

WHAT **WE** KNOW:

THE REALITY, RISKS AND RESPONSE
TO CLIMATE CHANGE



The AAAS Climate Science Panel



El Panel de Ciencia Climática de la AAAS

Mario Molina (Presidente)

Universidad de California, San Diego e Instituto Scripps de Oceanografía

James McCarthy (Co-presidente)

Universidad de Harvard

Diana Wall (Co-presidente)

Universidad Estatal de Colorado

Richard Alley

Universidad Estatal de Pennsylvania

Kim Cobb

Instituto Tecnológico de Georgia

Julia Cole

Universidad de Arizona

Sarah Das

Institución Oceanográfica de Woods Hole

Noah Diffenbaugh

Universidad de Stanford

Kerry Emanuel

Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)

Howard Frumkin

Universidad de Washington

Katharine Hayhoe

Universidad Tecnológica de Texas

Camille Parmesan

Universidad de Texas, Austin y Universidad de Plymouth, UK

Marshall Shepherd

Universidad de Georgia

La abrumadora evidencia sobre el cambio climático de origen antropogénico documenta tanto los significativos costos debido a los impactos actuales como los extraordinarios riesgos a futuro para la sociedad y los sistemas naturales. La comunidad científica ha convocado conferencias, publicado informes, manifestado en los foros y proclamado, a través de declaraciones de prácticamente todas las academias científicas nacionales e importantes organizaciones científicas - incluyendo la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) - que el cambio climático pone en situación de riesgo el bienestar de las personas de todas las naciones.

Las encuestas muestran que muchos estadounidenses piensan que el cambio climático sigue siendo un tema en donde no hay consenso científico.ⁱ Por lo tanto, es importante y cada vez más urgente que el público sepa que existe un alto grado de acuerdo entre los científicos del clima de que el cambio climático causado por la humanidad es real. Asimismo, mientras que la sociedad está tomando conciencia de que el cambio climático aumenta la ocurrencia de ciertos desastres locales, muchas personas todavía no entienden que hay una pequeña probabilidad, pero real, de que se presenten cambios abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles con impactos muy perjudiciales para las personas en los Estados Unidos y en todo el mundo.

El propósito de este artículo no es explicar por qué se ha producido esta desconexión entre el conocimiento científico y la percepción pública. Tampoco estamos tratando de ofrecer otra extensa revisión de la evidencia científica sobre el cambio climático. En su lugar, se presentan mensajes clave para todos los estadounidenses sobre el cambio climático:

1. Los científicos del clima están de acuerdo: el cambio climático está ocurriendo aquí y ahora. Basado en evidencia bien establecida, alrededor del 97% de los científicos del clima han llegado a la conclusión de que el cambio climático causado por la humanidad está sucediendo. Dicho acuerdo no está documentado solamente por un estudio, sino por amplia evidencia de las dos últimas décadas a partir de encuestas de científicos, análisis de contenidos de estudios revisados por pares, y las declaraciones públicas emitidas por prácticamente todas las organizaciones de expertos de este campo. La temperatura media del planeta se ha incrementado aproximadamente 0.8°C en los últimos 100 años. El nivel del mar está aumentando, y algunos tipos de eventos extremos - como son las olas de calor y fuertes precipitaciones - están ocurriendo con mayor frecuencia. Recientes descubrimientos científicos indican que el cambio climático es probablemente el responsable del aumento en la intensidad de muchos de estos eventos en los últimos años.

2. Estamos en riesgo de llevar a nuestro sistema climático hacia cambios abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles con impactos muy dañinos. El clima de la Tierra está en vías de calentarse más allá del rango de lo que se ha experimentado en los últimos millones de años.ⁱⁱ El rango de incertidumbre sobre el calentamiento a lo largo de la trayectoria actual de emisiones es lo suficientemente amplia para abarcar consecuencias muy perjudiciales para las sociedades y los ecosistemas: al aumentar la temperatura global, existe un riesgo real, por pequeño que sea, de que uno o más variables críticas del sistema climático de la Tierra experimentarán cambios abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles. De manera preocupante, los científicos no saben qué grado de calentamiento se requiere para detonar tales cambios en el sistema climático.

3. Cuanto antes actuemos, menor será el riesgo y el costo. Y hay mucho que podemos hacer. Seguir esperando para actuar, aumentará inevitablemente los costos y los riesgos, y obstaculizará las opciones para abordar el riesgo. El CO₂ (dióxido de carbono) que producimos se acumula en la atmósfera de la Tierra durante décadas, siglos, y mucho más. No es como la contaminación por *smog* o desechos en nuestros lagos y ríos, donde sus niveles responden rápidamente a los efectos de las políticas orientadas a resolverlos. Los efectos de las emisiones de CO₂ no se pueden revertir de una generación a la siguiente hasta que no haya un proceso costo-efectivo de gran escala, para capturar el dióxido de carbono de la atmósfera. Además, al continuar las emisiones y al incrementarse el calentamiento, aumenta el riesgo.

Al tomar decisiones informadas ahora, podemos reducir los riesgos para las futuras generaciones y para nosotros mismos, además de ayudar a comunidades a adaptarse al cambio climático. Las personas han respondido satisfactoriamente a otros retos ambientales más grandes, como la lluvia ácida y el agujero en la capa de ozono, con beneficios superiores a los costos. Los científicos trabajando con economistas creen que hay maneras de manejar los riesgos del cambio climático al mismo tiempo que equilibrar la prosperidad económica actual y futura.

Como científicos, no es nuestro papel decirle a la gente lo que debe hacer o debe creer acerca de la creciente amenaza del cambio climático. Pero nosotros consideramos que es nuestra responsabilidad como profesionales, garantizar, en la medida de nuestras posibilidades, que la gente entienda lo que sabemos: el cambio climático causado por la humanidad está sucediendo, nos enfrentamos a riesgos de cambios abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles, y actuar ahora reducirá el riesgo y el costo de las medidas que se requieren adoptar.

I. REALIDAD CLIMÁTICA

A. Los científicos del clima están de acuerdo: los seres humanos están impulsando el cambio climático

Muchos estadounidenses creen que los científicos no están de acuerdo. Con base en evidencia contundente, aproximadamente el 97% de los científicos del clima han llegado a la conclusión de que los humanos están cambiando el clima.

En 2013, sólo el 42% de los adultos estadounidenses entendían que "la mayoría de los científicos creían que el calentamiento global era un hecho" y el 33% dijo que, "... hay gran desacuerdo entre los científicos sobre si el calentamiento global es un hecho." Veinte por ciento dijo que "no saben lo suficiente como para opinar."^{iv}

Incluso los estadounidenses que han reconocido que se está produciendo el cambio climático, saben que hay limitantes en su capacidad de hacer este juicio, basado en sus propias experiencias. Podría parecer como si llueve más o menos a menudo, que hace más calor que de costumbre, o que hay más tormentas de las que alguna vez hubo. Pero, ¿es cambio climático, o son variaciones naturales? ¿Puede un invierno particularmente frío o con mucha nieve, como el que experimentó el Este de Estados Unidos en 2013 y 14, o las variaciones en la tasa de cambio en la temperatura global de la superficie, poner al llamado calentamiento global en tela de juicio? Si el clima está cambiando, ¿son las actividades humanas o los factores naturales los responsables?

Los estadounidenses buscan a los expertos para guiarse. Si la gente cree que los expertos tienen dudas acerca de si el calentamiento global es un hecho, no es de extrañar que van a tener menos confianza en sus propias creencias.

El desacuerdo entre expertos que se percibe tiene otras consecuencias para el pueblo estadounidense. Investigaciones muestran que los estadounidenses que piensan que los expertos científicos no están de acuerdo sobre el cambio climático causado por la humanidad son menos propensos a creer que podría tener graves consecuencias. No valorar el consenso científico reduce el apoyo para lograr una amplia respuesta de la sociedad a los retos y riesgos que presenta el cambio climático.^v

Así que seamos claros: con base en la evidencia bien establecida, alrededor del 97% de los científicos del clima concluye que los seres humanos están cambiando el clima.

Este acuerdo generalizado está documentado no sólo por un único estudio sino por amplia evidencia de encuestas de científicos de las dos últimas décadas,^{iii,iv} por análisis de contenido de la literatura revisada por pares^{v,vi} y por declaraciones públicas emitidas por prácticamente cada organización científica de expertos en este tema.^{vii} La evidencia es abrumadora: los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera están aumentando. Las temperaturas están subiendo. La primavera está llegando antes. Las capas de hielo se están derritiendo. El nivel del mar está incrementando. Los patrones de las precipitaciones y sequía están cambiando. Las olas de calor son cada vez peores al igual que la precipitación extrema. Los océanos se están acidificando.

La ciencia que vincula las actividades humanas con el cambio climático es análoga a la ciencia que vincula el tabaquismo con las enfermedades pulmonares y cardiovasculares. Los médicos, científicos cardiovasculares, expertos en salud pública y otros, todos están de acuerdo en que fumar causa cáncer. Y este consenso en la comunidad médica ha convencido a la mayoría de los estadounidenses de que los riesgos para la salud de fumar son reales. Un consenso similar existe ahora entre los científicos del clima, un consenso que sostiene que el cambio climático está ocurriendo, y la actividad humana es la causa. La Academia Nacional de Ciencias, por ejemplo, dice que "el sistema terrestre se está calentando y que es muy probable que gran parte de este calentamiento se deba a las actividades humanas."^{viii}

B. El cambio climático está ocurriendo ahora. Y se va a poner peor.

El cambio climático ya está ocurriendo. Más olas de calor, un mayor incremento en el nivel del mar y otros cambios con consecuencias para la salud humana, para los ecosistemas naturales y para la agricultura ya están ocurriendo en los Estados Unidos y en todo el mundo. Es probable que dichos problemas empeoren en los próximos 10 a 20 años y en los años subsiguientes.

Sin importar en qué lugar vivan, los estadounidenses están experimentando los efectos del cambio climático. Por supuesto, siempre han ocurrido fenómenos meteorológicos extremos de intensidad variada. Álbumes de fotos familiares, el legado de comunidades y los libros de historia narran las grandes tormentas, sequías e inundaciones que las comunidades han sufrido. Ante este contexto de variación natural, sin embargo, algo diferente está sucediendo. Gases de efecto invernadero procedentes de fuentes artificiales, como las chimeneas y tubos de escape han alterado nuestro sistema climático. Gases de efecto invernadero han sobrealimentado el clima al igual que los esteroides sobrealimentaron el número de cuadrangulares en las Grandes Ligas.

En el transcurso de una temporada de béisbol durante la era de los esteroides, fuimos testigos de más cuadrangulares y de bateo de mayor distancia, a pesar de que

no podemos atribuir ninguno de éstos en específico a los esteroides. Del mismo modo, a pesar de que no podemos atribuir ningún fenómeno meteorológico en particular al cambio climático, algunos tipos de fenómenos extremos, como las olas de calor son ahora más frecuentes.

El clima extremo no es sólo un concepto abstracto. Es una realidad que afecta a personas de todo el país. En 2013, dos de cada tres estadounidenses dijeron que el clima en los EE.UU. había sido peor en los últimos años, un aumento de 12 puntos porcentuales desde la primavera de 2012. Muchos (51%) dijeron que el clima en su región había sido peor en los últimos años. No es de extrañar, entonces, que la brecha entre lo que conocemos los científicos (que los impactos del calentamiento global están aquí y ahora) y lo que los estadounidenses perciben, se está reduciendo: cerca de seis de cada 10 estadounidenses ya comenta: "el calentamiento global está afectando el clima en los EE.UU."^{ix}

Lo central de la ciencia del calentamiento global

Después de haber permanecido relativamente estable en alrededor de 280 partes por millón (ppm) durante milenios, el dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera comenzó a elevarse en el siglo XIX conforme las personas comenzaron a quemar combustibles fósiles en cantidades cada vez mayores.

Esta tendencia a la alza continúa hoy en día con las concentraciones que rompieron la marca de las 400 ppm apenas el año pasado. La tasa de aumento en los últimos 100 a 150 años ha sido mucho más rápida que en otros períodos de la historia de la Tierra. El efecto del CO₂ y de otros gases que atrapan el calor con relación al calentamiento está bien establecido y se puede demostrar con experimentos de ciencia sencillos y observaciones satelitales. Sin el efecto "invernadero" natural de los gases en nuestra atmósfera, la Tierra sería un planeta congelado.

Además de gases de efecto invernadero, hay muchas otras fuerzas que pueden causar cambios en el clima de la Tierra - incluyendo la creación y destrucción de la corteza terrestre, el camino del planeta alrededor del sol (y su inclinación), la variación en la potencia de la energía solar, erupciones volcánicas, cambio en las corrientes oceánicas y los cambios naturales en la cantidad de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Estos factores han llevado al planeta a través épocas de calor abrasador y por épocas de capas de hielo de una milla de espesor. Pero décadas de gases de efecto invernadero generadas por los humanos son ahora la principal fuerza impulsora de la dirección del cambio climático, actualmente abrumando los efectos de esos otros factores. Muchos estudios muestran que los efectos combinados de las variables naturales del clima no pueden explicar el aumento de la temperatura observada en el último medio siglo.

Desde finales del siglo XIX, la temperatura promedio global de la Tierra ha aumentado aproximadamente 0.8°C. Si bien esto puede parecer un cambio pequeño, la temperatura de la Tierra ha permanecido casi tan estable como la del cuerpo humano en el curso de la civilización occidental. Al igual que una fiebre de 0.8°C sería considerada como significativa en el cuerpo de un niño, un cambio similar en la temperatura de la Tierra es también una preocupación para la sociedad.

La diferencia fue de aproximadamente ~ 5°C entre la actualidad y la última Edad de Hielo, cuando la mitad de América del Norte estaba cubierta por una capa de hielo de una milla de espesor. Sin embargo, mientras que el calentamiento ocurrió durante miles de años, la superficie de nuestros días ya se ha calentado 0.8°C en poco más de 100 años. La tasa prevista de cambio de temperatura para este siglo es mayor que la de cualquier período de calentamiento global extendido durante los últimos 65 millones de años. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) afirma que de continuar la

tendencia actual de incremento de CO₂ atmosférico, esto podría causar otros 2 a 4°C de calentamiento antes del año 2100.^x

He aquí un breve resumen de algunos de los impactos del cambio climático que ya están ocurriendo y que se incrementarán en los próximos años:

Hielo marino

El hielo del Ártico se ha reducido drásticamente, y la tasa de pérdida va en aumento.^{xi} En septiembre de 2012, el hielo marino del ártico de verano cayó a un nuevo mínimo histórico, a la mitad de la media histórica – se descongeló una zona de casi el doble del tamaño de Alaska.^{xii}

Capas de hielo y glaciares

El deshielo de las capas de hielo en Groenlandia y la Antártida también se ha acelerado notablemente.^{xiii} Los glaciares continúan derritiéndose con rapidez, lo que contribuye a la elevación del nivel del mar y también afecta los suministros de agua hasta para mil millones de personas en todo el mundo.^{xiv}

Acidificación de los océanos

Los océanos están absorbiendo gran parte del CO₂ que emiten a la atmósfera las chimeneas industriales y tubos de escape. Como resultado, los océanos se están acidificando, con los primeros impactos en los moluscos, como las ostras que ya están documentados. La velocidad actual de acidificación es probablemente la más rápida en los últimos 300 millones años.^{xv}

Impactos ecológicos

A medida en que el planeta se ha calentado, muchas de las plantas y los animales del planeta, tanto en tierra como en los océanos, han comenzado a moverse hacia los polos. Mientras sea posible, algunas especies terrestres están escalando montañas, y las especies marinas se están trasladando a mayores profundidades y latitudes más altas. Estos cambios están ocurriendo en todos los continentes y en océanos.^{xvi,xvii,xviii} En algunos lugares los comportamientos estacionales tienen lugar dos o tres semanas antes de lo que lo hacían hace apenas unas décadas.^{xix} Los organismos que no puedan adaptarse a las nuevas condiciones climáticas -porque no pueden moverse lo suficientemente rápido o quedarse sin espacio- estarán peor.

La extinción de especies probablemente aumentará, ya que el cambio climático se combina con otras presiones ambientales relacionadas con las actividades humanas. Asimismo, los impactos del cambio climático en los procesos de los ecosistemas, tales como la descomposición, la producción vegetal y el ciclo de nutrientes –los cuales determinan la cantidad de combustible CO₂ derivado de combustibles fósiles que continuarán absorbiendo la tierra y los océanos en las próximas décadas- siguen siendo en gran medida desconocidos.

Aumento del nivel del mar

El aumento del nivel del mar también se ha acelerado, provocando mayores marejadas ciclónicas y atrayendo agua salada hacia acuíferos, de los cuales las comunidades costeras dependen para el suministro de agua dulce, además de aumentar la extensión de las inundaciones costeras. Durante las dos últimas décadas, los niveles del mar han aumentado a una velocidad casi el doble de rápido que el promedio durante el siglo XX.^{xx} En el sur de la Florida, donde el aumento del nivel del mar está contribuyendo a la infiltración de agua salada en los pozos costeros.^{xxi}

Inundaciones, olas de calor y sequía

El calentamiento global ha cambiado el patrón de precipitación en todo el mundo.^{xxii} Las inundaciones en la mitad de la región nor-oriental, las grandes llanuras (*Great Plains*) y en gran parte del medio-oeste de EE.UU. ha ido en aumento, especialmente en las últimas décadas. Estas tendencias de inundaciones regionales están vinculadas al aumento de las precipitaciones extremas y son consistentes con las tendencias mundiales generadas por el cambio climático.^{xxiii} Al mismo tiempo, el suroeste de EE.UU. está siendo testigo de más sequías, y éstas también son consistentes con los patrones proyectados por los modelos climáticos como consecuencia del aumento de los niveles de CO₂.^{xxiv}

Desde 1950, las olas de calor en todo el mundo se han vuelto más prolongadas y más frecuentes.^{xxv} Un estudio indica que la probabilidad de experimentar temperaturas de verano extremadamente cálidas en el hemisferio norte se ha incrementado 50 veces^{xxvi} y en esas tendencias la huella del calentamiento global ha sido plenamente identificada.^{xxvii} En los EE.UU., los nuevos registros de altas temperaturas superan regularmente nuevos mínimos históricos con una proporción de 2:1^{xxviii}

Incendios forestales

El cambio climático ha amplificado la amenaza de los incendios forestales en muchos lugares. En el oeste de los EE.UU., tanto el área quemada como la duración de la temporada de incendios se han incrementado considerablemente en las últimas décadas. El deshielo temprano y las altas temperaturas de primavera y verano contribuyen a este cambio.^{xxix} El cambio climático ha aumentado la amenaza de "mega-incendios" - incendios que queman proporcionalmente áreas mayores. El calentamiento también ha dado lugar a incendios forestales presentes en algunas regiones donde habían estado ausentes en la historia reciente.^{xxxi}

Efectos sobre la salud y el bienestar

Las perturbaciones climáticas ya están afectando a la salud y al bienestar humano de muchas maneras, y se espera que las amenazas para la salud se intensifiquen.^{xxxii} Algunos de los impactos bien-entendidos incluyen los efectos directos del calor y los efectos de otras condiciones climáticas, como las sequías, inundaciones y tormentas severas. Las olas de calor causan muertes y enfermedades entre los habitantes de las ciudades, los ancianos, los pobres y otros grupos especialmente vulnerables.^{xxxiii} Mientras que las muertes y las enfermedades relacionadas con el calor han disminuido en las últimas décadas, gracias a una mejor previsión, los sistemas de alerta temprana, y/o el aumento de aire acondicionado, se espera que factores como el envejecimiento de la población se espera que aumenten la vulnerabilidad.^{xxxiv} Las tormentas e inundaciones pueden dañar y matar a las víctimas en el corto plazo, mientras que las consecuencias persistentes pueden ir desde el crecimiento de moho en edificios inundados (que agravan el asma) a la contaminación de los suministros de agua potable o el estrés postraumático y otros trastornos de la salud mental.^{xxxv,xxxvi} Algunos contaminantes del aire aumentan con el cambio climático, con el potencial de agravar las enfermedades cardíacas y respiratorias. Algunos productos vegetales como el polen de ambrosía alcanzan concentraciones más altas para periodos más largos cada año, afectando a las personas con alergias.^{xxxvii,xxxviii, xxxix, xl}

Los científicos han estudiado ampliamente el impacto del cambio climático en el riesgo de enfermedades infecciosas.^{xli} El cambio climático afecta el ciclo de vida y la distribución de vectores portadores de enfermedades -los mosquitos, las garrapatas y los roedores -que transmiten enfermedades como el virus del Nilo occidental, la encefalitis

equina, la enfermedad de *Lyme*, la fiebre de las Montañas Rocosas y el Hantavirus.^{xlii} Existe incertidumbre acerca de cómo el cambio climático afectará el riesgo de enfermedades infecciosas, ya que son muchos y distintos factores de clima que afectan a la propagación de la enfermedad. El papel del cambio climático en los rangos de las enfermedades transmitidas por vectores en los EE.UU., como la enfermedad de *Lyme*, el virus del Nilo Occidental y el dengue es un área activa de investigación.^{xliii}

Cambio climático y seguridad nacional

Informes recientes de los estudios del Departamento de Defensa de EE.UU. (DOD, por sus siglas en inglés) y de la Academia Nacional de Ciencias han llamado la atención sobre las implicaciones del cambio climático actual y probables en el futuro para la seguridad nacional de EE.UU.^{xliiv} Identifican preocupaciones costeras obvias, como son la elevación del nivel del mar, y otras vinculados a tormentas, la disponibilidad de agua dulce, y la productividad agrícola en todo el mundo. Por ejemplo: "El cambio climático podría tener impactos geopolíticos significativos en todo el mundo, contribuyendo a la pobreza, la degradación ambiental y un mayor debilitamiento de gobiernos frágiles. El cambio climático contribuirá a la escasez de alimentos y de agua, aumentará la propagación de enfermedades, y puede estimular o exacerbar la migración masiva."^{xlv} "En el contexto de otras dinámicas globales que dan lugar a la inestabilidad política y las tensiones sociales, los cambios en el clima son considerados como multiplicadores de amenazas potenciales o aceleradores de inestabilidad de acuerdo con el Consejo Militar Asesor del Centro de Análisis Naval (CNA) -un panel de los líderes militares retirados de más alto nivel de EE.UU.^{xlvi} Adicionalmente, los activos nacionales de seguridad son a menudo los primeros que responden a las necesidades humanitarias a nivel global asociadas a desastres naturales como tifones, huracanes, e inundaciones.

El cambio climático puede influir en la competencia por recursos y en colocar nuevas cargas a las economías, las sociedades y las instituciones de gobierno. Los informes llaman la atención sobre el hecho de que estas cargas pueden desencadenar violencia. Hay un creciente reconocimiento de que el desplazamiento de un gran número de personas debido a la escasez de agua y el la decaída agrícola, como en la historia reciente de Siria, puede exacerbar las tensiones que pueden conducir a disturbios civiles. Oficiales de alto rango y funcionarios del Departamento de Defensa de EE.UU. ahora hablan públicamente con regularidad sobre cómo un aumento sin cesar en las emisiones de gases de efecto invernadero podría añadir una carga adicional a la capacidad de la infraestructura y la misión de sus fuerzas militares.^{xlvii}

II. RIESGOS CLIMÁTICOS

Dada la importancia de lo que está en juego, es valioso entender que el riesgo no sólo incluye lo que es más probable que ocurra, sino lo que posiblemente le podría suceder a nuestro clima. Existe la posibilidad de que las temperaturas se eleven mucho más y de que los impactos sean mucho peores de lo esperado. Además, al aumentar la temperatura global, también incrementa el riesgo de que una o más partes importantes del sistema climático de la Tierra experimenten cambios que pueden ser abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles, causando grandes daños y elevados costos.^{xlviii}

Tratamos con el riesgo todos los días, muchas veces sin pensar en ello. Nos abrochamos nuestros cinturones de seguridad, aseguramos a nuestros niños en los asientos de coche y compramos un seguro para afrontar una gran cantidad de posibilidades graves aunque poco probables, como la pérdida de nuestras casas o pertenencias por robo, incendio o inundación. No creemos que estas cosas vayan a suceder, pero no podemos estar seguros de que no lo harán. La incertidumbre significa riesgo. Gran parte de nuestra gestión de riesgos del día a día podría disminuir el peligro de enfrentar las consecuencias directamente. Por ejemplo, compramos vehículos con los últimos dispositivos de seguridad y los usamos. Pero otra forma de manejar los riesgos es distribuyéndolos, al igual que con los seguros. Esto ayuda a la recuperación si sucede lo impensable.

Cuando tomamos la visión a largo plazo sobre el cambio climático, nos enfrentamos a las mismas incertidumbres y riesgos. Las proyecciones climáticas para el año 2100 (en que muchos niños nacidos este año todavía estarán vivos) dan un rango de temperaturas admisibles. No estamos seguros de si vamos a experimentar el límite superior o inferior del rango, pero los riesgos de malos resultados aumentan en gran medida en el extremo superior de los escenarios de calentamiento. Por analogía, estamos actuando como personas que toman riesgos con su salud (por ejemplo, con comportamientos como fumar, mala elección de alimentos), pero con la esperanza de vivir una vida larga y libre de enfermedades graves.

Para tomar decisiones sobre la gestión de un riesgo, consideramos la probabilidad de que un evento en particular va a suceder, las consecuencias de si lo hiciera, y el costo de acciones efectivas para prevenirlo. Estos son los mismos pasos que intervienen en la toma de decisiones sobre el cambio climático. El proceso comienza con una comprensión de los riesgos. ¿Cuál es la probabilidad de que se produzcan cambios climáticos extremos?, y si lo hacen, ¿qué consecuencias tendremos que enfrentar? ¿Cuánto va a costar evitar estos riesgos?

A. Escenarios de alto riesgo: proyecciones en el límite superior del rango estimado

Donde hay un margen de incertidumbre, las proyecciones en el límite superior del rango estimado representa el riesgo de cola (*tail risk*), un concepto común en el mundo de las finanzas. Como la mayoría de la gente entiende, ninguna inversión es algo seguro. Hay un amplio rango de posibilidades de cómo saldrá esa inversión. Podríamos perder todo lo invertido o ganar mucho más de lo que se invirtió, pero el resultado más probable es el que se encuentra más cerca de la mitad de estos extremos. Aunque la probabilidad de un mal resultado -o el riesgo de cola- sea pequeño, no puede ser ignorado. Es por eso que a menudo los asesores recomiendan no invertir más de lo que podemos permitirnos perder.

Con nuestra salud y bienestar en juego, es de sentido común considerar los riesgos de cola del cambio climático como parte de los planes futuros. Consideremos el ejemplo de una comunidad costera en Florida. Hay tres futuros a considerar. Incluso bajo el escenario más optimista (reducción de gases de efecto invernadero muy agresiva y deshielo mínimo), se prevé un aumento en el nivel del mar de aproximadamente 30 cm en este siglo.^{xlix} La proyección media para la trayectoria actual es de aproximadamente 61 cm, esta es una posibilidad bastante probable. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático estima que la probabilidad de un aumento del nivel del mar de 60 a 90 cm. es de más del 60%.^l Pero la proyección de riesgo de cola prevista por la Evaluación Nacional del Clima de EE.UU. ve a la comunidad haciéndole frente a un aumento al nivel del mar de más de dos metros.^{li}

A continuación se presentan algunas de las proyecciones más extremas y los riesgos de cola en los que incurrimos en el patrón actual de emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero. La mayoría de estas proyecciones se derivan de simulaciones por computadora de la Tierra y su sistema climático. Estos modelos aplican la mejor comprensión que puede ofrecer la ciencia sobre cómo funciona nuestro clima y cómo va a cambiar en el futuro. Hay muchos de estos modelos, y todos ellos han sido validados, en diversos grados, por su capacidad para replicar los cambios climáticos del pasado.

Temperatura global

De acuerdo con el IPCC, dada la trayectoria actual de las emisiones de carbono, en el límite superior de los estimados "probables" para el aumento de la temperatura global es de alrededor de 4°C para finales de siglo.^{LII} Esto es similar al calentamiento de los cerca de ~5°C que puso fin a la última edad de hielo. Es importante recordar que el cambio de temperatura debido a las emisiones de CO₂ es esencialmente irreversible por varios cientos de años ya que este CO₂ se elimina de la atmósfera muy lentamente por procesos naturales.^{LIII}

Inundaciones, olas de calor y sequía

A nivel mundial, si la sociedad continúa emitiendo CO₂ como en el escenario del límite superior de los valores estimados, eventos de calor extremo que en la actualidad sólo ocurren una vez cada 20 años, se estima que se producirán anualmente.^{LIV} El calentamiento global también conduce a cambios en los patrones de precipitación y concentración de la precipitación en lluvias más fuertes - factores críticos de riesgo de inundaciones y sequía.

Nivel del mar

Proyecciones sobre el aumento del nivel del mar en el próximo siglo varían considerablemente, con el escenario del límite superior de los valores estimados, se producen aumentos de hasta 1.8 a 2 m. para el año 2100.^{IV,VI} Cerca de 7 a 8 millones de personas en los EE.UU. viven dentro de 1.8m de la línea local de marea alta, y las marejadas pueden extenderse mucho más allá de la inundación de la línea de la marea alta, como se observó en la tormenta Sandy.^{LVII} Eventos como inundaciones costeras que actualmente se producen una vez cada 100 años, se producirán con mucha mayor frecuencia, posiblemente tan a menudo como anualmente para muchos lugares, convirtiendo a diversas ciudades y comunidades inhabitables.^{LVIII}

Las emisiones actuales de gases de efecto invernadero tendrían un impacto considerable sobre el aumento del nivel del mar más allá del año 2100. Además de intensificar este aumento en el siglo XXI, las emisiones actuales podrían conducir a una elevación mucho más alta del nivel del mar en el futuro lejano, posiblemente más allá de aproximadamente 5 metros, que es más alta que la altura de muchas ciudades importantes de todo el mundo. Existe un pequeño riesgo de que tal aumento podría ocurrir más rápido de lo esperado (ver a continuación).^{LIX}

B. Cambio climático abrupto

La mayoría de las proyecciones del cambio climático suponen que los futuros cambios -las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentos de temperatura y los efectos como el aumento del nivel del mar- sucederán de manera paulatina. Una determinada cantidad de emisiones dará lugar a una determinada cantidad de aumento de la temperatura que llevará a un ligero aumento del nivel del mar. Sin embargo, el registro geológico para el clima refleja casos en los que un cambio relativamente pequeño en un

elemento de clima dio lugar a cambios abruptos en todo el sistema. En otras palabras, empujar las temperaturas globales más allá de ciertos umbrales podría desencadenar cambios bruscos, impredecibles y potencialmente irreversibles que tienen impactos masivos y perturbadores a gran escala. En ese punto, incluso si no añadimos CO₂ adicional a la atmósfera, los procesos potencialmente imparables se ponen en movimiento. Podemos pensar en esto como una súbita falla del freno y volante del clima, donde el problema y sus consecuencias ya no son algo que podamos controlar. En términos de clima, cambios abruptos significan cambios que se producen en períodos tan cortos como décadas o incluso años.^{lx}

El riesgo de un cambio climático abrupto es particularmente difícil porque, aunque verosímil, tenemos pocas mediciones históricas para conocer cuál es la probabilidad de que se presenten. La crisis financiera de 2008 fue un buen ejemplo de riesgo de cambios abruptos. No teníamos la historia entrelazada de los mercados de bienes raíces y el financiero para echar mano y pocos expertos reconocieron los indicadores de riesgo que dieron lugar a rápidas y enormes consecuencias económicas. No es de extrañar que utilicemos una metáfora como el estallido de burbujas especulativas para dichos eventos financieros altamente perjudiciales. No reconocemos que estamos en una, las cosas parecen estables, hasta que de pronto no lo están.

Si las emisiones humanas provocan que las temperaturas aumenten hacia el límite superior del rango de nuestras proyecciones, aumentamos el riesgo de empujar ciertas partes de nuestro sistema climático más allá de ciertos umbrales que conducen a cambios abruptos, impredecibles y potencialmente irreversibles en nuestro planeta con los impactos para los estadounidenses y la gente en todo el mundo. Algunos de los sistemas planetarios relacionados con el clima -tanto físico como biológico- que podrían desencadenar estos cambios abruptos para el planeta, si se les empuja más allá de sus límites, incluyen: colapso de la capa de hielo a gran escala, el colapso de una parte de la corriente del Golfo, muerte de la selva amazónica, y muerte de los arrecifes de coral.

Es preocupante, que haya poca confianza en las estimaciones de los umbrales de temperatura que pondrían en marcha este tipo de cambios. Mientras que algunos de los escenarios - tales como la interrupción de la Corriente del Golfo/ la Circulación Meridional de Retorno del Atlántico (AMOC, acrónimo en inglés) y una liberación rápida de metano del fondo del mar- con base en las últimas investigaciones se consideran muy poco probables, esto no significa que su probabilidad haya llegado a cero.^{lxi} Dada la complejidad de estos sistemas y las incertidumbres en cómo responderán al calentamiento del límite superior más alto, puede haber sorpresas de las que aún no estamos conscientes. De acuerdo con el Informe sobre Impactos Abruptos del Cambio Climático de la Academia Nacional de Ciencias: "... todavía pueden existir "dragones" en el sistema climático."^{lxii}

Algunos potenciales escenarios del cambio climático incluyen:

Colapso de los ecosistemas

El cambio climático amenaza con el colapso de algunos ecosistemas y amplifica las presiones de extinción sobre las especies, que ya han elevado las tasas de extinción muy por encima de las tasas naturales históricas.^{lxiii, lxiv, lxv} La tasa del cambio climático ahora puede ser tan rápida como cualquier período prolongado de calentamiento durante los últimos 65 millones de años, y se prevé que se acelere en las próximas décadas.^{lxvi} Cuando al cambio climático a gran velocidad se le añaden a otras fuentes de presión de extinción tales como la acidificación del océano, el uso del suelo, especies invasoras, y/o explotación, es probable que las tasas resultantes de extinción coloquen a nuestra era entre un puñado de graves crisis de biodiversidad en los registros geológicos de la Tierra.

Colapso del hielo del mar Ártico

Las temperaturas más cálidas en el Ártico ha causado que el hielo del mar Ártico de verano se contraiga rápidamente durante la última década, con consecuencias potencialmente importantes, incluyendo cambios en el clima de todo el hemisferio norte. Las proyecciones indican que el hielo marino del final del verano puede desaparecer por completo en las próximas décadas.^{lxxvii} La pérdida de hielo del mar Ártico tiene graves consecuencias para el sistema climático de la Tierra. El hielo del mar Ártico cubre gran parte de la superficie del planeta y refleja la luz solar de vuelta al espacio que de otro modo calentaría al océano. La pérdida de hielo del mar Ártico crea un proceso de retroalimentación, ya que el hielo perdido conduce a un calentamiento adicional del océano. La pérdida de hielo tiene efectos importantes en el Ártico, y puede tener efectos en los patrones climáticos que se extiende a las latitudes más bajas^{lxxviii, lxxix}

Colapso de la capa de hielo en gran escala

El deshielo a gran escala de las capas de hielo de Groenlandia y de la Antártida a, incluye pérdidas masivas de hielo, que podría dar lugar a decenas de metros de incremento en el nivel del mar. Si bien la mayoría de estas pérdidas se proyectan como poco probables de ocurrir antes de 2100, es posible rebasar el punto en el que estas pérdidas se detonen en las décadas posteriores, con al menos una pequeña posibilidad de que ya lo hayamos hecho.^{lxxx}

En la Antártida, la inestabilidad de las capas de hielo y del hielo marino amenazan con grandes y abruptas pérdidas, tanto de la Capa de Hielo de la Antártida Occidental (WAIS, en inglés), como de porciones de la Capa de Hielo de la Antártida Oriental. Cualquier pérdida significativa de hielo probablemente sería irreversible durante miles de años. Las simulaciones del calentamiento y de la pérdida de hielo durante los períodos cálidos anteriores a los últimos 5 millones de años indican que estas áreas pueden contribuir con 7 m de elevación del nivel del mar.^{lxxxi}

Algunos estudios indican que la pérdida abrupta e irreversible de hielo de la WAIS es posible, sin embargo, la incertidumbre con relación al umbral es tal que no es posible decir que aumento de temperatura sería necesaria para desencadenar su colapso.^{lxxxii, lxxxiii} Un cambio brusco en la WAIS este siglo se considera plausible, con una probabilidad desconocida pero baja.^{lxxxiv} Recientemente se ha observado una aceleración de la pérdida de hielo de la WAIS, y no es posible descartar o confirmar que estos cambios están asociados con su desestabilización.^{lxxxv}

Desestabilización del metano del lecho marino

El metano congelado en los estantes poco profundos del océano Ártico representa un proceso de retroalimentación poco probable pero potencialmente intenso en un clima más cálido. El metano es un gas de corta vida pero con un potente efecto invernadero. Si bien es probable que debido al calentamiento global sea lenta la liberación de estos depósitos y sean mitigados por disolución en el mar, estos depósitos son grandes y vulnerables al calentamiento esperado en el límite superior del rango más alto de emisiones.^{lxxxvi} La liberación de los hidratos de metano del Ártico a la atmósfera aumentaría aún más, y quizás sustancialmente, la tasa de calentamiento global.^{lxxxvii}

Deshielo del permafrost

La liberación de CO₂ y metano a partir del deshielo del permafrost ártico representa otro proceso de retroalimentación crítico provocado por el calentamiento global.

La cantidad de carbono almacenado en el permafrost es la mayor reserva de carbono orgánico de fácil acceso en la Tierra.^{lxxviii} Sin embargo, la retroalimentación positiva que genera el calentamiento, debido a la pérdida de carbono de los suelos congelados generalmente está ausente de los principales modelos de cambio climático.^{lxxix} Por ende, el metano y dióxido de carbono de las emisiones de deshielo del permafrost son de esta forma considerados como incertidumbres claves en las proyecciones del cambio climático.

Es preocupante que haya poca confianza en las estimaciones de las emisiones previstas por el deshielo del permafrost.^{lxxx} Mientras que una liberación abrupta en la escala de tiempo de unas pocas décadas se considera poco probable, esta conclusión se basa en ciencia inmadura y capacidades de monitoreo dispersas.^{lxxxi} El rango superior del mejor rango calculado para el total de carbono liberado por el deshielo del permafrost en 2100 es de 250 GtC en el límite más alto. Otras estimaciones individuales son mucho más altas.^{lxxxii}

III. RESPUESTA DEL CLIMA

A. Cuanto antes actuemos, más bajo será el riesgo y el costo.

Entre más esperemos para responder, incrementarán más los riesgos del cambio climático. A la inversa, entre más pronto tomemos acciones, mayores serán las opciones que tendremos para reducir el riesgo y limitar el costo humano y económico del cambio climático.

Las medidas que tome la sociedad para afrontar el reto del cambio climático -la pregunta de cuándo, cómo y en qué medida respondemos- es un asunto sobre el que todos los estadounidenses deben decidir. Instamos a que estas decisiones sean guiadas por dos hechos ineludibles: primero, los efectos de cualquier emisión de CO₂ adicional van a durar por siglos; en segundo lugar, hay un riesgo de cambios abruptos, imprevisibles y potencialmente irreversibles en el sistema climático de la Tierra con consecuencias enormemente perturbadoras. Las emisiones de gases de efecto invernadero hoy comprometen al planeta al calentamiento inevitable y a otros impactos en el futuro. En la medida en que continuamos aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero, aceleramos y mezclamos los efectos y riesgos del cambio climático en el futuro. A la inversa, cuanto más pronto hagamos un esfuerzo en conjunto para reducir la quema de combustibles fósiles como fuente de energía primaria y la liberación de CO₂ a la atmósfera, menores serán nuestros riesgos y costos.

B. Hay mucho que podemos hacer.

Nos hemos enfrentado con éxito a los desafíos ambientales en el pasado. Hay mucho que podemos hacer para responder al desafío y a los riesgos del cambio climático, en particular aprovechando la fuerza de Estados Unidos en la innovación.

Estados Unidos es una de las sociedades más ingeniosas e innovadoras del mundo. Somos una nación de personas que solucionan problemas. Cuando los científicos identificaron las graves amenazas medioambientales planteadas por la lluvia ácida y el agujero en la capa de ozono, trabajaron junto con otros actores clave -consumidores, la industria y el gobierno- para desarrollar soluciones que podrían reducir con éxito la

amenaza y reducir al mínimo los impactos económicos a corto y largo plazo. Sin embargo, como esperamos que este documento haya dejado claro, responder con éxito al cambio climático pondrá a prueba nuestra determinación y el ingenio de una manera diferente a cualquier otro desafío ambiental al que nos hemos enfrentado.

Muchas de nuestras principales ciudades -Nueva York, Seattle, Boston y Chicago son sólo algunas- han evaluado la evidencia científica, y han decidido reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a prepararse para los impactos del cambio climático.

Creemos que nuestra responsabilidad como científicos es asegurar, en la medida de nuestras posibilidades, que las personas entiendan plenamente las realidades y los riesgos climáticos que enfrentamos. La experiencia previa muestra que nosotros y las generaciones futuras estarán mejor cuando la ciencia informe de manera efectiva la toma de decisiones y las acciones. Armados con el conocimiento científico acerca de la gravedad de determinados problemas ambientales, nuestra nación ha utilizado con éxito enfoques innovadores para hacer frente a estos desafíos.

En resumen, una respuesta eficaz a los retos del cambio climático exige un pleno entendimiento de que ahora hay un alto grado de acuerdo entre los científicos del clima sobre el hecho de que el cambio climático está ocurriendo ahora, a causa de las actividades humanas, y que los riesgos -incluyendo la posibilidad de cambios abruptos y perjudiciales- aumentarán mientras continúen las emisiones de gases de efecto invernadero.

i Leiserowitz et al. (2013). "Climate change in the American mind: Americans' global warming beliefs. Yale Project on Climate Change Communication and the George Mason University Center for Climate Change Communication.

<http://environment.yale.edu/climate-communication/files/Climate-Beliefs-April-2013.pdf>

ii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change: Anticipating Surprises*, Washington, DC: The National Academies Press.

iii Doran, P. and M. Zimmerman (2009). Examining the scientific consensus on climate change. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 90 (3), 22-23.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009EO030002/abstract>

iv Cook et al. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8 024024.

doi:10.1088/1748-9326/8/2/024024

v Oreskes, N. (2004). The scientific consensus on climate change. *Science*, 306.

http://cmbc.ucsd.edu/Research/Climate_Change/Oreskes%202004%20Climate%20change.pdf

vi Cook et al. (2013).

vii National Aeronautics and Space Administration. Consensus. <http://climate.nasa.gov/scientificconsensus>

viii National Research Council. (2010). *Advancing the Science of Climate Change*. Washington, DC: The National Academies Press.

ix Leiserowitz et al. (2013) Extreme weather and climate change in the American mind, April 2013. Yale Project on Climate Change Communication and the George Mason University Center for Climate Change Communication. <http://www.climatechangecommunication.org/report/climate-changeamerican-mind-series-spring-2013>

x IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Table SPM.2, Página 25.

xi IPCC (2013). AR5 WGI SPM.

xii National Snow and Ice Data Center, (2012). Arctic sea ice extent settles at record seasonal minimum. *Arctic Sea Ice News and Analysis*, September 19, 2012. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2012/09/arctic-sea-ice-extent-settles-at-record-seasonal-minimum/>

xiii IPCC (2013). AR5 WGI SPM

xiv IPCC (2013). AR5 WGI SPM

xv Hönisch et al. (2012). The geological record of ocean acidification. *Science*, 335 (6072), 1058-63. doi:10.1126/science.1208277

xvi Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 37, 637-669.

xvii Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. & Schwartz, M.D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 22, 357-365.

xviii Parmesan, C. and Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37-42.

xix Linderholm, Hans W. (2006). Review: Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137. http://research.eeescience.utoledo.edu/lees/papers_PDF/Linderholm_2006_AFM.pdf

xx IPCC (2013). AR5 WGI SPM

xxi Langevin, C. D. and Zygnerski, M. (2013). Effect of sea-level rise on salt water intrusion near a coastal well field in southeastern Florida. *Ground Water*, 51, 781–803. doi: 10.1111/j.1745-6584.2012.01008.x

xxii Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47, 123-138.

xxiii Melillo et al. (2013). *Third National Climate Assessment Draft Report*. Washington, DC: United States Global Change Research Program.

xxiv Melillo et al. (2013).

xxv Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai. (2007). Chapter 3, Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*.

Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

xxvi Hansen, James, Makiko Sato and Reto Ruedy. (2012). Perception of climate change. 6 de agosto 2012.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 10.1073/pnas.1205276109
<http://www.pnas.org/content/early/2012/07/30/1205276109.abstract>

xxvii Gutowski, W.J., G.C. Hegerl, G.J. Holland, T.R. Knutson, L.O. Mearns, R.J. Stouffer, P.J. Webster, M.F. Wehner, F.W. Zwiers. (2008). Causes of Observed Changes in Extremes and Projections of Future Changes in *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands*. T.R. Karl, G.A. Meehl, C.D. Miller, S.J. Hassol, A.M. Waple, and W.L. Murray (eds.). A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC.

xxviii Meehl, G. A., C. Tebaldi, G. Walton, D. Easterling, and L. McDaniel. (2009). Relative increase of record high maximum temperatures compared to record low minimum temperatures in the U.S. *Geophysical Research Letters*, 36, L23701.
doi:10.1029/2009GL040736.

xxix Karl, T.R., G.A. Meehl, and T.C. Peterson. (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

xxx Melillo et al. (2013).

xxxi Melillo et al. (2013).

xxxii McMichael T., Montgomery H., Costello A. (2012). Health risks, present and future, from global climate change. *BMJ* 2012; 344:e1359. doi: 10.1136/bmj.e1359

xxxiii Luber, G. and McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat. *American Journal of Preventive Medicine*, 35 (5), 429-435.

xxxiv Kalkstein, L.S., S. Greene, D.M. Mills, and J. Samenow. (2011). An evaluation of the progress in 30 reducing heat-related human mortality in major US cities. *Natural Hazards*, 56, 113-129.

xxxv Lane, K., Charles-Guzman, K., Wheeler, K., et al. (2013). Health effects of coastal storms and flooding in urban areas: A review and vulnerability assessment. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013, (2013), Article ID 913064. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/913064>

xxxvi Landesman, L.Y. (2005). *Public Health Management of Disasters*. Second Edition. Washington, DC: American Public Health Association.

xxxvii Kinney, P.L. (2008). Climate change, air quality, and human health. *American Journal of Preventive Medicine*, 35, 459-467.

xxxviii Tagaris, E., K. Manomaiphiboon, K.J. Liao, L.R. Leung, J.H. Woo, S. He, P. Amar, and A.G. Russell. (2007). Impacts of global climate change and emissions on regional ozone and fine particulate matter concentrations over the United States. *Journal of Geophysical Research*, 2112, (33), D14312.

xxxix Ziska, L., K. Knowlton, C. Rogers, D. Dalan, N. Tierney, M.A. Elder, W. Filley, J. Shropshire, 16 L.B. Ford, and C. Hedberg. (2011). Recent warming by latitude associated with increased length 17 of ragweed pollen season in central North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 4248-4251.

xl Ariano, R., G.W. Canonica, and G. Passalacqua. (2010). Possible role of climate changes in 23 variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years. *Annals of Allergy, 24 Asthma & Immunology*, 104, 215-222.

xli Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PT, Kutz S, Harvell CD. (2013). Climate change and infectious diseases: From evidence to a predictive framework. *Science*, 341 (6145), 514-9.

xlii Karl, T.R., G.A. Meehl, and T.C. Peterson. (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

xliii Karl, T.R. et al. (2009).

xliv United States Department of Defense (2011). *2014 Quadrennial Defense Review*. Washington, DC. http://www.defense.gov/pubs/2014_Quadrennial_Defense_Review.pdf

xlv National Research Council (2011). *National Security Implications of Climate Change for U.S. Naval Forces*. Washington, DC: The National Academies Press.

xlvi Goodman, S., Sullivan, G. (2013). Climate change as a “threat multiplier.” *Politico*. <http://www.politico.com/story/2013/02/climate-change-is-threat-multiplier-87338.html>

xlvii Castellaw, Lt. Gen. J., Titley, R. Adm. D. (2014). The U.S. military leads on climate change. *The Hill*. <http://thehill.com/blogs/congress-blog/energy-environment/200412-the-us-military-leads-on-climatechange>

xlviii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change....*

xlx IPCC (2013). AR5 WGI SPMI IPCC (2013). AR5 WGI SPM li Melillo et al. (2013).

LII IPCC (2012). IPCC Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. "Likely" defined by the IPCC as a probability of 66% -100%.

LIII IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

liv IPCC (2012). Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Iv Melillo et al. (2013).

Ivi Melillo et al. (2013).

Lvii Strauss, B.H. et al. (2012). Tidally adjusted estimates of topographic vulnerability to sea level rise and flooding for the contiguous United States. *Environmental Research Letters*, 7, 014033. doi:10.1088/1748-9326/7/1/014033

Iviii IPCC (2013) WGI Technical Summary.

lix Strauss, B. (2013). Rapid accumulation of committed sea-level rise from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <http://assets.climatecentral.org/pdfs/Strauss-PNAS-2013-v2.pdf>

Ix National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixi National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixiii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixiv National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixv Peterson, T.C., D.M. Anderson, S.J. Cohen, M. Cortez-Vázquez, R.J. Murnane, C. Parmesan, D. Phillips, R.S. Pulwarty, J.M.R. Stone. (2008). Why Weather and Climate Extremes Matter in *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands*. T.R. Karl, G.A. Meehl, C.D. Miller, S.J. Hassol, A.M. Waple, and W.L. Murray (eds.). A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC.

Ixvi National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixvii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change*....

Ixviii Francis, J. A. and S. J. Vavrus (2012) Evidence Linking Arctic Amplification to Extreme Weather in Mid-Latitudes, *Geophysical Research Letters*, 39, L06801. doi:10.1029/2012GL051000

Ixix Tang, Q., X. Zhang, X. Yang, and J. A. Francis (2013). Cold winter extremes in northern continents linked to Arctic sea ice loss. *Environmental Research Letters*, 8, 014036.

Ixx IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxi IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxii IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxiii National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change....*

Ixxiv National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change....*

Ixxv IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxvi IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxvii IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxviii IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxix IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxx IPCC AR5 WGI Technical Summary.

Ixxxi National Research Council (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change....*

Ixxxii IPCC AR5 WGI Technical Summary.