

ESTRATEGIA NACIONAL DE CLIMA ESPACIAL

Realizada por el
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Octubre 2015

Acerca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

El consejo Nacional de Ciencia y tecnología (por sus siglas en ingles NSTC) es el principal medio por el cual la rama Ejecutiva coordina la política científica y tecnológica a través de las diferentes entidades que componen la investigación federal y el desarrollo empresarial. Uno de los principales objetivos de la NSTC es establecer objetivos nacionales claros para la inversión Federal en ciencia y tecnología. La NSTC prepara paquetes de investigación y desarrollo que pretenden cumplir múltiples objetivos nacionales. El trabajo de la NSTC se organiza bajo cinco comités: Medio Ambiente, Recursos Naturales, y Sustentabilidad (CENRS); Nación y Seguridad Nacional; Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas (STEM); Educación; Ciencia; y Tecnología. Cada uno de estos comités supervisa subcomités y grupos de trabajo que se enfocan en diferentes aspectos de la ciencia y tecnología. Para más información disponible, dirigirse a www.whitehouse.gov/ostp/nstc.

Acerca de la Oficina de Política en Ciencia y Tecnología

La Oficina de Política de Ciencia y Tecnología (por sus siglas en ingles OSTP) fue establecida por la Política Nacional de Ciencia y Tecnología, la Organización, y la ley de prioridades de 1976. Las responsabilidades de OSTP incluyen aconsejar al Presidente en la formulación de una política y el desarrollo del presupuesto en cuestiones donde la ciencia y tecnología son elementos importantes; articular la política y programas del Presidente en ciencia y tecnología; y buscar fuertes colaboraciones con el gobierno Federal, Estatal y local, y las comunidades científicas en la industria y la academia. El Director de la OSTP también funciona como Asistente del Presidente para Ciencia y Tecnología y dirige el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Para más información disponible, dirigirse a www.whitehouse.gov/ostp.

Acerca del grupo de trabajo de las operaciones del Clima Espacial, Investigación, y Mitigación (SWORM).

El grupo de trabajo sobre las operaciones del clima espacial, la investigación y mitigación (SWORM), es un grupo interagencias organizado bajo la NSTC, CENRS, y el Subcomité sobre Reducción de desastres (SDR), fue decretado en noviembre del 2014 para desarrollar una estrategia y un plan de acción nacional para mejorar la preparación nacional frente a eventos del clima espacial.

Acerca de este documento

Este documento fue realizado por el grupo de trabajo SWORM. Fue publicado en borrador para la opinión pública en el Registro Federal (80FR 24296), fue revisado por SDR y CENRS, y fue finalizado y publicado por OSTP.

Reconocimientos

El grupo de trabajo SWORM reconoce las contribuciones del Instituto sobre Política Científica y Tecnológica IDA por aportar experiencia en la materia de estudio, una revisión constructiva, y otras contribuciones al desarrollo de esta estrategia.

Información sobre derechos de autor (Copyright)

Este documento es un trabajo del Gobierno de los Estados Unidos y es de dominio público (ver 17 U.S.C. 105). Sin perjuicio de lo estipulado a continuación, puede ser distribuido y copiado con el conocimiento de la OSTP. Los derechos de autor de las gráficas incluidas en este documento son reservados por los propietarios originales o sus cesionarios y son usados aquí bajo licencia gubernamental y por permiso. Solicitudes para usar cualquier imagen deben ser realizadas al proveedor identificado en los créditos de la imagen o a OSTP si no existe un proveedor identificado.

Impreso por los Estados Unidos de América, 2015

Operaciones del clima espacial, investigación y mitigación

Co-directores

Departamento de Comercio, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Departamento de Seguridad Nacional

La Oficina de Política de Ciencia y Tecnología

Miembros

Departamentos

Departamento de Comercio

Departamento de Defensa

Departamento de Energía

Departamento de Seguridad Nacional

Departamento del Interior

Departamento de Estado

Departamento de Transportes

Agencias y Sucursales de servicio

Administración Federal de Aviación

Comisión Federal de Comunicaciones

Agencia Federal de Gestión de Emergencias

Comisión Federal Normativa de Energía

Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Fundación Nacional de Ciencia

Comisión Reguladora Nuclear

Oficina del Director de Inteligencia Nacional

Fuerza Aérea de los Estados Unidos
Servicio Geológico de los Estados Unidos
Marina de los Estados Unidos
Servicio Postal de los Estados Unidos

Oficina Ejecutiva del Presidente

Consejo de Seguridad Nacional
Oficina de Administración y Presupuesto
Oficina de Política ciencia y tecnológica
Oficina Militar de la Casa Blanca

OFICINA EJECUTIVA DEL PRESIDENTE
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

WASHINGTON, D.C 20502

Octubre 29, 2015

Queridos Colegas,

El clima espacial es un fenómeno natural que tiene el potencial de causar efectos sustancialmente perjudiciales en el bienestar económico y social de una nación. La preparación y la predicción de eventos del clima espacial y sus efectos potenciales en la Tierra es un desafío importante. Recientes esfuerzos llevados por los Estados Unidos y sus socios internacionales han resultado en un progreso importante hacia la mejora del entendimiento, monitoreo, predicción y mitigación de este peligro, pero hay mucho más por hacer.

En los últimos cinco años, OSTP ha coordinado esfuerzos interagencias para mejorar la habilidad nacional para preparar, evitar, mitigar, responder, y recuperarse de los potenciales impactos de devastación de los eventos del clima espacial. Estos esfuerzos incluyeron el establecimiento de la interagencia del Grupo de Trabajo para Operaciones del Clima Espacial, Investigación, y Mitigación (SWORM) en noviembre del 2014. El objetivo del grupo de trabajo SWORM fue unir el proyecto de seguridad nacional con el proyecto de ciencia y tecnología para formular una visión cohesionada para mejorar la preparación nacional para el clima espacial.

Esta Estrategia Nacional del Clima Espacial y Plan de Acción Nacional del Clima Espacial que la acompaña son el resultado de los esfuerzos del grupo de trabajo SWORM. Estos documentos trascienden la misión de la agencia y los límites del sector para describir como el Gobierno Federal coordinara sus esfuerzos en el clima espacial y como planea involucrar a la academia, los sectores públicos y privados y otros gobiernos en el clima espacial. La estrategia y el Plan de acción asociado buscan mejorar la preparación de la Nación entremezclando y aprovechando los esfuerzos de las políticas existentes para identificar objetivos dominantes que respalden y conduzcan las actividades necesarias para mejorar la seguridad y resistencia de tecnologías e infraestructuras cruciales.

Estos documentos representan solo un siguiente paso para mejorar la preparación nacional para el clima espacial. La estrategia establece objetivos generales para la acción Federal, mientras el Plan de Acción establece acciones federales y los pasos para su implementación. Muchas de estas actividades requerirán horizontes a largo plazo, que necesitaran un compromiso sostenido entre las agencias gubernamentales y el sector privado. Este desafío requiere que la Nación trabaje colectivamente para mejorar continuamente la comprensión, predicción y la preparación para mejorar la resistencia de la Nación contra eventos graves del clima espacial.

Sinceramente,

John P. Holdren Asistente del Presidente Director para la Ciencia y la Tecnología, Oficina
de Política de Ciencia y Tecnología

Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo.....	1
Introducción.....	3
Implementación de la Estrategia Nacional del Clima Espacial.....	3
Mejora de la Preparación Nacional y la resistencia de la infraestructura crítica.....	4
Objetivos Estratégicos.....	4
1. Establecer puntos de referencia para eventos del clima espacial.....	5
2. Mejorar capacidades de respuesta y recuperación.....	5
3. Mejorar esfuerzos de protección y mitigación.....	7
4. Mejorar la evaluación, modelación y predicción de los impactos sobre las infraestructuras críticas	8
5. Mejorar los servicios del clima espacial a través de comprensión y predicción.....	9
6. Incrementar la Cooperación Internacional.....	10
Conclusión.....	11
Apéndice: Antecedentes sobre los fenómenos solares que conducen el clima espacial.....	12
Referencias.....	13

Resumen Ejecutivo

El clima espacial se refiere a las variaciones en el ambiente espacial entre el sol y la Tierra (y en todo el sistema solar) que pueden afectar tecnologías en el espacio y en la Tierra. El clima espacial puede afectar la tecnología de este país que forma la columna vertebral de la economía y la seguridad nacional, incluyendo operaciones satelitales y aéreas, redes de comunicaciones, sistemas de navegación y la red de energía eléctrica. A medida que la nación se vuelve cada vez más dependiente de estas tecnologías, el clima espacial propone un aumento de riesgo a la infraestructura y la economía. Además, la Asesoría Nacional Estratégica de Riesgo¹ ha identificado el clima espacial como un peligro que pone en importante riesgo la seguridad de la nación. Claramente, reducir la vulnerabilidad frente al clima espacial necesita ser una prioridad nacional.

La Estrategia Nacional de Clima Espacial (Estrategia) y su asociado Plan de Acción Nacional del Clima Espacial (Plan de Acción) tienen por objetivo común mejorar la integración de los esfuerzos nacionales existentes y añadir capacidades importantes para ayudar a satisfacer la creciente demanda de información sobre el clima espacial. La Estrategia y el Plan de Acción aprovechan sus recientes esfuerzos para reducir riesgos asociados a peligros naturales y mejorar la capacidad de resistencia de las instalaciones y sistemas esenciales², encaminadas a favorecer fomentar un ambiente de colaboración en el que el gobierno, industria, y la sociedad estadounidense puedan entender mejor y prepararse para los efectos del clima espacial. La nación debe continuar aprovechando las redes públicas y privadas de conocimientos y habilidades y llevar a cabo mejoras específicas para aumentar la capacidad de gestionar los riesgos asociados con el clima espacial.

Seis objetivos estratégicos forman la base del esfuerzo por reducir la vulnerabilidad de la nación hacia el clima espacial:

- 1. Establecer los puntos de referencia para eventos del clima espacial:** Acciones efectivas y pertinentes para los eventos del clima espacial requieren una comprensión de la magnitud y frecuencia de dichos eventos. Los puntos de referencia ayudarán al gobierno y a la industria a evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura crítica, establecer puntos de decisión y umbrales para la acción, entender el riesgo, y proporcionar puntos de referencia para permitir procedimientos y prácticas y para mejorar el plan de recuperación y respuesta.
- 2. Mejorar las capacidades de respuesta y recuperación:** Existe una necesidad de desarrollar una guía completa para apoyar y mejorar las capacidades de respuesta y

¹ Departamento de Seguridad Nacional, La Evaluación Nacional Estratégica de Riesgo (SNRA) en apoyo de la PPD 8: un amplio acercamiento a la gestión de riesgos hacia la Seguridad y Resistencia de la Nación, Diciembre 2011.

² Véase la sección de referencias para una obtener una lista de documentos recientes de política pertinentes

recuperación para manejar los eventos del clima espacial, incluyendo las capacidades de los gobiernos Federal, Estatal y local³ y del sector privado.

- 3. Mejorar los esfuerzos de Protección y Mitigación:** Mejoras en la preparación nacional para los eventos del clima espacial requerirán la mejora de métodos para la protección y mitigación. La protección se enfoca en el desarrollo de capacidades y acciones para asegurar a la Nación de los efectos del clima espacial, incluyendo reducción de vulnerabilidad. La mitigación se enfoca en minimizar riesgos, abordando los efectos en cascada, y mejorar la resistencia a los desastres⁴. La implementación de estas misiones de preparación requiere una acción conjunta de las partes interesadas del sector público y privado cuya experiencia y responsabilidades compartidas sean incrustadas en los sistemas de infraestructura de la nación.

- 4. Mejorar la valoración, modelado y predicción de impactos en la infraestructura crítica:** Servicios Oportunos, fiables, factibles y de apoyo a las decisiones pertinentes durante los eventos del clima espacial son esenciales para mejorar la preparación nacional. Los efectos sociales deben ser entendidos para informar mejor las acciones necesarias durante eventos extremos y para fomentar la mitigación apropiada y las medidas de protección frente a un accidente.

- 5. Mejorar los servicios del clima espacial a través de la promoción de comprensión y predicción.** Existen oportunidades para mejorar el entendimiento fundamental del clima espacial e incrementar su precisión, fiabilidad y oportunidad de las observaciones y predicciones del clima espacial (productos y servicios relacionados). El apoyo científico y las observaciones ayudaran a conducir los avances en el modelado de capacidades y mejorar la calidad de productos y servicios del clima espacial. Haytambién una necesidad de mejorar la capacidad de desarrollo y la transición de los últimos avances científicos y tecnológicos en los centros de operaciones del clima espacial.

- 6. Incrementar la Cooperación Internacional:** En un mundo de complejas interdependencias, el compromiso global y la coordinación internaional es necesaria para dar una respuesta al clima espacial. Los Estados Unidos no deben ser solo una parte integral del esfuerzo global para prepararse para los impactos del clima espacial, sino también deben ayudar a la amplia movilización, al apoyo global

³ En los gobiernos locales se encuentran en los gobiernos tribales, territoriales, e insulares de la zona.

⁴ La resistencia a los desastres se refiere a la capacidad de prevenir o proteger a la infraestructura de, múltiples amenazas e incidentes significativos para recuperar y reconstituir los servicios críticos con el mínimo daño a la seguridad pública, la salud , la economía y la seguridad nacional expedita.

para este esfuerzo usando acuerdos existentes y construir políticas y soporte internacional.

La Estrategia identifica objetivos y establece los principios guía que apoyaran los esfuerzos nacionales por asegurar sus infraestructuras vitales para la seguridad nacional y la economía de los Estados Unidos. Identifica iniciativas específicas para manejar prioridades nacionales de protección tanto de corto como de largo plazo. También aporta protocolos para preparación y respuesta a los eventos del clima espacial y para asegurar que la información esté disponible para informar la toma de decisiones. Esta información será utilizada para mejorar la resistencia nacional y preparar una apropiada respuesta durante tormentas del clima espacial.

Esta Estrategia y el Plan de Acción asociado facilitaran la integración de información del clima espacial en los planes de manejo de riesgos federales para lograr los niveles de preparación consistentes con las políticas nacionales.

Logrando los elementos estratégicos de la Estrategia requerirá del acercamiento y coordinación nacional de toda la comunidad, y de los recursos públicos y privados⁵. Gobierno, Industria y la sociedad estadounidense deben trabajar juntos para mejorar la resistencia de la infraestructura crucial a los efectos adversos del clima espacial en la gente, la economía, y la seguridad de la Nación.

Introducción

⁵ La planeación de toda la comunidad para la resiliencia es una aproximación a la gestión de emergencias que refuerza las ideas de que la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) es solo una parte del equipo de manejo de emergencias de la Nación; que los recursos colectivos deben ser aprovechados en la preparación, la protección contra, respuesta a, recuperación de, y mitigar contra todos los peligros; y se requiere un esfuerzo colectivo para satisfacer las necesidades de toda la comunidad en cada una de esas áreas (FEMA, un enfoque comunitario para el Manejo de Emergencias: Principios, Temas, y vías para la acción FDOC 104-008-1, Diciembre 2011).

Los eventos del clima espacial son fenómenos naturales que tienen el potencial de afectar negativamente la tecnología y la infraestructura energética, las cuales son contribuyentes esenciales para la seguridad nacional y una vitalidad económica. El término “clima espacial” se refiere a las condiciones dinámicas del ambiente espacial que surgen de las emisiones del sol, las cuales incluyen erupciones solares, partículas energéticas solares, eyecciones de masa coronal (por sus siglas en inglés CME)⁶. Estas emisiones pueden interactuar con la Tierra y su espacio circundante, incluyendo el campo magnético de la tierra, interrumpiendo potencialmente con los sistemas de energía eléctrica; satélites, aeronaves y operaciones de naves espaciales; telecomunicaciones; posición, navegación y servicios de temporización; y otras tecnologías e infraestructuras⁷. Las infraestructuras críticas de la Nación constituyen un sistema interdependiente, diverso, complejo, de los sistemas en los que el fallo de uno a otro podría conectar en cascada. Dada la importancia de la fiabilidad de la energía eléctrica fiable y activos espaciales para la seguridad y el bienestar económico, es esencial que los Estados Unidos establezcan una estrategia para mejorar la capacidad del país para proteger, mitigar, responder y recuperarse de los efectos potencialmente devastadores de los eventos del clima espacial.

Los eventos de clima espacial ocurren con frecuencia y tienen efectos medibles en sistemas de infraestructura crítica y tecnologías. *La Estrategia Nacional de Clima Espacial (Estrategia)* y el *Plan de acción Nacional del Clima Espacial (Plan de Acción)* establece objetivos y acciones que permitan el entendimiento de los riesgos de, y la preparación nacional para, eventos extremos del clima espacial. Muchos de los objetivos y actividades establecidas por la Estrategia y el Plan de Acción pueden modificarse y dirigirse a eventos del clima espacial que son más pequeños en magnitud. Dichos eventos ocurren más frecuentemente que los eventos extremos y pueden tener efectos significativos.

El clima espacial es un asunto global. A diferencia de los eventos del clima terrestre (por ejemplo, un huracán), el clima espacial tiene el potencial de afectar simultáneamente toda Norteamérica o llegar a regiones geográficas más amplias del planeta. A pesar de que los Estados Unidos es un líder global en la observación y predicción de eventos del clima espacial, estas capacidades dependen de la cooperación y la coordinación internacional.

Esta Estrategia describe los objetivos para mejorar la preparación de la Nación del clima espacial en tres áreas clave: preparación nacional, predicción y entendimiento. Los departamentos y las agencias han dado pasos significativos en estas áreas clave. Los desafíos planteados por la vulnerabilidad global para eventos del clima espacial requieren de investigación y desarrollo continuo para mejorarlas capacidades de observación y predicción, que están asociadas directamente a la preparación. Los objetivos planteados en la presente Estrategia harán uso de los esfuerzos y políticas existentes, así como fomentar una mayor coordinación y cooperación entre los sectores público y privado de los Estados Unidos y en el extranjero.

⁶ No todos los efectos del clima espacial son dañinos. Las auroras boreales son una manifestación visual sorprendente del clima espacial

⁷ Para una descripción detallada del clima espacial y sus conductores, por favor referirse al Apéndice.

Implementación de la Estrategia Nacional del Clima Espacial

El Plan de Acción, emitido simultáneamente con esta Estrategia, establece las actividades federales que deberán ser emprendidas para implementar la Estrategia y alcanzar los seis objetivos de alto nivel, incluyendo metas y programas. Esta estrategia reconoce que los desafíos asociados con la planeación y la preparación para los eventos extremos que actualmente no tienen bien definidas las tasas de recurrencia; por lo tanto, las actividades identificadas en el Plan de Acción se deben priorizar de acuerdo a estas. La oficina ejecutiva del Presidente coordinará la ejecución del Plan de Acción y reevaluará y actualizará la Estrategia y el Plan de Acción dentro de los 3 años siguientes a la fecha de publicación, o según sea necesario..

La implementación total de esta Estrategia requerirá de la acción de una red nacional de gobiernos, organismos gestores de emergencias, la academia, los medios de comunicación, la industria de seguros, organizaciones sin fines de lucro, y el sector privado. Fuertes colaboraciones público-privadas deben establecerse entre el Gobierno Federal, la industria y la academia para mejorar las redes de observación, realizar investigaciones, desarrollar modelos de predicción y el suministro de servicios necesarios para proteger la vida y bienes y para promover la prosperidad económica. Estas asociaciones formarán la columna vertebral de una nación preparada para el clima espacial.

Mejorar la preparación Nacional y la Resiliencia de la Infraestructura crítica

Esta estrategia asegura que el clima espacial está totalmente integrado en los marcos de dos Directivas Políticas Presidenciales (por sus siglas en inglés PPDs): PPD-8, “Preparación Nacional” (Marzo 30, 2011); y PPD-21, “Infraestructuras críticas de seguridad y resistencia” (Febrero 12, 2013).

PPD-8 llamadas para un sistema integrado, toda la Nación, enfoque de las capacidades basadas en la preparación para todos los peligros. También se pide la creación de una serie de marcos nacionales de de Planificación. En consecuencia, el Departamento de Seguridad Nacional (por sus siglas en inglés DHS) coordinó el desarrollo de la Evaluación Estratégica Nacional de Riesgos (por sus siglas en inglés SNRA)⁸. El SNRA identificó el clima espacial como uno de los nueve riesgos naturales con el potencial de afectar de manera significativamente la seguridad nacional.

El PDD-21 identifica tres estrategias imperativas para impulsar el enfoque federal para reforzar la seguridad de infraestructuras críticas y la resistencia⁹ La Directiva identifica los sistemas de energía y comunicaciones como de vital importancia debido a las funciones que prestan en todos los sectores de infraestructura crítica. La Directiva también ordena al

⁸ DHS, La Asesoría Nacional Estratégica de Riesgo en apoyo de PPD 8.

⁹ Mejorar y esclarecer las relaciones funcionales entre el Gobierno Federal para avanzar en la unidad nacional de esfuerzo para fortalecer la seguridad en infraestructura crítica y la capacidad de resistencia; (2) activar el intercambio efectivo de información identificando los datos de referencia y los sistemas de requisitos para el Gobierno Federal; e (3) implementar una función de integración y de análisis para informar sobre la planeación y las decisiones en relación con las operaciones de la infraestructura crítica.

Gobierno Federal para colaborar con la industria y los socios internacionales para fortalecer la seguridad y resistencia de las infraestructuras críticas nacionales e internacionales de las que depende la Nación. **Objetivos Estratégicos**

Esta Estrategia define seis objetivos para preparar a la Nación de los impactos del clima espacial a corto y largo plazo. Los objetivos buscan mejorar la preparación de la nación, la predicción, y el conocimiento de los eventos del clima espacial, incluyendo esfuerzos relacionados tanto a los fenómenos que causan el clima espacial como a los efectos de este fenómeno. (Ver el apéndice de antecedentes de los fenómenos que causan el clima espacial).

Los seis objetivos de alto nivel para la investigación Federal, el desarrollo, despliegue, operaciones, coordinación y compromiso son:

1. Establecer estándares de comparación de eventos del clima espacial
2. Mejorar las capacidades de respuesta y recuperación
3. Mejorar los esfuerzos de protección y mitigación
4. Mejorar la valoración, el modelado, y la predicción de los impactos en la infraestructura crucial
5. Mejorar los servicios del clima espacial a través de un conocimiento y predicción avanzado
6. Incrementar la cooperación internacional

1. Establecer estándares de comparación de eventos del clima espacial

Los estándares de comparación son una serie de características y condiciones sobre las cuales los eventos del clima espacial pueden ser medidos. Proveen un punto de referencia desde el cual se puede aumentar el conocimiento de los efectos del clima espacial, desarrollar procedimientos más efectivos de mitigación, y mejorar la planeación de respuesta y recuperación, y entender los riesgos.

Los estándares de comparación deben aportar descripciones claras y consistentes sobre los parámetros físicos relevantes de los fenómenos del clima espacial basados en conocimiento científico actual y en un registro histórico. Por ejemplo, los estándares de comparación pueden servir para introducir evaluaciones de vulnerabilidad para ayudar a establecer puntos de decisión y puertas de acción y para informar a las prácticas (desarrollo de aparatos, planeación operacional y mitigación de esfuerzos). Estos estándares no buscarán categorizar o clasificar el grado de impacto de un evento del clima espacial en un sistema de tecnología e infraestructura.

Para ser efectivos, los estándares de cooperación deben ser desarrollados de manera oportuna usando una metodología transparente con una clara exposición de las suposiciones e incertidumbres y los datos públicos disponibles (en lo posible). Debido a datos relativamente limitados y lagunas en el entendimiento de los fenómenos del clima espacial, los estándares deben ser reevaluados a medida que nueva información e investigación se

encuentre disponible. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos en el desarrollo de estos estándares:

- **Definir alcance, propósito y aproximación para desarrollar estándares de cooperación:** los estándares utilizaran múltiples parámetros físicos para describir los eventos del clima espacial. Los parámetros deben incluir características de un evento y sus interacciones con la Tierra y entornos cercanos a la Tierra (perturbaciones geomagnéticas y de la ionosfera).
- **Crear múltiples estándares para dirigir las diferentes circunstancias:** los estándares deben cubrir
 - Existen diferentes tipos de eventos del clima espacial (perturbaciones de la ionosfera producidas por destellos solares y perturbaciones geomagnéticas producidas por CMEs);
 - Múltiples parámetros físicos aseguran la funcionalidad de los estándares (magnitud y duración); y
 - Un rango de magnitudes de los eventos e intervalos de repetición asociados (múltiples escenarios de los eventos deben informar diferentes umbrales de vulnerabilidad, y un conocimiento del peor escenario puede ser instructivo).

2. Mejorar las capacidades de respuesta y recuperación

Los eventos extremos del clima espacial son potencialmente eventos de alto impacto que requerirán de una coordinada respuesta nacional y un esfuerzo de recuperación. Haciendo uso de la estructura de la Planeación Nacional¹⁰, la nación desarrollara una guía completa para apoyar la respuesta y las capacidades de recuperación para manejar eventos extremos con el gobierno (Federal, estatal y local), industria, y otros asociados. Mejores evaluaciones de vulnerabilidad y de sistemas de modelado mejoraran la planeación para los efectos de los eventos extremos en sistemas de infraestructuras cruciales y en toda la comunidad, así como también informar una estimación de duración y costos de la respuesta y de las medidas de recuperación¹¹. Así mismo, la mejora de las capacidades de predicción permitirá el desarrollo de procedimientos urgentes antes de que ocurra un impacto significativo. Mejorar las capacidades de respuesta y recuperación de la nación requerirá de una inversión continua, soluciones únicas y de colaboraciones fuertes en el sector público y

¹⁰ El marco de planeación nacional describe como toda la comunidad trabaja en conjunto para lograr la meta de preparación nacional para una segura y resistente nación con las capacidades necesarias en toda la comunidad para prevenir, proteger, mitigar, responder y recuperarse de las amenazas y desafíos que plantean un mayor riesgo." Esta meta es la piedra angular de la implementación del PPD-8 (FEMA sitio web, "marcos de planeación nacional", www.fema.gov/nationalplanning-frameworks).

¹¹ Los socios comunitarios se refieren al equipo de gestión de emergencia colectiva más grande de la nación y no sólo incluyen el DHS y sus socios a nivel federal, sino también a socios Estatales, locales, tribales, y territoriales (SLTT), organizaciones no gubernamentales tales como las religiosas y grupos no lucrativos y sectores de la industria privada, individuos, familias y comunidades. Ver el sitio web FEMA , "toda la comunidad", última actualización 16 de abril, 2015, www.fema.gov/whole-community.

privado. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos para mejorar las capacidades de respuesta y recuperación:

- **Completar una respuesta ante todos los posibles peligros de la interrupción de la energía y un plan de recuperación:** el principal riesgo de un evento extremo del clima espacial es el potencial a largo plazo de la pérdida de poder eléctrico y los efectos en cascada que tendría en otros sectores cruciales de la infraestructura. Otros eventos de alto impacto también son capaces de causar interrupciones a largo plazo en la energía regional y nacional. Es esencial tener un plan amplio y ejecutable (con puntos de decisión clave) para tratar cortes de energía nacionales o regionales. El plan debe incluir a toda la comunidad y priorizar capacidades centrales¹².
- **Apoyar al gobierno y al sector privado a la planeación y al manejo de los eventos extremos del clima espacial:** la incorporación de la información de los eventos del clima espacial en la planeación de todo tipo de peligros está limitada para los gobiernos Federal, Estatal y local. Información confiable y la guía en cómo obtener ese conocimiento e incorporarlo a la planeación gubernamental de todo tipo de peligros debe ser desarrollada y divulgada.
- **Aportar una guía en la planeación de contingencia para los efectos de los eventos extremos del clima espacial para gobiernos y servicios de la industria esenciales:** La preservación de servicios de gobierno, traslado de personal, y mantenimiento de sistemas de infraestructura son esenciales ante, durante, y después de un evento extremo del clima espacial. El gobierno, el sector privado, y las entidades de infraestructura crucial necesitan una dirección en cómo responder de una forma que incrementen la probabilidad de mantener elementos esenciales de operación por un periodo de tiempo prolongado
- **Asegurar la capacidad e interoperabilidad de los sistemas de comunicación durante eventos extremos del clima espacial:** los sistemas efectivos de comunicaciones son esenciales para aumentar y mantener un conocimiento de la situación y asegurar la unidad de esfuerzos en operaciones de respuesta y recuperación. Los efectos del clima espacial en los sistemas de comunicaciones ocurren en diferentes escalas de tiempo y en diversos grados en un solo evento, dependiendo del sistema y de las características y duración del evento. Los depositarios del gobierno y el sector privado necesitan una dirección que les permita mantener sus capacidades de comunicación (incluyendo interoperabilidad) durante un evento extremo del clima espacial.
- **Alentar a los propietarios y operadores de infraestructura y recursos tecnológicos para coordinar el desarrollo de prioridades y expectativas de restauración de energía eléctrica realistas:** Los proveedores de poder eléctrico deben desarrollar protocolos para restaurar el poder eléctrico antes de interrupciones, en coordinación con el Estado y los gobiernos locales. Los dueños de recursos cruciales y los operadores deben trabajar con sus proveedores para asegurar que sus necesidades de poder eléctrico sean entendidas. Los dueños y

¹² El Marco Nacional de Respuesta FEMA (mayo 2013) define 14 capacidades centrales de respuesta

operadores deben considerar planes y capacidades para fuentes de poder eléctrico temporales en el caso de una interrupción del poder eléctrico causada por un evento extremo del clima espacial.

- **Desarrollar y conducir ejercicios para mejorar y probar los planes de respuesta y recuperación del gobierno y de la industria relacionada al clima espacial:** evaluar la efectividad de los planes incluye desarrollar y ejecutar una combinación de eventos de entrenamiento y ejercicios para determinar si las metas, objetivos, decisiones, acciones y el tiempo definido en los planes apoya la respuesta y recuperación exitosa. Los planes de ejercicio y las lecciones de captura aprendidas permiten la mejora continua de capacidades de respuesta y recuperación de los eventos.

3. Mejorar la protección y los esfuerzos de mitigación

Las crecientes interdependencias de sistemas cruciales de infraestructura han aumentado potencialmente las vulnerabilidades de los eventos del clima espacial. Esfuerzos de protección y mitigación para eliminar o reducir las vulnerabilidades del clima espacial son componentes esenciales para la preparación nacional. La protección se enfoca en capacidades y acciones para eliminar las vulnerabilidades del clima espacial, y la mitigación se enfoca en la reducción a largo plazo de la vulnerabilidad y mejorar la resistencia de desastres¹³. Juntas estas misiones de preparaciones forman un esfuerzo nacional para reducir las vulnerabilidades y manejar los riesgos asociados a los eventos del clima espacial. Desarrollar estas misiones de preparación requiere una acción conjunta de depositarios del sector público y privado debido a la experiencia y responsabilidad compartida intrínseca en los sistemas de infraestructura nacional. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos para mejorar los esfuerzos de protección y mitigación con respecto a los eventos del clima espacial:

- **Fomentar el desarrollo de planes de mitigación de riesgos que reduzcan las vulnerabilidades, manejen riesgos y ayuden con respuesta a los efectos del clima espacial:** en apoyo a toda la comunidad planificación para la resistencia, debe ser integrada información acerca de los peligros del clima espacial, como es apropiado, en mecanismos existentes de información compartida, incluyendo Organizaciones de Análisis de Información Compartida, y en los mecanismos de preparación nacional que promueven un alineamiento estratégico entre los sectores públicos y privados.
- **Trabajar con la industria para lograr la reducción de vulnerabilidad a largo plazo a los eventos del clima espacial implementando medidas en lugares más susceptibles al clima espacial:** adoptar estándares, prácticas de negocios, y

¹³ La resistencia a los desastres se refiere a la capacidad de prevenir o proteger a la infraestructura de, amenazas múltiples importantes e incidentes y para recuperarse y reconstituir servicios críticos con el mínimo daño para la seguridad y la salud pública, la economía, y la seguridad nacional (Blanchard, “guía para el manejo de emergencias y términos relacionados”).

procedimientos operacionales que mejoren la protección y resistencia es esencial para dirigir un sistema de vulnerabilidades al clima espacial. El punto de referencia que los eventos del clima espacial describen en el primer objetivo estratégico (establecer puntos de referencia para los eventos del clima espacial) debe ser usado para apoyar la adopción y el diseño de estándares para mejorar la resistencia; evaluar estrategias, prioridades y la viabilidad de proteger recursos cruciales; así como buscar mecanismos para compartir las mejores prácticas para promover la mitigación y protección de los sistemas afectados por el clima espacial.

- **Fortalecer las colaboraciones público-privadas que apoyan la acción para reducir la vulnerabilidad al clima espacial:** las industrias privadas son esenciales para la resistencia de la nación. Ellos son los propietarios y operadores de la mayoría de la infraestructura nacional crítica, y juegan un rol vital en la investigación y el desarrollo para aumentar el conocimiento y mejorar la mitigación. Los eventos del clima espacial no respetan límites, nacionales, jurisdiccionales, o corporativos. Incorporar medidas de resistencia en los sistemas de infraestructura de EE.UU requiere de una colaboración público-privada, apoyo de los mecanismos existentes de coordinación para la información compartida y el acceso, e identificación de incentivos e impedimentos para invertir en medidas de resistencia.

4. Mejorar la evaluación, modelaje y predicción de los impactos en la infraestructura crucial

Un componente clave para mejorar la preparación nacional para un evento del clima espacial es la habilidad de observar y predecir efectos asociados. Aportar oportunos, factibles y pertinentes servicios de apoyo a las decisiones durante un evento del clima espacial requiere mejoras en las habilidades para observar, evaluar, modelar y finalmente predecir los efectos del clima espacial en infraestructuras nacionales cruciales tales como sistemas de poder eléctrico; sistemas de transporte (marítimos, aéreos y ferroviarios); comunicaciones; y sistemas de posición, navegación y sistemas oportunos. Los efectos sociales y de salud de los eventos del clima espacial deben también ser entendidos para informar la urgencia de acción durante dichos eventos y para fomentar la apropiada mitigación y las medidas de protección antes de un incidente. Mejorar la conciencia situacional y la predicción de los efectos en la infraestructura durante un evento del clima espacial requiere mejores observaciones y un mejor modelo de características del sistema de respuesta. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos para mejorar la observación, el modelaje y las capacidades de predicción.

- **Evaluar la vulnerabilidad de sistemas de infraestructura cruciales al clima espacial:** Para prepararse y mejorar la seguridad y resistencia de los sistemas de infraestructura crucial a los eventos del clima espacial, un exhaustivo y sistemático conocimiento de los efectos y vulnerabilidades es necesario. Este conocimiento informara los enfoques de preparación y planeación y activar la validación de sistemas específicos de modelos de impacto.

- **Desarrollar una evaluación en tiempo real de la infraestructura y reportar su capacidad.** La conciencia situacional del estado de varios sistemas de infraestructura es crucial para aportar una respuesta accionable a un evento. Esta capacidad requerirá de continuas inversiones, y evaluaciones de los requisitos del monitoreo en tiempo real para reportar el estado de las infraestructuras, así como una conciencia situacional del clima espacial.
- **Desarrollar o redefinir modelos operacionales que predigan los efectos del clima espacial en infraestructura fundamental:** para asegurar una apropiada y efectiva respuesta a los eventos del clima espacial, no es suficiente solo estimar la magnitud de dichos eventos. También es necesario predecir los efectos de estos eventos en la infraestructura y en otros sistemas en una base regional (Huracanes, su predicción es un ejemplo del clima terrestre de este objetivo). La efectiva predicción de los efectos del clima espacial requiere modelos fiables, precisos y rápidos que tomen en cuenta los efectos de ambos sistemas de infraestructura aislados e interdependientes. También existe una necesidad para definir y desarrollar amplios requisitos para modelos de impacto operacionales, identificar las deficiencias en las capacidades actuales de modelaje, y desarrollar nuevas y mejores herramientas.
- **Mejorar el impacto de las operaciones de predicción y comunicaciones:** Basados en la evolución y el modelado de elementos señalados anteriormente, una capacidad nacional para predecir efectos de eventos extremos del clima espacial antes de su inicio sería activar precauciones oportuna a operadores del sistema y a directores de emergencias. Esta capacidad debe estar siempre disponible con un rápido cálculo y mecanismos de difusión.
- **Conducir investigación sobre los efectos del clima espacial en las industrias, los entornos operativos, y sectores de infraestructura:** mejorando los modelos existentes y desarrollando nuevas capacidades de impacto en la predicción deben estar basadas en una mejor comprensión de los procesos físicos fundamentales de los efectos del clima espacial en sistemas de infraestructura crítica. Para ello es necesario identificar lagunas en la comprensión de los impactos en estos sistemas; desarrollando estrategias para hacer frente a estas deficiencias; identificando impactos relacionados a las interdependencias a través de la vulnerabilidad y las evaluaciones de los modos de falla a lo largo y entre los sectores; y apoyando la búsqueda y el conocimiento del costo para mitigar, responder y recuperarse de los eventos extremos del clima espacial.

5. Mejorar los servicios del clima espacial a través de una comprensión y predicción avanzada

Los servicios del clima espacial pueden mejorar la preparación nacional aportando oportunos, precisos y pertinentes productos de predicción. Identificando y manteniendo una referencia de medidas fundamentales desde las plataformas de observación es clave para aportar servicios operacionales que informen la preparación. Esta referencia también puede

servir como un punto desde el cual identificar deficiencias en la cobertura y medida, así como en las oportunidades de mejora. Los servicios pueden ser mejorados a través de investigación básica e investigación aplicada que se enfoca en las necesidades de una comunidad de usuarios cada vez más diversa. Para facilitar la transición de estas mejoras desde el dominio de la investigación a las operaciones, las agencias responsables deberán: (1) periódicamente revalidar los requisitos de usuario para mejorar los servicios del clima espacial; y (2) fortalecer y fomentar las asociaciones para acelerar el proceso de transición desde la investigación a las operaciones, con el objetivo de apoyar las decisiones de preparación claves. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos para conseguir estas metas:

- **Mejorar el conocimiento de las necesidades de los usuarios para la predicción del clima espacial para establecer el tiempo de elaboración y la precisión de las metas:** la transferencia efectiva del conocimiento del clima espacial requiere de una mejor comprensión de los efectos del clima espacial en la tecnología, y en los clientes de la industria y del gobierno, incluyendo los impactos económicos y políticos asociados a las infraestructuras nacionales críticas
- **Asegurar que los productos del clima espacial sean inteligibles y accionables para informar la toma de decisiones:** la decisión en información relevante debe ser comunicada en formas que los depositarios puedan totalmente entender y usar. Modelos y predicciones serán más útiles cuando permitan la toma de decisiones rápida con una suposición razonable de riesgo.
- **Establecer y mantener una capacidad de observación de referencia para las operaciones del clima espacial:** la Nación carece de una estrategia global de la observación operacional del clima espacial. Existen oportunidades para mejorar las capacidades nacionales de predicción que se basan en formas ad hoc de mezclas de satélites meteorológicos, satélites de investigación, y sistemas terrestres para aportar datos para los centros de predicción. Para asegurar la adecuada y sostenida observación en tiempo real para el análisis del clima espacial, predicción y servicios de apoyo de decisiones, una referencia, o una mínimamente adecuada, capacidad de observación operacional debe ser definida. La referencia de observación también debe especificar la óptima mezcla de observaciones terrestres y satelitales para permitir la continua y oportuna observación del clima espacial, y de sus productos y servicios de precaución y alerta. La recepción de datos asociados, transmitidos, procesados, asimilados y la infraestructura archivada requerida para utilizar las observaciones del clima espacial también debe ser incluida en la referencia.
- **Mejorar la oportuna y precisa predicción:** la sociedad se encuentra en un riesgo creciente frente a los eventos extremos del clima espacial. Con predicciones mejoradas, la nación puede aumentar las acciones de mitigación, respuesta y las acciones de recuperación para salvaguardar recursos y mantener la continuidad de operaciones durante una actividad de alto impacto del clima espacial.
- **Mejorar el conocimiento fundamental del clima espacial y sus impulsores para desarrollar y mejorar continuamente los modelos de predicción:** la predicción

del clima espacial depende de un conocimiento fundamental de los procesos del ambiente espacial que dan lugar a eventos peligrosos. Es particularmente importante entender los procesos que unen al sol con la Tierra. Un mejor conocimiento del clima espacial y un acceso a mejores datos ayudara a dirigir los avances necesarios para el modelado de capacidades y la validad para apoyar las necesidades de los usuarios.

- **Mejorar la efectividad y la puntualidad del proceso en el que se da la transición de la investigación a las operaciones:** aunque la nación ha invertido en el desarrollo de infraestructura de investigación y modelos de predicción para satisfacer las demandas de una creciente comunidad de usuarios del clima espacial, las capacidades existentes de modelaje todavía no llegan a proporcionar lo que se necesita para satisfacer estas demandas. Hasta que modelos de investigación dirigidos a las necesidades operacionales sean desarrollados y finalmente incorporados en las operaciones de predicción, la nación no alcanzara plenamente los beneficios de sus inversiones en investigación.

6. Incrementar la cooperación internacional

En un mundo cada vez más dependiente e interconectado e infraestructura interdependiente, cualquier interrupción a sus tecnologías críticas podría tener consecuencias regionales e incluso internacionales. Por lo tanto, el clima espacial debe ser observado como un desafío global que requiere una respuesta global coordinada.

Muchos países son cada vez más conscientes de la necesidad de monitorear y manejar los riesgos del clima espacial. Los Estados Unidos y otras naciones están compartiendo las observaciones e investigaciones, propagando servicios y productos, y colaborando con predicciones en tiempo real para mitigar los impactos en las tecnologías e infraestructuras críticas. Países alrededor del mundo deben trabajar juntos para fomentar una colaboración global, tomando ventaja de mutuos intereses y capacidades para mejorar la conciencia situacional, las predicciones, y la preparación para casos extremos del clima espacial. Los siguientes objetivos deben ser perseguidos para incrementar la cooperación internacional:

- **Construir apoyo internacional y políticas para reconocer al clima espacial como un desafío global:** un prerrequisito para mejorar la cooperación internacional es un apoyo de alto nivel a través de países asociados para aumentar la conciencia del clima espacial como un desafío global.
- **Incrementar el compromiso con la comunidad internacional en la infraestructura de observación, datos compartidos, modelaje numérico e investigación científica:** el gobierno Federal debe explorar oportunidades para trabajar con la comunidad internacional para mejorar las herramientas de investigación, observación, modelos y de predicción que responden a las necesidades de la comunidad científica global y los proveedores y usuarios de servicios de información del clima espacial.

- **Fortalecer la coordinación y cooperación internacional en productos y servicios del clima espacial:** Aportando productos y servicios de alta calidad al clima espacial a nivel mundial requiere de un consenso y cooperación internacional. Hacia este fin, los Estados Unidos deben buscar acuerdos internacionales en terminología común, medidas y escalas de magnitud; promover y coordinar el intercambio y la difusión de las observaciones del clima espacial, modelos de producción, y predicciones; y establecer procedimientos de coordinación a través de centros de operaciones del clima espacial durante los eventos.
- **Promover un acercamiento de colaboración internacional de preparación para los eventos extremos del clima espacial:** los sistemas mundiales interconectados e interdependentientes son vulnerables a los eventos extremos del clima espacial; esta vulnerabilidad puede posiblemente conducir a una cascada de impacto a través de fronteras y sectores. Para mitigar estos riesgos, los Estados Unidos deben trabajar con la comunidad internacional para facilitar el intercambio de información y de mejores prácticas para fortalecer la capacidad de preparación global para eventos extremos del clima espacial. Los Estados Unidos deben también perseguir el desarrollo de disposiciones de ayuda mutua globales para facilitar los esfuerzos de respuesta y recuperación, y debe coordinar las actividades internacionales de asociación para apoyar a la preparación y los ejercicios de respuesta para el clima espacial.

Conclusión

Los eventos del clima espacial plantean un significativo y complejo riesgo a la infraestructura nacional y tienen el potencial de causar un daño sustancial económico y humano. Esta estrategia es el primer paso en el tratamiento de innumerables retos presentados para manejar y mitigar los riesgos planteados por eventos del clima espacial tanto ordinarios como extremos. Las seis metas de alto nivel y los objetivos asociados definidos en esta Estrategia apoyan un acercamiento federal coordinado y de colaboración para desarrollar políticas efectivas, prácticas y procedimientos para reducir las vulnerabilidades de la nación asociadas con el clima espacial. Incluyendo metas y mejoras en la predicción, la investigación, la preparación, la planeación y el compromiso nacional e internacional, esta Estrategia ayudara a asegurar la resistencia de la Nación a los efectos de eventos extremos del clima espacial.

Apéndice: antecedentes de los fenómenos solares que impulsan el clima espacial

El clima espacial es principalmente impulsado por fenómenos de tormentas solares que incluyen eyecciones de masa coronal (por sus siglas en inglés CMEs), erupciones solares, eventos de partículas solares, y el viento solar. Estos fenómenos pueden ocurrir en diferentes regiones de la superficie solar, pero solo las tormentas solares dirigidas a la Tierra son las potenciales impulsoras de eventos del clima espacial en la Tierra. Una comprensión del fenómeno de las tormentas solares es un componente importante para desarrollar predicciones precisas del clima espacial (inicio del evento, lugar, duración y magnitud).

Las eyecciones de masa coronal (CMEs) son explosiones de plasma (partículas cargadas) de la corona del sol. Generalmente toman entre 2 y 3 días para llegar a la Tierra, pero en los casos más extremos han sido vistas llegando en apenas 15 horas. Cuando las CMEs chocan con el campo magnético de la Tierra, pueden causar eventos del clima espacial llamados tormentas geomagnéticas, las cuales incluyen el aumento en el despliegue de auroras. Las tormentas geomagnéticas de diversas magnitudes pueden causar impactos significativos de corto y largo plazo en la infraestructura nacional crítica, incluyendo la red de energía eléctrica, sistemas de aviación, aplicaciones de sistema de posicionamiento global (por sus siglas en inglés GPS), y satélites.

Una erupción solar es una breve erupción de intensa radiación de alta energía electromagnética de la superficie del sol, típicamente asociada con manchas solares. Las erupciones solares pueden afectar la atmósfera superficial terrestre causando potencialmente interrupciones, degradaciones, o apagones de las comunicaciones satelitales, radares y radio comunicaciones de alta frecuencia. La radiación electromagnética de las erupciones toma aproximadamente ocho minutos en alcanzar la Tierra, y los efectos suelen durar de una a tres horas en el lado diurno de la Tierra.

Los eventos de partículas solares son ráfagas de electrones energéticos, protones, partículas alfa, y otras partículas más pesadas en el espacio interplanetario. Después de un evento en el sol, las partículas más rápidas pueden alcanzar la Tierra en decenas de minutos y aumentar temporalmente el nivel de radiación en el espacio interplanetario cercano y la Tierra. Cuando los protones energéticos chocan con satélites o humanos en el espacio, pueden penetrar profundamente en el objeto con el que chocan y causar daño a los circuitos electrónicos o al ADN biológico. Los eventos de partículas también pueden plantear un

riesgo a los pasajeros y a la tripulación en naves a altas latitudes cerca de los polos geomagnéticos y pueden hacer las radio comunicaciones difíciles o casi imposibles.

El viento solar, que consiste en plasma, continuamente fluye desde el sol. Diferentes regiones del sol producen vientos de diferentes velocidades y densidades. La velocidad del viento solar y su densidad juega un rol importante en el clima espacial. Los vientos de alta velocidad suelen producir alteraciones geomagnéticas, los vientos de baja velocidad pueden traer un clima espacial tranquilo. Los efectos del clima espacial en la Tierra son altamente dependientes de la velocidad del viento solar, de su densidad, y de la dirección de su campo magnético. Cuando vientos solares de alta velocidad superan vientos de baja velocidad o cuando el campo magnético del viento solar cambia su polaridad, puede resultar en una alteración geomagnética.

Referencias

Blanchard, B. Wayne. "Guide to Emergency Management and Related Terms, Definitions, Concepts, Acronyms, Organizations, Programs, Guidance, Executive Orders & Legislation: A Tutorial on Emergency Management, Broadly Defined, Past and Present." Octubre 22, 2008.

Department of Homeland Security (DHS). The Strategic National Risk Assessment in Support of PPD 8: A Comprehensive Risk-Based Approach toward a Secure and Resilient Nation. Diciembre 2011.

Agencia Federal de manejo de emergencias (por sus siglas en inglés FEMA). "National Planning Frameworks." www.fema.gov/national-planning-frameworks.

———. "A Whole Community Approach to Emergency Management: Principles, Themes, and Pathways for Action." FDOC 104-008-1. Diciembre 2011, www.fema.gov/media-librarydata/20130726-1813-25045-0649/whole_community_dec2011__2_.pdf.

Comision Federal reguladora de energía (por sus siglas en inglés FERC). "Reliability Standards for Geomagnetic Disturbances." Orden No. 779, 143 FERC ¶ 61,147. Mayo 23, 2013.

———. "Reliability Standard for Geomagnetic Disturbance Operations." Orden No. 797, 147 FERC ¶ 61,209. Junio 25, 2014. ———.

"Reliability Standard for Transmission System Planned Performance for Geomagnetic Disturbance Events." 151 FERC ¶ 61,134 Mayo 14, 2015.

Consejo Nacional de Investigación. Severe Space Weather Events—Understanding Societal and Economic Impacts, A Workshop Report. Committee on the Societal and Economic Impacts of Severe Space Weather Events: A Workshop. 2008. ———.

Solar and Space Physics: A Science for a Technological Society. 2013–2022 Decadal Survey in Solar and Space Physics. 2013.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. National Strategy for Civil Earth Observations. April 2013.

Política Nacional Espacial de los Estados Unidos de América National Space. Junio 28, 2010. National Space Weather Program Council.

Programa Nacional del Clima Espacial: Strategic Plan. FCM-P30- 2010, 2010.

Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research. Report of the Assessment Committee for the National Space Weather Program. FCM-R24-2006, Junio 2006. Presidential Policy Directive/PPD-8. “National Preparedness.” March 30, 2011.

Presidential Policy Directive/PPD-21. “Critical Infrastructure Security and Resilience.” February 12, 2013.

Public Law 111-267. The National Aeronautics and Space Administration Authorization Act of 2010. October 11, 2010.

Schrijver, Carolus J., Kirsti Kauristie, Alan D. Aylward, Clezio M. Denardini, Sarah E. Gibson, Alexi Glover, Nat Gopalswamy, Manuel Grande, Mike Hapgood, Daniel Heynderickx, Norbert Jakowski, Vladimir V. Kalegaev, Giovanni Lapenta, Jon A. Linker, Siqing Liu, Cristina H. Mandrini, Ian R. Mann, Tsutomu Nagatsuma, Dibyendu Nandi, Takahiro Obara, T. Paul O'Brien, Terrance Onsager, Hermann J. Opgenoorth, Michael Terkildsen, Cesar E. Valladares, and Nicole Vilmer. “Understanding Space Weather to Shield Society: A Global Road Map for 2015–2025 Commissioned by COSPAR and ILWS” *Advances in Space Research* 55 (2015): 2745–2807. 14

U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability Infrastructure Security and Energy Restoration. Insurance as a Risk Management Instrument for Energy Infrastructure Security and Resilience. 2013