

TRAYECTORIAS DE MISILES BALÍSTICOS INTERCONTINENTALES: IMPLICACIONES PARA LOS VECINOS DE LAS SUPERPOTENCIAS

ALEJANDRO NADAL EGEA*

INTRODUCCIÓN

CUANDO SE FIRMÓ EL TRATADO para la eliminación de proyectiles de alcance intermedio y corto alcance (INF por sus siglas en inglés), fue aclamado inmediatamente como una de las medidas más importantes y constructivas emprendidas por las superpotencias en el campo de la seguridad internacional. El tratado, firmado en diciembre de 1987, establece la eliminación de sistemas de armamentos considerados por las superpotencias como particularmente desestabilizadores (los misiles lanzados desde tierra con un alcance de entre 500 y 5 500 km). Los complejos procedimientos de verificación previstos en el tratado pueden con todo derecho considerarse como un hito histórico en el campo de la reducción de armamentos.

Sin embargo, se dio poca publicidad al hecho de que el tratado cubre menos de 4% de los arsenales nucleares de las superpotencias. No abarca armamentos nucleares tácticos, ni misiles Crucero lanzados desde aviones o submarinos. Las cabezas nucleares de los misiles eliminados serán almacenadas en lugar de ser desmanteladas. Además, incluso antes de que se secase la tinta de las firmas, ya se estaban planeando aumentos compensatorios y la "modernización" de armamentos en uno y otro lado. Los misiles eliminados (BGM-109G y Pershing IA y II por el lado norteamericano, y SS-4, SS-5, SS-12, SS-20 y SS-23 por el lado soviético) probablemente serán remplazados por armamentos convencionales de creciente sofisticación tecnológica.

* El autor desea agradecer la ayuda de Octavio Miramontes Vidal en la elaboración de este trabajo. Los errores que subsisten, a pesar de su ayuda, son responsabilidad del autor.

Los tratados sobre control de armamentos entre ambas superpotencias nucleares durante los últimos cuarenta años han estado vinculados a la orientación y al ritmo de la carrera armamentista. En efecto, es una realidad histórica que las superpotencias han estado empeñadas en una intensa confrontación política, ideológica, económica y militar durante este periodo. Esta confrontación es el elemento principal de sus relaciones de poder, y los tratados sobre control de armamentos forman parte de este complejo conjunto de relaciones. Para el control de armamentos, algunos tratados tuvieron como objetivo principal impedir que la carrera armamentista tomara rumbos "irracionales" (por ejemplo, los tratados que prohíben el emplazamiento de armas nucleares en los fondos marinos o en el espacio exterior). Otros tratados encauzaron la introducción de innovaciones tecnológicas en un complejo proceso en el que cada una de las partes signatarias buscó obtener o consolidar ventajas estratégicas. El mundo contempló cómo crecieron los arsenales nucleares (hasta superar la cifra de 50 000 cabezas nucleares), en un proceso que Alva Myrdal¹ describió como la "gestión" de la carrera armamentista.

Un ejemplo decisivo de lo anterior es el de los acuerdos Salt I. Considerado en su época como un progreso constructivo en el campo del control del armamentos, el tratado fue de hecho, una invitación abierta para introducir la tecnología de cabezas múltiples de reingreso independiente (MIRV por sus siglas en inglés) en los misiles intercontinentales. El resultado fue una extraordinaria proliferación del número de cabezas nucleares en los arsenales de las superpotencias.

Hoy en día las superpotencias coinciden en su actitud de autoelogio. Según ambas, el Tratado INF es la prueba concreta de que solamente mediante negociaciones bilaterales pueden obtenerse verdaderos progresos. El corolario es que los foros multilaterales, como la Conferencia sobre Desarme de Ginebra, no deben intervenir en el proceso bilateral porque serían más un obstáculo que un elemento positivo. Por último, las superpotencias han insinuado con insistencia que el mundo se dirige a una reducción más importante de los arsenales nucleares. En síntesis, al mundo se le ha dicho que el Tratado INF es sólo el comienzo de un ambicioso proceso de reducción de armamentos que incluye un recorte de hasta 50% en el número de misiles y de cabezas nucleares.

Sin embargo, existen pocas bases para pensar que la carrera arma-

¹ A. Myrdal, *The Game of Disarmament: How the United States and the Soviet Union Run the Arms Race*, New York, Pantheon Books, 1976.

mentista se detendrá. Ambas superpotencias continúan desarrollando nuevos sistemas de armamentos (nucleares y convencionales, tácticos y estratégicos) y los tratados internacionales sobre control de armamentos continuarán vinculados a la evolución de la tecnología militar. Algunos de los desarrollos previsibles en esta carrera armamentista en los próximos diez años interesan *directamente* a los países vecinos de las superpotencias nucleares. Este artículo tiene por objeto analizar un aspecto de estos desarrollos tecnológicos que es de particular importancia para México y para los países escandinavos. El tema se relaciona con las trayectorias que los misiles balísticos intercontinentales (ICBM por sus siglas en inglés), seguirán en caso de una guerra nuclear y con la preocupación de ambas superpotencias por reducir la vulnerabilidad de sus fuerzas estratégicas con bases en tierra. El análisis se limita a los ICBM lanzados desde bases en tierra, pero algunas de las conclusiones se aplican igualmente a los misiles balísticos lanzados desde submarinos. La primera parte presenta algunos de los principales componentes de la tecnología de estos misiles e intenta identificar las posibles fuentes de error en sus trayectorias. La segunda, se concentra en los riesgos que estos errores implican para algunos de los vecinos de las superpotencias. El artículo concluye con un intento por relacionar algunas tendencias futuras en la tecnología de armamentos estratégicos con la necesidad de iniciativas de política exterior pertinentes por parte de los países no nucleares.

LAS TRAYECTORIAS DE LOS MISILES BALÍSTICOS INTERCONTINENTALES

La preocupación por la trayectoria que seguirían los misiles balísticos intercontinentales ha atraído la atención de un número muy reducido de investigadores en la comunidad de estudios sobre paz, desarme y control de armamentos. Casi se da por sentado que la precisión de los misiles balísticos no constituye un problema importante. En general, los escenarios de guerra nuclear ignoran la cuestión de las desviaciones de los ICBM, en parte, porque es un problema difícil de analizar. Normalmente, se supone que las trayectorias planeadas coincidirán con las reales en el caso de un intercambio nuclear.

Desde luego, la creciente precisión de los ICBM es una de las principales causas responsables de este estado de cosas. La precisión de un ICBM en la colocación de cabezas nucleares en blancos a distancias de 10 000 km se ha incrementado en los últimos veinte años. La precisión se mide en términos de un círculo alrededor del blanco (llamado círcu-

lo de error probable o CEP) y en el interior del cual se espera que caiga 50% de las cabezas lanzadas por un misil.² El radio del CEP para los diferentes misiles balísticos ha experimentado una reducción notable en los últimos veinte años: de unos 3.3 km para el misil Atlas D (desplegado en 1959), a unos 111 metros para el misil MX (introducido en 1986). En el caso de los misiles soviéticos, también se encuentra la misma tendencia, aunque los CEP son ligeramente mayores: de 3.7 km para el SS-6 (1961) a 388 metros para el SS-19 mod 3 (1981). Para los misiles balísticos lanzados desde submarinos, los CEP son mayores dadas las dificultades relacionadas con la medición de la posición exacta del submarino en el momento del lanzamiento; sin embargo, la tecnología de navegación inercial-estelar ha realizado avances muy importantes y se observa la misma tendencia en la reducción de los CEPs. Desde mediados de los años setenta, la precisión de los ICBM fue considerada por ambas potencias como una amenaza a sus fuerzas estratégicas de disuasión con base en tierra. En efecto, los silos subterráneos que albergan los ICBM, difícilmente pueden soportar la presión de una detonación nuclear a esas distancias. Las posibilidades de “endurecer” los silos para resistir presiones de 4 000 psi (libras por pulgada cuadrada) ya han sido alcanzadas y resulta extraordinariamente costoso rebasar estos límites. Por su parte, en el caso de los misiles balísticos lanzados desde tierra se considera que han sido alcanzados los límites tecnológicos de precisión para sistemas de navegación inercial.³

² La precisión de los misiles balísticos (lanzados desde bases en tierra, desde bombarderos o submarinos) se mide a través de una noción esencialmente estadística: el radio del “círculo de error probable” o CEP. El CEP es un círculo alrededor del blanco en el interior del cual se espera que caigan 50% de las cabezas lanzadas por un misil. Para los fines del análisis que aquí se presenta es fundamental tener en cuenta que el CEP de un misil no es una medida absoluta, como lo es su diámetro o su capacidad de carga. El CEP es el resultado de combinar datos sobre pruebas de lanzamiento a lo largo de ciertas trayectorias, pruebas de laboratorio sobre el desempeño de sus componentes críticos y supuestos sobre errores en los modelos matemáticos sobre el campo gravitacional de la tierra. Con estos elementos se proyecta el CEP de cada misil para las trayectorias que tendrán que seguirse en caso de conflicto. En rigor, se debe hablar de “varios CEP” para cada misil pues cada uno depende de la distancia del blanco y del ángulo de reingreso a la atmósfera de la cabeza. Sobre estos puntos véanse M. Bunn, y K. Tsipis, *Ballistic Missile Guidance and Technical Uncertainties of Countersilo Attacks*, Program in Science and Technology for International Security, Massachusetts Institute of Technology, Report núm. 9, Cambridge, Massachusetts, 1983; y Donald Mackenzie, “The Soviet Union and Strategic Missile Guidance”, en *International Security*, otoño, 1988.

³ Los misiles del tipo Crucero alcanzan CEP inferiores, pero no se trata de misiles balísticos sino de vehículos con sustentación aerodinámica que utilizan una tecnología de navegación revolucionaria. En efecto, el sistema llamado TERCOM recurre a una

A pesar de esta historia tecnológica, se reconoce que un ICBM es un sistema muy complejo que puede verse afectado por diferentes fallas y, en consecuencia, las cabezas pueden desviarse considerablemente de sus blancos. No existen muchos estudios sobre la desviación de misiles frente a sus blancos predeterminados. Una de las referencias más importantes fue escrita hace más de diecisiete años⁴ y se concentra en los sistemas de navegación de los misiles balísticos y los llamados "factores de error" que afectan su precisión en cada una de las etapas de vuelo. Todavía es citado como referencia básica en los estudios más recientes sobre la tecnología de navegación de los ICBM.⁵

Un misil balístico es una máquina integrada por un cohete propulsor de una o más etapas, un sistema de navegación y una o más cabezas nucleares alojadas en una estructura que las protege del esfuerzo derivado de la alta velocidad de reingreso a la atmósfera. Las etapas del vuelo son las siguientes: 1) fase de propulsión; 2) fase intermedia, y 3) fase terminal. La primera fase (propulsión del vuelo) es la del lanzamiento; en ésta el misil se acelera hacia arriba a través de la atmósfera hasta que se llega al punto de separación de la cabeza. En la segunda, la cabeza nuclear se desliza en una trayectoria balística en el espacio. En la última etapa, la cabeza nuclear reingresa a la atmósfera y cubre la distancia final hacia su objetivo.

Durante la propulsión, se presentan importantes fuentes de error. En esta etapa se tiene la única oportunidad para orientar el misil y lograr una buena correlación entre la cabeza nuclear y el objetivo. La orientación del misil está basada en tecnología inercial; los giroscopios y acelerómetros miden todos los componentes del movimiento rotato-

computadora a bordo para cotejar en tiempo real el territorio sobrevolado (rastreado con un altímetro de radar) con un mapa de contornos del sendero de vuelo almacenado en la memoria. Las desviaciones del misil con respecto al sendero programado son corregidas inmediatamente. Los contornos de los senderos programados son identificados con gran precisión a través de técnicas de percepción remota desde satélites. Estos misiles vuelan a velocidades subsónicas, pero a una altura de entre 50 y 200 metros, difícilmente pueden ser detectados por radar. El CEP logrado es de aproximadamente unos 30 metros para distancias de hasta 4 000 kilómetros.

⁴ D.H. Hoag, "Ballistic- Missile Guidance", en B.T. Field, T. Greenwood, *et al.*, *Impact of New Technologies in the Arms Race*, Cambridge, MIT Press, 1971.

⁵ M. Bunn, y K. Tsipis, *Ballistic Missile Guidance and Technical Uncertainties of Countersilo Attacks*, Program in Science and Technology for International Security, Massachusetts Institute of Technology, Report no.9, Cambridge, Massachusetts, 1983; K. Tsipis, "The Operational Characteristics of Ballistic Missiles", in *World Armaments and Disarmament. SIPRI Yearbook, 1984*, Londres, Taylor and Francis, Ltd, 1984; Donald Mackenzie, "The Soviet Union and Strategic Missile Guidance", en *International Security*, otoño, 1988.

rio del misil al igual que sus movimientos de traslación. Los cálculos de navegación se utilizan para determinar la dirección deseada, de manera que la velocidad y la posición se acerquen a las condiciones de aproximación exigidas por la caída libre hacia un blanco seleccionado antes del lanzamiento.

El misil tiene un sistema de control automático de propulsión que registra la información proporcionada por el sistema de navegación. Una vez que se obtienen las condiciones de altitud, posición y velocidad del plan original de vuelo, el sistema de navegación envía una orden para dar por terminada la propulsión del cohete. En este momento se libera la cabeza y sigue una ruta elíptica en el vacío del espacio. Esta parte del vuelo es la fase intermedia. La fase terminal se inicia cuando la cabeza nuclear reingresa a la atmósfera y se desliza libremente hasta dar en el blanco. El dispositivo nuclear puede ser preparado para detonar a diferentes altitudes, según la naturaleza del blanco.

La fase de propulsión dura unos cuantos minutos (aproximadamente 300 segundos) durante los cuales el misil es sujeto a una intensa aceleración. El sistema de navegación impide que éste dé tumbos y caiga por la acción del impulso de la máquina. También envía órdenes al control del vector de propulsión, las cuales son necesarias para orientar la aceleración del cohete mediante los controles de torca. En el caso de cohetes de combustible sólido (más comunes para el uso militar), la cámara de propulsión es grande, y no se presta para ser montada en un eje. Los controles de torca se aseguran a través de movimientos de las toberas de escape (montadas sobre ejes), por aspas de chorro o inyección de gases para desviar la salida de los gases de escape. Esto proporciona al misil un control sobre los movimientos de los ejes de actitud y de timón ("pitch and yaw axis"). El eje de rotación es controlado mediante diversos elementos (como pequeños impulsores localizados en el fuselaje del misil).

Como se indicó, la orientación de un ICBM se basa en un sistema de navegación inercial. Este sistema tiene como base la coordinación de acelerómetros y giroscopios colocados cerca de la cabeza. Los acelerómetros miden el resultado de todas las fuerzas físicas que actúan sobre el misil (excepto la gravedad). Los giroscopios, cuya propiedad es conservar el momento angular mediante movimientos giratorios de sus ruedas, proporcionan señales que pueden ser traducidas a comandos del control de torca.

Hay muchas posibilidades de que se presenten fallas mecánicas y problemas electrónicos durante esta etapa del vuelo de un misil. Cualquier problema del sistema de navegación (giroscopios y acelerómetros) será transmitido al sistema de control de torca. Por otra parte, la

señal de terminación de la propulsión (que da por terminada la propulsión y pone en actividad la separación de la cabeza) también puede verse afectada por problemas en el sistema de navegación.

El control de la dirección de la propulsión es también otra posible fuente de dificultades. Los controles de torca que utilizan técnicas de giro de las toberas de escape podrían funcionar como fuerzas desestabilizadoras, y el resultado sería lo que los ingenieros de vuelo llaman "rocket tail-wagging" y que puede traducirse como "coleadas". En este caso, el misil podría verse afectado por los momentos de inercia del mecanismo utilizado para dirigir el chorro de gases calientes: los órdenes para mover el mecanismo pueden ocasionar movimientos no deseados del misil.

Durante esta etapa, también es importante la operación de terminación de la propulsión. El sistema de navegación compara la velocidad necesaria con la velocidad real indicada y calcula la velocidad que será alcanzada por el misil. Cerca de la culminación de esta etapa, el sistema asegura que todos los componentes estén suficientemente cerca de la velocidad requerida por el misil. Cuando esto sucede, se envía una señal para dar por terminada la propulsión del vehículo. Esta señal debe ser enviada unos segundos antes, pues la fuerza de propulsión no se detiene instantáneamente, y la aceleración residual debe ser tomada en cuenta.

En el momento final de esta etapa tiene lugar la separación de la cabeza. Los errores acumulados durante las partes precedentes de la fase de propulsión se mantendrán durante este momento final. Pero además, el efecto sobre la precisión final se propaga en función directa de la distancia a la que se encuentra el blanco y de los diferentes parámetros de la trayectoria.

Por otra parte, las fuerzas que actúan durante la separación de la cabeza nuclear también podrían constituirse en fuente de error. En el caso de cohetes de combustible sólido, la cabeza puede separarse del cuerpo del misil por la acción repentina de la liberación de gases a presión hacia adelante (es decir, en dirección opuesta al impulso principal del misil). Esto actuaría simultáneamente en la cámara de combustión y en la aceleración del propulsor; la cabeza queda sola en el espacio para proseguir su camino en una trayectoria elíptica durante 25 minutos y recorrer una distancia de 7 000 km, hasta llegar al blanco.

La delicada operación de separación de la cabeza en los sistemas MIRV también puede ser considerada como fuente importante de errores potenciales. En estos sistemas la llamada etapa "vernier" de baja propulsión representa la tecnología más avanzada de que se dispone para reducir los errores derivados de la aceleración residual. No

obstante, el sistema de colocación de las cabezas en su fase terminal (el llamado "bus") también puede contribuir a los errores de distancia con relación a los blancos porque la secuencia de los cambios de velocidad necesarios para distribuir las cabezas en sus trayectorias con suficiente precisión es una operación difícil.

La fase intermedia está básicamente libre de fuentes de error. Del tiempo total de vuelo que le lleva a un ICBM para recorrer 10 000 km (30 min), la fase intermedia es la más larga (probablemente dure de 23 a 26 min). No obstante, durante esta fase, la cabeza está libre de los potentes movimientos desencadenados por la fuerza de la propulsión del lanzamiento y, como viaja por el espacio, tampoco es afectada por las fuerzas de vuelo endoatmosférico (fuerzas aerodinámicas de resistencia y sustentación). Durante esa fase, la cabeza nuclear solamente es atraída por la fuerza de gravedad de la tierra.

La fase terminal, que dura aproximadamente un minuto, también puede ser una fuente importante de error. Conforme la trayectoria atraviesa la atmósfera, la cabeza se ve afectada por fuerzas aerodinámicas de sustentación y resistencia. Hasta cierto punto, estas fuerzas son predecibles y su efecto esencial se incorpora a las instrucciones del sistema de navegación, imprimiéndose un movimiento giratorio a la cabeza con el fin de estabilizarla. Sin embargo, existen dos posibles fuentes de error íntimamente relacionadas: la desigual desintegración del escudo térmico y la transformación del flujo de aire sobre la capa que cubre la cabeza.⁶ El escudo térmico está diseñado para irse desintegrando gradualmente durante el reingreso, absorbiendo de esta manera el calor. Pero la desintegración gradual del escudo ("shield ablation") puede no ser simétrica y dar lugar a variaciones en la dirección de la cabeza o cambios en el llamado ángulo de ataque. Por su parte, el flujo de aire normalmente deja de ser regular y se hace más turbulento a medida que cae la cabeza (con lo cual se aumenta el calentamiento de manera irregular). Estas fuerzas empiezan a actuar a una altura aproximada de 50 km y mueven la cabeza recién ingresada a la atmósfera en su búsqueda de una orientación aerodinámica. La sustentación, la resistencia y el sobrecalentamiento podrían provocar el incremento de errores de distancia del blanco.

Las condiciones meteorológicas locales también podrían ser causa de errores durante esta fase: vientos de gran velocidad, cambios en la densidad del aire, turbulencia, nieve o lluvia, etc. Sin embargo, debe

⁶ M. Bunn, *Technology of Ballistic Missile Reentry Vehicles*, Program in Science and Technology for International Security, Massachusetts Institute of Technology, Report no. 11, Cambridge, Massachusetts, 1984.

reconocerse que en estos casos el error de distancia es menor porque la cabeza casi ha llegado al final de su trayectoria. Finalmente, las detonaciones nucleares afectarán de manera impredecible la densidad de la atmósfera y, en consecuencia, pueden alterar el comportamiento de la nariz de las cabezas nucleares (alterando el desempeño del escudo térmico).

Los factores de error no se limitan a los subsistemas mecánicos; también se deben tomar en cuenta los componentes electrónicos. Los sistemas de navegación de los misiles intercontinentales utilizan una computadora a bordo del misil encargada de realizar los cálculos matemáticos para mantener al misil en la trayectoria correcta (i.e., preprogramada en tierra). Los ICBM soviéticos y norteamericanos presentan diferencias importantes en este punto, debido en parte a la diferente evolución de la tecnología de misiles balísticos en uno y otro país.⁷ Sin embargo, independientemente de las diferencias en la manera de calcular las instrucciones de vuelo para mantener el ICBM en su trayectoria, en todos los casos las computadoras desempeñan un papel de vital importancia. Por ejemplo, en los ICBM norteamericanos, la computadora es utilizada no sólo para realizar cálculos sobre posición y velocidad y recalculan los cambios en velocidad y orientación, sino que también sirve para corregir los errores de los giroscopios y acelerómetros. Si surge un problema con los componentes estructurales de una computadora durante el vuelo, por ejemplo en un circuito integrado, los errores de vuelo no podrán ser corregidos.

Ya se señaló que después de la fase de propulsión, no se corregirá ningún cambio en la trayectoria porque los controles de propulsión y de torca dejan de funcionar. La etapa de baja propulsión de un misil MIRV simplemente cumple con su propósito de distribuir las cabezas; no puede corregir trayectorias. En la etapa final, los vientos de gran altura y otros fenómenos meteorológicos pueden afectar la trayectoria e incrementar los errores de distancia del blanco sin que exista la posibilidad de corregir la trayectoria. No obstante, este último punto podría cambiar debido a adelantos en la tecnología de reingreso maniobrable (MARV por sus siglas en inglés), sobre la que regresaremos más adelante.

Un factor adicional es el de la "alineación" de los instrumentos de navegación antes del lanzamiento. En esta operación los instrumentos de navegación son fijados en relación con las coordenadas del blanco. Nuevamente aquí se presentan diferencias en la tecnología soviética y norteamericana, pero cualquier error en esta operación anterior al lan-

⁷ MacKenzie, *op. cit.*

zamiento puede traducirse en muchos kilómetros de distancia del blanco.

En relación con este punto hay un hecho fundamental: la precisión de los ICBM siempre se ha comparado con datos de lanzamientos experimentales. Ninguno de ellos ha sido sometido a un vuelo de prueba real en la trayectoria que tendría que seguir en caso de guerra nuclear, precisamente la trayectoria que nos ocupa en este análisis (norte-sur). Este punto es importante porque los sistemas de navegación inercial deben ser calibrados antes del lanzamiento con datos precisos sobre el campo gravitacional de la tierra. Existe un cierto grado de incertidumbre en la cobertura de los modelos matemáticos sobre el campo gravitacional a lo largo de toda la trayectoria. En algunos casos (i.e., el de los ICBM soviéticos lanzados desde las bases situadas más al sur) no existen posibilidades de calcular el efecto del campo gravitacional pertinente.⁸

Otro elemento que debe considerarse son los efectos de detonaciones nucleares exoatmosféricas (probablemente de misiles balísticos lanzados desde submarinos) durante las fases críticas de propulsión y la fase terminal de la trayectoria del misil. En caso de guerra nuclear, varias cabezas nucleares serán detonadas sobre territorio enemigo *fuera* de la atmósfera para maximizar los daños derivados de su pulso electromagnético en la capacidad de respuesta del enemigo. En principio, los ICBM están protegidos contra esta eventualidad; sin embargo, un combate real es una situación diferente, y muchos parámetros importantes pueden haber sido ignorados durante las pruebas.

El número de cabezas nucleares que recorrerían una trayectoria norte-sur, hacia sus objetivos en Estados Unidos o en la Unión Soviética es bastante elevado. Cada oleada de cabezas encontraría condiciones muy diferentes de las del ataque inicial y podrían presentarse desviaciones importantes. Asimismo, las últimas oleadas lanzadas enfrentarían condiciones muy diferentes durante los 300 segundos de su fase de propulsión: impactos directos en silos vecinos, detonaciones a gran altura utilizadas para generar flujos intensos de rayos X y detonaciones exoatmosféricas podrían afectar seriamente al resto de la trayectoria de vuelo de cada ICBM en estos casos. Desde luego, el último factor es el de los sistemas de defensa antibalística. Mientras su despliegue generalizado esté excluido por el Tratado ABM, no tendrán una función importante. No obstante, el sistema ABM Galosh que rodea Moscú (permitido por dicho tratado), está listo para el combate, y la Iniciativa de Defensa Estratégica (IDE), algún día puede convertirse en un sistema en operación. En este caso, los misiles y otros dispositivos de defensa

⁸ *Ibid.*

balística indudablemente serían otro factor generador de errores importantes en la trayectoria de vuelo de los ICBM.

Por último, es necesario hacer hincapié sobre el hecho de que la posibilidad de que un ICBM se extravíe y su cabeza caiga lejos del blanco ha sido reconocida en la literatura. Por ejemplo, considérese el siguiente pasaje tomado de uno de los estudios más importantes sobre el llamado "invierno nuclear":⁹

Los misiles con cabeza nuclear de largo y corto alcances pueden sufrir fallas mecánicas, daños o desviaciones en su vuelo. De acuerdo con esto, si bien el blanco de una cabeza nuclear puede determinarse con toda precisión antes de la batalla, el eventual punto de detonación no. Las cabezas nucleares caerán a diferentes distancias de los blancos planeados, algunas probablemente bastante lejos.

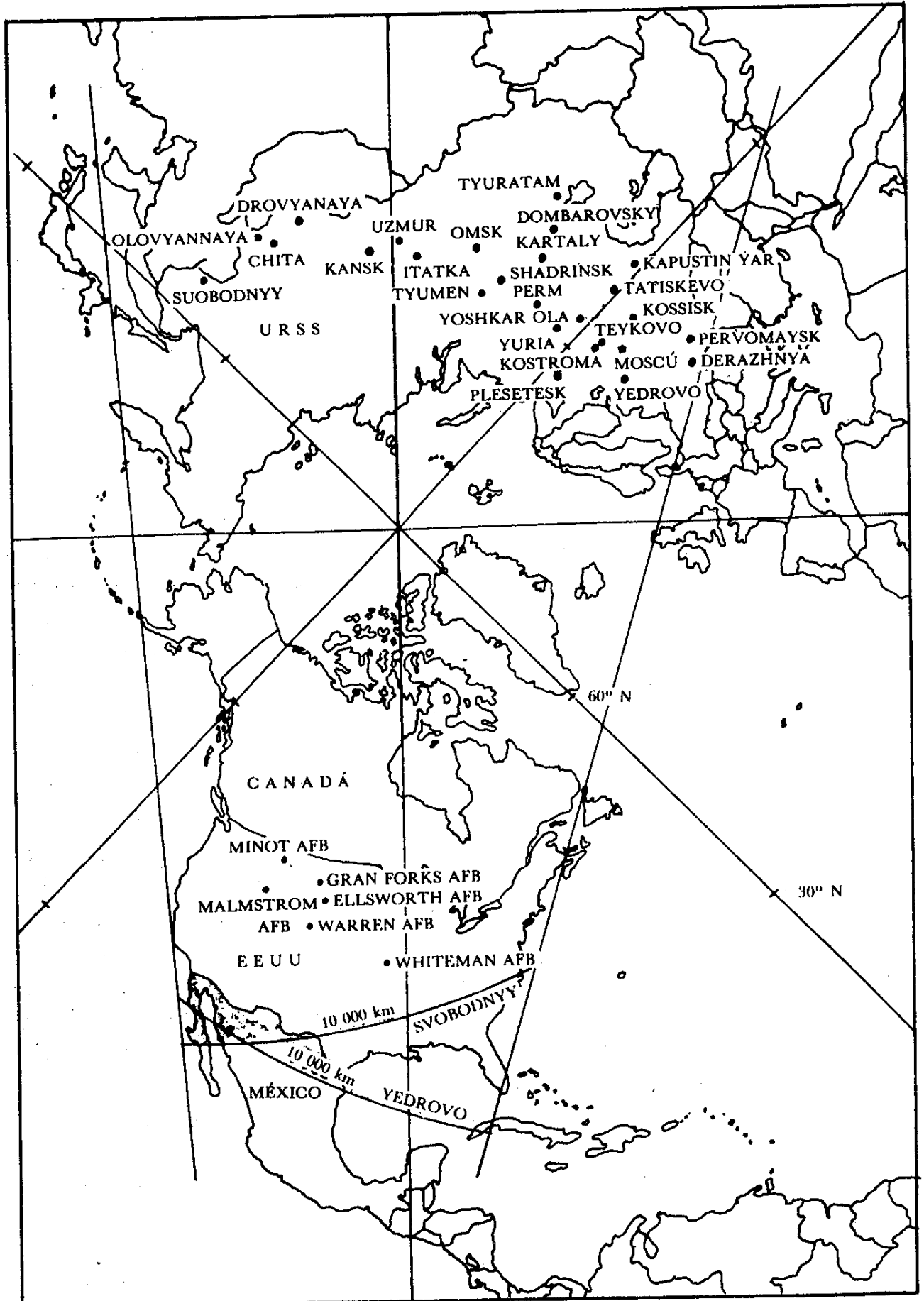
IMPLICACIONES PARA LOS VECINOS DE LAS SUPERPOTENCIAS

El hecho de que las trayectorias de los ICBM puedan sufrir distorsiones importantes justifica que se haga un ejercicio de evaluación de riesgo. Es posible utilizar un mapa del hemisferio norte, visto en proyección polar, para definir los corredores de las trayectorias que utilizarían estos misiles lanzados desde bases de Estados Unidos y la Unión Soviética. El tipo de misiles alojados en cada base nos permite determinar el número aproximado de cabezas (porque están disponibles los datos estimados sobre sistemas MRV o MIRV). También es posible definir el área que se encuentra al alcance de cada una de esas armas.

La mayor parte de los ICBM lanzados desde estas bases en la URSS tiene blancos llamados de "contrafuerza" (i.e., blancos militares estratégicos: emplazamientos de silos con ICBM, centros de control) y los corredores que seguirían las trayectorias de estas cabezas nucleares son fácilmente identificables. Como puede observarse, México está situado dentro de estos corredores, y el área adyacente a la frontera con Estados Unidos está al alcance de los ICBM disparados de las bases de Yedrovo y Svobodny. El número de cabezas nucleares soviéticas que seguirían una trayectoria norte-sur en el corredor limitado por las bases de ICBM de Derazhnya y Plesetsk no se conoce bien; pero basándonos en cálculos del Departamento de Defensa, ese número es superior a 1 500.

⁹ A.B. Pittock, T.P. Ackerman, P.J. Crutzen, *et al.*, *Environmental Consequences of Nuclear War*, SCOPE núm. 28 (Physical and Atmospheric Effects), Nueva York, John Wiley and Sons., 1986, p. 29.

FIGURA I
Proyección polar con corredores de vuelo de los ICBM



Fuente: Miramontes (1988).

sándonos en cálculos del Departamento de Defensa, ese número es superior a 1 500.

Si tomamos en consideración un escenario de contrafuerza, debemos observar que las distancias entre las bases norteamericanas de ICBM y la frontera mexicano-estadunidense son superiores a los 1 125 km. Dadas estas distancias y los adelantos en la tecnología de navegación y propulsión, la probabilidad de que cabezas soviéticas rebasen sus blancos predeterminados y caigan en territorio mexicano es baja.

La situación sería muy diferente en el caso de un ataque *ampliado* de contrafuerza (que incluya bases militares adicionales) y de un ataque de "contravalor" (i.e., instalaciones industriales, centros de población). En este caso, el estudio de Miramontes¹⁰ ha identificado más de 129 blancos militares en una franja de 400 km al norte de la frontera. En cuanto a ciudades y centros de población, el número de blancos potenciales es obviamente mayor. En estos dos escenarios, el daño causado por los efectos directos (presión y calor) de las detonaciones sobre blancos en territorio norteamericano o sobre la frontera sería considerable para amplios sectores de la zona. La relación de fuentes de error en la trayectoria de los ICBM presentada antes y el *impacto directo* en territorio mexicano de cabezas nucleares desviadas son un factor que también debe ser considerado, aunque no es fácil cuantificarlo por la dificultad para determinar el número de cabezas desviadas.

México no es el único vecino de una superpotencia que enfrenta este riesgo. Otros países que se encuentran dentro de estos corredores y detrás de blancos de contrafuerza son Turquía, Mongolia, la República Popular China, Corea del Norte y Corea del Sur y, finalmente, Japón. En el centro de Asia, Siria, Irak e Irán ocupan una posición frente a la Unión Soviética que es simétrica a la de México frente a Estados Unidos. En el caso de escenarios de contrafuerza, el riesgo que enfrentarían es similar al de México, a causa de la distancia que los separa de esos blancos. Las cabezas que sobrevolaran sus blancos probablemente no se desviarían miles de kilómetros (a menos que ocurriera un error importante durante la fase de propulsión, eventualidad que no puede excluirse). No obstante, como en el caso de México, el riesgo sería mayor si se presentara un ataque de contrafuerza ampliado y un intercambio nuclear de contravalor (i.e., atacando centros de población civil).

¹⁰ O. Miramontes, "Tecnología de armamentos estratégicos: las consecuencias para México" (mimeo.), Programa sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo (Prociencia), México, El Colegio de México, 1988.

La situación es totalmente diferente en el caso de Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca e Islandia. Estos cuatro países también se encuentran dentro de los corredores definidos por las trayectorias de combate de los ICBM, pero están *entre* los blancos de contrafuerza y contravalor de ambas superpotencias. Es decir, estos países serán sobrevolados por los misiles tanto de la Unión Soviética como de Estados Unidos. Por su parte, Canadá también se encuentra en el centro de este fuego nuclear cruzado; pero su posición es diferente por el papel que juega en una de las alianzas estratégicas y por haber aceptado explícitamente ser un blanco nuclear del otro bloque.¹¹

Desde el punto de vista de los factores de error, es probable que los países cercanos a la fase de reingreso de un ICBM, estén en una posición más peligrosa. Esto se debe a la acumulación de errores hasta esta etapa del vuelo y a que durante la fase de reingreso nuevos factores podrían afectar el curso de la cabeza nuclear. Consideremos el caso de Finlandia. La distancia desde Helsinki a la base soviética de ICBM situada más al norte (la base de Yedrovo) es aproximadamente de 400 km. A grandes rasgos, esto corresponde a la distancia entre el blanco y la proyección del punto de reingreso a la atmósfera en la superficie de la tierra.

Para poder verificar esto, podemos tomar en consideración los parámetros de la trayectoria de energía mínima.¹² La fase terminal de la trayectoria de vuelo de una cabeza nuclear lleva aproximadamente un minuto.¹³ La trayectoria de energía mínima requiere de un ángulo de reingreso de 22 grados. Una cabeza nuclear recorre este último tramo de su viaje a una velocidad de 7 000 m/seg. La distancia recorrida en la fase terminal equivale por tanto a 420 km. Para facilitar este

¹¹ Nuestro análisis no toma en cuenta la hipótesis de que partes del territorio mexicano puedan llegar a ser un blanco *deliberado* para los ICBM soviéticos con el fin de impedir que las actividades de reconstrucción nacional de Estados Unidos utilicen los recursos de nuestro país. Aunque no se menciona a países vecinos, la doctrina militar soviética vigente establece que se debe negar acceso a este tipo de recursos (recursos naturales, infraestructura e instalaciones industriales) a Estados Unidos en caso de conflicto nuclear. La literatura especializada ya ha examinado varios escenarios en los que México es atacado por misiles ICBM o lanzados desde submarinos (SLBM). Véanse por ejemplo Sastry, Romm y Tsipis (1987) relacionado con un escenario llamado de "contraenergía" en el que la URSS dirige un ataque contra el sector energético de Estados Unidos e incluye a México y Canadá desde las primeras etapas del ataque.

¹² D.H. Hoag, "Ballistic-Missile Guidance", en B.T. Field, T. Greenwood, *et al.*, *Impact of New Technologies in the Arms Race*, Cambridge, MIT Press, 1971.

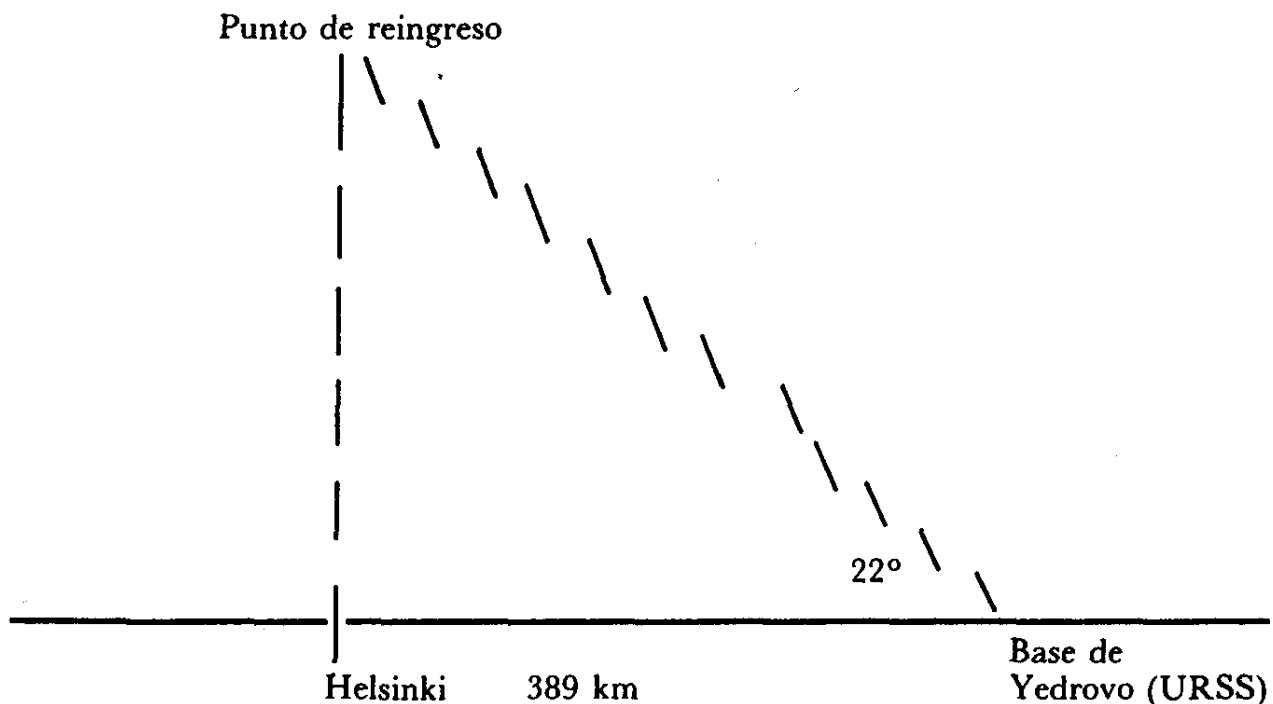
¹³ Office of Technology Assessment, *Strategic Defenses. Ballistic Missile Defense Technologies, Antisatellite Weapons, Countermeasures and Arms Control*, Princeton University Press, 1986.

cálculo, se puede utilizar una aproximación lineal de la trayectoria de la fase terminal. En este caso, la distancia X entre el blanco y la proyección (en la superficie de la tierra) del punto de reingreso (a la atmósfera) se obtiene mediante la siguiente relación: $\cos 22^\circ = X/420$. Despejando X ($\cos 22^\circ = .9272$) tenemos:

$$\begin{aligned} X &= (\cos 22^\circ) 420 \\ &= 389 \text{ km} \end{aligned}$$

Las cabezas lanzadas desde las bases de Whiteman AFB en Missouri, Grand Forks AFB o Minot AFB en Dakota del Norte hacia la base de ICBM de Yedrovo en la Unión Soviética pasarían casi directamente por encima de Helsinki. Considerando la distancia entre Helsinki y Yedrovo (aproximadamente 400 km), la operación de reingreso podría tener lugar casi directamente sobre la capital finlandesa. Tal como señalamos antes, ésta es una fase delicada del vuelo y hay varios factores de error que podrían afectar la trayectoria de la cabeza durante los segundos que dura la fase de reingreso. Los errores acumulados durante la fase de propulsión, así como durante la operación de separación de la cabeza, pueden provocar el inicio temprano de la fase de reingreso con consecuencias desastrosas para Helsinki.

FIGURA II



Es imposible determinar el número exacto de cabezas nucleares que Estados Unidos lanzaría hacia la Unión Soviética en un ataque de contrafuerza y contravalor. El cuadro I muestra las cifras exactas de

misiles Minuteman y MX, así como de sus cabezas nucleares. Éstas están dirigidas contra las bases soviéticas de ICBM identificadas, porque los silos subterráneos reforzados sólo pueden ser destruidos con impactos directos o muy cercanos; en la actualidad, la precisión requerida es alcanzada por misiles intercontinentales lanzados desde tierra. Así, el corredor que abarca los países escandinavos incluye las trayectorias de la mayor parte de estas cabezas nucleares.

CUADRO I
Bases de misiles balísticos intercontinentales en Estados Unidos

<i>Nombre</i>	<i>Número y tipo de misiles</i>		<i>Número de cabezas</i>
Warren AFB	27 MX		270
	173 Minuteman III		519
Malmstrom AFB	150 Minuteman II		150
	50 Minuteman III		150
Whiteman AFB	150 Minuteman II		150
Ellsworth AFB	150 Minuteman II		150
Grand Forks AFB	150 Minuteman III		450
Minot AFB	150 Minuteman III		450
			<i>Cabezas por vehículo</i>
<i>Totales</i>	Minuteman II	450	1
	Minuteman III	523	3
	MX	27	10

Nota: El número de cabezas es ligeramente más elevado (2349) que el que muestra el cuadro.

Fuentes: Arkin, W. y R. Fieldhouse, *Nuclear Battlefields: Global Links in the Arms Race*, Appendix A (pp. 179-213); Joint Chiefs of Staff, *US Military Posture, Fiscal Year, 1989*, citado en *Aviation Week and Space Technology*, 14 de marzo de 1988.

Un último elemento de gran importancia debe ser mencionado. Ya se ha visto que los errores de vuelo podrían hacer que una cabeza se desviara de su objetivo. No obstante, el mecanismo de detonación es bastante complejo y no es posible asegurar que la cabeza realmente detonaría si ocurriera una desviación. Es imposible evaluar el riesgo de explosión nuclear en estas circunstancias. No obstante, en el caso de que una cabeza desviada no detonara, se estrellaría en la superficie de la tierra, lejos de su blanco, y el material de fisión que lleva contaminaría una región más o menos importante.

La superficie cubierta por esta distribución de material radiactivo es difícil de estimar. Si el ángulo de reingreso es pequeño, el área contaminada por el derrame será mayor. Prueba de ello es el caso del satélite soviético Cosmos 954 que se estrelló en territorio canadiense el 24

de enero de 1978. Este satélite utilizaba un reactor de uranio enriquecido como fuente de energía. Según SIPRI (1979) los restos del satélite (algunos altamente radiactivos) fueron diseminados en un radio de más de 550 km. Como el ángulo de reingreso fue bastante pequeño y el Cosmos 954 no estaba diseñado para soportar el calor del reingreso, los restos se dispersaron en esta región tan amplia.

En el caso de las cabezas nucleares desviadas también es posible que se presente una dispersión importante de material fisionable. No obstante, hay una serie de diferencias en relación con la experiencia del Cosmos 954. La más importante es que las cabezas nucleares están dotadas de un escudo térmico para soportar el calor y la presión del reingreso. En principio, no se consumirían durante esta etapa del vuelo y no habría dispersión de restos en lo alto de la atmósfera. El material radiactivo (principalmente plutonio) se dispersaría en el área adyacente al impacto de la cabeza nuclear en la superficie terrestre. Bajo este supuesto, el área contaminada será más pequeña.

Sin embargo, aunque la cápsula de las cabezas está diseñada para que no se consuma durante el reingreso, la posibilidad de errores de navegación implicaría variaciones imprevistas en los ángulos de reingreso, y el escudo de protección de una cabeza podría o no soportar el calor y la presión de la etapa de reingreso. En particular, el desgaste del escudo térmico puede no ser uniforme y desgastarse prematuramente en algunas partes; si eso sucede, el vehículo de reingreso terminará por desintegrarse durante esa etapa del vuelo. El ejemplo del Cosmos 954 vuelve a cobrar importancia y el área contaminada se incrementará. Por último, si consideramos este escenario para ICBM dotados de cabezas múltiples (MIRV), la superficie de territorio cubierta por estos derrames de material de fisión sería mucho más grande y los daños se multiplicarían.

TECNOLOGÍA MARV Y DESPLIEGUE DE SICBM

Entre las direcciones abiertas a la carrera armamentista en la década de 1990 se encuentra el desarrollo de vehículos de reingreso maniobrable (MARV).¹⁴ Con esta tecnología se buscará incrementar la precisión de

¹⁴ La tecnología MARV implica dotar de componentes aerodinámicos a las cabezas nucleares con dos finalidades: evadir posibles sistemas defensivos o aumentar su precisión en la fase terminal del vuelo. Estados Unidos ha desarrollado dos tipos distintos de vehículo maniobrable, uno dotado de un ángulo en la punta del cono de reingreso, otro con superficies de sustentación aerodinámica. El primer modelo está disponi-

los ICBM más allá de los límites alcanzados por la tecnología de navegación inercial. También permitiría evadir las defensas antibalísticas. Aunque este tipo de sistemas defensivos continúa estando prohibido por el Tratado ABM, en Estados Unidos el desarrollo de la tecnología MARV ha estado motivado por temores de que la Unión Soviética denuncie el tratado y establezca un sistema defensivo más o menos eficaz.

La tecnología MARV es también la respuesta al desarrollo de los nuevos misiles intercontinentales, más pequeños y desplegados con sistemas de bases móviles (SICBM por sus siglas en inglés).¹⁵ Según un estudio reciente¹⁶ estos sistemas serán utilizados por la Fuerza Aérea de Estados Unidos para crear incertidumbre sobre la localización exacta de cada uno de los misiles SICBM, de manera que los soviéticos tendrían que saturar toda el área de despliegue para asegurar su destrucción y, por lo tanto, agotarían una fracción mayor de su arsenal nuclear para eliminar cada misil norteamericano.

Como no es posible eliminar totalmente los factores de error de blanco, aun tomando en cuenta el desarrollo futuro de la tecnología MARV, para los países vecinos los riesgos de recibir impactos directos seguirían estando en relación directa con la cercanía de las áreas bombardeadas. Desde luego, el riesgo para estos países aumentará con el número de cabezas nucleares. Para países como México y Finlandia, ésta es una cuestión que debe ser analizada con cuidado. Por ejemplo,

ble y podría ser instalado en los misiles Trident (lanzados desde submarinos) en un lapso de tiempo no mayor a tres años. El segundo todavía no concluye su fase experimental y está diseñado para los misiles Minuteman y MX. El segundo sistema permitirá acceder a niveles más altos de precisión en las maniobras de aceleración y cambios de rumbo en la fase terminal. El único misil que contaba con tecnología MARV en los arsenales de Estados Unidos, el Pershing II, fue eliminado por el Tratado INF de 1987. Antes de la firma del tratado se llevaron a cabo varias pruebas del Pershing II con resultados negativos, con lo cual quedó en evidencia que la tecnología MARV dista mucho de haber sido perfeccionada.

¹⁵ En Estados Unidos, el desarrollo de los misiles intercontinentales pequeños y móviles pretende reducir la vulnerabilidad de los misiles intercontinentales protegidos en silos subterráneos (Minuteman I, II, III y MX). La Comisión Scowcroft, designada por el presidente Carter para recomendar un sistema de emplazamiento para los misiles MX y presentar opciones sobre la evolución futura de los arsenales estratégicos recomendó la colocación de los MX en los silos antes utilizados para los Minuteman y la producción de un ICBM pequeño (bautizado como "Midgetman"), capaz de transportar solamente una cabeza nuclear (en contraste con las diez cabezas del MX) pero con un sistema de bases móviles que reduciría su vulnerabilidad. Este SICBM está siendo desarrollado actualmente por la Fuerza Aérea de Estados Unidos y probablemente será un sistema operativo a principios de la década siguiente.

¹⁶ R. J. Smith, "A Scheme to Attract Missiles and Deter an Attack", *Science*, 27 de junio, 1986, pp. 1567-1672.

en el caso del segundo país habría que tomar en cuenta la distancia que separa a las bases de SICBM (sistema ofensivo que ya opera en la Unión Soviética) de su frontera.

Volviendo al caso de México, las características de los sistemas de despliegue de los misiles intercontinentales pequeños (SICBM) tienen serias implicaciones para nuestro país. En vista de que se pretende reducir la vulnerabilidad a través de aumentos en la movilidad, los sistemas considerados en la actualidad toman como punto de partida plataformas móviles para cada misil. Para el pensamiento militar norteamericano, ésta es la forma de aumentar la credibilidad del componente de misiles intercontinentales con bases en tierra. Ahora bien, los sistemas de despliegue móviles requieren de grandes extensiones de territorio en las que camiones o plataformas de ferrocarril permitirán que los SICBM se muevan libremente, de manera análoga al movimiento de los submarinos con misiles balísticos en las grandes profundidades del mar. Por lo tanto, las bases militares existentes en las que se puede desplegar este tipo de armamentos deben tener una gran extensión territorial. En la actualidad, en Estados Unidos de Norteamérica esas bases se encuentran en la zona *adyacente* o muy *cercana* a la frontera con México. En consecuencia, si el proceso de cambio técnico sigue el sendero mencionado, las bases de misiles intercontinentales se trasladarán hacia zonas cercanas al territorio mexicano. El riesgo de impactos nucleares directos en territorio mexicano se incrementará por el gran número de cabezas nucleares que tendrían que ser lanzadas para destruir estos blancos.

Existe una acalorada controversia sobre los tipos de bases más adecuadas para los SICBM. El Departamento de Defensa ya ha anunciado que se han seleccionado 46 sitios preliminares en nueve estados como posibles lugares de emplazamiento de SICBM móviles.¹⁷ El número final de bases de SICBM puede oscilar entre 9 y 15. Se calcula que para reducir la vulnerabilidad de un esquema de plataformas móviles durante condiciones normales, la superficie necesaria es de aproximadamente 10 350 km²; durante condiciones de alerta máxima, el área cubierta por los vehículos de transporte de las rampas de lanzamiento se incrementaría a 72 500 km².

Las instalaciones militares estadounidenses que reúnen estos requisitos están muy cerca o junto a la frontera México-Estados Unidos. La mejor prueba es que 25 de los 46 sitios probables para el emplazamiento de estos misiles que han sido identificados por el Departamento

¹⁷ Véase "Possible Sites Chosen for Midgetman Missile", en *The New York Times*, 28 de abril de 1985, p. 20.

de Defensa se localizan a una distancia de menos de 250 millas de la frontera con México.¹⁸ Éste es un hecho importante porque en un escenario de ataque nuclear de contrafuerza *stricto sensu*, la cantidad de cabezas que sería utilizada contra esas instalaciones sería muy elevada. Un cálculo reciente de la Fuerza Aérea de Estados Unidos¹⁹ respecto al número de misiles que se utilizarían en una ofensiva contra dichas instalaciones alcanza la cifra de 800 (se trata de misiles lanzados desde submarinos estratégicos y desde bases en la URSS). Desde luego, el número de cabezas nucleares será mucho mayor. El riesgo que correrá México en dicha eventualidad no se limita a los impactos directos en territorio nacional de cabezas nucleares por las fallas mecánicas y mal funcionamiento de los sistemas de navegación de los ICBM. Si las bases de SICBM móviles se sitúan en áreas adyacentes a la frontera, los daños derivados de la presión, el calor y la radiación serán realmente catastróficos para la zona fronteriza.²⁰

CONCLUSIONES

Aunque la literatura especializada reconoce la posibilidad de que cabezas nucleares lanzadas desde ICBM se desvíen de su curso y caigan lejos de sus blancos, se han hecho muy pocos intentos de evaluación de este riesgo. Existen bases para pensar que los cálculos de la precisión de los ICBM son demasiado optimistas y que, en caso de conflicto nuclear, es alta la probabilidad de que se presenten impactos directos “accidentales” en los países vecinos de las superpotencias. Este punto merece mayor atención, sobre todo si se considera la posible evolución futura de la tecnología de misiles intercontinentales pequeños y de los sistemas de reingreso maniobrable (MARV). Los esfuerzos por dotar de movilidad a los SICBM y asegurarles una menor vulnerabilidad será anulada (total o parcialmente) por el desarrollo de vehículos de reingreso a la atmósfera que permitan evolucionar y cambiar de dirección, dirigiendo las cabezas nucleares hacia cada uno de los blancos móviles. La respuesta será un incremento en el número de vehículos móviles (aún sin carga de cabeza nuclear) y se entrará en una nueva espiral de la carrera armamentista.

¹⁸ Miramontes, *op. cit.*

¹⁹ Smith, *op. cit.*

²⁰ El análisis llevado a cabo por Miramontes, *op. cit.*, acerca de México, cubre este tipo de escenarios. Ese estudio, único en México, examina también los efectos del pulso electromagnético y de precipitación radiactiva en diversos escenarios.

Para países como México, este tema es de gran importancia porque las bases para rampas de lanzamiento de SICBM móviles estarán localizadas en áreas muy cercanas o adyacentes a la frontera norte. Las iniciativas de política exterior en el campo del control de armamentos deberán tomar en cuenta este hecho. En particular, desde el punto de vista bilateral, México debe considerar seriamente plantear este tema en el marco de sus relaciones con Estados Unidos pues está en juego el futuro de la zona fronteriza.

En el ámbito multilateral, varios o todos los países que comparten una frontera con una de las potencias nucleares podrían unirse en un esfuerzo común para evitar los riesgos de una renovada carrera armamentista en el terreno de la tecnología MARV. El primer paso debe ser el reconocimiento de que el desarrollo de una tecnología sofisticada de reingreso maniobrable está relacionada con la intensificación del esfuerzo para desplegar misiles en rampas de lanzamiento móviles. El siguiente paso debe ser el estudio y la negociación de un tratado de proscripción de pruebas de vuelo de vehículos *maniobrables* para la fase de reingreso.²¹ Una de las ventajas de este tipo de tratado es que sería relativamente fácil de garantizar su cumplimiento; la verificación se puede llevar a cabo a través del estudio de la telemetría de los misiles y vehículos maniobrables objeto de las pruebas.²²

Este tipo de iniciativas representarían un esfuerzo novedoso y una opción importante para países no nucleares. Se puede reactivar el papel de organismos multilaterales y acicatear a las superpotencias para que busquen soluciones más constructivas a sus problemas de seguridad. La próxima revisión del tratado de no-proliferación de armas nucleares (NPT) constituye un marco idóneo para esta actividad diplomática. Se iría más allá de las simples declaraciones de retórica sobre desarme mundial y control de armamentos, enfocando la política exte-

²¹ M. Bunn, "The Next Nuclear Offensive", *Technology Review*, enero, 1988.

²² Para que la prueba de un misil sea de utilidad, se requiere información sobre el desempeño en vuelo de los diferentes componentes y, en particular, de su sistema de navegación. Por eso, durante el vuelo de prueba se mantiene un flujo continuo de información, llamado telemetría, para los sistemas de control de vuelo. Este flujo de información normalmente puede ser interceptado por aviones o barcos situados en las cercanías de los corredores seguidos por las trayectorias. Las trayectorias de vuelo experimental de los ICBM (incluyendo los puntos de reingreso de las cabezas) se encuentran sobre el océano Pacífico y tanto la URSS como Estados Unidos están obligados, por tratado internacional, a informar con antelación a cada disparo. Esto da tiempo a que cada lado prepare sus sistemas de captación de la telemetría de los misiles del otro. Las señales de telemetría pueden ser escondidas o disfrazadas con un código, pero se considera que una parte muy importante de la telemetría puede ser descifrada y, por otra parte, se puede prohibir esta práctica.

rior en este terreno hacia problemas concretos de gran importancia.

Para concluir, es necesario considerar una objeción dirigida al tipo de análisis presentado. ¿Qué sentido tiene preocuparse por el riesgo de algunos impactos directos o de derrames de plutonio en el contexto de un holocausto nuclear? Esta forma común de plantear el problema nuclear tiene el defecto de fomentar la pasividad. El problema de la seguridad de las superpotencias puede ser legítimo; lo que no es legítimo es que se pretenda resolverlo poniendo en peligro la seguridad de todo el planeta. Todos los países no beligerantes, por primera vez en la historia de la guerra, serán directa y terriblemente afectados por el conflicto. El fenómeno del invierno nuclear está demasiado bien documentado y sus efectos para los países subdesarrollados han sido bien analizados.²³ No se puede mantener la ilusión de que las consecuencias de un conflicto nuclear distinguen entre países beligerantes y no beligerantes. Éste es un hecho con implicaciones políticas de la mayor importancia que invita a reflexionar y a actuar sobre el problema de la destrucción nuclear *antes* de que ocurra. Los términos del problema están bien planteados; asociado a este problema está un trabajo político que todavía no recibe la atención que merece.

TRADUCCIÓN DE GUILLERMINA CUEVAS

²³ P.M. Kelly y J.H.W. Karas, *No Place to Hide: Nuclear Winter and the Third World*, Climatic Research Unit, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, London, Earthscan, 1986.