

**El clima como multiplicador de fuerza:
Poseyendo el clima en 2025**



Documento de investigación
Presentado a las

Fuerzas Aéreas 2025

por

Col Tamzy J. House
Lt Col James B. Near, Jr.
LTC William B. Shields (USA)
Maj Ronald J. Celentano
Maj David M. Husband
Maj Ann E. Mercer
Maj James E. Pugh

Agosto de 1996

Traducido por www.guardacielos.org

Nota Introdutoria del traductor

“El clima como multiplicador de Fuerza: Poseyendo el clima para 2025” es un documento clave para entender las estrategias militares de modificación climática desde una perspectiva histórica a la actualidad.

Las referencias a este documento son sistemáticas desde hace años, sin embargo no hemos encontrado su equivalente en castellano. Y por considerar que se trata de un documento esencial para que la comunidad hispanohablante pueda hacerse una opinión fundamentada sobre un tema de tanta transcendencia, del que somos víctimas sin saberlo, la plataforma cívica Guardacielos emprendió la tarea de traducirlo y hacerlo accesible. - En esta óptica se ha evitado el uso de siglas o acrónimos del original para facilitar la comprensión de la lectura y no tener que buscar cada vez la correspondencia de las mismas.

Los términos técnicos con los que no estamos familiarizados han supuesto alguna dificultad, pero hemos realizado el trabajo con la mejor voluntad, y en el mejor de nuestro saber. No obstante, se aceptan propuestas de mejora, razonadas, en cuanto a los tecnicismos se refiere. Las siglas y las fuentes de la documentación se han dejado en inglés para que cada cual pueda hacer su búsqueda.

Esperamos que la lectura reposada de este informe sea de provecho y nos abra el espíritu a la comprensión de cosas que no por desconocerlas son menos ciertas. El sentimiento de indignación que puede despertar esa lectura debe conducir a una firme acción de rechazo en la práctica, por medios pacíficos pero contundentes.

Nosotros hemos querido dejar patente nuestro rechazo en una carta abierta a sus autores. Más que nada para dejarles claro, a ellos y a todos cuantos forman parte de esta sinrazón, militares o no, que la sociedad civil global no va a permitir que los programas de manipulación climática se consoliden al amparo de marco legal alguno. Y que se organizará para poner fin a semejante locura y para pedir responsabilidades civiles y penales a todos aquéllos que por acción u omisión hayan contribuido al desarrollo y ejecución de este arma medioambiental ilegal.

Se incluye la carta, a título introductorio, del documento.

Josefina Fraile Martín / Portavoz de Guardacielos

Carta abierta a los militares

Señores Tamzy J. House , James B. Near, Jr., William B. Shields (USA), Ronald J. Celentano, David M. Husband, James E. Pugh, y Señora Ann E. Mercer.

Autores del documento:

“Weather as a Force Multiplier: Owning the Weather in 2025” / “El Clima como multiplicador de fuerza: poseyendo el clima para 2025”

Presentado a las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos en Agosto de 1996

Señores, Señora,

Soy Josefina Fraile Martín, española de nacimiento y ciudadana del mundo. Por ello tras leer su documento con título de ciencia ficción... ¡“poseyendo el clima para 2025”! y ver que ilustra una alarmante realidad, me veo en la obligación de escribirles en nombre de esa gran familia global de seres humanos a la que ustedes ignoran totalmente en sus delirantes planteamientos de control planetario, para expresarles mi (nuestro) sentir.

Por familia global, me refiero a los miles de millones de personas que habitan el planeta, con el que ustedes juegan a aprendices de brujo, y que se levantan todos los días para enfrentarse con dignidad a una supervivencia cada vez más amenazada por quienes en nombre del poder y la codicia se han autoerigido en caudillos del mundo, más comúnmente conocidos por oligarquía internacional y sus siervos.

Es preocupante, desesperanzador, e indignante para los ciudadanos que creemos en la libertad, la equidad, y la fraternidad, - valores faro de nuestras raíces democráticas - comprobar que quienes tienen el sagrado deber de proteger al pueblo, detentor legal de la soberanía de un país, como son el ejército y el gobierno, trabajan mano a mano con esas oligarquías psicopáticas en nuestra aniquilación, a nuestras espaldas.

No he visto en este documento ni en su precesor *Spacecast 2020*, ni en todos los documentos públicos de proyectos militares orientados al control del espacio y de las comunicaciones emprendidos por los Estados Unidos desde 1958 hasta la actualidad, un solo párrafo de reflexión sobre la ética de los fines, ni sobre las eventuales consecuencias de los mismos para el planeta y la vida de las personas.

[Por citar los más conocidos: Argus (1958), Starfish (1962), SPS/1968), Saturno V (1975), SPS (1978), OMS (1981), experimentos con transbordadores 1985, Mighty Oaks (1986), Tormenta del Desierto (1991), HAARP (1993), sin olvidar los fallidos experimentos Star Wars con el Presidente Reagan, o el BMDO, con el Presidente Clinton].

Lo único que se aprecia en el desarrollo de los fundamentos teóricos de sus proyectos es la gran frialdad de unas mentes adoctrinadas, entrenadas para cumplir órdenes sin cuestionar fines ni medios, por perversos que sean, bajo la bandera de la seguridad nacional. Eludiendo toda responsabilidad en los actos que ejecutan, y pervirtiendo el lenguaje para calificar el horror más cruento como daños colaterales. Aunque esos daños impliquen la destrucción del planeta. Ustedes, como cualquier ciudadano en un Estado de Derecho, son moral y legalmente, responsables de sus actos. Y eso no puede haber lenguaje que lo cambie.

La seguridad nacional sería un concepto nulo si de él se excluyera la seguridad de quienes componen la nación: principalmente los ciudadanos de hoy, que a su vez deben proteger los derechos de su prole, las generaciones venideras.

A cada uno con su cruz o con su gobierno, que es lo mismo. Pero lo que no podemos entender quienes no formamos parte del pueblo americano, es por qué la Seguridad Nacional de los Estados Unidos significa la anulación de las soberanías nacionales de otros países, aliados, o no, impidiéndoles la defensa efectiva de su propio territorio y de los ciudadanos que lo integran. En el documento “poseyendo el clima para 2025” ustedes aseveran:

“En los Estados Unidos, la modificación climática formará parte de la política de seguridad nacional, con aplicaciones domésticas e internacionales. Nuestro gobierno perseguirá esa política a varios niveles, en función de sus intereses. Estos niveles incluirían acciones unilaterales, participación en un marco de seguridad como la OTAN, en el marco de afiliación a organismos internacionales como la ONU, o actuando en coalición. Considerando que en 2025 nuestra estrategia nacional de seguridad incluirá la modificación climática, su utilización en la estrategia militar nacional será algo natural.”

En la página 6 de su informe se lee:

“[la modificación climática puede dividirse en dos grandes categorías: supresión e intensificación de patrones climáticos. En casos extremos, se trataría de crear patrones climáticos totalmente nuevos, la atenuación o control de tormentas severas, o incluso la alteración global del clima, de enorme alcance y, o, de larga duración.

En los casos más livianos y menos controvertidos podría hablarse de inducir o suprimir precipitaciones, nubes o nieblas por periodos cortos y a pequeña escala sobre una región] Otras aplicaciones de menor intensidad podrían incluir la alteración y, o, el uso del espacio cercano como un medio para mejorar las comunicaciones, interrumpir sensores activos y pasivos, u otros fines. En la investigación para este estudio se adoptó la interpretación más amplia posible de modificación climática de manera a considerar las mayores oportunidades posibles para nuestro ejército en el 2025”.

Al inicio del capítulo 4 se lee:

El ingrediente indispensable para un sistema de modificación climática es el conjunto de intervenciones técnicas usadas para modificar el clima. El número de metodologías específicas de intervención está limitado solo por la imaginación, pero con algunas excepciones dichas metodologías implican infundir energía o químicos en los procesos metereológicos de forma adecuada en el momento y lugar adecuados. La intervención para modificar el clima podría diseñarse de varias formas con el fin de influir en las nubes, las precipitaciones, la intensidad de las tormentas, el clima, el espacio, o la niebla.

En el segundo párrafo de la página 19

Las tecnologías de modificación climática podrían conllevar técnicas que incrementen la liberación de calor latente en la atmósfera, que aporten vapor de agua adicional para el desarrollo de nubes, una mayor superficie y calor a la baja atmósfera todo lo cual redundará en el aumento de la inestabilidad atmosférica.

Uno de los apartados más documentados de este informe es el que concierne la modificación y control de la ionosfera y del entorno del espacio cercano, para aumentar las propias comunicaciones, y la capacidad de detección y de navegación, por ser crucial para el dominio del espacio de batalla.

En el segundo párrafo de la página 21 se lee:

[Se han explorado o propuesto bastantes métodos para modificar la ionosfera, incluida la inyección de vapores químicos y de calentamiento o carga vía radiación electromagnética, o mediante haces de partículas (como iones, partículas neutras, rayos x, partículas MeV, y electrones energéticos) (27). Es importante subrayar que muchas técnicas para modificar la alta atmósfera han sido demostradas con éxito de forma experimental... Entre las aplicaciones militares más importantes de estas operaciones destacan la producción de comunicaciones de baja frecuencia (LF), comunicaciones por cable HF, y creación de una ionosfera artificial]

En la página 27 se contempla la posibilidad de generar un clima artificial...

La nanotecnología también ofrece posibilidades para generar un clima simulado. Una o varias nubes de partículas microscópicas computarizadas, todas comunicándose entre sí y con un sistema de control más amplio, aportarían un potencial enorme. Esas nubes interconectadas, atmosféricamente flotantes, y con capacidad de navegación en tres dimensiones, podrían diseñarse para ofrecer una amplia gama de propiedades. Podrían bloquear sensores ópticos, o ajustarse para hacerse más impermeables a otros métodos de vigilancia. También podrían aportar una diferencia de potencial eléctrico atmosférico, que no existiría de otro modo, para lograr descargas eléctricas perfectamente dirigidas y cronometradas. Incluso si los niveles de potencia fueran insuficientes para lograr un arma efectiva de descarga, el potencial para las operaciones psicológicas en muchas situaciones, sería fantástico.

Barato y conveniente

Una de las mayores ventajas de usar un clima simulado para lograr un determinado efecto es que contrariamente a otros enfoques, éste hace que lo que se podría considerar resultado de acciones deliberadas aparezca como consecuencia de fenómenos naturales. Además es relativamente barato de hacer. De acuerdo con J. Storrs Hall, científico en la Universidad de Rutgers, que llevó a cabo una investigación en nanotecnología, los costes de producción de estas nanopartículas podría ser el mismo que para medio kilo de patatas. (34)

A pesar de mi total rechazo a sus inadmisibles e inmorales propuestas, debo decir en su favor que al menos han tenido ustedes la decencia intelectual de publicar este informe para conocimiento de la sociedad y de presentar la modificación climática en su justa perspectiva. Es decir, la perspectiva bélica y de intereses económicos. Y que aún habiendo elaborado su documento tras el *Convenio de Río 1992 sobre Cambio Climático*, no se han embarrado ustedes en mentirle a la sociedad global diciendo que la manipulación climática es la fórmula mágica para paliar el calentamiento global, supuestamente producido por el CO₂, generado por el hombre.- Calentamiento que a la luz de la lectura del segundo párrafo de la página 19 arriba subrayado, podemos deducir que sería consecuencia de la manipulación climática - . De hecho, el ejemplo utilizado para convencer al lector de la necesidad de controlar el clima y las comunicaciones, no es el calentamiento global, sino un escenario tópico, de lucha contra un cartel de droga en Sudamérica consolidado y políticamente poderoso, que ha adquirido tecnología rusa y china... ¡Gracias!

[El objeto de este informe es el de esbozar una estrategia para el uso de un sistema de futura modificación climática con el fin de lograr objetivos militares...].[La modificación climática es una empresa de alto riesgo y de grandes recompensas.] Pag. Vi La motivación existe. Los beneficios potenciales y el poder son extremadamente lucrativos y seductores para quienes tienen los recursos para desarrollarlo.

Veamos lo que da de sí un modelo que deja la manipulación del clima en manos de quien tiene recursos para desarrollarlo: un cartel de ricos y poderosos en Sudamérica, con tecnología de modificación climática adquirida en Rusia, China, o Estados Unidos, decide hacerse con las tierras fértiles de una región determinada. Pero los campesinos no quieren venderlas. Los poderosos, con la tecnología que lo permite, imponen en esa región una sequía prolongada incompatible con la supervivencia de los moradores. Sus estructuras económicas, sociales, productivas, sociales, y familiares se desintegran. En esta situación se instala una hambruna que diezma la población. Y los que quedan deciden emigrar a otros lugares en busca de salidas para los suyos. Los poderosos tienen la vía libre... Este no es ningún escenario ficticio en 2025. Es una realidad desde hace una década en países sudamericanos como Argentina.

Según su informe desde 1947 ya se preveían consecuencias legales derivadas de la alteración deliberada de los grandes sistemas de tormentas, lo que dejaba poco espacio para experimentar con las tormentas que tocaban tierra, eso no impidió su uso en Vietnam, ni la constante experimentación primero a escala regional y después a escala global a pesar del Convenio ENMOD de 1977, ni tampoco los continuados experimentos desde 1958 a la actualidad para conocer y controlar la alta atmósfera. Es más, ustedes están convencidos de que los marcos legislativos serán más sensibles a las grandes recompensas que al alto riesgo, ya que en su opinión...

“la urgencia cada vez mayor de concretar las ventajas de este potencial, estimula leyes, tratados y algunas acciones unilaterales, de manera que los riesgos necesarios para validarlo y mejorarlo, sean aceptables”.

En otras palabras, la corrupción del legislador se da por descontada.

Incidentalmente la sociedad no solo tendrá que pagar individual y colectivamente las consecuencias de acciones que ponen al planeta en riesgo de destrucción a medio plazo y que atentan contra la salud e integridad de las personas a corto plazo, sino que, en opinión del equipo redactor del informe, **la sociedad tendrá que aportar los recursos y las bases legales para desarrollar un potencial serio de modificación climática.** ¿Puede una sociedad que no ha sido informada sobre estas actividades, que desconoce estas prácticas y sus consecuencias, y que no las ha consentido, pagar semejante precio?

Como han pasado casi dos décadas desde la publicación de su documento, las evidencias a lo largo de los años desmienten que se tratara de una simple hipótesis de trabajo. El estado lamentable de nuestros cielos y la ruptura de los patrones climatológicos naturales a nivel global son el mejor ejemplo de que los objetivos para 2025 se han alcanzado con 16 años de adelanto. Y todo ello ignorando la legalidad, ignorando a la sociedad, omitiendo establecer una responsabilidad clara entre los hechos y sus consecuencias, invirtiendo la ley causa efecto, y despreciando el más elemental principio de precaución. Sin embargo, según ustedes:

Las lecciones de la historia nos muestran que a pesar del riesgo el potencial de modificación climática será una realidad. El impulso existe. La gente ha querido siempre controlar el clima y su deseo les empujará a perseguir sus objetivos de forma permanente y colectiva.

Una visión un tanto simplista. Las lecciones de la historia universal vistas desde la sociedad civil, son bien distintas de las que puedan extraer los militares. Y sus compañeros de viaje, la oligarquía internacional. La sociedad civil del siglo XXI es una sociedad instruida, cree profundamente en los valores democráticos que protegen los derechos fundamentales de las personas, y rechaza la perpetua dinámica de guerra de la industria militar y su entramado corporativo. También rechaza que el fin justifique los medios. La sociedad civil del siglo XXI ha aprendido las lecciones que nos han dejado la bomba atómica y la industria nuclear. Y por ello no cree que el simple deseo de lograr algo legitime su desarrollo cuando este implica actos contrarios a la vida, a la naturaleza, a la dignidad y al derecho, como la manipulación climática. Creemos que solo tenemos un planeta tierra, que es nuestra casa común, que merece protección y respeto, y que no puede ser tratado como un laboratorio clandestino por cuatro psicópatas. La comunidad global cree en la justicia, en la paz, en la equidad y en la sana convivencia de razas y credos. Sepan ustedes que la sociedad civil del siglo XXI, debidamente informada, se opondrá en su inmensa mayoría a la manipulación climática. Y vista la perversión del uso y abuso del concepto de seguridad nacional, se organizará para someter a control democrático y parlamentario todo programa de investigación militar a nivel global. La sociedad civil del siglo XXI sabrá crear los tribunales civiles internacionales que juzguen en un *Nuevo Proceso Núremberg*, a los responsables directos o indirectos, vivos o muertos, de estas actividades genocidas, por acción u omisión. Porque como decía George Clemenceau, creemos que la guerra es una cosa muy seria para dejársela a los generales. Sin duda, hoy también añadiría que la ciencia, la justicia o la política son algo muy serio para dejarlas en manos de científicos, jueces y políticos serviles. La sociedad civil del siglo XXI tiene trabajo por delante, pero sabrá estar a la altura porque de ello depende, sencillamente, su propia supervivencia.

Me despido de ustedes con el proverbio “más vale volver atrás que perderse en el camino”, entendido como el deber de rectificar de inmediato por parte de quienes habiendo tomado de forma unilateral, arbitraria y deliberada un camino incompatible con la vida en el planeta, por razones de dominio y lucro, se lo han impuesto a la sociedad global sin su mandato legal, conocimiento, ni consentimiento.

Atentamente.

Josefina Fraile Martín / Portavoz de la Plataforma Cívica Guardacielos

**El clima como multiplicador de fuerza:
Poseyendo el clima en 2025**



Documento de investigación
Presentado a las

Fuerzas Aéreas 2025

por

Col Tamzy J. House
Lt Col James B. Near, Jr.
LTC William B. Shields (USA)
Maj Ronald J. Celentano
Maj David M. Husband
Maj Ann E. Mercer
Maj James E. Pugh

Agosto de 1996

Traducido por www.guardacielos.org

AVISO

2025 es un estudio diseñado para cumplir con una directiva del jefe de personal de las Fuerzas Aéreas orientada a analizar los conceptos, capacidades y tecnologías necesarias con el fin de que los Estados Unidos sigan siendo la fuerza que domine el aire y el espacio en el futuro. El estudio presentado el 17 de junio de 1996, fue desarrollado por el Departamento de Defensa, de la escuela de medioambiente y libertad académica, con el objetivo de avanzar conceptos relacionados con la defensa nacional. Las opiniones expresadas en este informe son las de sus autores y no reflejan la política oficial o el posicionamiento de las Fuerzas Aéreas Americanas, el Departamento de Defensa, o el gobierno de los Estados Unidos.

Este informe contiene representaciones ficticias de futuros escenarios o situaciones a título ilustrativo, por lo que toda coincidencia con personas reales o eventos, distintos de los citados específicamente, es fortuita.

Esta publicación, no clasificada, tiene el visto bueno para su divulgación pública del ente responsable de política de revisión y seguridad.

Traducido por www.guardacielos.org

ÍNDICE

Capítulo	Página
Aviso	ii
Ilustraciones.....	iv
Gráficos.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen Ejecutivo.....	vi
1. Introducción.....	1
2. Potencial deseado.....	3
¿Por qué quisiéramos enredar con el clima?.....	3
¿Qué entendemos por “modificación climática”?.....	4
3. Descripción del sistema.....	8
Red Climatológica Global.....	8
Aplicar la modificación climática a las operaciones militares.....	10
4. Concepto de operaciones.....	13
Precipitaciones.....	13
Niebla.....	16
Tormentas.....	18
Explotación del “espacio cercano” para el control espacial	20
Ventajas de la modificación climática del espacio.....	20
Dominio de las comunicaciones a través de la modificación de la ionosfera.....	21
Clima artificial.....	27
Resumen, concepto de operaciones.....	28
5. Recomendaciones de la investigación.....	31
Perspectivas de actuación.....	31
Conclusiones.....	34
Anexos	Página
A ¿Por qué es importante la ionosfera?.....	36
B Investigar para entender y predecir mejor los efectos ionosférico.....	39
C Acrónimos y Definiciones.....	41
Bibliografía.....	42

Ilustraciones

Gráficos		Página
3. 1	Red climatológica global.....	9
3. 2	El sistema militar para operaciones de modificación climática.....	11
4. 1	Enfoque de haces cruzados para la generación de espejos ionosféricos artificiales.....	23
4. 2	Espejos ionosféricos artificiales, comunicaciones de punto a punto.....	24
4. 3	Espejos ionosféricos artificiales, concepto de vigilancia sobre el horizonte.....	25
4. 4	Escenarios para la degradación de las telecomunicaciones.....	26
5. 1	Pautas competenciales para la modificación climática en 2025.	32
5. 2	Pautas para el desarrollo de sistemas de modificación climática en 2025.....	34

Cuadros

Cuadro		Página
I	Matriz de potencial operativo	vi

Agradecimientos

Queremos expresar todo nuestro reconocimiento al Señor Mike McKim del Air War College por su gran aportación de experiencia técnica e ideas innovadoras que han contribuido de forma relevante a nuestro informe. Nuestro agradecimiento también a nuestras familias por su apoyo a lo largo de este proyecto de investigación. Su comprensión y paciencia durante esta exigente investigación han sido cruciales para el éxito del proyecto.

Traducido por www.guardacielos.org

Resumen Ejecutivo

En 2025 las fuerzas aeroespaciales de los Estados Unidos pueden “poseer el clima” rentabilizando las nuevas tecnologías y centrando el desarrollo de las mismas a aplicaciones bélicas. Este potencial ofrece a los guerreros herramientas para diseñar el espacio de batalla de forma nunca antes imaginada, ya que incidiría en las operaciones de todo el espectro del conflicto y afectaría a todos los futuros posibles e imaginables. El objeto de este informe es el de esbozar una estrategia para el uso de un sistema de futura modificación climática con el fin de lograr objetivos militares, más que el de marcar pautas técnicas detalladas.

La modificación climática es una empresa de alto riesgo y de grandes recompensas, y supone un dilema no distinto del de la ruptura del átomo. Mientras algunos sectores de la sociedad siempre serán reacios a analizar temas polémicos como este, el enorme potencial militar que se deriva de la modificación climática es ignorado en detrimento propio. La modificación climática ofrece al guerrero un amplio abanico de opciones para derrotar o doblegar al adversario, desde favorecer las operaciones con aliados, a destruir las de los enemigos mediante el diseño de patrones climáticos naturales a pequeña escala hasta el completo dominio de las comunicaciones globales y el control de réplica espacial. En el cuadro 1 se listan algunas de las posibilidades que el sistema de modificación climática podría aportar al comandante en jefe de una guerra.

Se necesitan avances tecnológicos en cinco áreas esenciales para detentar el potencial de modificación climática: (1) técnicas avanzadas de modelación no lineal (2) capacidad computacional (3) recopilación y transmisión de información (4) sensor global de matriz, y (5) técnicas de intervención climática. Algunos métodos de intervención ya existen y otros deberán desarrollarse y redefinirse en el futuro.

Cuadro 1

Matriz de potenciales operativos

DEGRADAR FUERZAS ENEMIGAS

Generar precipitaciones

- Inundar líneas de comunicación
- Reducir PGM/Eficacia ubicación
- Disminuir nivel de confort/ánimo

Generar tormentas

- Impedir operaciones

Impedir precipitaciones

- Denegar agua fresca
- Inducir sequías

Clima espacial

- Interrumpir comunicaciones/Radar
- Inhabilitar /Destruir recursos espaciales

Eliminar niebla y nubes

- Impedir ocultación
- Aumentar la vulnerabilidad a PGM/Ocultas

Detectar actividades climáticas hostiles

APOYAR FUERZAS AMIGAS

Inhibir precipitaciones

- Mantener/Mejorar LOC
- Mantener visibilidad
- Mantener el nivel de confort/moral

Modificar tormentas

- Elegir el entorno del espacio de batalla

Modificar tormentas

- Elegir el entorno del espacio de batalla

Generar niebla y nubes

- Aumentar ocultación

Eliminar niebla y nubes

- Mantener operaciones aéreas
- Aumentar la eficacia PGM

Defenderse contra el potencial del enemigo

Las tecnologías de hoy día evolucionarán en los próximos 30 años y ofrecerán a quien tenga recursos, la capacidad de modificar los patrones climáticos y los correspondientes efectos, al menos a escala local. Las actuales tendencias demográficas, económicas, y medioambientales generan tensión global. Este hecho ocasionará el que muchos países o grupos sientan la necesidad de convertir la habilidad de modificar el clima en capacidad.

En los Estados Unidos, la modificación climática formará parte de la política de seguridad nacional, con aplicaciones domésticas e internacionales. Nuestro gobierno perseguirá esa política a varios niveles, en función de sus intereses. Estos niveles incluirían acciones unilaterales, participación en un marco de seguridad como la OTAN, en el marco de afiliación a organismos internacionales como la ONU, o actuando en coalición. Considerando que en 2025 nuestra estrategia nacional de seguridad incluirá la modificación climática, su utilización en la estrategia militar nacional será algo natural. Además de los grandes beneficios que esta capacidad operativa aportaría, otra motivación adicional para la modificación climática es controlar y derrotar a posibles adversarios.

En este documento mostramos cómo la aplicación apropiada de modificación climática puede aportar el dominio del espacio de batalla a niveles nunca imaginados. En el futuro estas operaciones mejorarán la superioridad aérea y aportarán nuevas opciones al diseño y al conocimiento del espacio de batalla. ¹ “La tecnología está ahí, esperando que pongamos las piezas juntas ; ² “En 2025 podemos poseer el clima”.

Notas

1. El potencial de modificación climática descrito en este documento está en línea con el entorno operativo y las misiones relevantes de las fuerzas aeroespaciales en 2025 tal y como están definidas por las Fuerzas Aéreas en el informe de la oficina de planificación a largo plazo por el Jefe de Personal de las Fuerzas Aéreas [basado en una presentación powerpoint “Marco del poder aéreo y espacial para una estrategia de desarrollo (jda-lr.ppt)].”

2. General Gordon R. Sullivan, “Movimiento del siglo 21: ejército americano y modernización” Military Review (Julio 1993) citado en Mary Ann Seagraves y Richard Szymber, “El clima como fuerza multiplicadora”, Military Review, Noviembre/Diciembre 1995,75.

Traducido por www.guardacielos.org

Capítulo 1

Introducción

Escenario: Imaginémonos que en 2025 los Estados Unidos están luchando contra un cartel de droga, rico, consolidado y políticamente poderoso en Sudamérica. Dicho cartel ha adquirido cientos de cazas de fabricación rusa y china, trastocando nuestros planes para atacar sus plantas de producción. Con su superioridad local y líneas interiores, el cartel está lanzando más de diez aviones por uno de los nuestros. Además está usando el sistema probatorio de observación de la tierra (SPOT) francés, un sistema de ubicación y seguimiento en imágenes, que en 2025 podrá transmitir una imagen multi-espectral en tiempo real con una resolución de un metro. Los Estados Unidos desean llevar al enemigo a un terreno desigual con el fin de explotar el potencial de nuestros aviones y municiones.

El análisis meteorológico revela que Sudamérica Ecuatorial tiene tardes tormentosas diariamente a lo largo del año. Nuestro servicio de inteligencia ha confirmado que los pilotos del cartel no quieren volar en o cerca de una tormenta. Nuestro equipo de apoyo de fuerza climática (WFSE) que es parte del centro de operaciones aéreas (AOC) del comandante en jefe (CINC), tiene la orden de predecir el patrón de los frentes tormentosos y desencadenar o intensificar estos frentes sobre áreas de objetivos crítico, que el enemigo deberá defender con sus aviones. Como nuestros aviones en 2025 tendrán todos potencial climático, el frente tormentoso no será un problema y podremos tomar el control de forma eficaz y decisiva sobre el cielo del objetivo. El equipo de fuerza climática tiene los sensores necesarios y el potencial de comunicaciones para observar, detectar y actuar en base a exigencias de modificación climática orientadas a apoyar los objetivos militares de los Estados Unidos. Este potencial forma parte de un sistema avanzado de área de batalla que apoya al Comandante en Jefe en el lugar seleccionado. En nuestro escenario de actuaciones, el Comandante en Jefe ordena al equipo de fuerza climática intensificar la tormenta y las operaciones de ocultación. Éste modela las condiciones atmosféricas

para realizar la modificación con una fiabilidad del 90%, mediante la generación aérea y siembra de nubes.

En 2025, se utilizarán vehículos aeroespaciales no tripulados (UAV) - drones - para operaciones de modificación climática. Cotejando referencias sobre el mejor momento para atacar con previsiones de viento, tormentas, y la órbita proyectada del satélite SPOT, el equipo de fuerza climática genera los perfiles para cada dron y los guía en base a información en tiempo real desde una red de sensores matriciales.

Antes del ataque, coordinado con las predicciones meteorológicas, los drones inician la generación de nubes y siembra, formando un escudo de cirros para impedir que el enemigo pueda utilizar sus sistemas de control visual y de infrarrojos. Simultáneamente, calentadores de microondas generan un centelleo localizado para alterar la detección activa mediante sistemas de abertura sintética de radar (SAR) como los canadienses de rastreo y rescate por satélite (SARSAT) que en 2025 se comercializarán de forma generalizada. Otras operaciones de siembra de nubes pueden intensificar un frente tormentoso sobre un objetivo, limitando enormemente la capacidad del enemigo para defenderse. El equipo de fuerza climática controla completamente la operación en tiempo real, y señala la finalización exitosa de otra importante pero rutinaria misión de modificación climática.

Este escenario puede parecer lejano pero para el 2025 entra dentro de lo posible. El próximo capítulo explora las razones para la modificación climática, define el objeto, y analiza las tendencias que lo harán posible en los próximos 30 años.

Capítulo 2

Potencial requerido

¿Por qué querríamos enredar con el clima?

Según Gen Gordon Sullivan, ex jefe de personal del ejército, “el salto tecnológico al siglo 21, nos permitirá ver al enemigo día y noche, con cualquier tipo de tiempo – y perseguirlo sin tregua.”¹ El potencial de modificación climática, global, preciso, en tiempo real, fuerte y sistemático, aportaría al Comandante en Jefe una fuerza multiplicadora poderosa para lograr objetivos militares.

Considerando que el clima es común a todos los futuros posibles, el potencial de modificación climática sería aplicable a escala universal, y de utilidad en todo el espectro de un conflicto. La capacidad para influir en el clima incluso a pequeña escala podría convertirse de fuerza degradadora en fuerza multiplicadora.

Los hombres siempre han querido hacer algo con el clima. En los Estados Unidos se encuentran archivos periodísticos de 1839 que relatan como gente con ideas serias y creativas intentaban hacer lluvia.² En 1957, el comité asesor sobre control climático del presidente, reconoció explícitamente el potencial militar de modificación climática alertando en su informe, de que podría convertirse en un arma más importante que la bomba atómica.³

Sin embargo, la controversia desde 1947 sobre las posibles consecuencias legales derivadas de la alteración deliberada de los sistemas de grandes tormentas significaba que la futura experimentación que podría realizarse sobre las tormentas susceptibles de dejar precipitaciones sería muy limitada.⁴ En 1977, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una resolución por la que se prohibía el uso de técnicas de modificación del medio ambiente. Resultando en “El Convenio sobre la prohibición de usos militares o cualquier uso hostil de técnicas de modificación medioambiental (ENMOD)”

los signatarios se comprometieron a abstenerse de cualquier uso militar, u otros usos hostiles de modificación climática que pudiera causar efectos severos, duraderos y generalizados.⁵ Si bien es cierto que estos dos marcos reguladores no han logrado parar la investigación sobre modificación climática, sí han frenado significativamente su ritmo y el desarrollo de tecnologías asociadas, generando principalmente enfoques supresores de actividades en vez de intensificadores.

La influencia del clima en las operaciones militares ha sido ampliamente reconocida.

En la II Guerra Mundial, Eisenhower dijo:

[i] En Europa el mal tiempo es el mayor enemigo de las [operaciones] aéreas. “Un soldado dijo que el clima es siempre neutral” Nada más lejos de la realidad. El mal tiempo es obviamente enemigo de quien busca lanzar proyectos que requieren buen tiempo, o de quien posee grandes ventajas como unas fuerzas aéreas poderosas que dependen del buen tiempo para operaciones eficaces. Si el mal tiempo durase permanentemente, ¡los Nazis no necesitarían más para defender la costa de Normandía!⁶

El impacto del clima ha sido muy importante en operaciones militares recientes. Un gran número de operaciones en Tuzla durante el despliegue inicial de apoyo a la paz en Bosnia se abortaron como consecuencia del mal tiempo. Durante la Operación Tormenta del Desierto, Gen Buster C. Glosson preguntó a su oficial del tiempo que le dijera qué objetivos podrían estar despejados en 48 horas para inclusión en la hoja aérea de ruta (ATO).⁷ Pero la fiabilidad de las actuales capacidades de predicción, son correctas al 85% durante 24 horas, lo que no es suficiente para planificar el ciclo de actuación aérea. ⁷ Más del 50% de las incursiones de los F-117 tuvieron que ser abortadas sobre sus objetivos. Y los A-10 solo realizaron 75 de los 200 vuelos programados en misión de apoyo debido a las nubes bajas durante los primeros dos días de campaña. ⁸ La aplicación de tecnología de modificación climática para despejar un hueco lo suficientemente grande para que un F-117 pueda atacar y situar las bombas sobre los objetivos, o despejar la niebla de las pistas, habría supuesto en Tuzla un multiplicador de fuerza eficaz. La modificación climática tiene un claro potencial militar a nivel operativo para reducir los elementos de niebla y obstáculos en las operaciones aliadas y aumentarlos en las operaciones contra los enemigos.

¿Qué entendemos por modificación climática?

Hoy, la modificación climática significa la alteración de fenómenos climáticos sobre un área determinada por un tiempo limitado.⁹ En las próximas tres décadas, el concepto de modificación climática incluirá la capacidad de diseñar los patrones climáticos influyendo en los factores que los determinan.¹⁰

Lograr el potencial de modificar el clima de forma razonablemente precisa requerirá en los próximos treinta años superar algunas trabas tanto tecnológicas como legales, que no son insuperables.

Tecnológicamente, debemos tener una comprensión sólida de las variables que afectan el clima, y ser capaces de modelar las dinámicas de sus correlaciones, esquematizar los resultados de sus interacciones, medir sus actuales valores reales, e influir en ellos para lograr el resultado deseado. La sociedad tendrá que aportar los recursos y las bases legales para desarrollar un potencial serio. ¿Cómo se llevaría esto a cabo? El siguiente hipotético escenario postula cómo la modificación climática podría ser técnicamente factible y socialmente deseable en 2025.

Entre hoy y el 2005, los avances tecnológicos en la meteorología y la demanda de predicciones climatológicas más precisas por los mercados internacionales conllevarán a la correcta identificación y al establecimiento de parámetros de las variables más importantes que afectan el clima. Para el 2015 los avances en la capacidad computacional, las técnicas de modelación, y el seguimiento de técnicas de modelación atmosférica nos llevarán a tener predicciones meteorológicas más precisas y fiables, validadas frente al clima real mundial. En la próxima década, las densidades de población supondrán presión en la disponibilidad de los recursos, y en los costes de comida y agua. La pérdida masiva de vidas y propiedades asociadas a fenómenos climatológicos son cada vez más inaceptables. Estas presiones exigen que los gobiernos y otras organizaciones capaces de capitalizar los avances tecnológicos de los últimos 20 años deban emprender acciones para lograr un potencial de modificación climática altamente preciso. La urgencia cada vez mayor de concretar las ventajas de este potencial, estimula leyes, tratados y algunas acciones unilaterales, de manera que los riesgos necesarios para validarlo y mejorarlo, sean aceptables. Para el 2025 el mundo, o partes de él, podrán diseñar patrones climáticos locales influyendo en los factores que afectan el clima, las precipitaciones, las tormentas y sus efectos, la niebla, y el espacio cercano. Estas aplicaciones civiles altamente precisas de la tecnología de modificación climática tienen evidentes implicaciones militares. Esto es particularmente cierto para las fuerzas aeroespaciales, porque si bien el clima afecta operaciones de todo tipo, también nos afecta a nosotros.

El término “modificación climática” puede tener connotaciones negativas para mucha gente, civiles y militares por igual. Por ello es importante definir el objetivo a tener en cuenta en este documento de manera que los eventuales partidarios y detractores de una mayor investigación tengan unas bases comunes de debate. En un sentido más amplio, la modificación climática puede dividirse en dos grandes categorías: supresión e intensificación de patrones climáticos. En casos extremos, se trataría de crear patrones climáticos totalmente nuevos, la atenuación o control de tormentas severas, o incluso la alteración global del clima, de enorme alcance y, o, de larga duración.

En los casos más livianos y menos controvertidos podría hablarse de inducir o suprimir precipitaciones, nubes o nieblas por periodos cortos y a pequeña escala sobre una región. Otras aplicaciones de menor intensidad podrían incluir la alteración y, o, el uso del espacio cercano como un medio para mejorar las comunicaciones, interrumpir sensores activos y pasivos, u otros fines. En la investigación para este estudio se adoptó la interpretación más amplia posible de modificación climática de manera a considerar las mayores oportunidades posibles para nuestro ejército en el 2025. No obstante, por razones que se describirán a continuación, este documento se centrará sobre todo en la modificación climática localizada, a corto plazo, y en cómo esta puede incorporarse al potencial bélico. Los primeros temas que se traten serán la generación y disipación de precipitaciones, nubes y niebla; la modificación de sistemas localizados de tormentas; el uso de la ionosfera y el espacio cercano para el control espacial y el dominio de las comunicaciones. Estas aplicaciones están en línea con las CJCSI 3810.01 “Operaciones meteorológicas y oceanográficas”.¹¹

Se investigaron ejemplos extremos y polémicos de modificación climática – creación de clima a la carta, modificación climática a larga escala, creación y, o, control (o “generación”) de tormentas severas, etc. – como parte de este estudio. No obstante estos temas se tratarán de forma superficial aquí porque en opinión de los autores, los obstáculos técnicos que impiden su aplicación parecen insuperables en los próximos treinta años.¹² Si este no fuera el caso, estas aplicaciones se habrían incluido en este informe como opciones militares potenciales a pesar de su naturaleza polémica y potencialmente maligna, y de su inconsistencia con los acuerdos vigentes de las Naciones Unidas firmados por los Estados Unidos.

Por otro lado, las aplicaciones de modificación climática propuestas en este informe van desde las técnicamente probadas a las potencialmente factibles. Sin embargo, ninguna está siendo utilizada o piensa ser utilizada por nuestras fuerzas operativas. Y ambas tienen un valor potencial en las guerras del futuro como trataremos de explicar en los capítulos siguientes. El marco teórico integrado que incorpora las herramientas de modificación climática será expuesto en el próximo capítulo, y la forma en la que esas herramientas podrían aplicarse se desarrollará dentro del concepto de operaciones en el capítulo 4.

¹ Gen Gordon R. Sullivan, "Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization," *Military Review* (July 1993) quoted in Mary Ann Seagraves and Richard Szymber, "Weather a Force Multiplier," *Military Review*, November/December 1995, 75.

² Horace R. Byers, "History of Weather-modification," in Wilmot N. Hess, ed. *Weather and Climate Modification*, (New York: John Wiley & Sons, 1974), 4.

³ William B. Meyer, "The Life and Times of US Weather: What Can We Do About It?" *American Heritage* 37, no. 4 (June/July 1986), 48.

⁴ Byers, 13.

⁵ US Department of State, *The Department of State Bulletin*. 74, no. 1981 (13 June 1977): 10.

⁶ Dwight D Eisenhower. "Crusade in Europe," quoted in John F. Fuller, *Thor's Legions* (Boston: American Meteorology Society, 1990), 67.

⁷ Interview of Lt Col Gerald F. Riley, Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3rd Weather Squadron, in "Desert Shield/Desert Storm Interview Series," by Dr William E. Narwyn, AWS Historian, 29 May 1991.

⁸ Thomas A. Keaney and Eliot A. Cohen. *Gulf War Air Power Survey Summary Report* (Washington D.C.: Government Printing Office, 1993), 172.

⁹ Herbert S. Appleman, *An Introduction to Weather-modification* (Scott AFB, Ill.: Air Weather Service/MAC, September 1969), 1.

¹⁰ William Bown, "Mathematicians Learn How to Tame Chaos," *New Scientist*, 30 May 1992, 16.

¹¹ CJCSI 3810.01, *Operaciones Meteorológicas y Oceanográficas*, 10 Enero de 1995. Las instrucciones CJCS establecen medidas y responsabilidades para llevar a cabo operaciones meteorológicas y oceanográficas. También definen conceptos como términos de extensión, largo plazo, y gravedad, con el fin de identificar aquellas actividades que las fuerzas de los Estados Unidos tienen prohibidas en el marco del Convenio de las Naciones Unidas sobre Modificación Climática. Se entiende por extensión un área de varios cientos de kilómetros; por largo plazo un periodo de dos meses o aproximadamente una estación; y por grave se entiende una perturbación seria que pudiera dañar la vida de las personas, los recursos económicos y naturales, u otros activos.

¹² Las preocupaciones sobre las consecuencias inesperadas del "control" climático están justificadas. El clima es un ejemplo clásico de un sistema caótico (un sistema que nunca se repite). Un sistema caótico es también extremadamente sensible: diferencias minúsculas de las condiciones afectan los resultados enormemente. Según el Dr. Glenn James, un experto de renombre sobre el caos, los avances técnicos pueden facilitar la posibilidad de predecir cuándo aparecerán las transiciones climáticas, y la magnitud de la intervención para generar esas transiciones; sin embargo nunca será posible predecir cambios precisos como consecuencia de nuestras intervenciones. La naturaleza caótica del clima limita también nuestra capacidad para hacer predicciones precisas más largas. El conocido físico Edward Teller presentó sus cálculos para mejorar las predicciones climatológicas a más largo plazo a partir de una constelación de satélites aportando medidas atmosféricas continuas sobre una cuadrícula de 1 km² en todo el mundo. Este sistema que por ahora es prohibitivo dado su coste, solo mejoraría predicciones a largo plazo desde los 5 días actuales hasta aproximadamente 14 días. Está claro que existen determinados límites físicos para que el hombre controle la naturaleza, pero la dimensión de esos límites es una cuestión abierta.

Fuentes: G. E. James, "Chaos Theory: The Essentials for Military Applications," in *ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook*, AY96, 8 (Maxwell AFB, Ala: Air University Press, 1995), 1-64. The Teller calculations are cited in Reference 49 of this source.

Capítulo 3

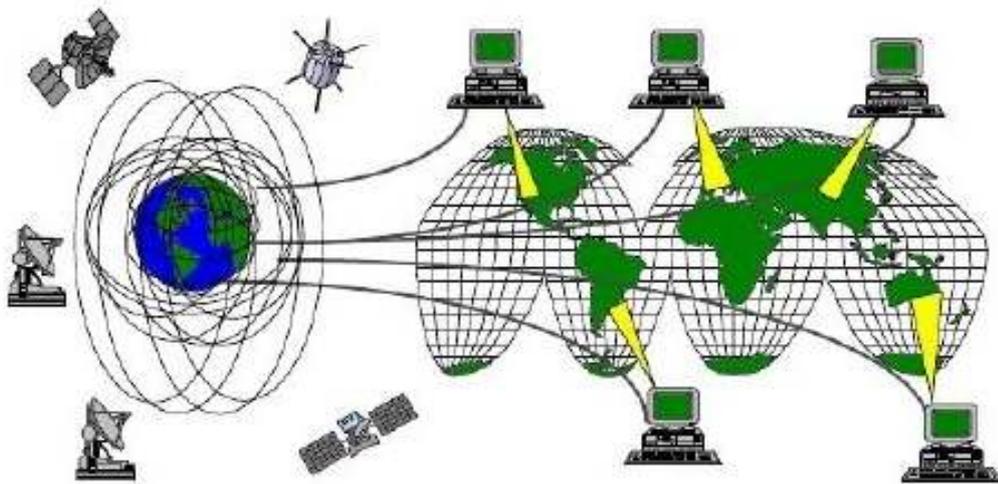
Descripción del sistema

En nuestra opinión para el 2025 el ejército podrá influir en el clima a nivel de la mesoescala (<200 km²), o micro escala (nivel local) para lograr el potencial descrito en el Gráfico 1. Dicho potencial sería consecuencia sinérgica de un sistema que consiste en (1) especialistas de fuerza climática altamente entrenados (WFS) que pertenecen al equipo de apoyo de fuerza climática (WFSE) del Comandante en Jefe (CINC); (2) puertos de acceso a la Red Climatológica Global (GWN) desde donde se obtienen las previsiones climatológicas a nivel mundial en tiempo real tanto de fuentes civiles como militares, (3) un sistema denso y muy preciso de sensores climáticos locales y de comunicación (4) modelaciones computarizadas avanzadas de modificación climática local y capacidad de predicción en el área de responsabilidad (AOR); (5) tecnologías probadas de modificación climática; (6) posibilidad de retroalimentación.

Red Climatológica Global

La Red Climatológica Global (GWN) sería el resultado evolutivo de la red de datos de origen civil y militar a nivel mundial. Para el año 2025, habrá una red muy rápida con un ancho de banda mayor, una red de comunicación alimentada con observaciones climáticas casi en tiempo real a partir de sensores mejorados en la tierra, el aire, el mar y el espacio. Esa red también aportará acceso a centros de predicción alrededor del mundo donde productos sofisticados, de datos y predicciones a la carta, generados por los modelos de predicción climatológica (global, regional, local, especializados, etc.) basados en las últimas técnicas matemáticas no lineales, que podrán ponerse a disposición de los clientes de la Red Climatológica Global, para un uso casi en tiempo real. 9

En 2025 creemos que los modelos de predicción climatológica, en general, y aquellos de modificación climática a nivel de la mesoescala, en particular, podrán emular todas las variables climáticas posibles, junto con sus dinámicas inter-relacionadas, y serán altamente fiables en ensayos rigurosos contra datos empíricos. El motor de estos modelos será una programación punta y una capacidad de hardware que asimile trillones de datos medioambientales, fusionándolos a bases de datos utilizables, procesando los datos a través de los modelos de predicción climatológica, y difundiendo la información climática en la Red Climatológica Global, casi en tiempo real ¹. Esta red se describe de forma esquemática en el gráfico 3-1.



Fuente: Microsoft Clipart Gallery ♥ 1995 cortesía de Microsoft.

Gráfico 3-1. Red Climatológica Global

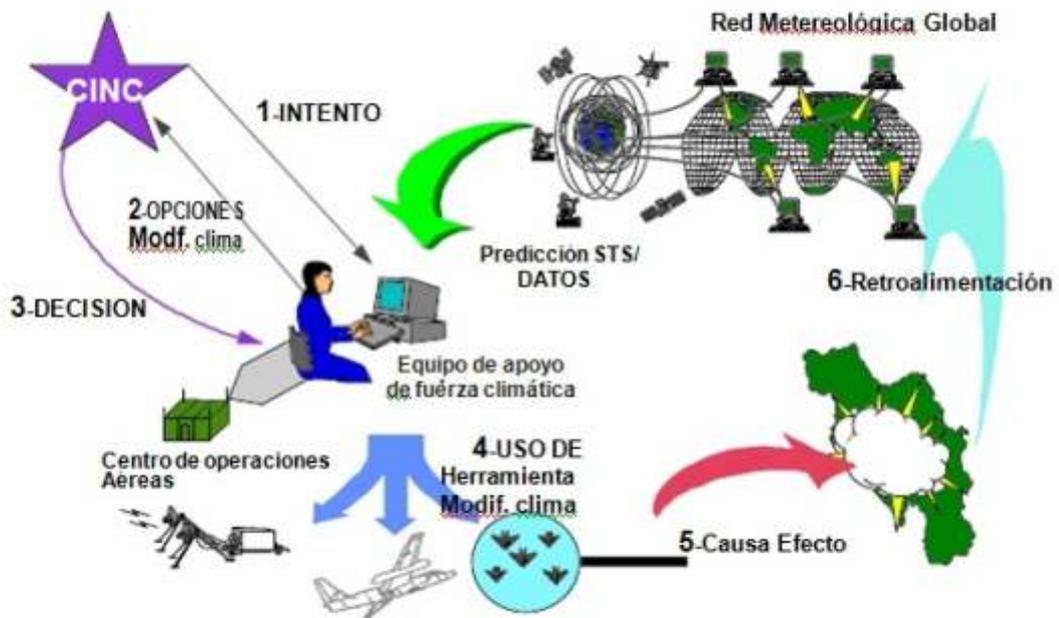
La mejor evidencia de la futura evolución de modelación climática, sobre la capacidad de predicción, y la Red Climatológica Global, es el plan estratégico 1995-2005, de la Administración Oceanográfica y Atmosférica NOAA. Dicho plan incluye elementos de programa para “avances de alertas a corto plazo, y poner a punto servicios de predicción pasando de los estacionales a los interanuales, prediciendo y valorando cambios decenales a centenales” ²; no incluye, sin embargo, planes para modelación de modificaciones climáticas, o el desarrollo de tecnologías de modificación. El plan de NOAA incluye programas de recopilación extensiva de datos, como el Radar de Próxima Generación, (NEXRAD) y sistemas Doppler de vigilancia climática en todo el territorio de los Estados Unidos. Los datos de estos sistemas de sensores alimentan más de cien centros de predicción para ser procesados por el Sistema Avanzado de Procesamiento Climatológico Interactivo (AWIPS), el cual aportará no sólo capacidad de comunicación de datos, sino también de procesamiento y de exposición para una predicción extensiva. Adicionalmente,

NOAA ha alquilado un supercomputador Cray C90, capaz de realizar más 1.5×10^{10} operaciones por segundo, que ya ha sido utilizado como sistema de predicción de huracanes.³

Aplicando la modificación climática a Operaciones Militares

¿Cómo el ejército en general, y las Fuerzas Aéreas Americanas, en particular, manejan y usan el potencial de modificación climática? Podemos imaginar que se hará a través del equipo de apoyo de fuerza climática (WFSE) cuya misión principal sería la de apoyar al Comandante en Jefe (CINC) con opciones de modificación climática, además del apoyo rutinario de predicción. A pesar de que este equipo podría operar en cualquier lugar siempre que tenga acceso a la Red Climatológica Global y al resto de los componentes del sistema ya mencionados, sería más probable que formara parte del Centro de Operaciones Aéreas (AOC) o de su equivalente en el 2025.

Con las pautas del Comandante en Jefe (CINC) el equipo de fuerza de modificación climática (WFSE), usa información aportada por la Red Meteorológica Global, de datos climáticos de redes locales, y los modelos de predicción de modificación climática. Las opciones que barajan incluyen el alcance del impacto, la probabilidad de éxito, los recursos necesarios, la vulnerabilidad del enemigo, y los riesgos inherentes. El Comandante en Jefe (CINC) elige un impacto determinado en función de los datos facilitados y el equipo de apoyo de fuerza climática ejecuta la elección, seleccionando las herramientas correctas de modificación, y usándolas para lograr el impacto deseado. Los sensores detectan el cambio y envían los datos sobre el nuevo patrón climático al sistema de modelación que actualiza sus previsiones en consecuencia. El equipo de apoyo de fuerza climática (WFSE) controla la eficacia de sus operaciones activando las condiciones actualizadas y las nuevas predicciones de la Red Climatológica Global, y de la red local de datos climáticos, y planifica misiones de seguimiento en consecuencia. Este concepto está ilustrado en el gráfico 3.2.



Fuente: Microsoft Clipart Gallery. © 1995 cortesía de Microsoft.

Gráfico 3-2. Sistema militar para operaciones de modificación climática

El personal del equipo de apoyo de fuerza climática necesita ser experto en sistemas de información y muy versado en el arte de información bélica tanto ofensiva como defensiva. Igualmente tendrían que tener un gran conocimiento de la Red Climatológica Mundial y sobre cómo utilizar la modificación climática para satisfacer las necesidades del Comandante en Jefe. Dada la naturaleza nodal de la Red Climatológica Mundial, este concepto sería muy flexible. Por ejemplo, se podría asignar a cada lugar de conflicto un equipo de apoyo de fuerza climática para ofrecer apoyo directo al Comandante en Jefe. El sistema también podría funcionar con múltiples nodos conectados a la Red de Climatológica Global.

Este sistema, producto de la era de la información, sería muy vulnerable a la guerra informativa. Cada equipo de apoyo de fuerza climática necesitaría a su disposición la más alta capacidad informativa defensiva y ofensiva. La capacidad defensiva sería necesaria para la supervivencia. Las habilidades ofensivas aportarían opciones de simulación para crear un clima virtual en los sensores de los sistemas de información del enemigo induciéndolo a tomar decisiones en línea con nuestra elección más que en la suya. También permitiría enmascarar o camuflar nuestras actividades de modificación climática.

Para fusionar un sistema de modificación climática integrado, exhaustivo, preciso y eficaz, son necesarias dos tecnologías clave. Por un lado es imprescindible avanzar en la ciencia del caos. Y por otro es preciso para la factibilidad del sistema poder modelar en el laboratorio el complejo sistema no lineal de modificación climática global de forma a poder predecir con precisión el resultado de cambios en las variables que influyen. Investigadores han controlado con éxito sistemas de variables individuales no lineales en laboratorio y consideran que con las técnicas matemáticas actuales y capacidad computacional se podrían manejar sistemas hasta con cinco variables. Avances en estas dos áreas harían posible afectar patrones climáticos regionales propiciando pequeños impulsos constantes a uno o más factores de influencia. Es decir, con tiempo por delante y las condiciones apropiadas, se podría lograr un clima “a la carta”.⁴

Desarrollar un potencial real de modificación climática requerirá varias herramientas de intervención para ajustar los correspondientes parámetros meteorológicos de forma predecible. Este es un área que deberá desarrollar el ejército en función de los potenciales requeridos como los descritos en el cuadro 1 del resumen. Este sistema contendría un sensor de matriz y una red localizada de datos de área de batalla para aportar el mejor nivel de resolución requerido, con el fin de detectar los efectos de la intervención y generar una retroalimentación. Esta red incluiría sensores de tierra, aire, mar y espaciales, al igual que observaciones humanas para garantizar la fiabilidad y reacción del sistema, incluso en el caso de réplica del enemigo. También incluiría herramientas específicas de intervención y tecnologías, algunas de las cuales ya existen y otras que deberán desarrollarse. Varias de estas herramientas propuestas se describen en el siguiente capítulo titulado Concepto de operaciones. El proceso de modificación total del clima sería un bucle continuo en tiempo real, de intervenciones medidas, apropiadas y la suficiente retroalimentación para producir el deseado comportamiento climático.

Notas

¹ SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, white paper G (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

² Rear Adm Sigmund Petersen, “NOAA Moves Toward The 21st Century,” The Military Engineer 20, no. 571 (June-July 1995): 44.

³ Ibid.

⁴ William Brown, “Mathematicians Learn How to Tame Chaos,” New Scientist (30 May 1992): 16.

Capítulo 4

Concepto de operaciones

El ingrediente indispensable para un sistema de modificación climática es el conjunto de intervenciones técnicas usadas para modificar el clima. El número de metodologías específicas de intervención está limitado solo por la imaginación, pero con algunas excepciones dichas metodologías implican infundir energía o químicos en los procesos meteorológicos de forma adecuada en el momento y lugar adecuados. La intervención para modificar el clima podría diseñarse de varias formas con el fin de influir en las nubes, las precipitaciones, la intensidad de las tormentas, el clima, el espacio o la niebla.

Precipitaciones

Durante siglos el hombre ha deseado tener la capacidad para influir en la lluvia en el momento y lugar de su elección. Hasta el momento los éxitos en el logro de este objetivo han sido mínimos; sin embargo con el desarrollo de las nuevas tecnologías y el interés creciente en el mundo para aliviar la escasez de agua mediante la mejora de las precipitaciones, se abre un mundo de posibilidades. En consecuencia propugnamos que el Departamento de Defensa explore cuantas oportunidades y ramificaciones resulten del desarrollo del potencial para influir en las precipitaciones, o que lleve a cabo “modificaciones selectivas de precipitaciones”. Aunque la capacidad para influir en las precipitaciones a largo plazo (por más de varios días), no se comprenda totalmente, para el 2025 con toda seguridad podremos aumentar o disminuir las precipitaciones durante periodos cortos en zonas localizadas. Antes de discutir la investigación en esta área, es importante describir los beneficios de este potencial. Si bien muchas operaciones militares pueden verse afectadas por las precipitaciones, la movilidad en tierra se ve particularmente afectada. Influir en las precipitaciones puede ser útil de dos maneras. En primer lugar, aumentar las precipitaciones podría disminuir

la operatividad del enemigo anegando el terreno, lo que también afectaría su estado de ánimo. Impedir las precipitaciones podría mejorar la operatividad de fuerzas amigas, secando las zonas anegadas.

¿Cuándo se podrá desarrollar esta capacidad y aplicarla a operaciones tácticas en 2025? Antes de lo que uno podría creer. Durante muchos años se han llevado a cabo investigaciones sobre la modificación de las precipitaciones y un aspecto de la tecnología resultante se aplicó durante operaciones en la Guerra de Vietnam¹. Estos intentos iniciales aportan una base para el mayor desarrollo de un potencial selectivo real.

Curiosamente el gobierno de los Estados Unidos tomó una decisión consciente de no proseguir la investigación sobre estas bases. Como se dijo anteriormente los acuerdos internacionales han impedido a los Estados Unidos investigar operaciones de modificación climática, extensas, duraderas o con efectos severos. Sin embargo es posible (en el marco de los tratados establecidos) utilizar la modificación de las precipitaciones a corto plazo, con resultados limitados y potencialmente positivos.

Nos remitimos a nuestros previos experimentos de modificación de las precipitaciones. Como se dijo en un artículo publicado en el Diario de Meteorología Aplicada (Journal of Applied Meteorology)

*[n] al inicio todos los experimentos de modificación climática durante el último cuarto de siglo se han orientado a producir cambios en la escala de las nubes por medio de la diferencia de presión de vapor saturado entre el agua y el hielo. No es por nada, pero ya es tiempo de que consideremos la factibilidad de modificación climática, a otras escalas temporales y con otras hipótesis físicas.*²

Este estudio llevado a cabo por William M.Gray, y Al., investigó la hipótesis de “los enormes beneficios derivados de una explotación razonable del potencial de absorción solar del polvo de carbón”³. El estudio concluyó que esta tecnología podría usarse para mejorar las precipitaciones en la mesoscala, generar cirros, y cumulonimbus (nubes tormentosas) en lo que podrían denominarse zonas áridas.

La tecnología puede describirse de la siguiente forma. Al igual que un tejado alquitranado absorbe energía solar y desprende calor en un día soleado, el carbón absorbe energía solar de forma rápida. Si se dispersa el carbón, de forma microscópica o en “polvo”, en el aire sobre una zona amplia de agua, éste se calienta y caldea el aire del entorno lo que a su vez aumenta la evaporación de la masa de agua abajo. A medida que el aire del entorno se calienta, se generarán bolsas de aire y el vapor de agua que contiene se condensará para eventualmente formar nubes. Con el tiempo, a medida que más vapor de agua se condensa las gotas de la nube aumentarán de tamaño, se harán demasiado grandes y pesadas para permanecer suspendidas y caerán en forma de agua u otras formas de precipitación.⁴

Este estudio señala que la tecnología de generación de precipitaciones funciona mejor “contra marea desde litorales con flujo costero”. La nieve efecto lago en el cabo sur de los Grandes Lagos es un fenómeno natural basado en dinámicas similares.

¿Puede este tipo de tecnología de mejora de precipitaciones tener aplicaciones militares? Sí, si se dan las condiciones adecuadas. Por ejemplo, si tuviéramos la suerte de tener una gran área de agua en dirección del campo de batalla objetivo, se podría dispersar polvo de carbón en la atmósfera sobre el agua. Asumiendo que las condiciones atmosféricas son favorables, el aumento de aire saturado eventualmente formará nubes que se transformarán en chubascos en la dirección del viento.⁵ Mientras la posibilidad de tener una masa de agua cerca del campo de batalla es impredecible, la tecnología podrá ser de mucha ayuda en las condiciones adecuadas.

Solo con más experimentación se podrá determinar hasta qué punto se puede controlar la modificación de las precipitaciones. Si se desarrollan con éxito las técnicas de generación de precipitaciones y se dan las condiciones naturales, también podremos dispersar polvo de carbón en un lugar determinado. Transportarlo de forma controlada, segura, barata, y fiable requiere innovación. Ya se han estudiado numerosas técnicas de dispersión pero la más apropiada, segura y barata es el uso de motores de aviones de tipo afterburner (postcombustión) para generar partículas de carbón mientras vuelan a través del área objetivo. Este método está basado en la inyección de hidrocarburo líquido en los gases de combustión del afterburner. Este método de generación directa se considera más apropiado que cualquier otro que exija el transporte a la altitud necesaria de grandes cantidades de polvo de carbón previamente producido y triturado.

El estudio sobre el polvo de carbón demostró que era posible mejorar la precipitación a pequeña escala y ha sido verificado con éxito bajo determinadas condiciones atmosféricas. Desde que se llevó a cabo el estudio no se han realizado aplicaciones militares de esta tecnología. Sin embargo, podemos augurar su uso en el futuro tras haberse resuelto el problema de las plataformas de suministro para la dispersión eficaz de polvo de carbón, o otros agentes de modificación en el año 2025.

Uno de los métodos que proponemos es el de maximizar la seguridad y fiabilidad de la tecnología, eliminando virtualmente el elemento humano. Hasta la fecha se han hecho avances con las naves aéreas no tripuladas que pueden en parte, si no totalmente, igualar las capacidades de las naves pilotadas. Si esta tecnología de sigilo fuera combinada con las tecnologías del polvo de carbón, el resultado sería un avión no tripulado invisible al radar a lo largo del área objetivo, que de forma espontánea podría generar polvo de carbón en cualquier lugar. No obstante, minimizar el número de naves

necesarias para completar la misión dependería del desarrollo de un sistema nuevo y más eficiente para producir polvo de carbón mediante la tecnología como la de motores afterburner anteriormente mencionados. Si se quiere usar de forma eficaz el uso de tecnología de sigilo, este sistema debe no sólo tener la capacidad de dispersar polvo de carbón si no también la de minimizar o eliminar la fuente de calor infrarrojo del avión no tripulado.

Además del uso de tecnologías de sigilo UAV y de absorción del polvo de carbón para la generación de precipitaciones, este mismo método puede utilizarse para la supresión de la precipitación. Aunque el estudio mencionado no exploró de forma significativa la posibilidad de siembra de nubes para suprimir las precipitaciones, esta posibilidad existe. Si se sembraran las nubes (usando núcleos químicos similares a los utilizados hoy, o quizás un agente más eficaz que surja de la constante investigación) antes de que lleguen por la fuerza del viento al lugar deseado, el resultado sería la supresión de la precipitación. En otras palabras, se puede “forzar” la precipitación a caer antes de que llegue al territorio objetivo, logrando así mantenerlo “seco”. Las ventajas operativas y estratégicas de esta metodología ya se han explicado.

Niebla

En general, la eficaz disipación de niebla requiere algún proceso de calentamiento o siembra. La mejor técnica está en función del tipo de niebla. En otras palabras, existen dos tipos básicos de niebla, de advección y de radiación. La niebla de advección aparece a temperaturas por debajo de 0° C y la mejor técnica para disiparla es sembrarla desde el aire con agentes que promueven el crecimiento de cristales de hielo.⁶

La niebla de radiación aparece a temperaturas superiores a los 0° C y es el tipo de niebla que plantea el 90% de los problemas de las operaciones aéreas.⁷ La mejor técnica de disipación conocida es calentarla porque basta un pequeño incremento de la temperatura para evaporarla. Pero como calentarla no es práctico, la técnica aproximada más efectiva es la siembra higroscópica.⁸ La siembra higroscópica usa agentes que absorben el vapor de agua. Esta técnica es más efectiva cuando se lleva a cabo desde el aire pero también puede efectuarse desde la tierra.⁹ El logro de mejores resultados requiere información avanzada sobre la profundidad de la niebla, el contenido líquido de agua y el viento.¹⁰

Décadas de investigación muestran que la disipación de la niebla es una aplicación efectiva de la tecnología de modificación climática que ahorra enormes recursos a la aviación militar y civil.¹¹

Algunos distritos han mostrado interés en aplicar estas técnicas para mejorar la seguridad de las autovías donde se ubica más frecuentemente la niebla densa.¹²

Ya hay tecnologías que podrían tener importantes aplicaciones en la dispersión de la niebla. Como se dijo antes, el calor es el método más eficaz de dispersión para el tipo más corriente de niebla. Desgraciadamente se ha mostrado impráctico para la mayor parte de las situaciones y sería difícil para operaciones de contingencia. No obstante, el desarrollo de tecnologías de energía radiante directa, como el láser y las microondas podrían abrir nuevas posibilidades.

Experimentos de laboratorio muestran que las microondas son efectivas a la hora de disipar la niebla. Sin embargo los resultados también indican que los niveles de energía requeridos exceden el límite de exposición de densidad de potencia de 100 watt/m², marcado en Estados Unidos, y esto lo hace muy caro.¹³

Experimentos de campo con láser han demostrado capacidad para disipar niebla de radiación en una zona aérea con cero visibilidad. Con la generación de 1 watt/cm², que es aproximadamente el límite de exposición de densidad de potencia en los Estados Unidos, el sistema aumentó la visibilidad en 402 metros en 20 segundos.¹⁴ Los sistemas láser descritos en la parte de Operaciones Espaciales de este estudio de las Fuerzas Aéreas 2025 podrían aportar este potencial como uno de los múltiples usos posibles.

En relación a las técnicas de siembra, se prevén mejoras en los materiales y métodos de suministro. Actualmente se están desarrollando materiales inteligentes basados en nanotecnología con capacidad computacional en gigaops en su núcleo. Estos materiales podrían ajustar la talla para ofrecer dimensiones óptimas en función de una determinada situación de siembra de niebla y hacer ajustes en el proceso. También podrían mejorar su calidad de dispersión ajustando su flotabilidad, comunicándose entre sí y dirigiéndose ellos mismos en la niebla. Estos materiales podrán ofrecer una retroalimentación inmediata y de eficacia constante, en contacto con una red de sensores más amplia, pudiendo incluso cambiar su temperatura y polaridad para mejorar los efectos de siembra.¹⁵ Como se dijo anteriormente los aviones no tripulados podrían ser utilizados para suministrar y distribuir estos materiales inteligentes.

Recientes experimentos militares de laboratorio han demostrado la factibilidad de generar niebla. Usaron equipos comerciales para generar niebla densa en un área de 100 m de largo. Un estudio más detallado mostró que la niebla podía bloquear muchos de los rayos ultravioleta / infrarrojos del espectro visible, ocultando eficazmente emisores de radiaciones de armas de infrarrojos.¹⁶ Esta tecnología permitiría a una pequeña unidad militar evitar la detección en el espectro infrarrojo. Se podría generar niebla para ocultar con rapidez el movimiento de tanques o de infantería, o para encubrir operaciones militares, edificios o equipos.

Estos sistemas pueden también ser muy útiles para inhibir observaciones de operaciones sensibles de retaguardia, mediante un reconocimiento electro-óptico de plataformas.¹⁷

Tormentas

El deseo de modificar las tormentas para apoyar objetivos militares es la forma de modificación climática más agresiva y polémica. El daño ocasionado por las tormentas es terrible. Por ejemplo, una tormenta tropical tiene una energía equivalente a 10.000 bombas de hidrógeno de un megatón,¹⁸ y en 1992 el Huracán Andrew destruyó totalmente la base aérea de Homestead, Florida, causando la evacuación de la mayor parte de las naves en el sureste del país y la pérdida de 15.5 billones de dólares por daños.¹⁹ En esta perspectiva, como cabía suponer dado el nivel de energía de una tormenta, la literatura científica actual indica que hay límites físicos definitivos para que el hombre pueda modificar los sistemas tormentosos. Debido a estas y otras consideraciones de tipo político, medioambiental, económico, legal y moral, limitaremos nuestro análisis de tormentas a los frentes tormentosos locales, y por lo tanto no consideraremos sistemas tormentosos mayores como los huracanes, o sistemas intensos de bajas presiones.

En cualquier instante se producen aproximadamente 2.000 tormentas. Diariamente²⁰ se forman 45.000 tormentas que pueden ser de fuerte lluvia, granizo, micro ráfagas, cizalladuras o relámpagos. Cualquiera que haya volado frecuentemente en aviones comerciales ha podido observar hasta qué punto los pilotos hacen lo indecible por evitar las tormentas. El peligro que acarrearán quedó patente en agosto de 1985 cuando se estrelló un jumbo con 137 personas a bordo tras haber hecho frente a micro-ráfagas y cizalladuras durante una borrasca.²¹ Estas fuerzas de la naturaleza impactan las aeronaves e incluso los más avanzados cazas de 1996 hacen lo que sea para evitar una tormenta.

¿Constituirá el clima un riesgo para la aviación en 2025? La respuesta es “sí”, pero los avances tecnológicos en los próximos 30 años disminuirán el potencial del riesgo. Los sistemas computarizados de vuelo podrán “auto-pilotar” los aviones a través de vientos de cambios rápidos. Las naves dispondrán también de sistemas de sensores precisos a bordo que pueden “cartografiar” de forma instantánea y guiarlas automáticamente hacia la parte más segura del frente tormentoso. Se prevé que los aviones tengan una electrónica más dura que pueda aguantar los efectos de los rayos y con capacidad para generar un entorno con potencial eléctrico para neutralizar o repeler el impacto de rayos.

Asumiendo que los Estados Unidos logran algunos o todos los avances tecnológicos arriba reseñados y que mantienen la tecnología de la “ventaja climática sobre sus potenciales adversarios, el siguiente paso sería mirar cómo modificar el clima del espacio de batalla para hacer el mejor uso posible de nuestra ventaja tecnológica.

Las tecnologías de modificación climática podrían conllevar técnicas que incrementen la liberación de calor latente en la atmósfera, que aporten vapor de agua adicional para el desarrollo de nubes, una mayor superficie y calor a la baja atmósfera todo lo cual redundará en el aumento de la inestabilidad atmosférica.

Para desencadenar una tormenta con éxito es indispensable que se den las condiciones pre-existentes a nivel local y regional. La atmósfera debe tener ya unas condiciones inestables y una dinámica que apoye el desarrollo de nubes verticales. El enfoque de la modificación climática sería el de aportar “condiciones” adicionales que provocasen la suficiente inestabilidad en la atmósfera como para generar nubes y eventualmente el desarrollo de células tormentosas. La trayectoria de las células tormentosas una vez que se han desarrollado o mejorado no solo depende de la dinámica de la tormenta en la mesoscala si no de la escala atmosférica regional y de la escala atmosférica sinóptica (global) de los patrones del viento en el área, no sometidos al control humano.

Como indicado, los problemas tecnológicos del desarrollo tormentoso en apoyo a operaciones militares son obviamente mayores que los encontrados para la generación de precipitaciones o la dispersión de niebla, descritos anteriormente. Un área de investigación de tormentas que beneficiaría las operaciones militares es también la modificación de los rayos. La mayor parte de la investigación se ha centrado en el desarrollo de técnicas para disminuir los incidentes o los problemas asociados con los rayos. Esta investigación es importante para las operaciones militares y la protección de recursos, pero algunas ofensivas militares se verían mejoradas si se investigase sobre como aumentar el potencial y la intensidad de los rayos. Los conceptos que deben explorarse incluyen aumentar la eficiencia básica de las tormentas, estimulando el mecanismo desencadenante del rayo y desencadenando un rayo como el que impacto el Apolo 12 en 1968.²² Podrían investigarse mecanismos sobre cómo modificar las características electro-potenciales en relación con algunos objetivos para inducir la descarga de rayos sobre determinados objetivos mientras la tormenta pasa por donde están situados.

En resumen, la capacidad para modificar el clima del espacio de batalla mediante el desencadenamiento o modificación de células tormentosas nos permitiría explotar las ventajas tecnológicas “climáticas” para nuestros aviones de 2025; este área tiene un gran potencial y debe ser tratado en investigaciones futuras y en programas de desarrollo conceptual.

Explotación del “espacio cercano” para el control espacial

Esta sección trata las oportunidades para el control y la modificación de la ionosfera y del entorno del espacio cercano para potenciar la fuerza; más específicamente para mejorar nuestras comunicaciones, sensores, capacidad de navegación, y, o, para impedirse a nuestros enemigos. En el apéndice A se adjunta una breve descripción de la ionosfera y de su importancia en los actuales sistemas de comunicación.

Para el 2025 sería factible modificar la ionosfera y el espacio cercano, creando una gran variedad de aplicaciones potenciales como se detalla seguidamente. No obstante, antes de que sea posible la modificación ionosférica se necesitan observaciones y avances en la predicción climatológica espacial. Muchas de estas necesidades se describieron en el estudio Spacecast 2020, Apoyo Climatológico Espacial para las Comunicaciones.²³ Algunas de las sugerencias de este estudio se incluyen en el Apéndice B; es importante observar que nuestra capacidad para explotar el espacio cercano mediante una modificación activa depende en gran medida del éxito de tener capacidades de observación y de predicción fiables.

Oportunidades que ofrece la modificación climática del espacio

La modificación del entorno del espacio cercano es imprescindible para el dominio del espacio de batalla. El general Charles Horner, ex-comandante en jefe del comando espacial de los Estados Unidos, asegura que su mayor pesadilla era la de “ver desaparecer un batallón completo de marines en alguna región extranjera porque era incapaz de negar al enemigo imágenes e información generada desde el espacio.”²⁴ La modificación activa podría aportar una “solución tecnológica” para bloquear los sistemas de reconocimiento y vigilancia del enemigo, activos y pasivos. En otras palabras, la capacidad operativa para modificar el entorno del espacio cercano garantizaría una superioridad espacial en 2025; esta capacidad nos permitiría diseñar y controlar el espacio de batalla mediante una mejor comunicación, detección, navegación y sistemas dedicados a la precisión.

Somos conscientes de que los avances tecnológicos podrían negar la importancia de ciertas frecuencias electromagnéticas para las fuerzas aeroespaciales en el 2025 (como bandas de frecuencias de radio (RF), alta frecuencia (HF) y muy alta frecuencia (VHF); las posibilidades descritas abajo son de todas formas relevantes.

Nuestros adversarios dependerán probablemente de estas frecuencias para la comunicación, detección y navegación, y serían extremadamente vulnerables a una interrupción vía modificación climática del espacio.

Dominio de las Comunicaciones via Modificación Ionosférica

La modificación de la ionosfera para mejorar o interrumpir las comunicaciones se ha convertido recientemente en un tema de investigación activa. De acuerdo con Lewis M. Duncan, y Robert L. Showen, la antigua Unión Soviética llevó a cabo investigación teórica y experimental en este área a un nivel considerablemente superior para programas comparables en occidente.²⁵ Existe una gran motivación para esta investigación porque:

la capacidad para inducir modificaciones ionosféricas puede influir, o incluso interrumpir los sistemas operativos de radio en la zona modificada. La generación controlada o la disipación acelerada de incidencias ionosféricas, puede utilizarse para promover nuevas trayectorias de propagación, algo imposible de otra forma, apropiadas para misiones seleccionadas de radio frecuencia.²⁶

Se han explorado o propuesto bastantes métodos para modificar la ionosfera, incluida la inyección de vapores químicos y de calentamiento o carga vía radiación electromagnética, o mediante haces de partículas (como iones, partículas neutras, rayos x, partículas MeV, y electrones energéticos)²⁷ Es importante subrayar que muchas técnicas para modificar la alta atmósfera han sido demostradas con éxito de forma experimental. Las técnicas de modificación llevadas a cabo por la ex-Unión Soviética, incluyen calentamiento vertical HF, calentamiento oblicuo HF, calentamiento con microondas, y la modificación magnetosférica.²⁸ Entre las aplicaciones militares más importantes de estas operaciones destacan la producción de comunicaciones de baja frecuencia (LF), comunicaciones por cable HF, y creación de una ionosfera artificial (tratada detalladamente abajo). Más aún, los países en desarrollo también reconocen los beneficios de la modificación ionosférica: “al inicio de 1980, Brasil condujo un experimento para modificar la ionosfera mediante inyección química.”²⁹

Son varias las ventajas de la capacidad para modificar la ionosfera o el espacio cercano como se describe a continuación. Hay que hacer hincapié en que esta lista no es exhaustiva; la modificación de la ionosfera es un área vasta, con aplicaciones potenciales y otras aplicaciones derivadas que deberán plantearse.

Espejos ionosféricos para comunicaciones de punto a punto, o transmisiones de radar sobre el horizonte (OTH). Las propiedades y limitaciones de la ionosfera como un medio que refleja la radiación de alta frecuencia

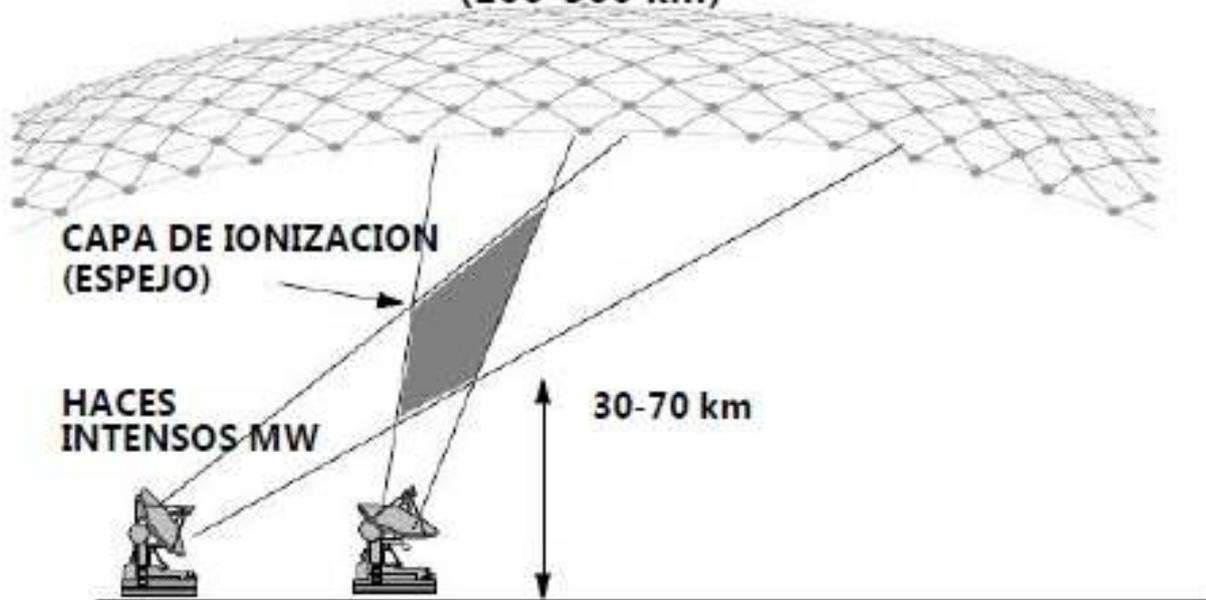
se describen en el apéndice A. La principal desventaja de depender de la ionosfera para reflejar las ondas de radio es su variabilidad debida al clima espacial normal y a eventos como erupciones solares y tormentas electromagnéticas. La ionosfera ha sido descrita como una hoja arrugada de papel de cera cuya posición relativa sube y baja en función de las condiciones climáticas. La topografía de la superficie del papel arrugado cambia constantemente, llevando a una variabilidad de sus propiedades reflectoras, refractoras y transmisoras.

La creación de una ionosfera artificial uniforme fue primero propuesta por un investigador ruso A.V. Gurevich a mediados de los años 70. Un espejo ionosférico artificial (AIM) serviría de soporte preciso para una radiación electromagnética de una frecuencia seleccionada, o grama de frecuencias. Por lo tanto sería doblemente útil: para el control de punto a punto de comunicaciones amigas, y la interceptación de transmisiones enemigas.

Este concepto ha sido descrito con detalle por Paul A. Kossey y Al., en un ensayo titulado “Espejos ionosféricos artificiales (AIM).”³⁰ Los autores describen cómo se podría controlar de forma precisa el posicionamiento y la altura de la región de ionización producida artificialmente usando haces cruzados de microondas (MW) que producen ruptura atmosférica (ionización) de especies neutrales. Las implicaciones de este control son enormes: ya no se estará sujeto a los caprichos de la ionosfera natural sino que se tendrá el control directo del entorno de propagación. Idealmente, los espejos ionosféricos artificiales podrían crearse con rapidez y mantenerse solo por un breve periodo operativo. En el gráfico 4-1.³¹ se ilustra un esquema del enfoque para la generación de espejos ionosféricos artificiales de haces cruzados.

Los espejos ionosféricos podrían teóricamente reflejar ondas de radio con frecuencias de hasta 2 GHz, lo que supone dos niveles de magnitud superior que las ondas reflectadas por la ionosfera natural. La potencia del emisor de microondas requerida para este sistema es de magnitud superior a la utilizada por estos sistemas en 1992; sin embargo, se espera que para 2025 ese potencial sea fácilmente asequible.

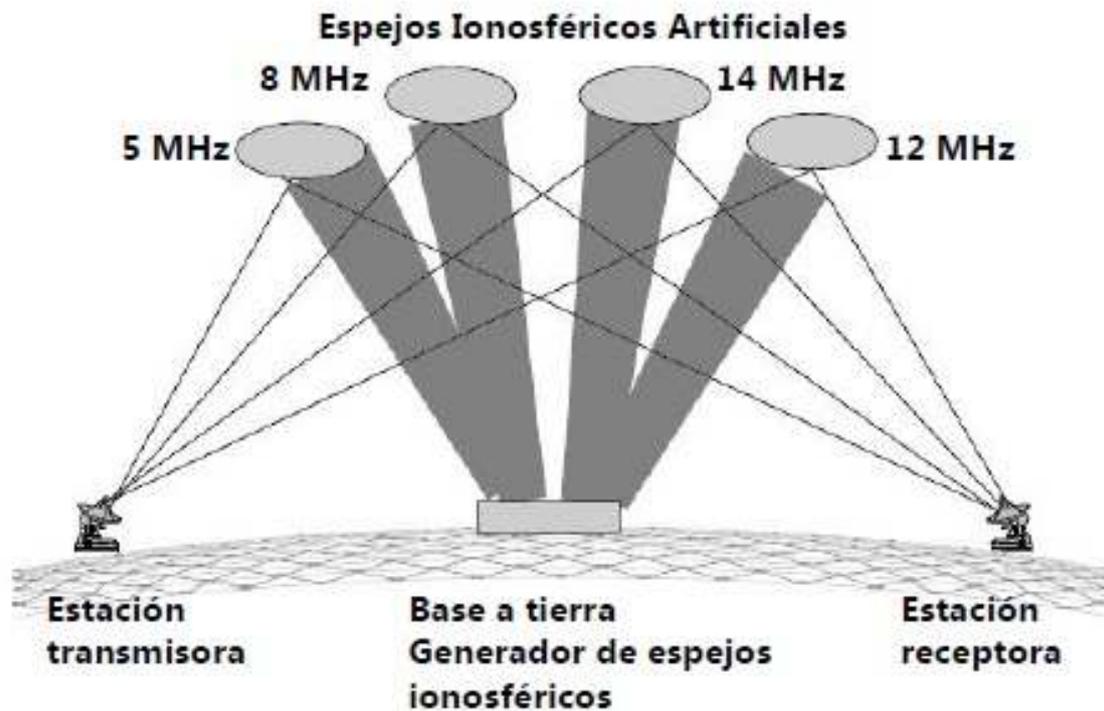
CAPAS NORMALES REFLECTORAS DE LA IONOSFÉRA (100-300 km)



Fuente: Microsoft Clipart Gallery ♥ 1995 cortesía de Microsoft.

Gráfico 4-1. Enfoque de haces cruzados para generar un espejo ionosférico artificial

tecnología implica poder generar comunicación a la carta, dentro de determinadas frecuencias. El gráfico 4-2 muestra como un calentador en tierra podría generar una serie de espejos ionosféricos artificiales, cada uno de los cuales podría estar adaptado para reflejar una determinada frecuencia de transmisión. Este enfoque podría expandir enormemente el ancho de banda disponible para las comunicaciones y eliminar el problema de interferencias y diafonías (permitiendo a uno usar el nivel de potencia requerido)

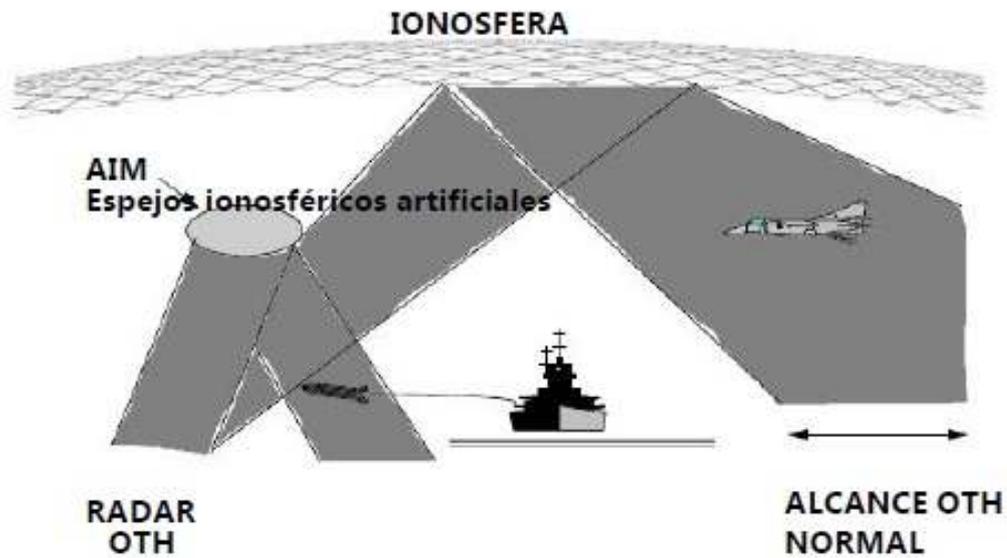


Fuente: Microsoft Clipart Gallery ♥ 1995 cortesía de Microsoft.
 Gráfico 4-2. Espejos ionosféricos artificiales - comunicaciones de punto a punto

Kossey y Al. También describe cómo los espejos ionosféricos artificiales podrían usarse para mejorar la capacidad del radar sobre el horizonte OTH:

los espejos ionosféricos artificiales basados en radar podrían ser utilizados a una determinada frecuencia para optimizar la detección del objetivo, en vez de verse limitados por las condiciones ionosféricas prevalentes. Esto, combinado con la posibilidad de controlar la polarización de onda del radar para atenuar los efectos de desorden, redundaría en una detección fiable de misiles crucero y otros objetivos observables bajos.³²

El gráfico 4-3 ilustra este concepto. Las ventajas sobre los radares convencionales OTH incluyen el control de frecuencia, atenuación de los efectos aurales, operaciones de corto alcance, y detección de objetivos transversales menores.

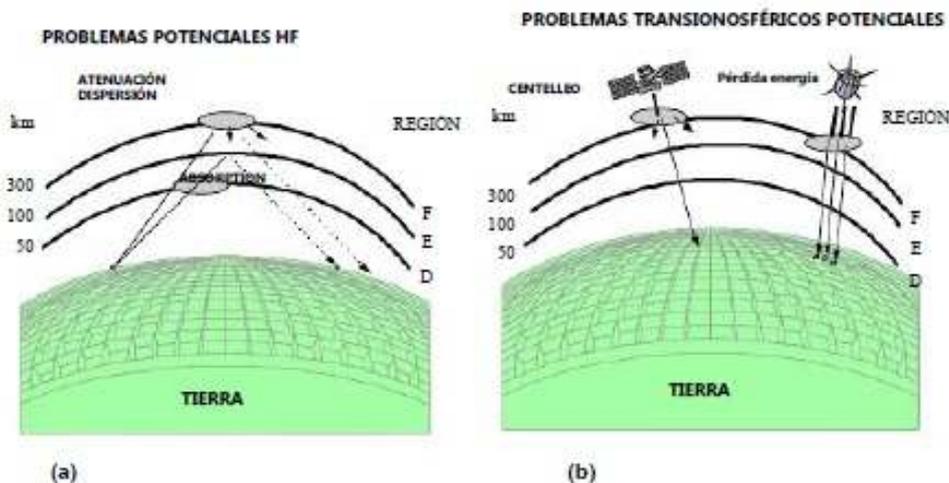


Fuente: Microsoft Clipart Gallery ♥ 1995 cortesía de Microsoft.
 Gráfico 4-3. Espejo ionosférico artificial – Concepto de control sobre el horizonte

Interrupción de las comunicaciones y control ionosférico vía radar. Una de las variantes de la capacidad propuesta arriba es la modificación ionosférica para interrumpir las comunicaciones del enemigo, o las transmisiones de radar. Considerando que las comunicaciones HF son controladas directamente a través de las propiedades de la ionosfera, la creación de una región de ionización artificial podría con toda seguridad interrumpir las transmisiones electromagnéticas del enemigo. Incluso en ausencia de un parche de ionización artificial, la modificación de la alta frecuencia produce variaciones ionosféricas a gran escala que alteran las características de propagación HF. La ventaja de esta investigación orientada a entender cómo controlar estas variaciones podría ser alta, porque facilitan tanto la mejora como la degradación de las comunicaciones HF. Este tipo de interferencias ofensivas serían imposibles de distinguir de las que ocurren de forma natural en el clima espacial. Esta capacidad podría emplearse también para ubicar exactamente la fuente de transmisión electromagnética del enemigo.

Las comunicaciones satélite VHF, UHF, y muy alta frecuencia (SHF) podrían interrumpirse creando un centelleo ionosférico artificial. Este fenómeno provoca fluctuaciones en la fase y amplitud de las ondas de radio en una banda muy ancha (30 MHz a 30 GHz). La modificación HF produce irregularidades en la densidad de los electrones, generando centelleo sobre una amplia gama de frecuencias. La envergadura de las irregularidades determina qué banda de frecuencia que se verá afectada. Entender cómo controlar el espectro de las irregularidades artificiales

generadas en los procesos de modificación de la alta frecuencia debería convertirse en un objetivo primordial de investigación en este área. Además, se podría suprimir el surgimiento de irregularidades naturales lo que incidiría en la reducción de los niveles naturales de centelleo. La creación de centelleo artificial nos permitiría interrumpir la transmisión satélite sobre determinadas regiones. Al igual que la interrupción HF descrita arriba, estas acciones no se distinguirían de las que ocurren de forma natural en eventos medioambientales. El gráfico 4-4 muestra cómo podrían utilizarse las zonas ionizadas artificialmente para interrumpir las comunicaciones HF, mediante la atenuación, dispersión o absorción (gráfico 4.4a) o degradar las comunicaciones satélite mediante el centelleo, o pérdida energética (Gráfico 4-4b) (de Ref.25).



Fuente: Microsoft Clipart Gallery ▼ 1995 cortesía de Microsoft.

Gráfico 4-4. Escenarios para la degradación de las telecomunicaciones

Ventajas espaciales de la desactivación/detonación en el espacio cercano. La ionosfera podría ser cargada o inyectada artificialmente con radiación hasta el punto de hacerla incompatible con el funcionamiento de los satélites u otras estructuras espaciales. El resultado podría ir desde la inhabilitación temporalmente del objetivo hasta su total destrucción mediante una detonación inducida. Por supuesto, el uso efectivo de esta capacidad depende de la habilidad para aplicarlo de forma selectiva en determinadas zonas del espacio.

Ventajas espaciales de carga mediante transferencia energética del espacio cercano. Contrariamente a la situación perjudicial descrita arriba, podrían modificarse regiones de la ionosfera o usarse, tal cual, para revitalizar los recursos espaciales, por ejemplo para cargar los sistemas eléctricos. La carga natural de la ionosfera puede abastecer una gran parte o toda, la energía del satélite. En las últimas décadas se han publicado varios artículos sobre la carga eléctrica

de los vehículos espaciales; sin embargo, de acuerdo con un autor, “a pesar del considerable esfuerzo realizado tanto a nivel teórico como experimental, el problema de carga del vehículo dista mucho de ser entendido.”³³ Si por un lado el reto técnico es considerable, la capacidad para retener la energía electrostática y alimentar las células eléctricas del satélite aportaría grandes beneficios, permitiendo alargar la vida de los recursos espaciales a un coste relativamente bajo. Además, explotar la capacidad de las poderosas ondas de radio HF para acelerar los electrones hacia energías relativamente altas también facilitaría la degradación de los recursos espaciales del enemigo mediante el bombardeo con haces de electrones (rayos catódicos) inducidos. Al igual que en el caso de la interrupción de las comunicaciones HF artificiales y del centelleo inducido, la degradación de los recursos espaciales del enemigo con estas técnicas no podrían distinguirse efectivamente de los efectos medioambientales naturales. La investigación y optimización de los mecanismos de aceleración HF tanto para fines amistosos como hostiles, es un área importante para futuras investigaciones.

Clima artificial

Si bien es cierto que la mayor parte de los esfuerzos de modificación climática dependen de la existencia de condiciones pre-existentes, podrían producirse artificialmente algunos efectos climáticos con independencia de las condiciones pre-existentes. Por ejemplo, podría crearse un clima virtual influyendo en la información climatológica que recibe el usuario final. Su percepción en cuanto a los valores de los parámetros o imágenes de los sistemas de información meteorológica local o global diferirían de la realidad. Esta diferencia de percepción conducirá al usuario final a tomar decisiones operativas degradadas.

La nanotecnología también ofrece posibilidades para generar un clima simulado. Una o varias nubes de partículas microscópicas computarizadas, todas comunicándose entre sí y con un sistema de control más amplio, aportarían un potencial enorme. Esas nubes interconectadas, atmosféricamente flotantes, y con capacidad de navegación en tres dimensiones, podrían diseñarse para ofrecer una amplia gama de propiedades. Podrían bloquear sensores ópticos, o ajustarse para hacerse más impermeables a otros métodos de vigilancia. También podrían aportar una diferencia de potencial eléctrico atmosférico, que no existiría de otro modo, para lograr descargas eléctricas perfectamente dirigidas y cronometradas. Incluso si los niveles de potencia fueran insuficientes para lograr un arma efectiva de descarga, el potencial para las operaciones psicológicas en muchas situaciones, sería fantástico.

Una de las mayores ventajas de usar un clima simulado para lograr un determinado efecto es que contrariamente a otros enfoques, éste hace que lo que se podría considerar resultado de acciones deliberadas aparezca como consecuencias de fenómenos naturales. Además es relativamente barato de hacer. De acuerdo con J. Storrs Hall, científico en la Universidad de Rutgers, que llevó a cabo una investigación en nanotecnología, los costes de producción de estas nanopartículas podría ser el mismo que para medio kilo de patatas.³⁴ Esto no incluye, evidentemente los costes de investigación y desarrollo, que serán asumidos por el sector privado; costes que serán considerados costes hundidos en 2025 y quizás antes.

Resumen del Concepto de Operaciones

El clima afecta todo lo que hacemos, y la modificación climática puede mejorar nuestra capacidad para dominar el entorno aeroespacial. Aporta al comandante en Jefe las herramientas para diseñar el espacio de batalla; al logista las herramientas para optimizar el proceso; y a los guerreros en el puente de mando un entorno operativo literalmente diseñado para sus necesidades. Algunas de las capacidades potenciales que el sistema de modificación climática podría aportar al Comandante en Jefe en una guerra, están reseñadas en el cuadro 1 del resumen.

Notas

1. Un programa piloto conocido como Proyecto Popeye llevado a cabo en 1966, intentó ampliar la estación de monzones para incrementar la cantidad de barro en la senda Ho Chi Minh con el fin de reducir la capacidad de movimiento del enemigo. Para ello se dispersó yoduro de plata en las nubes sobre sectores de la senda desde el norte de Vietnam a través de Laos y Camboya, al sur de Vietnam, con aviones WC-130, F4 y A-1E. La eficacia de la medida durante este programa inicial conllevó a la continuidad de las operaciones desde 1967 a 1972. Si bien los efectos de estos programas siguen cuestionándose, algunos científicos creen que se logró reducir la capacidad del enemigo para abastecerse desde el sur de Vietnam y llevar sus aprovisionamientos a lo largo de la senda. E. M. Frisby, "Weather-modification in Southeast Asia, 1966–1972," *The Journal of Weather-modification* 14, no. 1 (April 1982): 1—3.

2 William M. Gray et al., "Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy," *Journal of Applied Meteorology* 15 (April 1976): 355.

3 Ibid.

4 Ibid.

5 Ibid. 367.

6 Ibid. AWS PLAN 813 Appendix I Annex Alfa (Scott AFB, Ill.: Air Weather Service/(MAC) 14 January 1972), 11 Hereafter cited as Annex Alfa.

7 Capt Frank G. Coons, "Warm Fog Dispersion—A Different Story," *Aerospace Safety* 25, no. 10 (October 1969): 16.

8 Annex Alfa, 14.

- ⁹ Warren C. Kocmond, "Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere," Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 74.
- ¹⁰ James E. Jiusto, "Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei," Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 37.
- ¹¹ Maj Roy Dwyer, Category III or Fog Dispersal, M-U 35582-7 D993a c.1 (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, May 1972), 51.
- ¹² James McLare, Pulp & Paper 68, no. 8 (August 1994): 79.13
Milton M. Klein, A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal, Abstract (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, October 1978).
- ¹⁴ Edward M. Tomlinson, Kenneth C. Young, and Duane D. Smith, Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields, PL-TR-92-2087 (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, 1992).
- ¹⁵ J. Storrs Hall, "Overview of Nanotechnology," adapted from papers by Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler, Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/intro.html>, Rutgers University, November 1995.
- ¹⁶ Robert A. Sutherland, "Results of Man-Made Fog Experiment," Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospheric Conference (Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3–6 December 1991).
- ¹⁷ Christopher Centner et al., "Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners" (Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995), 39.
- ¹⁸ Louis J. Battan, *Harvesting the Clouds* (Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1960), 120.
- ¹⁹ Facts on File 55, no. 2866 (2 November 95).
- ²⁰ Gene S. Stuart, "Whirlwinds and Thunderbolts," *Nature on the Rampage* (Washington, D.C.: National Geographic Society, 1986), 130.
- ²¹ *Ibid.*, 140.
- ²² Heinz W. Kasemir, "Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning," in Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification* (New York: John Wiley & Sons, 1974), 623–628.
- ²³ SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, white paper G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).
- ²⁴ Gen Charles Horner, "Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier," *Defense Issues*, (Prepared Statement to the Senate Armed Services Committee), 22 April 1993, 7.
- ²⁵ Lewis M. Duncan and Robert L. Showen, "Review of Soviet Ionospheric Modification Research," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, (AGARD Conference Proceedings 485, October, 1990), 2-1.
- ²⁶ *Ibid.*
- ²⁷ Peter M. Banks, "Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990) 19-1.
- ²⁸ Capt Mike Johnson, Upper Atmospheric Research and Modification—Former Soviet Union (U), DST-18205-475-92 (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992), 3. (Secret) Information extracted is unclassified.
- ²⁹ Capt Edward E. Hume, Jr., Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil (U) (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, March 1993), 12. (Secret) Information extracted is unclassified.

- ³⁰ Paul A. Kossey et al. "Artificial Ionospheric Mirrors (AIM)," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 17A-1.
- ³¹ *Ibid.*, 17A-7.
- ³² *Ibid.*, 17A-10.
- ³³ B. N. Maehlum and J. Troim, "Vehicle Charging in Low Density Plasmas," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 24-1.
- ³⁴ Hall.

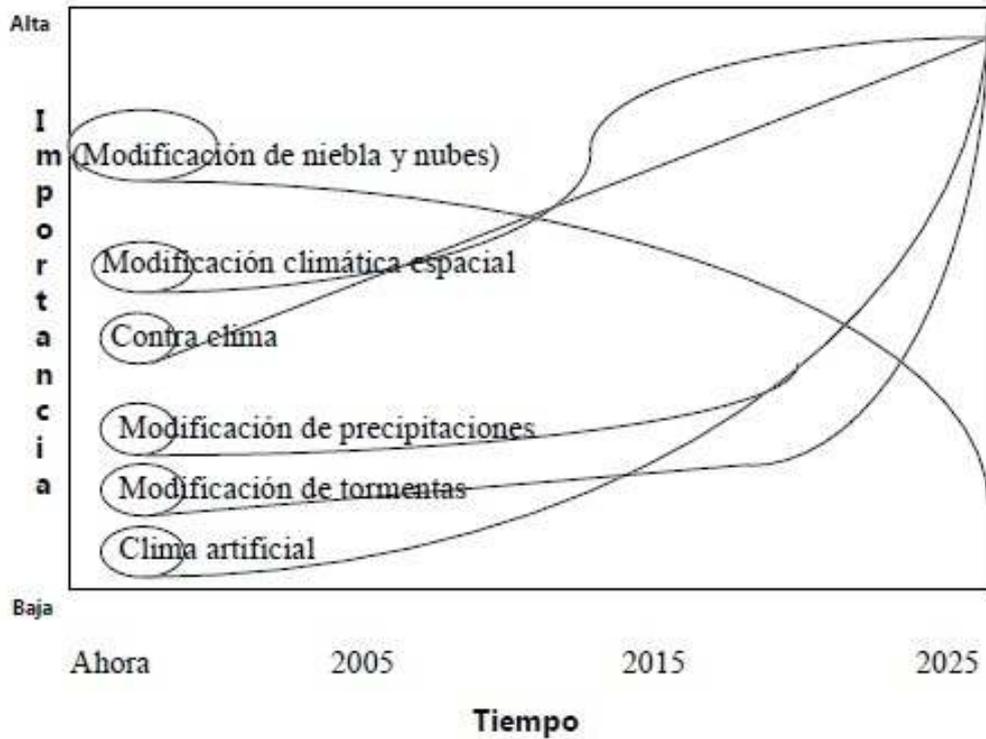
Capítulo 5

Recomendaciones de la Investigación

¿Cómo dar el salto?

Para apreciar totalmente lo que el desarrollo del potencial específico operativo de la modificación climática aportaría al guerrero, debemos analizar y entender la relación entre las competencias troncales propias y el desarrollo de las tecnologías requeridas. El gráfico 5-1 asocia el potencial operativo específico del gráfico 1 a seis niveles troncales y señala su importancia relativa en el tiempo. Por ejemplo, la modificación de las nubes y la niebla es importante ahora, y lo seguirá siendo para hurtar nuestros activos a la vigilancia o para mejorar la visibilidad en los aeródromos. No obstante, a medida que la vigilancia dependa menos de la óptica y los aviones logren una total capacidad para aterrizar en cualquier tipo de clima, las aplicaciones de modificación de nubes y niebla dejan de tener la misma importancia.

Por el contrario, las tecnologías de clima artificial no existen hoy por hoy. Pero tan pronto como se desarrollen, la importancia de sus aplicaciones aumentará rápidamente. Por ejemplo, la prevista proliferación de tecnologías de vigilancia en el futuro implica que la capacidad de bloqueo de vigilancia adquiera más valor. En este contexto, las nubes hechas de partículas inteligentes como descrito en el capítulo 4 suponen una capacidad añadida.



PM	Modificación de la precipitación	(F&C)M	La modificación de niebla y nubes
SM	Modificación de tormentas	CW	Contra clima
SWM	Modificación del clima espacial	AW	Clima artificial

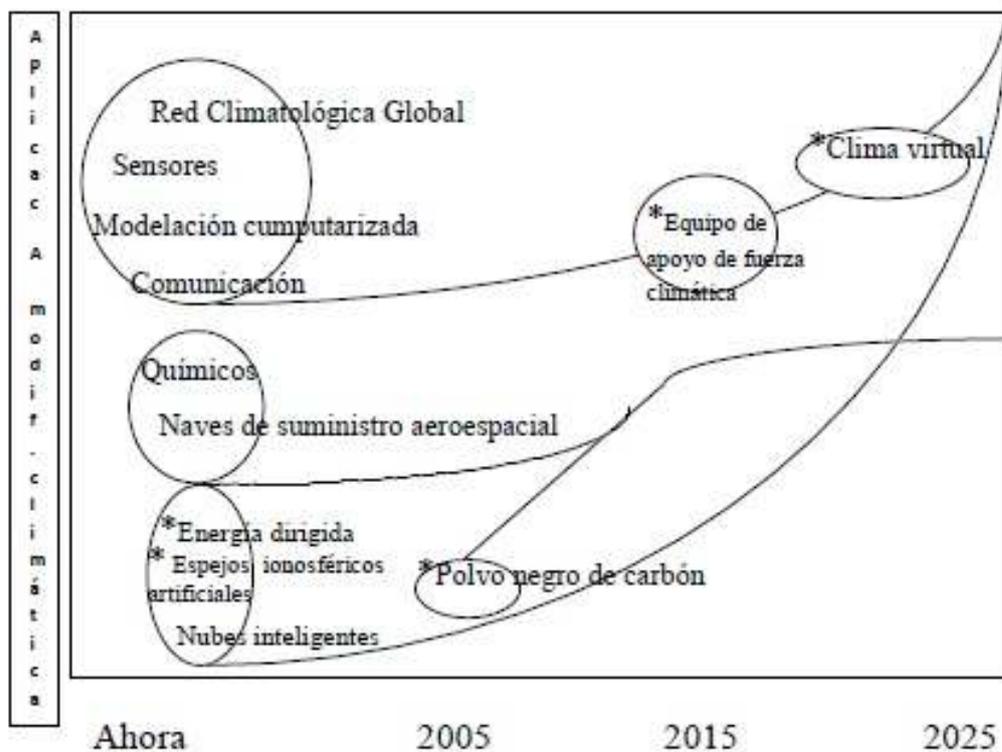
Gráfico 5-1. Pautas competenciales básicas para la Modificación climática en 2025.

Incluso hoy los militares con las tecnologías más avanzadas prefieren luchar con un tiempo despejado y cielos azules. Pero a medida que proliferen las tecnologías bélicas, quien tenga la capacidad tecnológica escogerá luchar en el clima que les conceda más ventaja. El ejército de los Estados Unidos ha hecho ya referencia a este enfoque en su concepto de "Poseer el Clima"¹. Por eso la modificación de las tormentas será más valiosa con el tiempo. La importancia de modificación de la precipitación también aumentará su interés incluso como recurso hídrico a medida que éste se hace más escaso en partes inestables del mundo.

A medida que más países emprenden, desarrollan, y explotan todo tipo y niveles de tecnologías de modificación climática, podremos detectar sus logros y contrarrestar sus actividades cuando sea necesario. Como se ha dicho, las tecnologías y capacidades asociadas con esta labor de controlar el clima serán cada vez más importantes.

La importancia de la modificación climática del espacio aumentará con el tiempo. Este aumento será más rápido al inicio cuando las tecnologías apropiadas proliferen velozmente. Más tarde, a medida que dichas tecnologías maduran o se hacen obsoletas, la importancia de la modificación climática espacial se mantendrá pero no experimentará un ascenso tan rápido.

Para lograr el potencial descrito en el gráfico 5-1, las tecnologías necesarias y los sistemas podrían desarrollarse en función de los procesos señalados en el gráfico 5-2. Este gráfico ilustra el plazo de desarrollo de los sistemas y las secuencias necesarias para realizar el potencial de modificación climática por la batalla del espacio en el año 2025. El eje horizontal representa el tiempo, y el vertical el grado en el que una determinada tecnología será aplicada para lograr la modificación climática. Como usuarios primarios, el ejército será el principal promotor del desarrollo de las tecnologías marcadas con un asterisco. El sector civil será la principal fuente para el resto de las tecnologías.



Leyenda

ADV	Naves de suministro aeroespacial	DE	Energía Dirigida
AIM	Espejos ionosféricos artificiales	GWN	Red Climatológica Global
CHEM	Químicos	SC	Nubes Inteligentes (nanotecnología)
CBD	Polvo negro de carbón	SENSORS	Sensores
COMM	Comunicaciones	VR WX	Clima virtual
COMP MOD	Modelación Computarizada	WFSE	Equipo de Apoyo de Modificación Climática

*** Tecnologías que deberá desarrollar el Departamento de Defensa**

Gráfico 5-2. Pautas para el desarrollo de sistemas de modificación climática en 2025.

Conclusiones

Los recursos terrestres son finitos y las continuas necesidades provocaran el deseo de proteger las personas y propiedades, y de usar las tierras de cultivo, los bosques y las zonas montañosas de forma más eficiente. El potencial de modificar el clima puede ser deseable tanto por razones económicas como de defensa. El sistema climático global ha sido descrito como una serie de esferas o burbujas. Presionar una hacia abajo causará que otra suba.² Necesitamos saber cuándo otra fuerza “presiona” sobre una esfera en su región, y como esto afectará a nuestro territorio, o a áreas de interés político y económico para los Estados Unidos.

Se están haciendo progresos para crear modelos climáticos más detallados, principalmente para mejorar las predicciones, pero los investigadores también están intentando influir en los resultados de estos modelos añadiendo pequeñas dosis de energía en el lugar y el tiempo adecuados. Estos programas tienen grandes limitaciones por el momento y no están validados pero el potencial para mejorarlos en los próximos 30 años es enorme.³

Las lecciones de la historia nos muestran que a pesar del riesgo el potencial de modificación climática será una realidad. El impulso existe. La gente ha querido siempre controlar el clima y su deseo les empujará a perseguir sus objetivos de forma permanente y colectiva. La motivación existe. Los beneficios potenciales y el poder son extremadamente lucrativos y seductores para quienes tienen los recursos para desarrollarlo. Esta combinación de impulso, motivación y recursos tendrá como resultado producir la tecnología. La historia también nos enseña que no podemos permitirnos renunciar al potencial de modificación climática una vez que otros hayan desarrollado la tecnología y la hayan utilizado. Incluso si no tuviéramos intención de usarla, otros lo harán. Recordando la analogía del armamento atómico, necesitamos poder disuadir o replicar su capacidad con la nuestra. Por lo tanto, las comunidades del clima y la inteligencia deberán mantenerse al tanto de las acciones de los demás.

Como se ha ilustrado en los capítulos precedentes, la modificación climática es un multiplicador de fuerza, con un poder inimaginable de aplicación a todos los niveles del abanico bélico. La modificación climática ofrece al guerrero una gran variedad de opciones disponibles para derrotar o coaccionar al enemigo, desde acciones para reforzar operaciones amistosas, pasando por las orientadas a desestructurar las operaciones del enemigo mediante el diseño de patrones climáticos naturales a pequeña escala, o aquellas orientadas al dominio total de las comunicaciones globales, y al control contra espacial. Sin embargo, mientras las fuerzas de los Estados Unidos logran sus objetivos ofensivos de modificación climática con mucha cautela y trepidación, está claro que no nos podemos permitir el que un adversario logre un potencial exclusivo de modificación climática.

Notas

- 1 Mary Ann Seagraves and Richard Szymer, "Weather a Force Multiplier," *Military Review*, November/December 1995, 69.
- 2 Daniel S. Halacy, *The Weather Changers* (New York: Harper & Row, 1968), 202.3
William Brown, "Mathematicians Learn How to Tame Chaos," *New Scientist*, 30 May 1992, 16.

Anexo A

¿Por qué es importante la ionosfera?

La ionosfera es la parte de la atmósfera terrestre que va desde una altitud de 48,28 km hasta los 1.931,2 km. o más. Esta región consiste en capas de partículas de carga eléctrica libre que transmiten, refractan y reflejan ondas de radio, permitiendo que esas ondas puedan transmitirse a grandes distancias alrededor del globo. La interacción de la ionosfera sobre el efecto de la radiación electromagnética depende de las propiedades de la capa de la ionosfera, la geometría de la transmisión, y la frecuencia de la radiación. Para una determinada trayectoria de señal a través de la atmósfera, hay un alcance de frecuencia de banda que puede usarse. Este alcance, entre la máxima frecuencia utilizable (MUF) y la mínima frecuencia utilizable (LUF), es donde se reflejan las ondas de radio y se refractan por la ionosfera de la misma forma que un espejo parcial puede reflejar o refractar la luz visible. ¹ Las propiedades reflejantes y refractantes de la ionosfera constituyen un medio para propagar las señales de radio más allá de la "línea de visión" de transmisión directa entre un transmisor y un receptor. La reflexión ionosférica y la refracción ha sido utilizada casi exclusivamente para una frecuencia larga de comunicaciones HF (de 3 a 30MHz). Las ondas de radio con frecuencias entre 30 MHz a 300 Ghz son normalmente utilizadas para comunicaciones que requieren transmisiones en la línea de visión como las comunicaciones por satélite. A estas frecuencias más altas las ondas de radio se propagan a través de la ionosfera con una parte muy pequeña de la onda que rebota, en un patrón análogo a una onda de cielo (skywave). Las empresas de comunicaciones se benefician enormemente del uso de estas frecuencias ya que ofrecen anchos de banda considerablemente mayores y por ello tienen más capacidad para transmitir datos; siendo menos propensas a interferencias naturales (ruido).

A pesar de que la ionosfera actúa como un "espejo" natural para las ondas de radio HF, se encuentra en un flujo constante y por ello, las "propiedades de espejo" pueden verse limitadas a veces. Al igual que el clima terrestre, las propiedades ionosféricas cambian

de año en año, de día en día, o incluso de hora en hora. Esta variabilidad ionosférica llamada clima espacial puede reducir la fiabilidad de las comunicaciones terrestres y espaciales que dependen de la reflexión o transmisión ionosférica. La variabilidad climática espacial afecta a la forma en la que la ionosfera atenúa, absorbe, refleja, refracta, y cambia la propagación, fase y amplitud de las características de las ondas de radio.

Estos cambios dependientes del clima pueden producirse como consecuencia de ciertas condiciones climáticas espaciales como: (1) variabilidad de la radiación solar entrando en la alta atmósfera; (2) el plasma solar entrando en el campo magnético de la tierra; (3) las corrientes atmosféricas gravitatorias producidas por el sol y la luna; y (4) el abultamiento vertical de la atmósfera debido al calentamiento del sol durante el día.² El clima espacial se ve muy influido por la erupción de la actividad solar, el pulso del campo geomagnético de la tierra, y cambios ionosféricos abruptos resultantes de eventos tales como las tormentas geomagnéticas.

En resumen, la reflectividad inherente a la ionosfera es un regalo natural que el hombre ha usado para crear comunicaciones de largo alcance que conecten puntos distantes en el globo. No obstante, la variabilidad natural en la ionosfera reduce la fiabilidad de nuestros sistemas de comunicaciones que dependen de la reflexión ionosférica y de la refracción (sobre todo HF). Por lo demás, las comunicaciones de alta frecuencia como bandas UHF, SHF, y EHF, se transmiten a través de la ionosfera sin distorsión. Sin embargo, estas bandas están también sujetas a la degradación causada por el centelleo ionosférico, un fenómeno inducido por variaciones abruptas en la densidad de electrones junto con la trayectoria, resultando en causa de disipación de la señal por una variación rápida de la trayectoria, y el desenfoque de la amplitud de la señal y, o, de la fase.

Entender y predecir la variabilidad atmosférica y su influencia en la transmisión y la reflexión de la radiación electromagnética ha sido objeto de estudio e investigación científica. Mejorar nuestra capacidad para observar, modelar, predecir el clima espacial, mejorará de manera sustancial nuestro sistema de comunicaciones, tanto terrestres como espaciales. Se ha llevado a cabo mucho trabajo tanto por el Departamento de Defensa como por parte del sector comercial para mejorar la observación, modelación y predicción del clima espacial. Si bien es cierto que aún quedan retos técnicos considerables, asumimos, para los objetivos de este estudio, que habrá mejoras determinantes en estas áreas a lo largo de las próximas décadas.

Notas

- 1 AU-18, Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II. (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, December 1993), 196.
- 2 Thomas F. Tascione, Introduction to the Space Environment (Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984), 175.

Anexo B

Investigar para entender y predecir mejor los efectos ionosféricos

De acuerdo con el estudio de SPACECAST 2020, titulado “Clima espacial, apoyo a las comunicaciones”, los principales factores que limitan nuestra capacidad para observar y predecir con precisión el clima espacial son (1) la capacidad actual de detección ionosférica; (2) densidad y frecuencia de las observaciones ionosféricas; (3) sofisticación y precisión de los modelos ionosféricos; y (4) comprensión científica de los mecanismos de acoplamiento de la física de la ionosfera, termosfera y magnetosfera. ¹ El informe recomienda que se hagan mejoras en nuestra capacidad para medir la ionosfera, vertical y espacialmente; a este fin se propuso un sistema de cartografía ionosférica. Este sistema consistiría en sondeos ionosféricos, y otros elementos sensores instalados tanto en los satélites del Departamento de Defensa como en las constelaciones de satélites comerciales (aprovechando en particular el sistema propuesto IRIDIUM, y la reposición del GPS), al igual que una red ampliada de sondeos ionosféricos verticales en los Estados Unidos y en otros países. Entender y predecir el centelleo ionosférico requiere también lanzar un satélite ecuatorial de detección remota además de los ya operativos del Departamento de Defensa y comerciales.

La recompensa de este sistema será una mejora en la precisión de las predicciones, pasando de 40-60% a 80-100%. La cartografía de la ionosfera mundial diaria aportaría los datos necesarios para una predicción diurna precisa, y para la propagación terrestre a nivel mundial de las características de energía electromagnética de 3-300 MHz. Esta mejora de las predicciones ayudaría a los operadores y usuarios de satélites, lo que resultaría en una mayor eficiencia operativa de los sistemas espaciales. También aportaría mejoras a otros niveles, permitiendo localizar las fuentes de comunicaciones tácticas de radio que permitan identificar y seguir al enemigo, o las plataformas aliadas. ² La mejora de la capacidad

para predecir el centelleo de la ionosfera aportaría fiabilidad a las comunicaciones mediante el uso de trayectorias alternativas de rayos, o relé a zonas estables. Igualmente permitiría a los usuarios operativos verificar si los apagones se deben a variaciones ionosféricas naturales en vez de a una acción enemiga, o a problemas de hardware.

Estos avances en la observación ionosférica, modelación y predicción mejorarían la fiabilidad y la solidez de nuestra red de comunicaciones militares. Además de las ventajas que ello aporta a nuestra red actual de comunicaciones, tales avances requieren también una mayor explotación de la ionosfera mediante una modificación activa.

Notas

- 1 SPACECAST 2020, Space Weather Support for Communications, white paper G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).
- 2 Referenced in ibid

Anexo C

Acrónimos y Definiciones

AOC	Centro de operaciones aéreas
AOR	Área de responsabilidad
ATO	Hoja de ruta aérea
EHF	Extra alta frecuencia
GWN	Red Climatológica Global
HF	Alta frecuencia
IR	Infrarrojo
LF	Baja Frecuencia
LUF	Frecuencia mínima utilizable
Mesoscale	Mesoescala - Menos de 200 km ²
Microscale	Microescala - Área local
MUF	Frecuencia máxima utilizable
MW	Microondas
OTH	Sobre el horizonte
PGM	Munición teledirigida de precisión
RF	Radio frecuencia
SAR	Abertura sintética de radar
SARSAT	Satélite de rastreo, búsqueda y rescate
SHF	Super alta frecuencia
SPOT	Satélite de ubicación y rastreo
UAV	Vehículo aeroespacial no tripulado
UV	Ultravioleta
VHF	Muy alta frecuencia
WFS	Especialista de fuerza climática
WFSE	Equipo de apoyo de fuerza climática
WX	Clima

Bibliografía

- Appleman, Herbert S. An Introduction to Weather-modification. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), September 1969.
- AU-18, Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, December 1993.
- AWS PLAN 813, Appendix I, Annex Alfa. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), 14 January 1972.
- Banks, Peter M. "Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms." In Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Batton, Louis J. Harvesting the Clouds. Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1969.
- Brown, William. "Mathematicians Learn How to Tame Chaos." New Scientist, 30 May 1992.
- Byers, Horace R. "History of Weather-modification." In Wilmot N. Hess, ed., Weather and Climate Modification. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Centner, Christopher, et al., "Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners." Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995.
- Coons, Capt Frank G. "Warm Fog Dispersal—A Different Story." Aerospace Safety 25, no. 10 (October 1969).
- CJCSI 3810.01, Meteorological and Oceanographic Operations, 10 January 1995.
- Dawson, George. "An Introduction to Atmospheric Energy." In Wilmot N. Hess, ed., Weather and Climate Modification. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Duncan, Lewis M., and Robert L. Showen "Review of Soviet Ionospheric Modification Research." In Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Dwyer, Maj Roy. Category III or Fog Dispersal, M-U 35582-7 D993a. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, May 1972.
- Eisenhower, Dwight E. "Crusade in Europe" quoted in John F. Fuller, ed., Thor's Legions. Boston American Meteorology Society, 1990.
- Facts on File 55, No. 2866 (2 November 1995).
- Frisby, E. M. "Weather-modification in Southeast Asia, 1966–1972." The Journal Of Weather-modification 14, no. 1 (April 1982).
- Frisby, E. M. "Weather-modification in Southeast Asia, 1966-1972." Journal of Applied Meteorology 15 (April 1976).
- Gray, William M., et al. "Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy." Journal of Applied Meteorology 15, (April 1976).
- Halacy, Daniel S. The Weather Changers. New York: Harper & Row, 1968.

- Hall, J. Storrs. "Overview of Nanotechnology" Adapted from papers by Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler. Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html> (Rutgers University, November 1995).
- Horner, Gen Charles. "Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier" (Prepared Statement to the Senate Armed Services Committee) Defense Issues, 22 April 1993.
- Hume, Capt Edward E., Jr. Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil (U), March 1993. Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.
- James, G. E. "Chaos Theory: The Essentials for Military Applications" ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook, AY96, Vol. 8. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1995.
- Jiusto, James E. "Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei" Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Johnson, Capt Mike. Upper Atmospheric Research and Modification—Former Soviet Union (U) supporting document DST-18205-475-92, Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.
- Kasemir, Heinz W. "Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning." In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Keaney, Thomas A., and Eliot A. Cohen, *Gulf War Air Power Survey Summary Report*. Washington D.C.: GPO, 1993.
- Klein, Milton M. A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal Abstract. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, October 1978.
- Kocmond, Warren C. "Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere," Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Kossey, Paul A., et al. "Artificial Ionospheric Mirrors (AIM) A. Concept and Issues," In *Ionospheric Modification and its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Maehlum, B. N., and J. Troim, "Vehicle Charging in Low Density Plasmas" In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- McLare, James. *Pulp & Paper* 68, no. 8, August 1994.
- Meyer, William B. "The Life and Times of US Weather: What Can We Do About It?" *American Heritage* 37, no. 4 (June/July 1986)
- Petersen, Rear Adm Sigmund. "NOAA Moves Toward The 21st Century." *The Military Engineer* 20, no.571 (June-July 1995).
- Riley, Lt Col Gerald F. Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3d Weather Squadron. In "Desert Shield/Desert Storm Interview Series," interviewed by Dr William E. Narwyn, AWS Historian, 29 May 1991.
- Seagraves, Mary Ann, and Richard Szymber "Weather a Force Multiplier." *Military Review*, November/December 1995.
- SPACECAST 2020. *Space Weather Support for Communications White paper G*. Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994.

- Stuart, Gene S. "Whirlwinds and Thunderbolts," In *Nature on the Rampage*. Washington D.C.: National Geographic Society, 1986.
- Sullivan, Gen Gordon R. "Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization" *Military Review*. July 1993. Quoted in Mary Ann Seagraves and Richard Szymer "Weather a Force Multiplier" *Military Review*, November/December 1995.
- Sutherland, Robert A. "Results of Man-Made Fog Experiment," In *Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospheric Conference*. Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3–6 December 1991.
- Tascione, Thomas F. *Introduction to the Space Environment*. Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984. Tomlinson, Edward M., Kenneth C. Young, and Duane D. Smith *Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields*, PL-TR-92-2087. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Materiel Command, 1992.
- USAF Scientific Advisory Board. *New World Vistas: Air and Space Power for the 21st Century, Summary Volume*. Washington, D.C.: USAF Scientific Advisory Board, 15 December 1995.
- US Department of State. *The Department of State Bulletin* 76, no. 1981 (13 June 1977).

Bibliografía con títulos traducidos

- Appleman, Herbert S. Introducción a la modificación climática. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), September 1969.
- AU-18, Manual del Espacio, Guía Analítica Vol. II. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, Diciembre 1993.
- AWS PLAN 813, Apéndice I, Anexo Alfa. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), 14 Enero 1972.
- Banks, Peter M. "Resumen de Modificación Inosférica desde Plataformas Espaciales." En modificación Inosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares, AGARD Actas de la Conferencia 485, Octubre 1990.
- Batton, Louis J. Siembra de nubes. Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1969.
- Brown, William. "Matemáticos Aprenden la forma de domesticar el Caos." New Scientist, 30 Mayo 1992.
- Byers, Horace R. "Historia de la Modificación climática." In Wilmot N. Hess, ed., Modificación del Tiempo y del Clima New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Center, Christopher, et al., "Guerra medioambiental: implicaciones para políticos y planificadores de guerra." Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995.
- Coons, Capt Frank G. "Dispersión de niebla— Una historia diferente." Seguridad Aeroespacial 25, no. 10 (Octubre 1969).
- CJCSI 3810.01, Operaciones Meteorológicas y Oceanográficas, 10 Enero 1995.
- Dawson, George. "Una introducción a la Energía Atmosférica." In Wilmot N. Hess, ed., Modificación del Tiempo y del Clima. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Duncan, Lewis M., and Robert L. Showen "Revista de la Investigación Ionosférica Soviética." En Modificación Inosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares AGARD Actas de la Conferencia 485, Octubre 1990. Dwyer, Maj Roy. Categoría III o dispersión de niebla, M-U 35582-7 D993a. University Press, May 1972.
- Maxwell AFB, Ala.: AirEisenhower, Dwight E. "Cruzada en Europa" citado en John F. Fuller, ed. Thor's Legions. Boston: American Meteorology Society, 1990.
- Facts on File 55, No. 2866 (2 Noviembre 1995). Frisby, E. M. "Modificación climática en el Sureste Asiático, 1966–1972. Revista de Modificación climática -14, no. 1 (Abril 1982).
- Frisby, E. M. "Modificación climática en el Sureste Asiático, 1966–1972. Revista de Modificación climática - 15, no. 1 (Abril 1976).
- Gray, William M., et al. "Modificación climática: absorción de energía solar con polvo de carbón ." Revista de Meteorología Aplicada 15, (Abril 1976).
- Halacy, Daniel S. Los cambiadores del tiempo. New York: Harper & Row, 1968.

- Hall, J. Storrs. "Resumen sobre Nanotecnología" Adaptado de los documentos de Ralph C. Merkle y K. Eric Drexler. Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html> (Rutgers University, Noviembre 1995).
- Horner, Gen Charles. "El espacio visto como reto, las fronteras militares definitivas" (Intervención ante el Comité de las Fuerzas Armadas del Senado) Asuntos de Defensa, 22 Abril 1993.
- Hume, Capt Edward E., Jr. Programas de investigación atmosférica y medioambiental en Brasil (U), Marzo 1993. Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 Septiembre 1992. (Secreto) La información extraída no es clasificada.
- James, G. E. "La teoría del caos: Lo indispensable para aplicaciones militares" ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook, AY96, Vol. 8. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1995.
- Jiusto, James E. "Algunos principios de modificación de niebla con núcleos higroscópicos" Evolución de la investigación de la NASA sobre las propiedades de la niebla cálida y los conceptos de modificación. NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Johnson, Capt Mike. Investigación y modificación de la alta atmósfera en la ex-Unión Soviética (U) Documentos de apoyo DST-18205-475-92, Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secreto) La información extraída no es clasificada.
- Kasemir, Heinz W. "Supresión y desencadenamiento de rayos mediante siembra de Chaff" In Wilmot N. Hess, ed., Modificación del Tiempo y del Clima. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Keaney, Thomas A., and Eliot A. Cohen, La Guerra del Golfo, Informe sobre encuestas relativas al Poder Aéreo Washington D.C.: GPO, 1993.
- Klein, Milton M. A Estudio de viabilidad sobre el uso de energía radiante para la dispersión de niebla. Abstract. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, Octubre 1978.
- Kocmond, Warren C. "Disipación de la niebla natural en la atmósfera," " Evolución de la investigación de la NASA sobre las propiedades de la niebla cálida y los conceptos de modificación. NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Kossey, Paul A., et al. "Espejos Ionosféricos Artificiales (AIM) A. Concepto y Materia," En Modificación Inosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares, AGARD Actas de las conferencias 485, Octubre 1990.
- Maehlum, B. N., and J. Troim, "Carga de vehículos en entornos de baja densidad de plasma" En Modificación Inosférica y su potencial para mejorar o degradar el rendimiento de los sistemas militares, AGARD Actas de la Conferencia 485, Octubre 1990.
- McLare, James. Pulp & Paper 68, no. 8, Agosto 1994.
- Meyer, William B. "Vida y Epocas del Clima en Los Estados Unidos: Qué podemos hacer al respecto?" American Heritage 37, no. 4 (Junio/Julio 1986).
- Petersen, Rear Adm Sigmund. "NOAA avanza hacia el siglo XXI." El ingeniero Militar 20, no.571 (Junio-Julio 1995).
- Riley, Lt Col Gerald F. Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3d Weather Squadron. En "Serie de entrevistas Tormenta del Desierto/ Escudo del Desierto," Entrevistado por el Dr William E. Narwyn, AWS Historiador, 29 Mayo 1991.
- Seagraves, Mary Ann, y Richard Szymber "El clima como multiplicador de fuerza." Revista Militar, Noviembre/Diciembre 1995.
- SPACECAST 2020. Clima Espacial, apoyo a las Comunicaciones. Libro Blanco G. Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994.

- Stuart, Gene S. "Whirlwinds y Thunderbolts," En *Nature on the Rampage*. Washington D.C.: National Geographic Society, 1986.
- Sullivan, Gen Gordon R. "Avanzando hacia el siglo 21: La modernización del Ejército Americano" *Military Review* July 1993. Citado por Mary Ann Seagraves y Richard Szymer en "El clima como multiplicador de fuerza." *Military Review*, November/December 1995.
- Sutherland, Robert A. "Resultados de experimentos de niebla artificial," *Actas de la Conferencia sobre Entornos Atmosféricos del campo de batalla de 1991*. Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3-6 December 1991.
- Tascione, Thomas F. *Introducción al Medioambiente Espacial*. Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984. Tomlinson, Edward M., Kenneth C. Young, and Duane D. Smith *Aplicaciones de tecnología láser para la disipación de niebla cálida en aeródromos*, PL-TR-92-2087. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Materiel Command, 1992.
- USAF Scientific Advisory Board. *Panorámica de un Nuevo Mundo: Poder aéreo y espacial en el siglo 21, Resumen*. Washington, D.C.: USAF Scientific Advisory Board, 15 December 1995.
- US Department of State. *Boletín del Departamento de Estado* 76, no. 1981 (13 June 1977.)