



Asamblea General

Distr.  
GENERAL

A/45/568  
17 de octubre de 1990  
ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLES

Cuadragésimo quinto período de sesiones  
Tema 58 del programa

AVANCES CIENTIFICOS Y TECNOLOGICOS Y SU REPERCUSION EN  
LA SEGURIDAD INTERNACIONAL

Informe del Secretario General

INDICE

	<u>Párrafos</u>	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION .....	1 - 8	2
II. VISION GENERAL DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS Y LA SEGURIDAD INTERNACIONAL .....	9 - 14	3
III. TENDENCIAS DE LA TECNOLOGIA EN ALGUNAS ESFERAS .....	15 - 82	5
A. Tecnología nuclear .....	15 - 33	5
B. Tecnología espacial .....	34 - 47	9
C. Tecnología de materiales .....	48 - 58	13
D. Tecnología de la información .....	59 - 70	16
E. Biotecnología .....	71 - 82	20
IV. OBSERVACIONES FINALES .....	83 - 87	22

## I. INTRODUCCION

1. El 7 de diciembre de 1988, la Asamblea General aprobó, la resolución 43/77 A, titulada "Avances científicos y tecnológicos y su repercusión en la seguridad internacional". El párrafo 1 de la resolución dice lo siguiente:

"La Asamblea General,

...

1. Pide al Secretario General que siga los avances científicos y tecnológicos futuros, especialmente los que puedan tener aplicaciones militares, y evalúe su repercusión en la seguridad internacional, con la ayuda de expertos consultores calificados, según corresponda, y presente un informe a la Asamblea General en su cuadragésimo quinto período de sesiones."

2. En cumplimiento del párrafo 1 de la resolución 43/77 A de la Asamblea General, se celebró, el 31 de mayo de 1989, una reunión consultiva en la Sede de las Naciones Unidas. Asistieron los copatrocinadores originales de la resolución 43/77 A y un número reducido de científicos y analistas estratégicos. En la reunión se trató del contexto más amplio del debate que actualmente tiene lugar sobre las interacciones entre las cuestiones de tecnología, estrategia y seguridad internacional. Se estimó que era importante aprovechar el consenso político, y ampliarlo, para abordar los aspectos cualitativos de la carrera armamentista. La reunión sirvió también para determinar cuáles eran las esferas generales en las que estaban teniendo lugar las innovaciones científicas y tecnológicas.

3. El Secretario General, en el informe que presentó a la Asamblea General en su cuadragésimo cuarto período de sesiones (A/44/487 y Add.1 y 2) comunicó a ésta sus intenciones de invitar a consultores idóneos a preparar individualmente evaluaciones desde la perspectiva de sus especialidades en cinco importantes sectores de la tecnología.

4. La Asamblea General aprobó el 15 de diciembre de 1989 la resolución 44/118 A, en la que toma nota de la labor preliminar realizada por el Secretario General y le pide que le presente un informe en su cuadragésimo quinto período de sesiones.

5. Los expertos invitados prepararon individualmente evaluaciones de los avances científicos y tecnológicos en la tecnología nuclear, la tecnología espacial, la tecnología de materiales, la tecnología de la información y la biotecnología.

6. Del 16 al 19 de abril de 1990 se celebró en Sendai (Japón) una conferencia de alto nivel sobre el tema "Nuevas tendencias en ciencia y tecnología: repercusiones para la paz y la seguridad internacionales" a la que asistieron científicos, analistas de estrategias, expertos en limitación de armamentos y en desarme, y políticos y diplomáticos de más de 20 países.

7. En la conferencia de Sendai se trataron cuestiones relativas a la evolución tecnológica y la seguridad mundial, a las nuevas tecnologías y la búsqueda de seguridad en la era posterior a la guerra fría, y a las decisiones políticas a nivel nacional y la diplomacia internacional en una era de rápida evolución

/...

tecnológica. Distintos grupos de trabajo deliberaron sobre métodos generales de evaluación de tecnologías y las tendencias tecnológicas en determinados sectores. El grupo de trabajo sobre "Tendencias tecnológicas en determinados sectores" debatió distintas evaluaciones preparadas por los expertos en cinco esferas específicas, bajo la presidencia de Sir Ronald Mason, ex asesor científico del Ministerio de Defensa del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. Los resultados de estas deliberaciones se describen más adelante.

8. El presente informe se presenta a la Asamblea General en cumplimiento de las resoluciones 43/77 A y 44/118 A. El Secretario General, en el desempeño de su mandato, señaló a la atención de los Estados Miembros, por nota verbal del 8 de febrero de 1989, los párrafos 2 y 3 de la resolución 43/77 A de la Asamblea General. Las respuestas recibidas se incluyeron en el informe que presentó a la Asamblea General en su cuadragésimo cuarto período de sesiones (A/44/487 y Add.1 y 2). En otra nota verbal de fecha 16 de febrero de 1990, el Secretario General señaló a la atención de los Estados Miembros los párrafos 3 y 4 de la resolución 44/118 A de la Asamblea General. Se recibieron respuestas de Italia (en nombre de la Comunidad Económica Europea), México, la República Socialista Soviética de Bielorrusia, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, la República Socialista Soviética de Ucrania y Togo. Todas estas respuestas se han tenido en cuenta en la preparación del presente informe.

## II. VISION GENERAL DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS Y LA SEGURIDAD INTERNACIONAL

9. En los últimos años se ha expresado cierta preocupación porque la tecnología moderna haya adquirido un impulso independiente y porque los avances tecnológicos estén superando la capacidad del proceso político de búsqueda de la seguridad en un nivel más reducido de armamentos y tropas. A la luz de los acontecimientos políticos de los dos últimos años, se añade hoy una nueva preocupación: la de que la moderna tecnología quizás no esté reaccionando en el sentido de apoyar la consolidación de esa evolución política. Es pues posible que, en cierto modo, los modernos progresos tecnológicos estén entorpeciendo y no favoreciendo la lucha por la seguridad internacional.

10. El espectacular mejoramiento de las relaciones Este-Oeste ha entrañado un importante cambio del medio ambiente de la seguridad internacional. Con la aplicación del Tratado entre los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sobre la eliminación de sus misiles de alcance intermedio y de menor alcance (INF) 1/, en 1987-1988 se está eliminando toda una clase de sistemas de armas nucleares. Se ofrecen nuevas oportunidades para la reducción, la eliminación y la destrucción de armas nucleares, químicas y convencionales. En la liza política, salvo algunas excepciones, se presenta una tendencia dominante hacia la sustitución del enfrentamiento por el diálogo, de la rivalidad por la cooperación. Además el mundo entero tiene que hacer frente a un conjunto sin precedentes de amenazas no militares a la seguridad internacional, como la degradación ecológica, la contaminación ambiental y las tensiones políticas debidas a la persistente brecha económica que separa a los países industrializados de los países en desarrollo.

11. En este nuevo clima de seguridad internacional, las preocupaciones sobre la índole y la dirección del cambio tecnológico son básicamente de doble naturaleza. La primera, el profundo interés en que la moderna tecnología facilite y no entorpezca las tendencias positivas de las relaciones internacionales. Más concretamente, lo que se teme es que la aplicación de las nuevas tecnologías pueda entorpecer el continuo perfeccionamiento cualitativo de las armas nucleares, en momentos en que se trata de reducir su número o de eliminarlas totalmente. El uso de nuevas tecnologías para la modernización cualitativa de los sistemas convencionales de armas podría hacerlas mucho más mortíferas y aumentar enormemente su alcance y su exactitud. Los progresos tecnológicos podrían también llevar al desarrollo de nuevas armas basadas en la aplicación de modernos principios físicos, como las armas de haces de partículas atómicas.

12. Otra preocupación, de índole más filosófica, nace del hecho de que en muchos aspectos la tecnología moderna no se ocupa de los problemas apremiantes que afectan al mundo. Si bien se reconoce en general que la difusión de tecnologías contribuiría a cerrar la brecha económica que separa a países industrializados de países en desarrollo, se tienen también dudas de que la comunidad internacional esté en condiciones de corregir algunos de los efectos perjudiciales de la proliferación tecnológica. Al respecto tienen particular importancia los temores de que países que no se han adherido a los acuerdos existentes de limitación de armas muy probablemente desarrollen, adquieran y utilicen armas nucleares, químicas y biológicas. Los temores sobre la posibilidad de que se utilice impropia mente una combinación de varias tecnologías disponibles por un grupo nacional o subnacional han sido avivados por la persistencia de tensiones y conflictos en varias partes del mundo.

13. La tecnología por sí sola no amenaza a nadie. Los esfuerzos por orientar la dirección de los cambios tecnológicos sólo podrán tener éxito si se tienen en cuenta las realidades de la vida contemporánea. El estado actual del progreso tecnológico representa decenios de conocimientos acumulados que no pueden borrarse. Carece de realismo creer que el proceso de innovación tecnológica se puede congelar para impedir sus aplicaciones militares. A pesar de ello, las mismas tecnologías capaces de mejorar los sistemas existentes de armas, muchas veces pueden usarse para limitarlas, destruirlas o convertirlas. Algunas de las tecnologías con capacidad militar que podrían verdaderamente fomentar y no amenazar la seguridad internacional son las tecnologías de comunicaciones - para el aviso anticipado de conflictos en ciernes - y el empleo de técnicas de teleobservación - para la verificación - y el desarrollo de técnicas adecuadas de eliminación de armamentos que sean ecológicamente seguros.

14. Han salido ahora a la luz pública varias nuevas tecnologías que, si se desarrollaran y emplearan plenamente, podrían tener consecuencias sobre las capacidades militares existentes. A continuación se examinan los principales sectores de innovaciones científicas y tecnológicas de un modo que forzosamente es breve y más ilustrativo que exhaustivo. Esta reseña proporciona una descripción básica de la naturaleza de las tecnologías involucradas y describe a grandes rasgos las principales tendencias, ofreciendo algunas ilustraciones de sus posibles aplicaciones civiles y militares.

### III. TENDENCIAS DE LA TECNOLOGÍA EN ALGUNAS ESFERAS

#### A. Tecnología nuclear\*

15. La expresión tecnología nuclear puede interpretarse en términos generales como "el aprovechamiento de las diversas propiedades de los núcleos atómicos". Después de tres o cuatro decenios de rápido desarrollo, la tecnología nuclear ha madurado y se encuentra actualmente en una situación donde no parece posible que en el futuro inmediato se logren progresos considerables. Las tendencias actuales son en general extrapolaciones de los avances del pasado.

16. Hay dos esferas subsidiarias importantes de la tecnología nuclear que son la de los dispositivos explosivos nucleares y la de la producción de energía nuclear. Los métodos de eliminación y producción de "materiales nucleares especiales" son también pertinentes, por ofrecer posibles nuevas aplicaciones militares, como la generación de rayos láser en el espectro de los rayos X y la generación de haces de partículas. Aunque sea sumamente importante desde un punto de vista estratégico, el perfeccionamiento de vehículos vectores y plataformas de armamentos no está relacionado científicamente con la tecnología nuclear.

#### Dispositivos explosivos nucleares

17. Una ojiva nuclear contiene un dispositivo explosivo que deriva su energía ya sea de la fisión, ya de una combinación de fisión y fusión. Incluso antes de mediados del decenio de 1950 ya se habían logrado importantes avances en el desarrollo de dispositivos explosivos de fisión y hoy no se prevén mejoras considerables. La posibilidad de utilizar uranio 233 como material para armas nucleares se ha conocido desde hace tiempo, pero no parece ofrecer ninguna ventaja sustancial.

18. No se sabe bien si hay un límite técnico superior de la potencia de los explosivos de fisión. Sí se sabe, en cambio, que no existe un límite inferior a la capacidad explosiva de un dispositivo de fisión. En el decenio de 1960 y nuevamente a fines del de 1970 se tuvo temor de que "las minibombas nucleares", de potencia muy reducida, podrían confundir la distinción entre armas convencionales y nucleares. Durante cierto tiempo los Estados Unidos emplazaron un misil de corto alcance, el "Davy Crockett", que llevaba una ojiva nuclear de la que se decía tenía una potencia de 0,25 kilotones o menos. En 1971 el arma fue retirada del servicio activo sin ser reemplazada. Desde el decenio de 1960 ni los Estados Unidos ni ningún otro país han puesto en servicio un arma similar.

---

\* Las contribuciones para la presente sección han sido aportadas por el Dr. Tor Larsson, Coordinador de Investigaciones Relacionadas con Armas Nucleares, del Establecimiento Nacional de Investigaciones para la Defensa, Estocolmo (Suecia) y el Dr. John Hopkins, Director Asociado (funciones discrecionales) del Laboratorio Nacional de los Alamos, Nuevo México, Estados Unidos de América.

19. Desde que se demostró por primera vez en 1951, la técnica para aprovechar la fusión en un explosivo nuclear se ha perfeccionado a un ritmo acelerado para construir ojivas nucleares de prácticamente potencia ilimitada, para derivar energía de la fisión del uranio 238 y para mejorar aún más la relación entre potencia y peso de las ojivas nucleares. Se han realizado esfuerzos considerables en los últimos 25 ó 30 años para diseñar una arma de fusión que no necesite un detonador de fisión nuclear, en particular provocando la fusión nuclear mediante rayos láser. Para todos los fines prácticos el problema aún no se ha resuelto.

20. Se supone que la potencia explosiva de un dispositivo termonuclear no tiene límite superior. Sin embargo, ya no se procuran potencias mayores. La tendencia general es ahora hacia ojivas nucleares más pequeñas y livianas. Las posibilidades más interesantes parecen ser ahora la adaptación especial de las ojivas para mejorar o suprimir distintos efectos de la explosión. Ejemplos de esta adaptación son las armas de radiación reforzada (bombas de neutrones), que emiten un impulso en una gama de frecuencias ampliada, o un campo de radiación conformado, y las ojivas de penetración del suelo, para maximizar los efectos de la onda de choque terrestre sobre las instalaciones subterráneas. Ninguna de estas modificaciones de la ojiva nuclear se ha llevado aún a la práctica.

21. En general los progresos en el perfeccionamiento de las ojivas dependerán de la realización continua de ensayos. Los ensayos son también, al parecer, necesarios para los Estados que acaben de obtener armas nucleares y que deseen perfeccionar ojivas termonucleares o dispositivos de fisión avanzados. Es asimismo dudoso que pueda mantenerse un arsenal sin realizar ensayos, pero la mayor parte de los estudios sobre efectos podrían realizarse mediante simulaciones.

#### Producción de energía nuclear

22. La energía nuclear tiene varias aplicaciones, entre las cuales la producción de energía para uso civil es, evidentemente, la más importante. La preocupación por la relación que vincula la producción de energía nuclear con la proliferación de armas nucleares no ha sido calmada, pero en la práctica los acontecimientos no han seguido a los de los escenarios hipotéticos más pesimistas que se habían supuesto. Los reactores de agua ordinaria, alimentados con uranio poco enriquecido, siguen siendo los generadores predominantes y probablemente seguirán siéndolo durante todo el decenio de 1990. Las proyecciones sobre la demanda de energía nuclear han sido revisadas para reducir las repetidas veces. Hasta la fecha, pues, no ha habido una gran escasez de combustible nuclear, ni una gran proliferación de instalaciones de enriquecimiento o reprocesamiento de combustibles, ni se ha establecido una "economía del plutonio".

23. En la opinión pública la preocupación por el medio ambiente ocupa un lugar importante. Esta preocupación tiene tanto que ver con la posibilidad de graves accidentes, como el de Chernobyl, como con la gestión de los desechos radiactivos. Actualmente, la labor de perfeccionamiento de la tecnología de reactores se orienta en gran medida hacia cuestiones de seguridad. Una cuestión interesante es la de la capacidad para fabricar y utilizar combustibles de mezcla de óxidos (MOX). La tecnología MOX es esencial para la destrucción de materiales fisionables si se logra concertar un acuerdo con tal finalidad. La probabilidad de conseguirlo se está haciendo paulatinamente mayor.

### Métodos para la producción de materiales nucleares

24. Los métodos para el enriquecimiento de uranio y para la producción de otros materiales nucleares, principalmente plutonio y tritio, han sido siempre objeto de observación permanente por el temor de la proliferación de armas nucleares. El perfeccionamiento de las técnicas de enriquecimiento de uranio no ha sido extraordinario, debido en parte a que el crecimiento de la demanda de energía nuclear ha sido menor de lo esperado. Con ayuda de rayos láser se podría producir uranio altamente enriquecido, apto para la producción de armas y sería también técnicamente posible fabricar plutonio de una calidad apta para reactores que fuera más idóneo para fabricar armas nucleares si se elimina parte del plutonio 240 mediante rayos láser. A pesar de esto, las técnicas de enriquecimiento con rayos láser siguen siendo técnicas que aún no han madurado totalmente. El nivel de los progresos logrados en las técnicas de separación de isótopos mediante rayos láser aún debe evaluarse. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha calculado que los rayos láser podrían proporcionar la cuarta parte del total del trabajo de separación necesario para obtener combustibles para reactor a principios del próximo milenio. Hace mucho tiempo que se ha reconocido, como posibilidad teórica, la producción de materiales nucleares mediante aceleradores. Esta cuestión reviste interés para los problemas de la proliferación, ya que los aceleradores, a diferencia de los reactores, no son objeto de vigilancia internacional.

### Aplicaciones varias

25. En el contexto del desarme y de la seguridad despiertan interés varias otras aplicaciones de la energía nuclear, las partículas nucleares o la radiación nuclear. Una, que al parecer no es demasiado realista, es el empleo de sustancias radiactivas como armas. Habida cuenta de que las radiaciones ionizantes nunca causan la muerte instantánea, incluso a muy altas intensidades, el uso de armas radiológicas en el campo de batalla no resulta práctico. La contaminación residual en la zona donde se usaran vedaría toda actividad humana normal durante muchos años.

26. Debido a que las armas radiológicas son poco atractivas, tanto desde el punto de vista militar como del ecológico, las negociaciones para prohibir su uso comenzaron hace unos 20 años y se esperaba llegar rápidamente a un acuerdo. Al proponerse que el acuerdo prohibiera también los ataques contra las plantas de energía nuclear, sin embargo, las negociaciones se paralizaron. Esta situación todavía subsiste aunque los ataques contra las plantas de energía nuclear estén actualmente prohibidos por el artículo 56 del primer Protocolo adicional a los Convenios de Ginebra de 1949.

### Los rayos láser y las haces de partículas

27. Los rayos láser, en su propia condición de rayos o como armas de rayos láser tienen una triple relación con la tecnología de las armas nucleares. Se considera que los rayos láser son un posible componente importante de un sistema de defensa contra misiles estratégicos, así como una amenaza para las instalaciones con base espacial de comando, control, comunicaciones e inteligencia ("C<sup>3</sup>I"). El láser de rayos X se ha discutido como componente de una defensa contra misiles balísticos

y se ha sugerido que debía utilizar un dispositivo nuclear cuya explosión proporcionaría la fuente de energía. Teniendo en cuenta que esto hace necesario que el generador de rayos láser y el dispositivo nuclear se construyan unidos y se aniquilen simultáneamente, este generador de rayos X láser podría considerarse ejemplo de una adaptación especializada y avanzada de un arma nuclear. Aparentemente, el interés en los láser de rayos X como armas ha comenzado a disminuir y no solamente por el menor interés en los programas de defensa espacial y por haberse hecho una evaluación actualizada de la relación entre costos y beneficios de toda la idea del sistema.

28. En comparación con la tecnología de generación de rayos X láser la tecnología de haces de partículas es muy anterior. Los escritores de ficción científica hablaban de armas de haces mucho antes de que se inventaran los láser, puesto que los aceleradores de partículas ya se estaban construyendo en el decenio de 1930. Para poder usarse como arma, un haz de alta energía debe recorrer grandes distancias en la atmósfera o en el espacio y los problemas que entraña esta propagación imponen restricciones adicionales muy considerables. Por una parte, los campos electromagnéticos sólo pueden acelerar partículas con cargas eléctricas. Por la otra, cuando las partículas cargadas pasan a través de la materia pierden rápidamente su energía cinética al ionizar los átomos que impactan o que atraviesan.

29. Los haces de partículas neutras, que son actualmente el objeto principal de los trabajos de investigación y desarrollo, emplean átomos de hidrógeno ionizado. La técnica, en principio, ya se conoce en los laboratorios. Por lo que se sabe, los haces de partículas neutras no serían armas eficaces. Se calcula que sería necesario aumentar la potencia por un factor de cien sobre la actualmente disponible para obtener un arma espacial y que no es probable que se logre alcanzar tal rendimiento en los próximos 20 a 25 años. Además, un acelerador de una potencia de este orden de magnitud, con su equipo conexo y la fuente de energía, sería sumamente grande y pesado en comparación con los equipos que se ensayan en la actualidad.

30. Sería mucho más factible utilizar un haz de partículas neutras para discriminar entre ojivas verdaderas y ojivas de señuelo en trayectoria en el espacio, una operación que requeriría mucho menos energía que la necesaria para destruir la ojiva. Los experimentos de laboratorio realizados sobre cortas distancias han indicado que, en principio, la técnica funciona, pero que aún quedan enormes problemas prácticos por resolver.

#### La tecnología nuclear y la verificación

31. Una mejor comprensión de las radiaciones de las armas nucleares y de la fenomenología nuclear podría facilitar la elaboración de técnicas para verificar la observancia de los tratados que limitan los ensayos nucleares. La mayor parte de los métodos y procedimientos de verificación de que se dispone hasta el momento son de índole no nuclear, con la excepción de los correspondientes al régimen de salvaguardias nucleares. Sin embargo, se presenta un nuevo tipo de problemas de verificación para el que se ha considerado el empleo de técnicas de medición de la radiación nuclear, por ejemplo, para verificar la posible presencia de armas nucleares en un determinado lugar, especialmente a bordo de buques.

32. En principio, no es difícil determinar si un objeto desconocido es o no un dispositivo nuclear. Los métodos de investigación podrían ser pasivos o activos. Los métodos pasivos pueden detectar, registrar y analizar diversas formas de radiación emitida por el objeto que se investiga. Los métodos activos comprenden la irradiación mediante fuentes externas de distinto tipo y un análisis posterior de las señales que emite del objeto. La investigación activa podría entrañar el registro de imágenes de transmisión o dispersión de rayos X. Para diagnosticar la existencia de armas nucleares quizás sean más útiles otras formas de irradiación que empleen partículas ionizantes, neutrones o rayos gamma. Pero para poder utilizar un sistema tal se requeriría: a) un equipo más diversificado y de más difícil manejo que los detectores pasivos; b) un mayor grado de injerencia, dedicando más tiempo y acercándose más a los objetos de interés y c) un conocimiento detallado de las posibles consecuencias de irradiar materiales y componentes que contengan la presunta arma nuclear.

33. No hay perspectivas de descubrir nuevos principios básicos que permitan construir detectores más sensibles. Con seguridad continuarán lográndose mejoras parciales en los sistemas existentes y podrían llegar a fabricarse sensores más grandes, a pesar del mayor gasto que ello representaría. Sin embargo, no puede eliminarse la radiación de fondo. Por estas razones habrá siempre un límite a la capacidad de discriminación de los sistemas de detección. Tampoco es posible descartar categóricamente el problema que plantearía el uso de blindajes de la radiación para impedir la verificación.

#### B. Tecnología espacial\*

34. La tecnología espacial no constituye una disciplina de estudios independiente. Por basarse en numerosas especialidades científicas distintas podría considerarse como una reunión de nuevas tecnologías orientadas hacia la exploración y la explotación de esa vasta región del universo que se encuentra más allá de la atmósfera. Desde la química aplicada al desarrollo de los propulsores de cohetes y la matemática empleada en los cálculos de las órbitas, hasta la sicología que estudia el aislamiento prácticamente total de los astronautas en condiciones de gravedad nula, prácticamente todos los sectores de la ciencia moderna han contribuido a la tecnología espacial.

35. Desde que se colocó el primer satélite en órbita en 1957 las capacidades espaciales se han desarrollado esencialmente en cuatro sectores: el transporte en el espacio, los sensores, los vehículos especiales y el segmento terrestre. Gran parte de esta capacidad son únicas en su género y no pueden duplicarse mediante el uso de sistemas de transporte aéreo o terrestre. Los datos obtenidos con sistemas espaciales, por ejemplo, pueden ser de 20 a 100 veces más exactos, abarcar un área porcentual mucho mayor de la superficie terrestre y ponerse a disposición del mundo las 24 horas del día en todas las condiciones meteorológicas. Un sistema de satélites es también un sistema pasivo en el sentido de que el usuario recibe los datos sin revelar su propia ubicación.

---

\* Las contribuciones para la presente sección fueron hechas por el Dr. Bhupendra Jasani, miembro del Instituto Internacional de Estocolmo para la Investigación de la Paz (Londres) y el Dr. George Lindsey, ex jefe de Investigaciones y Desarrollo del Departamento de Defensa Nacional del Canadá.

36. Las observaciones desde el espacio son ya cuestión de rutina en la vigilancia de cosechas, en silvicultura, en la planificación de zonas urbanas, en la búsqueda de petróleo y gas y en las investigaciones oceánicas, así como en el reconocimiento de los océanos para organizar actividades de pesca. Se han utilizado sensores desde alturas de 800 kilómetros a 900 kilómetros para observar la superficie terrestre para poder explotar y utilizar con mayor eficiencia los recursos naturales. La navegación con ayuda de satélites permite determinar la posición con una exactitud de unas pocas decenas de metros. Se está utilizando cada vez más frecuentemente los sistemas de comunicación y navegación basados en el uso de satélites para las redes de transporte civil, marítimas y terrestres. Las posibilidades para mejorar la exactitud en el pronóstico meteorológico a mediano y largo plazo mediante el uso de vehículos espaciales en órbita ya se ha reconocido desde hace mucho y en la actualidad se emplea extensamente. Algunas de las mejoras en materia de teleobservación y de satélites sobre las que se trabaja en la actualidad podrían también lograr resultados promisorios para la solución de problemas como el agotamiento de la capa de ozono, el aumento en la concentración de gases termorreflectores causantes del efecto de invernadero, la acidificación de lagos y bosques, la deforestación en gran escala y la contaminación de los océanos.

37. Las actividades militares en el espacio corresponden a cinco misiones tradicionales de apoyo: las comunicaciones, el reconocimiento y la vigilancia, la navegación, la meteorología y la geodesia. La facilidad con la que pueden ejercerse el comando y el control mediante las comunicaciones basadas en satélite hacen a los comandantes militares cada vez más dependientes de los sistemas espaciales. Se utilizan técnicas de teleobservación para seguir los movimientos de las flotas, localizar objetivos en la retaguardia, distinguir las líneas de abastecimiento y comando del enemigo, vigilar las actividades en las bases aéreas, interceptar las comunicaciones de campaña, alertar sobre avances del enemigo y muchas otras aplicaciones similares. Los sistemas de navegación por satélite proporcionan información para actualizar los sistemas de navegación inercial de los misiles estratégicos y permiten determinar la posición con alta exactitud en tres dimensiones y en todo el mundo. Los satélites de estudios meteorológicos y levantamientos geodésicos pueden proporcionar datos para las operaciones estratégicas o información meteorológica táctica para el comandante en el campo de batalla. El volumen de datos que puede obtenerse, procesado en computadoras cada vez más poderosas, permite obtener pronósticos detallados y a largo plazo.

38. En términos generales, en la actualidad las tecnologías espaciales y otras tecnologías conexas muestran una tendencia hacia el perfeccionamiento de sensores instalados a bordo de satélites, vehículos espaciales con mayor capacidad de supervivencia y mejores sistemas de comando y control. Tanto los progresos parciales como las mejoras radicales en uno u otro de esos sectores podrían contribuir a mejorar la eficacia de las tradicionales misiones militares de apoyo en el espacio. Los progresos tecnológicos también hacen posible la realización en el futuro de toda una serie de misiones militares en el espacio. Entre las previstas, las más frecuentemente debatidas son las siguientes 2/.

### Perfeccionamiento de la capacidad de las armas nucleares con base en el espacio

39. La capacidad podría mejorarse en cuatro aspectos. El primero: podrían utilizarse sensores espaciales para localizar y dirigir ataques contra objetivos móviles o reubicables del adversario, como radares de defensa aérea, misiles móviles, puestos de comando móviles (incluso aerotransportados), entre otros. Un segundo perfeccionamiento podría ser instalar medios de evaluar los daños infligidos al adversario en un ataque nuclear inicial, para atacar nuevamente todo objetivo que hubiera sobrevivido el ataque. Esto podría reducir la necesidad de buscar objetivos y la magnitud del arsenal requerido para satisfacerla. Una tercera posibilidad sería el uso de métodos de navegación por satélite para reducir los errores de los sistemas de guía de misiles a decenas más que a centenares de pies, abriendo así el paso a armas nucleares estratégicas de menor potencia e incluso a armas estratégicas no nucleares. Un cuarto uso de la navegación por satélite sería reducir el costo de misiles como el Midgetman que, en caso contrario, tendrían que portar un costoso sistema de guía para que su exactitud sea la suficiente para destruir silos.

### Apoyo a fuerzas convencionales

40. Es esta una extensa categoría que abarca desde la vigilancia de la retaguardia hasta la participación detallada en las operaciones en el campo de batalla, como la localización de blancos, la guía de armas "inteligentes" hacia ellos, y la retransmisión de tráfico telefónico y tráfico de datos.

### Armas antisatélite y de defensa de satélites

41. Esta categoría abarca todas las armas que caracterizan a la competencia militar en el espacio: a) minas, armas de energía dirigida, armas de energía cinética, transmisores de interferencia y agrupaciones de contramedidas electrónicas para destruir o engañar a los satélites del enemigo; b) escoltas defensivas para los satélites amigos, que lleven consigo sistemas de interferencia, señuelos, blindajes o armas para combatir a los sistemas de armas antisatélite (ASAT) y c) sensores de rastreo e identificación para misiones como las mencionadas y para la supervisión de la observación de tratados.

### Armas espacio-tierra

42. Estos tipos de armas hipotéticas incluirían las armas de haces de partículas, los vehículos orbitales de reentrada con armas nucleares y armas convencionales, y los generadores de impulsos electromagnéticos. Las armas de rayos de partículas dirigidos del espacio a la tierra deben luchar contra la atenuación producida por la atmósfera y poder atravesar el blindaje, de considerable eficacia, que puede instalarse para proteger a los blancos terrestres. No se sabe que los vehículos de reentrada con armas nucleares conservados en órbitas espaciales puedan competir desde el punto de vista del costo, la exactitud, el mando y el control con los vehículos de reentrada conservados en el cono de la de los misiles balísticos intercontinentales.

43. Algunas de las hipotéticas posibilidades tecnológicas del futuro enumeradas precedentemente se considera que son técnicamente demasiado imaginativas o que atacan problemas de interés militar secundario, para no mencionar su costo prohibitivo. Para ser eficaces como sistemas de base en el espacio, las armas de energía cinética y las armas de energía dirigida, por ejemplo, deben contar con sistemas de vigilancia y búsqueda de blancos, poder discriminar contra señuelos, tener sistemas de puntería y seguimiento, capacidad de evaluación de la posibilidad destructiva, armas apropiadas y dispositivos infalibles de mando y control. Todas estas exigencias imponen nuevos desarrollos tecnológicos y quizás sólo permitan una defensa limitada contra las armas nucleares. Además, los costos de las misiones hipotéticas siguen siendo incalculables. A este respecto, si la odisea del hombre en el espacio nos ha dejado una valiosa lección es la de que el costo de liberarse de la gravedad terrestre sigue siendo sumamente elevado.

44. Existen actualmente tres importantes tratados en vigor que reglamentan los diversos aspectos del uso del espacio ultraterrestre para fines militares:

a) El Tratado por el que se prohíben los ensayos con armas nucleares en la atmósfera, el espacio ultraterrestre y debajo del agua ("Tratado de Prohibición Parcial") 3/, de 1963, que prohíbe las explosiones nucleares como los ensayos de armas nucleares en el espacio ultraterrestre;

b) El Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes ("Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre"), de 1967 (resolución 2222 (XXI) de la Asamblea General, anexo), que prohíbe el emplazamiento de armas de destrucción en masa en el espacio ultraterrestre;

c) El Tratado entre los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sobre la limitación de los sistemas de misiles antibalísticos ("Tratado sobre misiles antibalísticos") 4/, de 1972, que prohíbe el ensayo, el desarrollo y el emplazamiento de sistemas o componentes de misiles antibalísticos con base en el espacio.

45. Aun cuando se hayan llevado a cabo, con carácter rutinario, misiones de apoyo militar, el espacio ultraterrestre no se ha convertido aún en un lugar para el emplazamiento de armamentos. Actualmente existen en el espacio de 5.000 a 6.000 objetos producidos por la mano del hombre. No todos tienen la misma capacidad para realizar misiones de apoyo militar. Existe también una enorme diferencia en el grado de complejidad tecnológica de unos a otros. Se sabe que se han dedicado considerables recursos humanos, técnicos y financieros para proteger el capital existente con base en el espacio contra la destrucción por el adversario y para adquirir los medios tecnológicos para destruir estos mismos sistemas. Vemos aquí una paradoja básica del dinamismo tecnológico de la capacidad militar con base en el espacio. En la medida en que se suprime la posibilidad de disponer de armas antisatélite, si existe una situación de competencia militar en el espacio persistirá la tentación de emplazar vehículos espaciales con capacidad de agresión. Y, en la medida en que se emplacen esos vehículos espaciales, seguirán las presiones para emplazar armas antisatélites 5/.

46. La eliminación de la suspicacia sobre las intenciones de la otra parte, es, pues, de interés mutuo para las potencias militares que tengan capacidad militar con base espacial. Existen varias nuevas tecnologías que hacen posible el empleo de sensores remotos para fomentar la confianza entre las potencias militares con capacidad espacial y para facilitar la conclusión de acuerdos sobre el control de varios tipos de armas. El principal beneficio de este tipo de sistema es que, por lo menos teóricamente, permitiría el uso de medios de verificación que sólo pueden funcionar eficazmente a corta distancia, sin comprometer la integridad del sistema de armamentos ni poner en peligro la seguridad militar.

47. Los sensores remotos podrían usarse también para supervisar los acuerdos sobre el establecimiento de líneas de cesación del fuego, zonas desmilitarizadas y otras medidas de control de conflictos militares. El empleo de satélites para suministrar información en situaciones de crisis, para facilitar las comunicaciones, verificar las medidas sobre limitación de armamentos y alertar sobre peligros de accidentes inminentes ya ha sido aceptado como una aplicación con fines pacíficos de la capacidad militar espacial.

#### C. Tecnología de materiales\*

48. La tecnología de materiales es una tecnología sobre productos y procesos que se ocupa de la naturaleza intrínseca y fundamental de los materiales, de su reacción ante los estímulos externos y de sus propiedades y características cuando se los expone a diversas condiciones ambientales. En el pasado, el hombre usaba las materias primas que le proporcionaba la naturaleza. La nueva tecnología de materiales pasa de la era de materias primas naturales a la era de materias primas artificiales.

49. Los materiales estructurales proporcionan simplemente la fuerza mecánica o la rigidez para soportar estructuras. Los materiales funcionales tienen propiedades especiales que desempeñan un papel activo en dispositivos o aplicaciones, como la conducción de electricidad, la transmisión óptica o la separación de productos químicos. Los metales, las aleaciones, los polímeros, los vidrios y los materiales cerámicos tradicionales no parecen satisfacer todos los requisitos de una industria avanzada, incluido su sector militar. Los más modernos materiales compuestos, es decir, las mezclas de dos o más fases por lo común dispersas en una matriz de material cementoso, se han desarrollado en los últimos 20 años. Aunque esté evolucionando a un ritmo extraordinario, la tecnología de los materiales compuestos es una tecnología relativamente falta de madurez. Los progresos se deben principalmente a la necesidad de reducir el peso y mejorar la eficiencia de los vehículos espaciales y las aeronaves civiles y militares.

---

\* Las contribuciones para esta sección han sido aportadas por el Dr. Ian McGill, Gerente de Investigaciones, Centro de Tecnología Johnson Matthey de Reading, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y el Dr. Leslie Smith, Jefe de la División de Polímeros del Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Maryland, Estados Unidos de América.

50. Gran parte de los progresos logrados en la actualidad se basa, más que en el descubrimiento de nuevos materiales, en procesos que afectan y generan propiedades y características totalmente nuevas. Ejemplos de dichos procesos son la rápida solidificación, el pasaje a estado sólido amorfo y la emulsificación en estado líquido con pasaje a estado amorfo. La difusión de las estructuras logradas mediante estos progresos científicos proporciona poca información sobre los procesos involucrados y en este sentido la tecnología de nuevos materiales se encuentra bastante a salvo de la llamada ingeniería inversa. La tecnología de los aviones inobservables, por ejemplo, se basa extensamente en el uso de materiales compuestos derivados totalmente de materiales orgánicos.

51. Un sector de interés particular dentro de las tecnologías de nuevos materiales es el de los materiales para temperaturas muy altas o muy reducidas. La elevada densidad de energía de los nuevos materiales magnéticos está revolucionando el diseño de equipos electromecánicos y electromagnéticos. Los sistemas de alta energía son particularmente ventajosos por permitir la miniaturización de componentes y mejorar la eficiencia de los equipos. También se está experimentando con los fenómenos de magnetostricción en compuestos con tierras raras por los posibles beneficios que puede resultar de su uso en equipos de sonar submarino y en otros dispositivos acústicos avanzados.

52. También se están desarrollando sistemas de almacenamiento y recuperación de datos basados en el empleo de delgadas capas metálicas múltiples. La próxima generación de medios para el almacenamiento y la recuperación de datos en registros magnéticos y ópticos, que se basa en tecnologías termo-magneto-ópticas, exigirá disponer de una capacidad para almacenar una cantidad cada vez mayor de información por unidad de superficie de material. Los sistemas de armamentos de avanzada, de defensa espacial y de comunicación por satélites que requieran capacidad para almacenar y recopilar rápidamente datos dependerán de que las nuevas tecnologías desarrollen los materiales que ofrezcan esa capacidad.

53. Las aplicaciones militares y aeroespaciales motivan también a la nueva tecnología de materiales a perfeccionar técnicas para lograr resistencia a la oxidación a gran temperatura. Se tienen indicaciones de que algunos materiales compuestos a base de carbón sólo se oxidan ligeramente después de ser sometidos a centenares de horas de ciclos térmicos a temperaturas de hasta 1.400°C. Para las futuras aplicaciones, como el uso en los componentes de direccionamiento de los gases impulsores de escape en aviones de combate, en álabes estáticos y rotativos de turbinas y en blindaje térmico de misiles tácticos hipersónicos y de varios vehículos vectores de reentrada, es necesario lograr materiales que resistan la oxidación hasta la temperatura de 2.100°C.

54. El uso de materiales compuestos como sustituto del aluminio y de otros metales en aviones de reacción para mejorar la eficiencia de consumo y reducir el peso ha ganado una cierta medida de aceptación en los sectores comercial y militar de la industria aeroespacial. Si se los somete a un tratamiento adecuado, algunos materiales plásticos de elevada resistencia y peso reducido pueden duplicar la resistencia del aluminio con la mitad de su peso. Algunos programas de investigación de la industria aeroespacial tienen actualmente por fin reducir el peso de las aeronaves en un 40% a 50%, disminuir los costos de adquisición en 20% y reducir el número de piezas necesarias en un 50%. Sin embargo, aún queda por

evaluar la viabilidad económica en gran escala y el valor estratégico inmediato de una aeronave de reacción fabricada con materiales compuestos. Los materiales compuestos son costosos, su fabricación requiere mucho tiempo y su transporte requiere que se los maneje en un medio controlado y refrigerado.

55. Los avances comerciales en lo relativo a nuevos materiales se consideran también pertinentes para mejorar el blindaje de los tanques y de las armas antitanque. Los científicos interesados en el impacto de proyectiles, por ejemplo, han estado intrigados por el comportamiento de cerámicas fabricadas a mano cuando reciben el impacto de proyectiles metálicos de alta velocidad. Los experimentos demuestran que el frágil material cerámico resulta pulverizado por el impacto pero que, por causa de cambio químico que ha sufrido, los fragmentos se expanden y obturan el agujero a medida que la punta del proyectil que se desplaza la perfora. Cuando se expanden las partículas de cerámica, extremadamente duras, reducen el cuerpo del proyectil y así lo neutralizan.

56. Los avances de la tecnología de nuevos materiales, solos o en unión con otras tecnologías, podrían ofrecer nuevas posibilidades en materia de equipo militar y planificación estratégica g/. Las técnicas de superendurecimiento basadas en nuevos métodos de fabricación de materiales podrán asegurar la supervivencia de un silo de misiles balísticos intercontinentales contra toda una serie de efectos nucleares, explosivos, térmicos o eléctricos. El conocimiento para endurecer componentes electrónicos muy pequeños y sensibles como los aparatos radiotelefónicos, es sólo el principio. Dados los progresos logrados hasta el momento, por lo menos en materia de comprensión teórica, las técnicas podrían aplicarse a sistemas con base en la tierra o en el mar, aéreos o espaciales. Los progresos en el diseño de propulsores y en la fabricación de materiales podrían hacer posible instalar en misiles de crucero vehículos de reentrada con cabezales múltiples dirigidos independientemente (MIRV) aunque este tipo de instalación esté prohibido por el Tratado entre los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas sobre la limitación de las armas estratégicas ofensivas (SALT II) (Resolución 37/100 B de la Asamblea General). La construcción de ojivas béticas convertibles para transportar ojivas convencionales y darles alcance estratégico podría ser una aplicación bastante directa de los conocimientos ya existentes sobre componentes nucleares insertables. Se están desarrollando sistemas aerodinámicos capaces de frustrar la capacidad prevista de los sistemas de detección y seguimiento, lo que harían reduciendo o suprimiendo características observables, como las características estructurales de la propia aeronave. Las modificaciones del diseño de los ángulos de las superficies de sustentación y de estructura de las bocas de admisión del motor pueden reducir sustancialmente la probabilidad de detección por radar, en particular si, además de estas modificaciones, se utilizan materiales absorbentes del radar.

57. La tecnología de materiales se encuentra actualmente en un estado de efervescencia. Muchos de los avances de la tecnología de nuevos materiales son también derivaciones aparentes de investigaciones civiles comensadas, en algunos casos, hace varios decenios. Su potencial militar puede comprenderse mejor si se reconoce que la modificación de la estructura molecular de los materiales ha tenido efectos trascendentes sobre la eficacia militar desde que el hombre descubrió cómo endurecer el acero. Sin embargo, sólo en este siglo se ha comenzado a comprender la estructura de la materia en suficiente detalle como para poder adaptar los

materiales a las necesidades. El vidrio y los materiales cerámicos, otrora sinónimos de fragilidad, pueden ser hoy más fuertes que el acero. La resistencia, el peso, las propiedades eléctricas, la temperatura de fusión y todas las demás características físicas son, en la actualidad, parámetros que pueden proyectarse y diseñarse, un hecho de enorme significado para los equipos militares del futuro. Hoy, la naturaleza de los materiales hace más o menos mortíferas a las armas, afecta la capacidad de supervivencia de las tropas, el funcionamiento de las aeronaves, los costos de producción de nuevos sistemas y todos los aspectos de todos los componentes del equipo de defensa. La búsqueda de mejoras de la eficacia de las armas ha dado origen a esfuerzos para producir materiales que superen a los anteriores, ya sea por su capacidad, su facilidad de fabricación o su costo. El perfeccionamiento futuro de materiales podrá permitir también diseños que actualmente no son posibles.

58. Si se consideran las consecuencias militares de las nuevas tecnologías se observa que la tecnología de materiales ocupa un lugar preponderante 7/. En la construcción de plataformas portadoras de armamentos, los nuevos materiales permitirán a las aeronaves volar más rápido, a los tanques resistir mejor los ataques, a los buques permanecer más tiempo en el mar y a los submarinos hacer incursiones a mayor distancia. La reducción del tamaño para mejorar el funcionamiento reduce la probabilidad de detección y posibilita integrar en el diseño materiales que en lugar de reflejar las señales de radar las absorben. Los motores de reacción que pueden funcionar a temperaturas superiores tienen mayor eficiencia y producen mayor empuje. Las comunicaciones serán más seguras y la densidad de información superior. Se dispondrá de mayor potencia de computación para guiar el arma, para el control y para el procesamiento de la información. Los nuevos sensores facilitarán la detección del enemigo con mayor facilidad durante el día y la noche. En el espacio, los nuevos materiales tendrán aun mayor importancia. Más aún, ha sido la necesidad de desarrollar materiales capaces de soportar el calor de la reentrada en la atmósfera lo que ha motivado gran parte de la investigación. La reducción de peso, el aumento de la resistencia y el aumento de la eficiencia del motor podrán en el futuro hacer menos clara la distinción entre los vehículos aéreos y los espaciales.

#### D. Tecnología de la información\*

59. "Información", término que tiene una gran variedad de significados, comprende desde datos sin elaborar y los resultados de su análisis, hasta el procesamiento involucrado y el conocimiento adquirido y utilizado. La informática, que proporciona los instrumentos fundamentales para la ordenación y la utilización eficaces de la información, incluye las técnicas requeridas para el procesamiento, el almacenamiento y la capacidad de telecomunicación configuradas en un sistema.

---

\* Las contribuciones para esta sección fueron aportadas por el Dr. Steven Squires de la Oficina de Ciencia y Tecnología de la Información del Organismo de Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa, Virginia, Estados Unidos de América y el Dr. Janet Aisbett, Científico Investigador Principal de la División de Tecnología de la Información del Laboratorio de Investigaciones Electrónicas, Australia.

60. Basada en una serie de innovaciones interrelacionadas introducidas en las tecnologías de la microelectrónica, la computación y las telecomunicaciones, la informática o tecnología de la información es una tecnología extraordinariamente difundida sobre la que se apoyan progresos logrados en las ciencias de materiales y las ciencias espaciales, nucleares y biotecnológicas aunque como tecnología dependa únicamente de las ciencias de materiales. Todas las principales tecnologías dependen considerablemente de la informática para sus investigaciones y sus sistemas de ordenación y control, hasta el punto de que en ocasiones se considera que la información constituye el núcleo central de la actual marea de cambios tecnológicos.

61. Para que una tecnología tenga efectos generalizados debe: a) generar una gran variedad de nuevos productos o servicios, o de ambos; b) tener aplicaciones en muchos sectores de la economía; c) reducir los costos y mejorar el funcionamiento de los procesos, productos y sistemas existentes; d) lograr una aceptación social generalizada con una mínima oposición y e) engendrar un fuerte interés industrial basado en la percepción de una redituabilidad y un aumento de la capacidad de competencia g/.

62. En todos estos puntos la tecnología de la información ocupa el primer lugar, como lo ilustra el siguiente cuadro, preparado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE):

Clasificación por orden de importancia económica  
de varias tecnologías genéricas a/

Características que favorecen o retrasan su difusión	Biotecnología	Tecnología de materiales	Tecnología espacial	Tecnología nuclear	Tecnología de la información
Serie de nuevos productos y servicios	4	4	2	2	9
Mejoramiento de costos o atributos técnicos de los procesos, servicios y productos existentes	3	4	2	1	9
Aceptación social	5	9	6	3	9
Intensidad del interés industrial privado	3	6	3	2	10
Sectores de aplicación	4	4	2	2	10
Probables repercusiones en el empleo en el decenio de 1990	2	2	1	1	10

Fuente: Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre los Aspectos Sociales de las Nuevas Tecnologías, París, 1988.

a/ Un valor de 10 representa el nivel más alto; un valor de 1 el menor.  
/...

63. La tecnología de la información o informática está progresando a un ritmo muy rápido y los plazos entre el perfeccionamiento de un proceso y su aplicación práctica se han reducido a dos o tres años. Anteriormente se consideraba que había límites físicos que pondrían fin al crecimiento exponencial de la capacidad de las computadoras, incluidos la miniaturización y el consumo de energía. Los nuevos materiales, sin embargo, han abierto nuevas posibilidades, como la de datos, superconductividad a altas temperaturas y el procesamiento óptico que mantendrán los ritmos de crecimiento de la capacidad de computación hasta muy entrado el próximo siglo. La nota dominante en este sector tecnológico la dan los dispositivos más baratos, más rápidos, más pequeños, que manejen una cantidad cada vez mayor de información en muy diferentes formatos, provenientes de fuentes diferentes. El soporte lógico - el software - sigue siendo el eslabón débil de la cadena. Por ello es cada vez más frecuente que la capacidad de los equipos se derive hacia perfeccionamientos que faciliten la tarea del usuario, hagan más breve el tiempo de desarrollo de los programas de aplicación, y reduzcan el costo de mantenimiento, pues 80% de los recursos dedicados a gastos de programación se dedican actualmente al mantenimiento de los sistemas.

64. La tecnología de la información, que a veces se describe como un eficaz multiplicador de fuerzas, podría producir prodigiosos avances en el sector militar, un sector que ha sido siempre uno de los primeros usuarios de las tecnologías de avanzada. Las aplicaciones militares se hacen generalmente en condiciones más difíciles, por el medio físico, por la necesidad de tener fiabilidad en situaciones que son críticas para la supervivencia, y por la necesidad de poder responder rápidamente en situaciones en que los plazos son perentorios. Como consumidor de tecnología de avanzada, el sector industrial militar hace aún más hincapié que el civil en la necesidad de adquirir una ventaja competitiva sobre los posibles adversarios.

65. El aprovechamiento de los progresos en la tecnología de la información por el sector militar podría dar lugar a aumentos notables en la eficiencia de las operaciones de reconocimiento y comunicaciones y aportar mayor exactitud a los sistemas de armamentos existentes. Las tecnologías para aplicaciones militares podrían entrañar: a) un notable mejoramiento de los sensores de distinto tipo capaces de distinguir señales débiles en sectores del espectro llenos de señales de interferencia; b) una marcada mejora de los sistemas de comando, control, comunicaciones e inteligencia (C<sup>3</sup>I), que permitiría un uso más flexible y tácticamente eficaz de las fuerzas militares y c) armas sumamente exactas, capaces de localizar y rastrear sus objetivos en forma autónoma. A la larga, el uso de sistemas de computadoras y de programación de avanzada podrían permitir la aplicación de inteligencia artificial a los sistemas militares. En combinación con la robótica estos avances tecnológicos podrían reducir las necesidades de recursos humanos necesarios por unidad de eficacia combativa; por lo menos para aquella parte de los recursos humanos que debe ocupar en situaciones de peligro.

66. Se sabe que parte considerable de la espiral de aumentos de los costos de armas y contramedidas se debe a gastos en los sistemas de información. Los complejos sistemas de navegación y comunicación, los de sensores, señuelos y armas, se integran cada vez más frecuentemente con una presentación más selectiva de la información utilizando métodos de procesamiento y presentación gráfica más avanzados. Tanto el diseño de los sistemas como la capacitación de los operadores

sancan provecho de simuladores más elaborados. Los sistemas de guía de misiles quedan mejor equipados para identificar objetivos, lo que hace posible tener armas cada vez más "brillantes". La tecnología de la información continúa desempeñando un papel vital en la elaboración de modelos para las nuevas generaciones de armamentos, por ejemplo, en la preparación de modelos de detonadores de armas atómicas mediante supercomputadoras.

67. Se comprende bien la importancia de los sistemas de C<sup>3</sup>I. Se necesita señalar la rapidez con que ocurren los cambios en los criterios sobre el comando y el control, así como en las normas de medición. Los nuevos sistemas de información no sólo están constituidos por centenares de componentes importantes, sino que su potencial operacional puede también variarse fundamentalmente mediante el intercambio de pequeños componentes. A medida que se dispone de información más diversa y más actualizada, la existencia de sistemas automáticos capaces de realizar un razonamiento limitado sobre la información y de presentarla en forma fácilmente comprensible facilita la toma de decisiones.

68. A nivel elemental, el hecho de que las naciones dependan de la información, las hace más vulnerables, tanto ante información tergiversada, cuanto a la acción directa contra los vínculos de comunicación. Con ayuda de las técnicas de información es posible preparar a insurgentes para conflictos en pequeña escala dotándolos de equipos baratos, difíciles de contrarrestar, como, por ejemplo, transmisores reprogramables de salto de frecuencia, transmisores de interferencia y armas con rayos laser de frecuencia variable. Los misiles termobuscadores, de fácil obtención, pueden equiparse con contramedidas. Y, en equipos más elaborados podrían construirse fácilmente misiles de crucero, apuntados groseramente, que utilicen sistemas de guía GPS tomados de aviones comerciales, motores económicos de bajo peso y fuselajes contruidos con materiales livianos. Es probable que pueda disponerse fácilmente, en fuentes de información pública, de datos sobre la meteorología, la posición y el objetivo.

69. La contribución aportada a las cuestiones de mejoramiento de la confianza y la verificación de los tratados por la tecnología de la información se reconoce ampliamente. El abaratamiento de las comunicaciones y una capacidad de computación más económica y más rápida no son esenciales para la supervisión de las explosiones subterráneas, pero, tomadas en conjunto con un análisis preliminar más automatizado, reducen el costos de una supervisión integral. En la medida en que la verificación de armas químicas y biológicas se facilite mediante el análisis, con ayuda de bases de datos electrónicas, de los movimientos de materiales y equipos para determinar contenidos, por ejemplo, la tecnología de la información habrá de desempeñar un papel importante.

70. Dada su difusión extraordinaria y su doble naturaleza, no es posible exagerar que los perfeccionamientos en todas las tecnologías y los procesos industriales se basan en la tecnología de la información. Si una nación se atrasa en la tecnología de la computación y las comunicaciones, se atrasa en todas las cosas. No puede producir materiales complejos, se debate por avanzar en biotecnología y no puede siquiera considerar un progreso en materia espacial o nuclear salvo como cliente que debe pagar costosos servicios de los que no puede prescindir. Todos los sectores de actividad muestran una tendencia a valorar más altamente la propiedad intelectual, como lo demuestra tanto la necesidad de cifrar los actos ajenos al

ámbito militar como los esfuerzos por descifrarlos. Para los países en desarrollo que carecen de los medios para adquirir información el aumento del costo real de la información les hace más difícil recobrar el camino perdido. Algunos de ellos están profundamente preocupados porque la revolución de la tecnología de la información no los deje atrás, como lo había hecho la revolución industrial. La seguridad consiste en tener acceso a la información.

#### E. Biología\*

71. La biotecnología se ocupa de la utilización de organismos vivos, sus constituyentes y productos, o ambos, para fines medicinales, agrícolas, industriales y de investigación. Abarca una serie más o menos independiente, aunque interrelacionada, de conjuntos de métodos que constituyen la ingeniería genética, la ingeniería de proteínas, la tecnología de células y la tecnología inmunológica. Los métodos biotecnológicos ofrecen capacidad para estudiar y manipular genes y otras partes del material genético, proteínas, incluso anticuerpos, virus, bacterias, células, incluso las células del germen y las neuronas, así como organismos multicelulares.

72. Los progresos actuales en ingeniería de proteínas representan la segunda ola de la revolución en biotecnología. En la primera etapa, que ocurrió con el inicio de la ingeniería genética, en el decenio de 1970, los científicos elaboraron métodos para extraer los genes individuales de las células de mamíferos e insertarlos en microorganismos, como las bacterias. La nueva tecnología lleva a la ingeniería genética un paso más adelante al introducir cambios en la estructura de los aminoácidos de las propias proteínas. Debido a que los biólogos han descifrado el código genético hace muchos años, pueden escribir una secuencia de ácido deoxiribonucleico (ADN) para lograr los cambios que deseen y la célula produce obedientemente la proteína modificada.

73. En la actualidad, uno de los principales efectos de la biotecnología se ha hecho sentir en la investigación biológica básica y aplicada. Las estructuras y funciones fundamentales de los organismos vivos, incluidos los virus, pueden estudiarse a nivel molecular para adquirir conocimientos sobre los procesos patológicos. La mayoría de estos conocimientos tienen consecuencias prácticas sobre la atención de la salud, la agricultura y la protección del medio.

74. Al igual que en el pasado, los progresos logrados en la actualidad en biotecnología se ven acompañados por cierta preocupación sobre los riesgos posibles y sobre su abuso deliberado. Los riesgos ecológicos causados por la liberación en el medio ambiente de organismos alterados por la ingeniería genética, la manipulación genética y la producción de clones humanos, el desarrollo de agentes bélicos biológicos y tóxicos se encuentran entre algunas de las preocupaciones que actualmente despierta la biotecnología.

---

\* Las contribuciones para esta sección han sido aportadas por el Profesor Erhard Geissler, del Instituto Central de Biología Molecular de la Academia de Ciencias, República Democrática Alemana, Berlín-Buch, y el Dr. Raymond Zilinskas, Director Adjunto del Centro de Cuestiones Públicas sobre Biotecnología del Instituto de Biotecnología de Maryland, de la Universidad de Maryland, Estados Unidos de América.

75. Se tienen, sin embargo, muy pocas pruebas científicas sobre la liberación en casos reales de organismos perjudiciales. En más de 15 años de investigaciones y adelantos, en los que se han utilizado técnicas de ingeniería genética, prácticamente en decenas de miles de laboratorios, no se tiene noticia de que se hayan producido daños por la liberación accidental de organismos alterados por la ingeniería genética. Esto no calma totalmente las preocupaciones sobre el abuso deliberado de la biotecnología y su potencial militar para el desarrollo de agentes para la guerra biológica.

76. Se estima que los requisitos esenciales de los agentes para la guerra biológica son: uniformidad de los efectos; facilidad de producción; estabilidad durante el almacenamiento, facilidad de difusión, y estabilidad después de la difusión. Según sea su función particular, un agente de guerra biológica necesitará tener varias otras cualidades: un breve período de incubación, persistencia adecuada, difícil detección, resistencia a las contramedidas y autoprotección sencilla. La cuestión del período transcurrido entre la descarga del gas hasta el comienzo de la incapacidad es decisiva. Es posible imaginarse un agente de guerra biológica utilizado en una guerra sin declarar que sea de acción lenta pero también de difusión rápida por contagio. El problema sería que las fuerzas que usaran el arma correrían oportunamente el riesgo de su uso q.

77. Aunque haya habido casos de guerra biológica, con éxito limitado e infamante antes de la segunda guerra mundial, no hay actualmente pruebas de que recientemente haya habido interés en la utilidad militar de los agentes de guerra biológica. Estos agentes se diferencian de todos los otros métodos de combate por ser totalmente antipersonales, es decir, por poder utilizarse solamente por sus efectos incapacitantes más que por su capacidad de ataque. Las autoridades militares por lo general quieren saber los efectos exactos que tendrán las armas que usan. El empleo de agentes infecciosos como armas de guerra biológica sobre las poblaciones humanas no puede predecirse con ningún grado de certidumbre. La morbilidad y la mortalidad de los agentes de enfermedades contagiosas no puede pronosticarse con exactitud por las diferencias que existen entre grupos de población por sus distintas variables fisiológicas, genéticas y socioculturales, su diverso estado de nutrición, su exposición previa a agentes infecciosos, su historial de inmunización y por diversos otros factores 10.

78. La fabricación, el almacenamiento y la adquisición de armas biológicas con fines hostiles o en conflictos armados está prohibida por la Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción y el almacenamiento de armas bacteriológicas (biológicas) y tóxicas y sobre su destrucción (la "Convención de Armas Biológicas") de 1972 (resolución 2826 (XXVI) de la Asamblea General, anexo). Más de 100 naciones, incluidos los Estados Unidos y la Unión Soviética, son partes en esta Convención. De conformidad con su artículo 1, los Estados signatarios se comprometen "a no desarrollar nunca ni en ninguna circunstancia, agentes microbianos u otros agentes biológicos, o toxinas, sea cual fuere su origen o modo de producción, de tipos y en cantidades que no estén justificados para fines profilácticos, de protección u otros fines pacíficos".

79. La aplicación de los conocimientos acumulados de biotecnología para desarrollar, con fines mortíferos, agentes que afecten a personas, animales o cultivos sería un acto de perversión suprema. Llevaría muchos años - de 10 a

15 años es el plazo usual - de investigaciones y desarrollo realizados en secreto la obtención de una nueva arma biológica utilizando la tecnología del ADN recombinante, en caso de lograrse éxito. La realización de un ensayo efectivo sobre poblaciones humanas sería prácticamente imposible. El riesgo de que se descubran esas investigaciones relacionadas con el hombre, con animales inferiores o con plantas es grande y, en caso de que se descubriera, redundaría en el descrédito de una nación en relación con su firma de cualquier tratado.

80. La biotecnología es una ciencia relativamente joven de gran potencial. Los avances en biotecnología, en su mayor parte, probablemente reciban su impulso de las necesidades del sector civil. En la esfera médica, se avanzará en el sector de la prevención y la cura de enfermedades. En la esfera industrial, los primeros trabajos sobre producción de combustible a partir de azúcar por fermentación indican posibles perspectivas para la obtención de nuevas fuentes de combustible. Ya se están usando microbios en procesos industriales para concentrar minerales, eliminar contaminantes y sintetizar plásticos. La biotecnología también está incursionando en la electrónica y la fotónica aplicada a la computación. La fotónica ofrece uno de los posibles métodos para aumentar la densidad de los micromódulos y la velocidad y capacidad de computación.

81. Además de la evidente aplicación de aprovechar la biotecnología para el desarrollo económico, esta ciencia podría aplicarse directamente a las actividades de control de armamentos. En la actualidad la aplicación más prometedora es su utilización en sensores. En este caso podrían utilizarse técnicas de sensores convencionales de eficacia demostrada (cromatografía, espectrómetros de masa, haces ópticos, ensayos de radioinmunidad, etc.) para verificar el cumplimiento de la Convención sobre las Armas Químicas. En estos momentos se está trabajando en la obtención de biosensores y anticuerpos monoclonales para utilizar como elemento principal de detectores ultrasensibles y altamente específicos que verifiquen el respeto de la Convención sobre Armas Biológicas y Tóxicas y para detectar y cuantificar la presencia de contaminantes en el aire y el agua.

82. A medida que aumente el número de países participantes en los esfuerzos para revolucionar la biotecnología, la difusión de las investigaciones podría proporcionar un elemento disuasivo eficaz contra su utilización indebida. Las medidas que podían adoptarse en este sentido podrían incluir la publicación de los resultados de las investigaciones, la concertación de proyectos en colaboración con asociados extranjeros de laboratorios y equipos de investigación, la realización de visitas permanentes de intercambio entre personal de laboratorios y la publicación de los programas de trabajo de institutos y laboratorios, incluidos sus presupuestos.

#### IV. OBSERVACIONES FINALES

83. En comparación con los resultados espectaculares obtenidos en los decenios precedentes, la actual ola de avances tecnológicos es, en general, evolutiva y los progresos logrados en gran parte, discretos. Además, resulta más claro que nunca que un considerable sector de la tecnología que tiene aplicaciones militares es de naturaleza dual. Las aplicaciones militares que son independientes de las investigaciones civiles son ahora menos comunes que en otras épocas, cuando eran

más conocidas las aplicaciones civiles derivadas de investigaciones militares. En los modernos sistemas de armamento se están logrando más mejoras en las tecnologías de apoyo que en las propias armas. Algunas de estas tecnologías de apoyo tienen también utilidad en la verificación de acuerdos sobre limitación de armamentos o en otras funciones similares que fomentan la paz y la seguridad.

84. Los mecanismos tradicionales para controlar las aplicaciones militares de la tecnología son los acuerdos internacionales para prohibir, entre otras cosas, el desarrollo, la producción, la adquisición, el emplazamiento o el uso de distintas categorías de sistemas de armamentos. Podría también haber otros medios eficaces, como las medidas unilaterales de moderación, los acuerdos excluyentes que prohíben innovaciones cualitativas evidentemente proyectadas con fines destructivos, y los diálogos regionales y subregionales sobre moderación militar y la eliminación de las incertidumbres sobre el uso que se piensa dar a los perfeccionamientos tecnológicos.

85. La posibilidad de una previsión más exacta y de eliminar las incertidumbres especulativas sobre los progresos tecnológicos puede hacerse realidad alentando la actual tendencia hacia una mayor franqueza y una mayor transparencia en las cuestiones relacionadas con lo militar. Las prácticas de investigación y desarrollo en colaboración mediante el intercambio de datos y las visitas científicas pueden servir para fomentar la difusión tecnológica y reducir las incertidumbres sobre el destino que se piensa dar a un programa específico. Existen algunas disciplinas en las que deben desplegarse esfuerzos para impedir peligrosos adelantos tecnológicos en la etapa de la investigación y el desarrollo, como sucede en el caso de las armas biológicas. En otros casos, sólo puede determinarse si la tecnología se aplica con fines militares o civiles en la etapa de producción, como ocurre en el caso de las armas químicas. Dentro de los límites fijados por las reivindicaciones de exclusividad sobre patentes, las tareas de investigación y desarrollo en colaboración procuran proporcionar también un marco que fomente la responsabilidad ética entre los científicos.

86. Con el fin de elaborar un conjunto realista de criterios para la evaluación de la tecnología, la comunidad internacional necesita prepararse mejor para seguir la naturaleza y la dirección de los avances tecnológicos. Las Naciones Unidas, al reconocer que ya habían varias instituciones ocupadas en el desarrollo y la aplicación de mecanismos adecuados de evaluación de tecnologías, pueden desempeñar las funciones de catalizador y actuar como centro de intercambio de ideas. Entre las sugerencias que se han formulado hay varias que tienen por fin examinar si las nuevas tecnologías han hecho perder validez a los acuerdos internacionales existentes sobre la limitación de armas o al entendimiento tácito que es vital para su observación. Un marco ilustrativo para la evaluación de las "nuevas tecnologías" podría incluir criterios como los siguientes:

a) ¿Ofrecen nuevas opciones militares al mejorar considerablemente las armas conocidas o al crear nuevos sistemas de armamentos?

b) ¿Cuáles serán sus efectos sobre la gestión de las crisis en épocas de paz y durante los conflictos?

c) ¿Fomentarán mejores medios de verificación o eliminación de armamentos?

d) ¿Crearán una nueva serie de cuestiones para las negociaciones en marcha?

/...

87. Estas preguntas - y otras similares - nos dan una idea de la magnitud de los problemas que deben resolverse si la comunidad internacional quiere encontrar la manera de permitir el libre desarrollo de la tecnología y, al mismo tiempo, de asegurar que en lo futuro el progreso tecnológico fomente y no ponga en peligro la paz y la seguridad internacionales.

Notas

- 1/ The United Nations Disarmament Yearbook, vol. 12: 1987 (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: E.88.IX.2), apéndice VII.
- 2/ Joseph S. Nye Jr. y James A. Schears, directores de la edición: Seeking Stability in Space: Anti-Satellite Weapons and the Evolving Regime, Aspen Strategy Group and University Press of America, Boston Way, Maryland, 1987, cap. II.
- 3/ Naciones Unidas, Treaty Series, vol. 480, No. 6964.
- 4/ Ibid., vol. 944, No. 13446.
- 5/ Nye y Schears, op. cit., pág. 97.
- 6/ "Deterrence, Technology and Strategic Arms Control", en Adelphi Papers No. 215, The International Institute for Strategic Studies, Londres, invierno de 1986-1987, págs. 9 a 13.
- 7/ Timothy Garden. The Technology Trap: Science and the Military, Brassey's Defence Publishers, Londres, 1989, págs. 83 a 88.
- 8/ New Technologies in the 1990's: A Socio-economic Strategy, OCDE, París, 1988, págs. 35 a 37.
- 9/ Garden, op. cit., págs. 89 a 93.
- 10/ Susan Wright y Robert L. Sinsheimer, "Recombinant DNA and biological warfare", en Bulletin of the Atomic Scientists, vol. 39, No. 9, noviembre de 1983; y Martin M. Kaplan, "Another view", en Bulletin of Atomic Scientists, vol. 39, No. 9, noviembre de 1983.

-----