención sobre Seguridad Nuclear<sup>6</sup>, promulgada en 1994 bajo los auspicios del OIEA, ha recibido apoyo general, pero se limita específicamente a las plantas de energía nuclear de carácter civil en tierra.

Entre las esferas de dificultad señaladas<sup>7</sup> en los actuales Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre está la exclusión de importantes esferas como la propulsión nuclear; su formulación en términos dependientes de la tecnología, los cuales están pasando a ser obsoletos a medida que se producen nuevos acontecimientos; y cierta falta de coherencia con los principios de seguridad para las fuentes de energía nuclear terrestres, que están mejor formulados. Aunque aún no hay consenso sobre el marco para un conjunto revisado de Principios, parece inevitable que cualquier revisión deberá incluir el principio de *justificación*, el requisito de demostrar un beneficio positivo neto de la utilización de las fuentes de energía nuclear en el espacio. Este requisito de justificación de los riesgos es fundamental para los principios de protección radiológica promulgados por la CIPR<sup>8</sup> y está implícito en las consideraciones del OIEA sobre seguridad nuclear<sup>9</sup>.

La argumentación sobre el grado en que es posible cumplir el requisito de justificación se presenta aquí en términos cualitativos. Como se verá, esto será suficiente para demostrar, para toda una gama de misiones espaciales, que el riesgo derivado de la utilización de fuentes de energía nuclear puede quedar justificado por los beneficios. Ello no excluye la necesidad de realizar una evaluación cuantitativa de los riesgos y beneficios de cada misión espacial o clase de misión en el marco de una cultura de seguridad aceptable<sup>7</sup> a fin de demostrar un saldo positivo neto.

## 2. El concepto de justificación

Los precursores de nuevas tecnologías invariablemente aceptan riesgos considerables. En los lejanos días de los motores a vapor, los ferrocarriles, el suministro de electricidad, la radiografía, el transporte aéreo, etc., se caracterizaban por la incidencia de lesiones y muertes entre sus adeptos e incluso entre el público en general. A medida que estas tecnologías fueron madurando y encontrando una mayor aplicación, la preocupación pública por la seguridad exigía un grado sustancial de reducción de los riesgos. Como resultado de este proceso se han formulado principios de seguridad generales que se aplican como supuesto básico a todas las tecnologías.

La exploración del espacio muestra un patrón similar, aunque en ella la reducción de los riesgos se da en una etapa más temprana debido a la cultura de seguridad existente gracias a las tecnologías establecidas. Se han introducido precauciones adicionales a raíz de accidentes ocurridos durante lanzamientos de naves espaciales en respuesta a la preocupación del público sobre el nivel de peligro ocupacional y de riesgo para la población en general.

El reingreso periódico de objetos en órbita no se percibe generalmente como un riesgo inaceptable: muchos de estos objetos se queman en la atmósfera y los objetos más grandes, que podrían impactar la superficie terrestre, constituyen un flujo tan escaso que no presentan ningún problema significativo. Incluso la caída en Australia de unas 50 toneladas de Skylab en 1979 no suscitó ninguna protesta pública general pese a cierto grado de cobertura sensacionalista por los medios informativos antes del reingreso.

En contraste, el riesgo derivado de la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio se percibe como un motivo de preocupación internacional, provocada por el descenso de COSMOS 954 en territorio canadiense en 1978. Esta inquietud se vio indudablemente exacerbada por el riesgo asociado con los sistemas nucleares terrestres, pese al excelente historial de seguridad de los sistemas nucleares espaciales.

La protección radiológica<sup>8</sup> y la seguridad de la energía nuclear<sup>9</sup> son disciplinas internacionales ampliamente desarrolladas en aplicaciones terrestres. La repercusión de estos regímenes de seguridad existentes

en las fuentes de energía nuclear en el espacio se ha debatido previamente<sup>7</sup> y se ha señalado un enfoque que, por una parte, generaliza los Principios existentes y, por otra, los hace más coherentes con el marco de seguridad terrestre establecido. No obstante, independientemente del enfoque que se emplee en la revisión de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, un requisito fundamental derivado de la labor de la CIPR<sup>8</sup> y del OIEA<sup>9</sup> es el principio de justificación, que permite demostrar que los riesgos están plenamente compensados por los beneficios. Los principios paralelos que exigen que los riesgos no excedan de límites aceptables y se reduzcan a un mínimo razonablemente viable no se examinan en el presente documento.

Fue necesario esperar a que se publicase el documento CIPR-26 en 1977<sup>10</sup> para que se recomendara expresamente un principio de justificación junto con los demás principios fundamentales de limitación y optimización, el cual estipulaba que ninguna práctica se adoptaría a menos que su introducción produjera un beneficio positivo neto. Previamente, debido a la falta de datos cuantitativos sobre los riesgos de radiación, la CIPR se había visto limitada a definir una dosis aceptable, pero la lógica de la justificación de los riesgos por los beneficios obtenidos estaba implícita en algunas de las deliberaciones anteriores de la CIPR.

En las recomendaciones formuladas en 1990 en el documento CIPR-60<sup>8</sup>, se empleó una redacción más extensa, a saber, que no se aceptaría ninguna práctica que supusiera exposición a la radiación a menos que proporcionara suficientes beneficios a las personas expuestas o a la sociedad como para compensar los daños que causaban como consecuencia de la radiación. Análogamente, en la evolución de las normas internacionales sobre la seguridad de las instalaciones nucleares, que culminaron con el documento del OIEA sobre nociones fundamentales de seguridad aprobado por consenso en 1993, se reconoció la compensación de los riesgos por los beneficios. El objetivo general de seguridad nuclear es "proteger de efectos dañinos a las personas, a la sociedad y al medio ambiente... contra los riesgos radiológicos", para lo cual se requiere la aplicación de sistemas nacionales de protección, los cuales se basan por lo general en recomendaciones de la CIPR o en recomendaciones análogas.

La interpretación detallada del principio de justificación exige que se examinen las situaciones en que algunas o todas las personas expuestas al riesgo compartan pocas o ninguna de las ventajas, situación que puede, al menos en principio, presentarse en el caso de las fuentes de energía nuclear espaciales. Se dispone de cierto grado de orientación sobre la compensación de riesgos y beneficios por parte de la CIPR —este amplio proceso de equiparación, no obstante, sólo sería legítimo si el perjuicio causado a cada persona no excediese de un nivel aceptable<sup>10</sup>— y del OIEA, que reconoce que es probable que la práctica internacional actual, que supone riesgos derivados de las instalaciones nucleares, represente un riesgo sólo levemente superior a los derivados de otras actividades industriales comparables. Además, las consideraciones relativas a la soberanía nacional sugieren que el principio de justificación ha de satisfacerse dentro de cada país. En general, no parece aceptable que se impongan riesgos a un país sin que éste reciba beneficios commensurables.

Por tanto, para satisfacer el principio de justificación de las fuentes de energía nuclear en el espacio parece necesario no sólo que exista un beneficio positivo neto a nivel mundial, sino que dentro de cada país expuesto a riesgos los beneficios sean suficientes para justificar ese peligro. También parece necesario garantizar que incluso dentro de un determinado país toda persona que no comparta los beneficios esté expuesta a un nivel insignificante de riesgo: en la práctica, el bajo nivel general de riesgo derivado de las fuentes de energía nuclear en el espacio no debería dificultar el cumplimiento de este requisito.

### 3. Justificación del riesgo global

Para fines del presente debate, se excluirán los riesgos derivados de los lanzamientos de satélite. Esos riesgos recaen principalmente en la organización responsable del lanzamiento y tienen un carácter específico para cada misión. En la práctica, el riesgo global de lanzamiento puede reducirse considerablemente seleccionando la trayectoria de lanzamiento y en general no ha sido motivo importante de preocupación internacional. Su

consideración debería incluirse entre los factores relacionados con la seguridad de la misión. En el presente documento se prestará atención únicamente a los objetos en órbita.

Actualmente existen más de 7.000 objetos detectables (>10 cm) en órbita alrededor de la Tierra, la gran mayoría de los cuales son desechos de misiones anteriores. Todos ellos están destinados a reingresar en la atmósfera en algún momento futuro y una pequeña proporción de ellos sobrevivirá al calentamiento característico del reingreso y llegarán a la superficie terrestre. Todas las localidades con latitudes inferiores o iguales a la inclinación orbital están expuestas al riesgo de impacto de un objeto en vía de reingreso. Dado que la mayoría de los objetos catalogados tienen inclinaciones orbitales entre 60 y 110° (figura 1), casi todos los países están expuestos al riesgo de impactos resultantes de dicho reingreso.

La subpoblación de fuentes de energía nuclear en órbita conocidas abarca 45 objetos derivados de la serie de satélites COSMOS. Todos tienen inclinaciones orbitales cercanas a 65° (64,4° a 65,8°) y, por tanto, pueden virtualmente producir impactos en la mayoría de los países. La probabilidad de que estas fuentes de energía nuclear reingresen a una determinada latitud muestra una distribución (figura 2) que llega a su punto cúlmine en la inclinación orbital cercana a 65°. Las órbitas son casi circulares, con una excentricidad máxima de 0,0086 y altitudes de apogeo que oscilan entre 635 y 937 km, correspondientes a tiempos de vida orbital de aproximadamente entre 60 y 600 años, sin tener en cuenta las colisiones con desechos o cualquier otro tipo de interferencia externa. El efecto de las colisiones con desechos en esos períodos de vida orbital podría ser de importancia capital para el riesgo de reingreso: queda aún por evaluarse ese efecto en términos cuantitativos, tarea que rebasa el ámbito del presente análisis.

La experiencia relativa al reingreso de Cosmos 954<sup>11</sup>, que dispersó partículas radiactivas y objetos de mayores dimensiones en un área de unos 100.000 km<sup>2</sup>, da una indicación de los riesgos posibles. El problema de limpieza en otros reingresos podría ser muy diferente al planteado por Cosmos 954: si bien los desechos podrían quedar depositados en un lugar mucho menos remoto, la densidad de la población podría ser muy superior, lo que tal vez causaría hasta pérdida de vidas. Parece razonable suponer un costo promedio del orden de 10 millones de dólares por reingreso en tierra. Si se tiene presente el limitado número de reingresos que ocurren en alta mar, el costo de las 45 fuentes de energía nuclear actualmente en órbita podría ascender a unos 100 millones de dólares, repartidos entre varios países.

No puede caber duda de que los beneficios globales del programa espacial exceden considerablemente de los riesgos para la población mundial. Los presupuestos anuales de organizaciones como la ESA (3000 millones ECU) y la NASA (14.000 millones de dólares) proporcionan una idea del valor que se asigna a las actividades espaciales. Para las misiones de investigación y exploración, el efecto de los accidentes y de los riesgos operacionales de rutina no ha impedido la activa continuación de tales programas pese a algunas demoras para remediar daños concretos sufridos en el curso de esas misiones. Las ventajas mundiales que se han obtenido gracias a la aplicación ulterior de los conocimientos derivados de esta clase de misiones justifican ampliamente los riesgos conexos. De modo más general, los riesgos para las inversiones en la investigación y exploración se justifican ampliamente por los beneficios a largo plazo que arrojan esos nuevos conocimientos. Sin embargo, para el futuro, la mayoría de las inversiones en sistemas espaciales y, por tanto, la mayor parte del riesgo, provendrá de las misiones aplicadas destinadas a poner en práctica los conocimientos derivados de las investigaciones. En el marco de una cultura de seguridad moderna, cada una de esas misiones o clases de misiones ha de demostrar que los beneficios globales serán superiores a los riesgos que entraña. En la mayoría de los casos, esto no debería presentar dificultad alguna.

Por ejemplo, el desarrollo de los satélites de comunicaciones ha proporcionado enormes ventajas, incluida la transmisión directa por satélite; se han obtenido amplios beneficios gracias al mejoramiento de la meteorología; y los satélites de vigilancia de la Tierra han justificado plenamente los riesgos que suponen para la población mundial. Las principales excepciones con respecto a este argumento de justificación global han sido determinadas propuestas que interferirían con otras actividades debido a la contaminación del entorno espacial.

Dado que las fuentes de energía nuclear se han utilizado en sólo un número muy reducido de misiones espaciales, los riesgos nucleares no podían haber constituido una cuestión determinante en cuanto a la justificación de la mayoría de las misiones. Habida cuenta del costo y la complejidad de las fuentes de energía nuclear, éstas se han utilizado únicamente cuando las alternativas no eran técnicamente satisfactorias, especialmente en misiones de exploración extraterrestre y misiones relacionadas con la defensa. Mientras que, aplicando la necesaria perspectiva, los riesgos colectivos asociados con estas misiones -esencialmente el costo de la operación de limpieza posterior al reingreso de Cosmos 954 y los costos futuros relacionados con el reingreso de la fuente de energía nuclear de Cosmos que aún está en órbita- tal vez no se acepten universalmente como compensación de sus beneficios, no parece existir razón alguna, en principio, para que las futuras misiones que incluyan fuentes de energía nuclear no redunden en un beneficio positivo neto.

Ese podría ser el resultado, por ejemplo, si se lograra que la fuente de energía nuclear se mantuviera íntegra en el reingreso o si escapara de la órbita terrestre de modo que una eventual emisión radiactiva en tierra sólo pudiese producirse en caso de un accidente poco probable. El enfoque centrado en el reingreso en forma íntegra se ha utilizado en relación con los generadores termoeléctricos radioisotópicos (GTR): sólo en circunstancias poco probables podría esperarse ese tipo de emisión y, de ocurrir, es posible que se limite a una zona relativamente pequeña propicia a la aplicación de un procedimiento sencillo de descontaminación. El reingreso en forma íntegra se ha tenido en cuenta en el caso de las fuentes de energía nuclear de tipo reactor, pero quedan importantes problemas por resolver: la propulsión interplanetaria parecería suscitar problemas de justificación menos difíciles con respecto a los reactores.

#### 4. Justificación nacional

Tal como se ha observado anteriormente, para cumplir el principio de la justificación parece también necesario demostrar que en cada país los beneficios son suficientes para justificar los riesgos. Con tal fin, es necesario examinar más detenidamente cada clase de misión.

La aplicación más difundida de la tecnología espacial es tal vez la que se hace en el campo de las telecomunicaciones. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), con un presupuesto anual de unos 150 millones de francos suizos, tiene unos 170 países miembros (cuadro 1). Los beneficios que obtienen estos países de esta tecnología son muy sustanciales si se tienen en cuenta las inversiones que ha justificado, si bien los beneficios no están distribuidos de manera uniforme. Por ejemplo, algunos países pueden aprovechar eficazmente las oportunidades como la transmisión directa por satélite, mientras que otros carecen de la infraestructura y de los recursos de inversión necesarios para ocuparse de los aspectos más exigentes de la tecnología de telecomunicaciones. Actualmente, ninguno de los satélites utiliza fuentes de energía nuclear. Sin embargo, si ello resulta deseable -tal vez para dar señales más potentes, para tener un mayor número de canales y una vida útil más larga- es probable que la utilización de fuentes de energía nuclear pueda tener un beneficio positivo neto para cada uno de los países miembros de la UIT, aun cuando acabe produciéndose un reingreso (muy postergado) en la atmósfera.

La meteorología es otro campo en el que se hace un gran uso de la tecnología de satélites. En consecuencia, se han podido realizar notables progresos en la disponibilidad y los detalles de los datos atmosféricos y en la fiabilidad de las predicciones meteorológicas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), con un presupuesto anual de 60 millones de francos suizos, está integrada por unos 170 países miembros (cuadro 1) y dispone de unas 700 estaciones terrestres para recibir datos de satélites. Tampoco suelen utilizarse fuentes de energía nuclear para apoyar las aplicaciones espaciales de la meteorología y la distribución de los beneficios es también desigual pero, dadas las elevadas inversiones, parece probable que todos los países miembros de la OMM perciban un beneficio positivo neto si más adelante se considera conveniente, por razones técnicas, utilizar fuentes de energía nuclear.

Si en el futuro se aprovecharan las potencialidades para la vigilancia de catástrofes utilizando fuentes de energía nuclear, la situación podría plantear mayores dificultades. Según un estudio de GEOWARN<sup>12</sup>, los

desastres naturales generaban anualmente costos del orden de 100.000 millones de dólares para la economía mundial. Se consideraba que las medidas de prevención y socorro en casos de inundaciones, huracanes, sequías, terremotos, erupciones volcánicas y devastaciones por enfermedades o plagas podían generar beneficios que compensarían fácilmente el riesgo global de la utilización de fuentes de energía nuclear en satélites para la obtención de los datos necesarios. No obstante, estos beneficios serían en gran parte para unos 30 países que según el estudio eran los que más probabilidades tenían de sufrir tales desastres (columna 6 del cuadro 1), mientras que los riesgos afectarían a muchos otros países para los que no sería fácil hallar argumentos inequívocos de justificación.

Un tipo de misión en el que se ha hecho un gran uso de fuentes de energía nuclear es la exploración del sistema solar. Estas misiones nos han permitido ampliar enormemente nuestros conocimientos, particularmente sobre los planetas lejanos, y no habrían sido posibles sin la utilización general de generadores termoeléctricos radioisotópicos. Si en adelante se envían misiones con tripulación incluso a los planetas más cercanos, es probable que se necesite la alta producción de energía generada por los reactores nucleares. La justificación global de los riesgos por los beneficios que se espera obtener a largo plazo de la investigación y la exploración sería válida, en principio, a nivel nacional, a condición de que se publicaran los resultados.

Otro criterio con el que los países pueden justificar el riesgo, suponiendo que haya una justificación global adecuada, consiste en invocar el argumento mínimo. En un documento anterior<sup>7</sup> se ha sugerido que los riesgos anuales, para una persona, de menos de  $10^{-7}$ , o para un grupo de N personas, de menos de  $10^{-7}/\sqrt{N}$ , son insignificantes y despreciables. Los riesgos radiológicos a este nivel derivados de la utilización de fuentes de energía nuclear no serían detectables en ningún país y, por consiguiente, podrían considerarse aceptables. (En cambio, el reingreso en la atmósfera de desechos de volumen considerable, nucleares o no, podría causar la muerte de personas).

En el caso de las 45 fuentes de energía nuclear de COSMOS que permanecen en órbita, la última columna del cuadro 1 indica el número aproximado de reingresos en el territorio de cada país sobre la base de las probabilidades de reingreso en función de la latitud indicadas en la figura 2. (No se han hecho previsiones para las huellas de reingreso, que deberían ser sustancialmente inferiores que las de COSMOS 954 debido al largo período de decadencia radiactiva, pero podría exceder del área de los países más pequeños, aumentando así la probabilidad de un impacto en el reingreso). El mayor número de reingresos se prevén en Rusia (alrededor de cinco) y en el Canadá (unos dos o tres) debido a la amplitud de su territorio, que abarca la latitud de reingreso más probable. Los países con una probabilidad de impacto en el reingreso superior al 40% son los Estados Unidos, China, el Brasil y Australia, y otros diez países tienen una probabilidad superior al 10%. Las probabilidades disminuyen muy gradualmente para los demás países. Suponiendo que cada reingreso sea detectable y que se lleve a cabo una operación de recuperación tan eficaz como la de COSMOS 954, parece probable que el riesgo para las personas sea inferior a un nivel mínimo razonable. No obstante, podrían darse excepciones en comunidades rurales remotas si componentes de gran tamaño y altamente activos fueran recuperados por manos poco experimentadas.

Con respecto a la misión Cassini a Saturno, cuyo lanzamiento está previsto para octubre de 1997, el proyecto de declaración sobre el efecto en el medio ambiente<sup>13</sup> indica que podría fundamentarse una justificación de riesgo mínimo. Para la trayectoria preferida Venus-Venus-Tierra-Júpiter-Gravity Assist (VVEJGA), utilizando un Titán IV actualizado con un motor de cohete de combustible sólido y una etapa superior Centaur, surge el riesgo de un reingreso accidental, después del lanzamiento, durante la oscilación de la Tierra, con una probabilidad estimada de  $7,6 \times 10^{-7}$ . De ocurrir así, el número adicional de casos fatales de cáncer resultantes de la emisión de plutonio 238 de los tres generadores termoeléctricos radioisotópicos a bordo se estima en 2.300 a lo largo de varios decenios y entre una población de 5000 millones de personas. En términos estadísticos, la probabilidad previa al lanzamiento de que se produzca una sola muerte es el producto de los siguientes factores:  $1,7 \times 10^{-3}$ . El riesgo individual medio es de  $3,4 \times 10^{-13}$ , obtenido al dividir por el número de personas expuestas. Se calcula que el riesgo individual máximo es de  $8 \times 10^{-9}$ , y todos los riesgos se reducen en dos órdenes de

magnitud si se desestiman las dosis individuales inferiores a  $10^{-5}$  Sv. Es obvio que el riesgo global para una persona se situaría por debajo de los niveles mínimos.

En suma, puede justificarse plausiblemente el riesgo de la utilización de fuentes de energía nuclear en muchas clases importantes de misiones para la mayoría de los países. Para una minoría de países, el riesgo tal vez no se justifique en algunas clases de misiones, ya que obtienen beneficios escasos o nulos, si bien este problema podría eliminarse en gran parte de los casos si el argumento del riesgo mínimo es aceptable. Con todo, algunas clases de misiones podrían ser de difícil justificación.

Antes de concluir la presente exposición, conviene tomar en consideración otra cuestión derivada de las disposiciones internacionales sobre responsabilidad civil, que puede ser útil para satisfacer el principio de justificación.

##### 5. Responsabilidad civil

Para cumplir el principio de justificación deben ponderarse las consecuencias improbables con los beneficios a largo plazo. La situación es distinta cuando una fuente de energía nuclear choca realmente con la superficie de la Tierra. El impacto puede tener consecuencias reales para las personas y el medio ambiente de la zona, con los consiguientes costos de limpieza y reconstrucción y las correspondientes solicitudes de indemnización.

El primer acuerdo internacional que rigió la responsabilidad por daños nucleares sufridos en otros países fue el Convenio de París de 1960<sup>2</sup>, complementado por el Convenio de Bruselas de 1963<sup>3</sup>, elaborada bajo los auspicios de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE para facilitar el comercio internacional nuclear. La Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares de 1963 fue elaborada por el OIEA<sup>4</sup> y rige los mismos aspectos. El Protocolo Común de 1988<sup>5</sup> racionalizó en cierto modo la situación al vincular el Convenio de París y la Convención de Viena, combinando de hecho las disposiciones de ambos tratados. Sin embargo, prosigue el debate internacional sobre la idoneidad de estos instrumentos con respecto a las fuentes de energía nuclear terrestres<sup>14</sup>, y ninguna de ellas parece aplicable a las actividades nucleares en el espacio (ciertamente, las disposiciones relativas a las naves nucleares excluyen la propulsión nuclear). Además, entre los países que no son parte en dichos instrumentos figuran China, los Estados Unidos, Francia, la Federación de Rusia, la India, el Reino Unido y Ucrania. Por consiguiente, para solicitar indemnización por daños causados por el reingreso de fuentes de energía nuclear espaciales debe invocarse el Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales de 1972<sup>15</sup>.

Este Convenio sobre la responsabilidad internacional fue aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 29 de noviembre de 1971 y entró en vigor el 1º de septiembre de 1972. En marzo de 1994, unos 70 países se habían adherido al Convenio, tras depositar los instrumentos de ratificación o adhesión ante los gobiernos depositarios (Estados Unidos, Federación de Rusia y Reino Unido); además, casi 30 países han firmado el Convenio pero aún no lo han ratificado. Los Estados parte en el Convenio han convenido en que el Estado de lanzamiento será absolutamente responsable del pago de indemnización por los daños causados por sus objetos espaciales tanto en la superficie de la Tierra como a aeronaves en vuelo. El Convenio contiene disposiciones que rigen los lanzamientos conjuntos, los daños causados a otros objetos espaciales y las divergencias sobre el alcance de la responsabilidad. Se prevén excepciones por negligencia grave o acto de omisión por parte del demandante y por daños sufridos por nacionales del Estado de lanzamiento o por nacionales de otro país que hayan participado en el lanzamiento.

A escala mundial, las disposiciones del Convenio sobre la responsabilidad internacional no contribuyen a que se cumpla el principio de justificación. La solución de una reclamación en el marco del Convenio consiste meramente en transferir el costo de una parte a otra sin incrementar el beneficio global integrado. Pero con respecto a la justificación nacional, la indemnización por daños, si la hay, podría tener un peso decisivo en la evaluación de los riesgos y beneficios por un determinado país. Efectivamente, la indemnización elimina el costo

negativo de la ecuación nacional de modo que cualquier beneficio, por pequeño que sea, aporta una contribución nacional positiva neta.

Con respecto a la justificación nacional, quedan por analizar dos aspectos. En primer lugar, sigue pareciendo necesario limitar el nivel de riesgo para terceros aun cuando se garantice la indemnización plena. El hecho de que el reingreso de un objeto espacial cause la pérdida de vidas o lesiones a personas y/o daños materiales puede ser una experiencia traumática para los afectados, y sería inaceptable que un hecho de esta índole se produjera con frecuencia. La limitación del riesgo a un nivel mínimo constituiría un grado apropiado de protección, que reflejaría la orientación dada por la CIPR, mencionada anteriormente. En segundo lugar, no está muy claro que los demandantes que no sean parte en el Convenio sobre la responsabilidad internacional, o que lo ratifiquen a raíz del reingreso de un objeto espacial, puedan invocar el Convenio en su favor. El Convenio no parece excluir ninguna de las dos posibilidades, pero sería prudente invitar a la Subcomisión de Asuntos Jurídicos a que aclarara la situación.

## 6. Conclusiones

Se considera inevitable que en cualquier revisión de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre se incorpore el principio de justificación, es decir, la necesidad de demostrar que los beneficios que pueden recibir las personas y la sociedad son suficientes para compensar los riesgos. A escala mundial, es cualitativamente plausible que el beneficio colectivo que puede obtener la población mundial de diversas misiones (de telecomunicaciones, meteorología, supervisión de la Tierra, investigación y exploración) es suficiente para justificar el riesgo integrado aun cuando los satélites utilizados estén equipados con fuentes de energía nuclear, lo cual no corresponde en modo alguno a la situación general actual. Excepcionalmente, hay misiones que no pasan la prueba del beneficio global positivo neto; en los ejemplos citados, ello refleja la opinión aceptada.

Además de la justificación global, se considera necesario demostrar la justificación nacional para cada país en situación de riesgo. Parece improbable que todos los países puedan satisfacer este criterio con respecto a todos los tipos de misiones (inevitadamente, para algunos países los riesgos exceden con mucho de los beneficios), a menos que las disposiciones del Convenio sobre la responsabilidad internacional sirvan efectivamente para compensar los riesgos y a menos que el nivel de riesgo sea aceptablemente bajo. Esta última condición no parece problemática y es, en cualquier caso, conveniente para superar las dificultades antes mencionadas a causa de la variación de los beneficios dentro de un mismo país. No obstante, se sugiere que se remita a la Subcomisión de Asuntos Jurídicos la cuestión de la validez del Convenio sobre la responsabilidad internacional en los casos de países que no sean parte en el Convenio o que lo ratifiquen sólo a raíz de los daños sufridos en su territorio a causa de una fuente de energía nuclear en el espacio.

Queda por abordar la cuestión del respaldo internacional a la justificación de futuras misiones que incluyan la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio. Hasta que no exista a nivel internacional una cultura relativa a la seguridad de las fuentes de energía nuclear en el espacio<sup>7</sup>, se sugiere que la justificación de toda futura misión espacial nuclear, que demuestre cuantitativamente un beneficio positivo neto, se someta a examen por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos antes del lanzamiento.

Figura 1 - Distribución de inclinaciones orbitales de los objetos catalogados

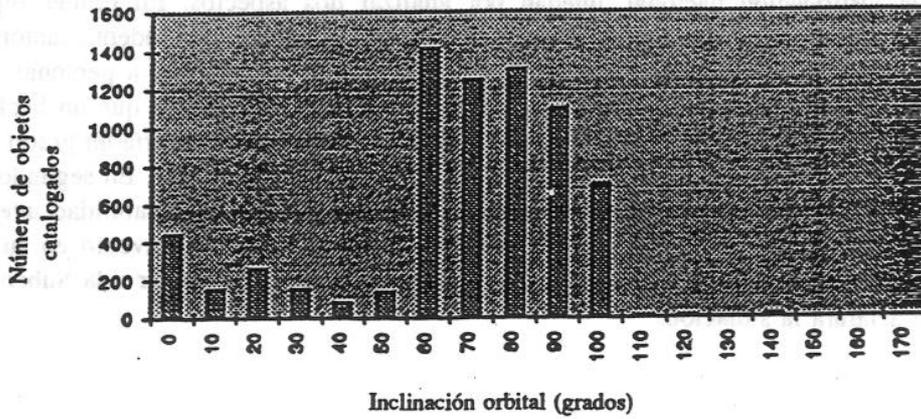
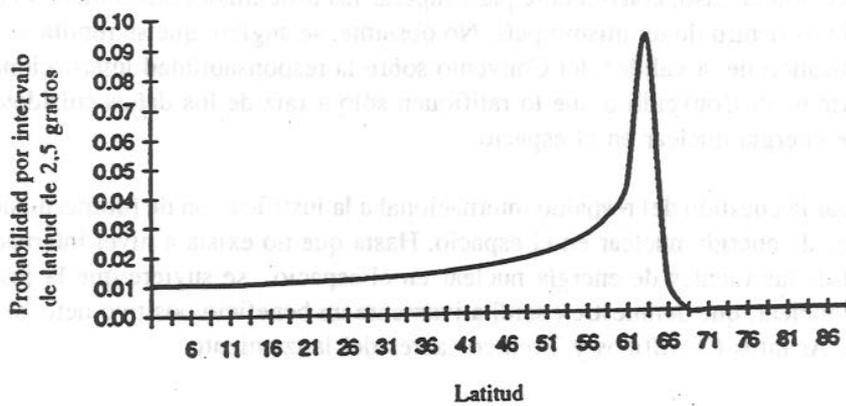


Figura 2 - Distribución de las probabilidades de latitud de reingreso para los satélites existentes con fuentes de energía nuclear



Cuadro 1

Países miembros de organizaciones internacionales con actividades espaciales y nucleares  
 y riesgo aproximado de impactos de FEN sobre sus respectivos territorios

País	Millones de Superficie		GEO				Reingresos de FEN de COSMOS (6)	País	Millones de Superficie		GEO				Reingresos de FEN de COSMOS (6)
	habitantes (1)	(miles de km <sup>2</sup> )	UIT (2)	OMM (3)	WARN (4)	OIEA (5)			habitantes (1)	(miles de km <sup>2</sup> )	UIT (2)	OMM (3)	WARN (4)	OIEA (5)	
Afganistan	16.40	652.00	✓	✓		✓	0.041728	Grecia	10.30	132.00	✓	✓		✓	0.009900
Albania	3.30	29.00	✓	✓		✓	0.002378	Greenland	0.06	2175.00					0.304500
Algeria	25.00	2382.00	✓	✓	✓	✓	0.135774	Grenada	0.11	0.30	✓				0.000013
Angola	10.00	1247.00	✓	✓	✓		0.054868	Guatemala	9.20	209.00	✓	✓	✓	✓	0.005014
Antigua-Barb.	0.08	0.40	✓	✓			0.000019	Guinea	5.80	246.00	✓	✓			0.010578
Argentina	32.60	2767.00	✓	✓	✓		0.190923	Guinea-Bis.	0.96	34.00	✓	✓			0.001496
Armenia	3.30	30.00	✓	✓		✓	0.002340	Guyana	0.99	212.00	✓	✓			0.009116
Australia	17.10	7687.00	✓	✓		✓	0.407411	Haiti	6.50	78.00	✓	✓		✓	0.001344
Austria	7.80	84.00	✓	✓		✓	0.008820	Holy See	0.00	0.00	✓			✓	0.000000
Azerbaijan	7.00	87.00	✓	✓			0.006786	Honduras	5.10	112.00	✓	✓			0.005040
Bahamas	0.25	11.00	✓	✓			0.000484	Hungary	10.30	93.00	✓	✓			0.009765
Bahrain	0.50	0.60	✓	✓			0.000032	Iceland	0.26	101.00	✓	✓		✓	0.045450
Bangladesh	109.30	144.00	✓	✓	✓	✓	0.007344	India	843.90	3281.00	✓	✓	✓	✓	0.164400
Barbados	0.26	0.40	✓	✓			0.000018	Indonesia	179.30	1905.00	✓	✓	✓	✓	0.081915
Belarus	10.20	208.00	✓	✓		✓	0.035360	Iran	58.00	1548.00	✓	✓	✓	✓	0.088992
Belgium	9.80	31.00	✓	✓		✓	0.003875	Iraq	18.90	438.00	✓	✓	✓	✓	0.028032
Benin	0.19	23.00	✓	✓			0.001058	Ireland	3.50	70.00	✓	✓	✓	✓	0.010850
Benin	4.70	113.00	✓	✓	✓		0.004859	Israel	4.80	21.00	✓	✓	✓	✓	0.001281
Bhutan	1.50	47.00	✓				0.002632	Italy	57.70	301.00	✓	✓	✓	✓	0.027090
Bolivia	7.40	1099.00	✓	✓			0.051653	Jamaica	2.40	11.00	✓	✓	✓	✓	0.000517
Botswana	1.30	582.00	✓	✓			0.029100	Japan	123.60	371.00	✓	✓	✓	✓	0.028350
Brazil	153.30	8512.00	✓	✓			0.425600	Jordan	3.20	89.00	✓	✓	✓	✓	0.005340
Burundi	0.27	6.00	✓	✓			0.000252	Kazakhstan	16.70	277.00	✓	✓	✓	✓	0.326040
Bulgaria	9.00	111.00	✓	✓		✓	0.009435	Kenya	24.00	581.00	✓	✓	✓	✓	0.024360
Burkina Faso	9.00	274.00	✓	✓			0.012056	Kiribati	0.06	0.70	✓				0.000029
Burundi	5.50	28.00	✓	✓			0.001176	Korea DPR	21.80	123.00	✓	✓	✓	✓	0.009240
Cambodia	8.70	181.00	✓	✓		✓	0.007964	Korea Rep.	43.30	99.00	✓	✓		✓	0.006831
Cameroon	11.80	475.00	✓	✓		✓	0.020425	Kuwait	2.60	18.00	✓	✓	✓	✓	0.001026
Canada	26.80	9976.00	✓	✓			2.663592	Kyrgyzstan	4.40	199.00	✓	✓	✓	✓	0.016716
Cape Verde	0.37	4.00	✓	✓			0.000184	Lao	4.10	237.00	✓	✓	✓	✓	0.011139
Cent.Afr.Rep.	3.00	623.00	✓	✓			0.026789	Latvia	2.70	65.00	✓	✓	✓	✓	0.013650
Chad	5.70	1284.00	✓	✓	✓		0.059064	Lebanon	3.20	10.00	✓	✓	✓	✓	0.000640
Chile	13.40	757.00	✓	✓	✓		0.062831	Lesotho	1.80	30.00	✓	✓	✓	✓	0.001740
China	###	9561.00	✓	✓		✓	0.640587	Liberia	2.60	111.00	✓	✓	✓	✓	0.004773
Colombia	33.00	1139.00	✓	✓	✓		0.048977	Libya	4.50	1760.00	✓	✓	✓	✓	0.095040
Comoros	0.55	2.00	✓	✓	✓		0.000088	Liechtenstein	0.03	0.16	✓	✓	✓	✓	0.000017
Congo	2.30	342.00	✓	✓			0.014364	Lithuania	3.70	65.00	✓	✓	✓	✓	0.011700
Costa Rica	3.00	51.00	✓	✓		✓	0.002244	Luxembourg	0.38	2.00	✓	✓	✓	✓	0.000240
Cote d'Ivoire	12.00	322.00	✓	✓	✓		0.013846	Macedonia	2.20	25.00	✓	✓	✓	✓	0.002075
Croatia	4.70	56.00	✓	✓		✓	0.005320	Madagascar	11.20	587.00	✓	✓	✓	✓	0.028176
Cuba	10.60	113.00	✓	✓	✓	✓	0.005537	Malawi	8.60	118.00	✓	✓	✓	✓	0.005310
Cyprus	0.71	9.00	✓	✓		✓	0.000603	Malaysia	17.90	330.00	✓	✓	✓	✓	0.013860
Czech Rep.	10.40	78.00	✓	✓		✓	0.009360	Maldives	0.21	0.30	✓	✓	✓	✓	0.000013
Denmark	5.10	43.00	✓	✓		✓	0.008170	Mali	8.10	1240.00	✓	✓	✓	✓	0.058280
Djibouti	0.41	23.00	✓	✓			0.001012	Malta	0.36	0.30	✓	✓	✓	✓	0.000021
Dominica	0.08	0.70	✓	✓			0.000032	Marshall Is.	0.04	0.20	✓	✓	✓	✓	0.000009
Dom. Rep.	7.20	49.00	✓	✓		✓	0.002352	Mauritania	2.00	1026.00	✓	✓	✓	✓	0.050274
Egypt	57.00	1001.00	✓	✓		✓	0.055055	Mauritius	1.10	2.00	✓	✓	✓	✓	0.000096
El Salvador	5.30	21.00	✓	✓		✓	0.000945	Mexico	81.10	1951.00	✓	✓	✓	✓	0.097900
Ecuador	10.80	284.00	✓	✓	✓	✓	0.011928	Moldova	4.40	34.00	✓	✓	✓	✓	0.003570
Eq. Guinea	0.35	2.00	✓	✓			0.000086	Monaco	0.03	0.00	✓	✓	✓	✓	0.000000
Estonia	1.60	45.00	✓	✓		✓	0.009900	Mongolia	2.10	1565.00	✓	✓	✓	✓	0.162760
Etiopia	50.80	1222.00	✓	✓	✓	✓	0.053768	Morocco	25.10	447.00	✓	✓	✓	✓	0.027267
Fiji	0.77	18.00	✓	✓	✓		0.000828	Mozambique	15.70	832.00	✓	✓	✓	✓	0.037694
Finland	5.00	338.00	✓	✓		✓	0.084500	Myanmar	39.30	671.00	✓	✓	✓	✓	0.032496
France	56.60	552.00	✓	✓		✓	0.056304	Namibia	1.80	824.00	✓	✓	✓	✓	0.042024
Gabon	1.20	268.00	✓	✓		✓	0.011256	Nauru	0.01	0.02	✓	✓	✓	✓	0.000001
Gambia	0.86	10.00	✓	✓			0.000450	Nepal	18.90	141.00	✓	✓	✓	✓	0.007896
Georgia	5.40	70.00	✓	✓			0.005950	Netherlands	15.00	37.00	✓	✓	✓	✓	0.005180
Germany	78.50	357.00	✓	✓		✓	0.046410	New Zealand	3.40	259.00	✓	✓	✓	✓	0.020982
Ghana	15.00	239.00	✓	✓	✓	✓	0.010277	Nicaragua	3.90	130.00	✓	✓	✓	✓	0.005720

Cuadro 1 (Cont.)

País	Millones de Superficie		GEO				Reingresos	País	Millones de Superficie		GEO				Reingresos
	habitantes	(miles de km <sup>2</sup> )	UIT	OMM	WARN	OIEA	de FEN de COSMOS		habitantes	(miles de km <sup>2</sup> )	UIT	OMM	WARN	OIEA	de FEN de COSMOS
	(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Niger	7.70	1267.00	✓	✓	✓	✓	0.059549	St Vincent	0.11	0.40	✓				0.000018
Nigeria	108.50	924.00	✓	✓	✓	✓	0.040656	Sudan	25.20	2506.00	✓	✓	✓	✓	0.112770
Norway	4.20	324.00	✓	✓	✓	✓	0.097200	Surinam	0.42	141.00	✓	✓			0.005922
Oman	2.00	212.00	✓	✓	✓	✓	0.010176	Swaziland	0.77	17.00	✓	✓			0.000918
Pakistan	112.00	796.00	✓	✓	✓	✓	0.046168	Sweden	8.60	450.00	✓	✓		✓	0.193500
Panamá	2.50	77.00	✓	✓	✓	✓	0.003311	Switzerland	6.70	41.00	✓	✓		✓	0.004223
Pap.Nw.Guim.	3.70	463.00	✓	✓	✓	✓	0.020835	Syria	12.10	185.00	✓	✓		✓	0.012210
Paraguay	4.30	407.00	✓	✓	✓	✓	0.020757	Taiwan	19.70	36.00				✓	0.001836
Perú	22.30	1285.00	✓	✓	✓	✓	0.055255	Tajikistan	5.20	143.00					0.011154
Philippines	62.90	300.00	✓	✓	✓	✓	0.013200	Tanzania	25.60	945.00	✓	✓		✓	0.040635
Poland	38.20	313.00	✓	✓	✓	✓	0.043820	Thailand	54.50	513.00	✓	✓		✓	0.023598
Portugal	10.50	92.00	✓	✓	✓	✓	0.007084	Togo	3.50	57.00	✓	✓	✓		0.002451
Puerto Rico	3.60	9.00					0.000423	Tonga	0.09	0.10	✓				0.000005
Qatar	0.37	22.00	✓	✓		✓	0.001144	Trinidad-Tob.	1.20	5.00	✓	✓			0.000220
Romania	23.20	238.00	✓	✓	✓	✓	0.023800	Tunisia	8.20	164.00	✓	✓		✓	0.010496
Rusia	148.10	17075.00	✓	✓	✓	✓	4.951750	Turkey	58.70	779.00	✓	✓		✓	0.056088
Rwanda	7.20	26.00	✓	✓	✓	✓	0.001092	Turkmenistan	3.60	488.00					0.035624
Samoa	0.17	0.20	✓				0.000009	Uganda	16.60	236.00	✓	✓		✓	0.009912
San Marino	0.02	0.06	✓				0.000005	UK	55.50	245.00	✓	✓		✓	0.051450
Sao Tome-Pr.	0.12	1.00	✓	✓			0.000042	Ukraine	51.80	604.00	✓	✓		✓	0.069460
Saudi Arabia	10.50	2150.00	✓	✓	✓	✓	0.109650	U.A.E.	1.60	84.00	✓	✓		✓	0.004284
Senegal	7.30	197.00	✓	✓	✓	✓	0.009062	Uruguay	3.10	177.00	✓	✓		✓	0.010974
Seychelles	0.07	0.40	✓	✓			0.000017	USA	248.70	9373.00	✓	✓		✓	0.712348
Sierra Leone	4.20	72.00	✓	✓	✓	✓	0.003096	Uzbekistan	20.30	447.00	✓	✓		✓	0.036207
Singapore	3.00	1.00	✓	✓		✓	0.000042	Vannam	0.15	15.00	✓	✓	✓		0.000690
Slovakia	5.30	49.00	✓	✓	✓	✓	0.005880	Venezuela	19.70	912.00	✓	✓		✓	0.039216
Slovenia	1.90	20.00	✓	✓		✓	0.002000	Vietnam	66.20	330.00	✓	✓	✓	✓	0.014850
Solomon Is.	0.32	30.00	✓	✓			0.001290	Yemen	12.00	528.00	✓	✓		✓	0.024288
Somalia	7.50	638.00	✓	✓	✓	✓	0.027434	Yugoslavia	12.50	127.00	✓	✓		✓	0.011430
South Africa	35.30	1221.00	✓	s		✓	0.068376	Zaire	35.60	2345.00	✓	✓		✓	0.100835
Spain	39.00	505.00	✓	✓	✓	✓	0.042925	Zambia	7.80	753.00	✓	✓		✓	0.033885
Sri Lanka	17.00	66.00	✓	✓	✓	✓	0.002838	Zimbabwe	9.40	391.00	✓	✓		✓	0.018377
St.Lucia	0.15	0.60	✓				0.000027								14.659533

Notas

- <sup>1</sup> Datos demográficos diversos correspondientes a 1989-1991.
- <sup>2</sup> Estados miembros de la Unión Internacional de Telecomunicaciones al 31 de agosto de 1992.
- <sup>3</sup> Estados miembros de la Organización Meteorológica Mundial al 14 de enero de 1993.
- <sup>4</sup> Principales usuarios potenciales determinados en el estudio del GEOWARM.
- <sup>5</sup> Estados Miembros en septiembre de 1994.
- <sup>6</sup> Número aproximado de las 45 FEN actualmente en órbita que reingresarán en la latitud y superficie de cada país (véase el texto).

## REFERENCIAS

- 1 Principles relevant to the use of nuclear power sources in outer space, resolution to the UN General Assembly, A/SPC/47/L6, 28 October 1992.
- 2 Paris Convention on third party liability in the field of nuclear energy of the 29 July 1960, as amended by the Additional Protocol of 28 January 1964 and by the Protocol of 16 November 1982, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1989.
- 3 Brussels Convention of 31 January 1963 supplementary to the Paris Convention of 29 July 1960 as amended, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 1989.
- 4 The Vienna Convention on civil liability for nuclear damage of 21 May 1963, IAEA, Vienna.
- 5 Joint Protocol of 21 September 1988, rationalising the provisions of the 1960 Paris Convention as amended and the 1963 Vienna Convention, IAEA, Vienna.
- 6 Convention on nuclear safety of 17 June 1994, IAEA Infirc/449, 5 July 1994
- 7 Revising the safety principles for nuclear power sources in space, working paper submitted to the UNCOPUOS S&T Subcommittee by the United Kingdom, A/AC.105/C.1.L.192, 21 February 1994.
- 8 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 60, Annals of the ICRP 21, No. 1-3, Pergamon Press, 1991.
- 9 The safety of nuclear installations, Safety Series No. 110, IAEA, Vienna 1993.
- 10 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 26, Annals of the ICRP 1, No. 3, Pergamon Press 1971.
- 11 Cosmos 954: the occurrence and nature of recovered debris, AECL INFO-0006, May 1980.
- 12 GEOWARN - Global emergency observation and warning, project report, International Space University, Alabama, 1994.
- 13 Draft environmental impact statement for the Cassini mission, NASA, October 1994.
- 14 Outlook on international nuclear liability, Nucleonics Week 35, No. 39 suppl., 29 September 1994.
- 15 Convention on international liability for damage caused by space objects of 29 March 1972, UN A/AC.105/572 Vienna 1994.

