UN ENFOQUE CLIMÁTICO PARA TODAS LAS EDADES

Conocimiento Climático
Los Principios Esenciales de la Ciencia Climática

Una Guía para Individuos y Comunidades

Segunda Versión: Marzo 2009

http://www.globalchange.gov

Colaboradores Actuales en Ciencia y Educación:

Asociación Americana para el Avance de la Ciencia Proyecto 2061
Sociedad Americana de Meteorología
Asociación de Centros de Ciencia y Tecnología
Cambio Global Bowman
Centros para el Control y Prevención de Enfermedades
Centro Challenger para la Educación de la Ciencia Espacial
Red de Conocimiento Climático
Universidad de Exploración
Instituto de Cooperación para la Investigación de las Ciencias Ambientales
Federación de Socios de Información de Ciencias de la Tierra
Salón Lawrence de la Ciencia, Universidad de California, Berkeley
Fundación Nacional de la Educación Ambiental
Programas Educativos de National Geografic
Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)
Asociación Nacional de Profesores de Ciencia
Asociación Norteamericana para la Educación Ambiental
Sally Ride Science
TERC Inc.
El Programa GLOBE
El Centro Nacional para la Investigación Atmosférica
Corporación Universitaria de Investigación Atmosférica
Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)
Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS)

Segunda Versión: Marzo 2009

Una Nota Sobre la Traducción

Con frecuencia al traducir un texto, hay términos que no tienen traducción exacta. Este es el caso con la palabra inglesa “literacy”. Hemos consultado con muchos individuos de varios países hispanohablantes para la mejor palabra correspondiente a “literacy”. Después de bastante debate, nos hemos puesto de acuerdo con el término “conocimiento” como la mejor traducción en este y semejantes documentos.

Panel 1:
¿QUÉ ES EL CONOCIMIENTO CLIMÁTICO?
El Conocimiento Climatico es la comprensión de su propia influencia en el clima y la influencia del clima en usted y la sociedad.

Una persona con conocimiento sobre el clima:

• Entiende los principios esenciales del sistema climático de la Tierra
• Conoce cómo evaluar información científicamente creíble acerca del clima
• Comunica sus conocimientos acerca del clima y el cambio climático en una manera significativa, y
• Es capaz de tomar decisiones informadas y responsables con respecto a acciones que podrían afectar el clima.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE SER COMPETENTE EN LA CIENCIA CLIMÁTICA?

• Durante el siglo XX, la temperatura promedio global de la Tierra subió aproximadamente 0.60°C (1.08°F). Calentamiento de más de 0.14°C (0.25°F) se ha observado desde el año 2000. Aunque el incremento total puede parecer pequeño, probablemente representa una tasa de cambio extraordinariamente acelerada si la comparamos con los 10,000 años anteriores.

• En el Siglo XXI, los científicos esperan que la temperatura de la Tierra continúe aumentando, y es muy probable que sea más de lo que aumentó en el Siglo XX. Dos resultados anticipados son el aumento global del nivel del mar y el incremento en frecuencia e intensidad de olas de calor, sequías e inundaciones. Estos cambios afectarán a casi todos los aspecto de la sociedad humana, incluyendo la prosperidad económica, salud ambiental y humana, y la seguridad nacional.

• Los resultados de las observaciones científicas y modelos climáticos indican que las actividades humanas son ahora la causa principal de la mayor parte del incremento en la temperatura promedio global de la Tierra.

• El cambio climático resultará en retos económicos y ambientales, pero también en oportunidades; y los ciudadanos que tengan un entendimiento de la ciencia climática estarán mejor preparados para responder a ambos.

• La sociedad necesita ciudadanos que entiendan el sistema climático y sepan cómo aplicar este conocimiento en sus carreras y en su compromiso como miembros activos de sus comunidades.

• El cambio climático continuará siendo un elemento significativo del discurso público. Comprender los principios esenciales de la ciencia climática permitirá que todas las personas evalúen las noticias y contribuyan a sus conversaciónes diarias como ciudadanos informados.

EL CONOCIMIENTO EN LA CIENCIA CLIMÁTICA ES PARTE DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.

"*La ciencia, las matemáticas y la tecnología tienen un impacto profundo en nuestras vidas individuales y en nuestra cultura. Juegan un papel importante en casi todos los esfuerzos humanos, y afectan cómo nos relacionamos unos con otros y con el mundo a nuestro alrededor… El conocimiento científico nos permite comprender los fenómenos del mundo real, informa nuestras decisiones personales y sociales, y sirve como fundamento para una vida de continuo aprendizaje."*

De la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, *Atlas of Science Literacy,* Volumen 2, Proyecto 2061.

Las personas competentes en la ciencia climática saben que este tema puede informar las decisiones que mejoran nuestra calidad de vida. Estas personas tienen una comprensión básica del sistema climático, incluyendo los factores naturales y antropogénicos que lo afectan. Los individuos con conocimiento en la ciencia climática comprenden cómo las observaciones del clima, los registros y los modelos computacionales contribuyen al conocimiento científico del clima. Ellos estan conscientes de la

relación fundamental entre el clima y la vida humana y las muchas maneras en las cuales el clima ha jugado siempre un papel importante en la salud humana. Tienen la habilidad para evaluar la validez de los argumentos científicos acerca del clima y cómo utilizar esa información para apoyar sus decisiones.

EL CONOCIMIENTO EN LA CIENCIA CLIMÁTICA ES UN PROCESO CONTÍNUO

No se espera que las personas comprendan cada detalle acerca de todos los conceptos fundamentales del conocimientoen la ciencia climática. La comprensión completa de estos conceptos interconectados requerirá un enfoque de pensamiento en sistemas, lo cual significa la habilidad para comprender interconexiones complejas de todos los componentes del sistema climático. Aún más, mientras la ciencia climática continúe progresando y los esfuerzos para educar a las personas acerca de la influencia del clima sobre ellos mismos y su influencia en el sistema climático evoluciona, la comprensión pública continuará creciendo.

El clima es un tema interdisciplinario ideal para una vida de aprendizaje continuo sobre los procesos científicos y las maneras en que los humanos afectan y son afectados por los sistemas de la Tierra. Este abundante tema puede ser abordado en muchos niveles: desde una comparación del estado del tiempo diario con los registros a largo plazo, hasta una exploración sobre las representaciones abstractas del clima en modelos de computación, y la examinación de cómo el cambio climático impacta la salud ambiental y humana. Personas de todas las edades pueden utilizar datos de sus propios experimentos, información proveniente de satélites y otros sistemas de observación, o registros que van desde fuentes físicas, químicas, biológicas, geográficas, sociales, económicas e históricas para explorar los impactos del cambio climático y las estrategias potenciales de adaptación y mitigación.

Siguiente panel

<image: http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/MediaResources/Greenland/iceflow.jpg>

Leyenda para la corriente de agua de deshielo glacial:
La corriente proveniente del deshielo glacial en las capas polares de Groenlandia fluye en el hielo a través de un túnel llamado “Moulin” (Molino en francés). Cerca de la mitad de la pérdida de masa de hielo de Groenlandia fluye hacia el Oceano Atlántico del Norte como agua de deshielo. El agua líquida, la cual es más densa que el hielo, puede penetrar a través de la capa de hielo, lubricando el interior, y también acelerando la pérdida de éste. Temperaturas más altas causan derretimiento en los meses de verano, lo cual conduce a un flujo más rápido, trayendo cada vez más de la capa de hielo hacia altitudes más bajas y cálidas.

¿CÓMO DISTINGUIMOS LO QUE ES CIENTIFICAMENTE CORRECTO?
El Proceso de Revisión por Expertos (Peer Review Process)

La ciencia es un proceso contínuo de hacer observaciones y utilizar evidencia para probar una hipótesis. Al desarrollarse nuevas ideas y obtener nueva data, muchas veces establecida por nuevas tecnologías, nuestra comprensión también evoluciona. La comunidad científica utiliza una versión formal de “revisión por expertos” para validar los resultados de las investigaciones y nuestra comprensión de su importancia. Los investigadores describen sus experimentos, resultados, e interpretaciones en manuscritos científicos y luego los envian a una revista científica que se especializa en su campo de la ciencia. Los científicos que son expertos en este campo sirven como “árbitros” para la revista: ellos leen cuidadosamente el manuscrito para juzgar la confiabilidad del diseño de investigación y comprobar que las interpretaciones esten fundamentadas en sus datos. Basados en las revisiones, los editores de las revistas científicas

pueden aceptar o rechazar los manuscritos, o pedirle a los autores que hagan revisiones si el estudio tiene datos incompletos o interpretaciones erróneas. A través de éste proceso, solamente los conceptos que han sido descritos por medio de investigaciones bien doumentadas y sometidas al escrutinio de otros expertos en esa especialidad se convierten en artículos publicados en revistas científicas y aceptados como conocimiento científico actual. Aunque la revisión por expertos no garantiza que cualquier resultado particular sea válido, si provee una alta certeza que el trabajo ha sido cuidadosamente examinado por su exactitud por expertos informados antes de su publicación. La vasta mayoría de artículos científicos revisados por expertos acerca del cambio climático global reconocen que las actividades humanas son sustancialmente factores contribuyentes.

Next Panel

Caption: Ingenieros agrónomos inspeccionan un arroyo seco.

DECISIONES INFORMADAS ACERCA DEL CLIMA REQUIEREN UN ENFOQUE INTEGRADO.

En las próximas décadas, los científicos esperan que el cambio climático tenga un impacto cada vez mayor en los sistemas naturales y humanos. En un mundo más caliente, la accesibilidad al alimento, el agua, la materia prima y la energía estan propensas a cambiar. Tambien se espera que la salud humana, la biodiversidad, la estabilidad económica y la seguridad nacional sean afectadas por el cambio climático. Los modelos de proyecciones de cambio climático sugieren que los efectos negativos del cambio del clima serán significativamente mayores que los positivos. La habilidad de la nación para prepararse y adaptarse a las nuevas condiciones puede ser sobrepasada a la vez que la tasa de cambio climático se incrementa.

Reducir nuestra vulnerabilidad a estos impactos depende no sólo de nuestra habilidad de entender la ciencia climática y las implicaciones del cambio climático, si no también en nuestra habilidad de integrar y utilizar ese conocimiento de manera efectiva. Cambios en nuestra economía e infraestructura al igual que nuestras actitudes individuales, valores sociales y políticas gubernamentales, serán requeridos para alterar la trayectoria actual del impacto del clima en las vidas humanas. La determinación de los individuos, comunidades, y países para identificar e implementar estrategias efectivas de manejo para recursos naturales e instituciones críticas será necesaria para asegurar la estabilidad de los sistemas naturales y humanos con el aumento de la temperatura.

Este documento de *Conocimiento Climático* se enfoca principalmente en los aspectos de las ciencias físicas, y biológicas del clima y el cambio climático. Mientras las naciones y la comunidad internacional buscan soluciones para el cambio climático global en las décadas venideras, un enfoque más comprensivo e interdisciplinario sobre el conocimiento del clima—uno que incluye consideraciones sociales y económicas—jugará un papel importante en la planificación bien fundamentada, la toma de decisiones y la gobernanza. Un nuevo esfuerzo se esta desaroyando dentro de la comunidad de las ciencias sociales para producir un documento acompañante que atenderá estos aspectos del conocimiento climático. Juntos, estos documentos promoverán la toma de decisiones informadas y las respuestas efectivas a nivel sistemático hacia el cambio climático, que reflejará una comprensión fundamental acerca de la ciencia climática. Es imperativo que estas respuestas al cambio climático adopten el siguiente principio rector.

PRINCIPIO RECTOR PARA LA DECISIÓN CLIMÁTICA INFORMADA:

Los seres humanos pueden tomar acciones para reducir el cambio climático y sus impactos

A. La información climática puede ser utilizada para reducir las vulnerabilidades o mejorar la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas afectados por el cambio climático. Es importante continuar mejorando el entendimiento científico acerca del sistema climático y la calidad de los reportes para los legisladores y tomadores de decisiones.

B. Reducir la vulnerabilidad humana de los impactos del cambio climático depende no sólo en nuestra habilidad para entender la ciencia climática, sino también en nuestra habilidad para integrar este conocimiento en la sociedad humana. Las decisiones que involucran el clima de la Tierra deben ser hechas con una comprensión de las complejas interconexiones entre los componentes físicos y biológicos del sistema de la Tierra, así como las consecuencias de tales decisiones en los sistemas sociales, económicos y culturales.

C. Los impactos del cambio climático pueden afectar la seguridad de las naciones. Una reducción en la disponibilidad de agua, alimento y tierra puede conducir a competencia y conflicto entre seres humanos, resultando potencialmente en grandes grupos de refugiados climáticos.

D. Los humanos pueden ser capaces de mitigar el cambio climático o disminuir su severidad al reducir las concentraciones de gases de invernadero a traves de procesos que muevan el carbono fuera de la atmósfera o reducir las emisiones de gases de invernadero.

E. Una combinación de estrategias es necesaria para reducir las emisiones de gases de invernadero. La estrategia más inmediata es la conservación del petróleo, gas y carbón, en los cuales dependemos como combustibles para la mayor parte de nuestra transportación, calefacción, enfriamiento, agricultura y electricidad. Las estrategias a corto plazo involucran el cambio de fuentes intensivas de carbono a fuentes de energía renovable. Las estrategias a largo plazo involucran la investigación innovadora y un cambio fundamental en la manera que los humanos utilizan la energía.

F. Los seres humanos pueden adaptarse al cambio climático reduciendo su vulnerabilidad a los impactos del cambio climático. Las acciones como mudarse a lugares más altos para evitar el aumento del nivel del mar, sembrar nuevos cultivos que se adapten a nuevas condiciones climáticas, o utilizar nuevas tecnologías de construcción representan estrategias de adaptación. La adaptación a menudo requiere una inversión financiera en nueva o mayor investigación, tecnología e infraestructura.

G. Las acciones tomadas por los individuos, comunidades, estados y países influyen al clima. Las prácticas y las políticas seguidas en los hogares, escuelas, negocios y gobiernos pueden afectar al clima. Las decisiones relacionadas al clima hechas por una generación pueden proveer oportunidades tanto como limitar el rango de posibilidades para la nueva generación. Los pasos para reducir el impacto del cambio climático pueden influenciar la generación actual proveyendo otros beneficios tales como una infraestructura de salud pública mejorada y la construcción de ambientes sostenibles.

ACERCA DE ESTA GUIA

Conocimiento Climático: Los Principios Esenciales de la Ciencia Climática presenta la información que es considerada importante para que individuos y comunidades conozcan y entiendan sobre el clima de la Tierra, los impactos del cambio climático, y los enfoques para la adaptación o mitigación. Los principios en esta guía pueden servir para iniciar discusiones o puntos de referencia para la consulta científica. La guía busca promover un mayor *Conocimiento en la Ciencia Climática* al proveer este marco educativo de principios y conceptos. La guía tambien puede servir a educadores que enseñan ciencia climática como una manera de cumplir con los estándares de contenido en sus currículums en el área de ciencias.

El desarrollo de esta guía comenzó en un taller auspiciado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS). Múltiples agencias de ciencia, organizaciones no-gubernamentales y numerosos individuos tambien han contribuido a través de una revisión y sus comentarios puntuales. La discusión en el taller sobre Ciencias Atmosféricas y el Conocimiento del Clima auspiciado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF)—y NOAA—contribuyeron sustancialmente al refinamiento de este documento.

Para descargar esta guía y documentos relacionados, visite www.globalchange.gov

Next Panel

Panel 6:

CAMBIOS CLIMÁTICOS

A través de su historia, el clima de la Tierra ha variado, reflejando las complejas interacciones y dependencias de los componentes solares, oceánicos, terrestres, atmosféricos y vivientes que forman los sistemas del planeta Tierra. Durante al menos el último millón de años, nuestro mundo ha experimentado cíclos de calentamiento y enfriamiento que duran aproximadamente 100,000 años para completarse. A lo largo del curso de cada cíclo, las temperaturas globales han caído y subido por aproximadamente 5°C (9°F), cada vez conduciendo a la Tierra a una glaciación y luego caléntandola nuevamente. Se cree que este cíclo está asociado con los cambios regulares en la orbita de la Tierra, lo que altera la intensidad de la energía solar que el planeta recibe. El clima de la Tierra también ha sido influenciado durante un largo período de tiempo por cambios en la circulación del océano que resultan del movimiento de las placas tectónicas. El clima de la Tierra ha cambiado abruptamente en ciertas ocasiones, a veces como resultado de procesos naturales lentos como cambios en la circulación oceánica, y otras veces por eventos repentinos tales como las erupciones volcánicas masivas. Las especies y ecosistemas se han adaptado a estas variaciones climáticas o han desaparecido.

Mientras el clima global ha estado relativamente estable durante los ultimos 10,000 años—la duración de la civilización humana—las variaciones regionales en el clima han influenciado la historia de la humanidad en maneras profundas, jugando un papel integral en el fracaso o éxito de las sociedades. Ahora sabemos que lo opuesto tambien es cierto: las actividades humanas—la quema de combustibles fósiles y la deforestación de grandes areas de tierra, por ejemplo—han tenido una gran influencia en el clima de la Tierra. En su Cuarta Evaluación (2007), el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) declaró que hay “un grado de confianza muy alto de que el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura”. El IPCC atribuye la influencia humana al calentamiento global principalmente al incremento de tres gases clave que atrapan calor en la atmósfera: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. El Programa de Investigación de Cambio Global de Estados Unidos (U.S. Global Change Research Program) ha publicado resultados que están de acuerdo con el reporte del IPCC, indicando que “los estudios para detectar el cambio climático y atribuir sus causas utilizando patrones de cambio de temperatura observados en el espacio y tiempo, muestran clara evidencia de la influencia humana en el sistema del clima (debido a los cambios en los gases de efecto invernadero, aerosoles, y ozono estratosférico).”

Para proteger los ecosistemas frágiles y para construir comunidades sostenibles que son resistentes al cambio climático, incluyendo estados de tiempo y eventos climáticos extremos, la “Ciudadanía con conocimiento sobre el Clima” es esencial. Esta guía de *Conocimiento Climático* identifica los principios esenciales y conceptos fundamentales que los individuos y comunidades deberían entender acerca del sistema del clima de la Tierra. Tal entendimiento mejora nuestra habilidad para tomar decisiones acerca de las actividades que incrementan la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático y sirven para tomar medidas preventivas en nuestras vidas y sustento que puedan reducir esas vulnerabilidades.

DEFINICIONES CLAVE

El Tiempo Las condiciones específicas de la atmósfera en un lugar y tiempo particular, medidas en términos de variables que incluyen temperatura, precipitación, nubosidad, humedad, presión de aire y viento.

Pronóstico del Tiempo Una predicción acerca de las condiciones atmosféricas específicas esperadas para una localidad en el futuro a corto plazo (horas a días).

El Clima El promedio a largo plazo de condiciones en la atmósfera, el océano, las capas polares y el hielo marino descrito por estadísticas, tales como las medias y los extremos.

Pronóstico del Clima Una predicción acerca de las condiciones climáticas promedio o extremas para una región en el futuro a largo plazo (estaciones a décadas).

Variabilidad Climática Los cambios naturales en el clima que caen dentro del rango normal de extremos para una región particular, medidas por la temperatura, la precipitación y la frecuencia de los eventos. Las causas de la variabilidad climática incluyen El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y otros fenómenos.

Cambio Climático Un cambio significativo y persistente en la media del estado del clima o su variabilidad. El cambio climático ocurre en respuesta a los cambios en algunos aspectos del ambiente de la Tierra: estos incluyen los cambios regulares en la órbita del planeta alrededor del sol, re-arreglos de los continentes a través del movimiento de las placas tectónicas, o modificación antropogénica de la atmósfera.

Calentamiento Global El incremento observado en la temperatura promedio cerca de la superficie de la tierra y en la capa más baja de la atmósfera. En el uso común, "el calentamiento global" a menudo se refiere al calentamiento que ha ocurrido como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades humanas. El calentamiento global es un tipo de cambio climático; puede conducir a otro tipo de cambios en las condiciones climáticas, tales como patrones de precipitación.

Sistema Climático La materia, energía, y los procesos involucrados en las interacciones entre la atmósfera terrestre, criósfera, litósfera, biósfera y las interacciones entre el Sol y la Tierra.

Probable, Muy Probable, Extremadamente Probable, Virtualmente Cierto Estos términos son utilizados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para indicar qué tan probable es que un resultado ocurra en el sistema climático, de acuerdo con el juicio experto. Un resultado que es considerado "probable" tiene una probabilidad mayor al 66% de que ocurra. Un resultado "muy probable" tiene una probabilidad mayor a 90%. "Extremadamente probable" significa probabilidad mayor que 95%, y "virtualmente cierto" significa una probabilidad mayor que 99%.

Mitigación Intervenciones humanas para reducir las fuentes de los gases de efecto invernadero o para mejorar los medios que los remueven de la atmósfera.

Vulnerabilidad El grado en el cual los sistemas físicos, biológicos y socioeconómicos son susceptibles e incapaces de hacerle frente a los impactos adversos del cambio climático.[2]

Adaptación Iniciativas y medidas para reducir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales en contra de los efectos actuales y esperados del cambio climático.[3]

Combustibles Fósiles Las fuentes de energía tales como el petróleo, el carbón o el gas natural, los cuales se derivan de material viva que existió durante un previo período de tiempo geológico.

Retroefecto El proceso a traves del cual un sistema es controlado, cambiado, o modulado en respuesta a su propio resultado. El retroefecto positivo resulta en la amplificación del sistema de resultados; el retroefecto negativo reduce la generación de resultados de un sistema.

Cíclo de Carbono La circulación de los átomos de carbono a través de los sistemas de la Tierra como resultado de la conversión fotosintética del dióxido de carbono en compuestos orgánicos complejos por las plantas, las cuales son consumidas por otros organismos, y devuelven el carbono a la atmósfera como dióxido de carbono como resultado de la respiración, descomposición de los organismos y la combustión de los combustibles de origen fósil.

[1] *Temperature Trends in the Lower Atmosphere: Steps for Understanding and Reconciling Differences.* Thomas R. Karl, Susan J. Hassol, Christopher D. Miller, and William L. Murray, editors, 2006. A Report by

the Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC.
[2] Basado en IPCC, 2007: *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II*
[3] Basado en IPCC, 2007: *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III*

Inside Text

Title:

CONOCIMIENTO CLIMÁTICO: Los Principios Esenciales de la Ciencia Climática

Cada principio esencial es apoyado por conceptos fundamentales comparables con aquellos que rigen los Estándares Nacionales de Educacion de Ciencias (NSES) y la Sociedad Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS), puntos de referencia para la Conocimiento en la Ciencia.

1**. El sol es la principal fuente de energía para el sistema climático de la Tierra**

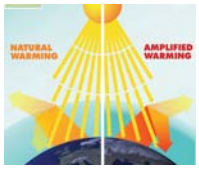
A. La luz solar que llega a la Tierra puede calentar la tierra, el océano, y la atmósfera. Una parte de esa luz solar es reflejada de vuelta al espacio por la superficie, las nubes o el hielo. Mucha de la luz solar que alcanza la Tierra es absorbida y calienta al planeta.

B. Cuando la Tierra emite la misma cantidad de energía que absorbe, su presupuesto energético está en equilibrio, y su temperatura promedio permanence estable.

C. La inclinación del eje terrestre relativo a su órbita alrededor del Sol resulta en cambios predecibles en la duración del día y la cantidad de luz solar recibida en cualquier latitud durante un año. Estos cambios causan el cíclo anual de estaciones y los cambios asociados de temperatura.

D. Los cambios graduales en la rotación de la Tierra y su órbita alrededor del Sol cambian la intensidad de luz solar recibida en las regiones polares y ecuatoriales de nuestro planeta. Por lo menos durante el último millón de años, estos cambios ocurrieron en cíclos de 100,000 años que produjeron eras de hielo y períodos más cortos de calentamiento entre ellos.

E. Un incremento o disminución significativa en la salida de energía solar causaría que la Tierra se caliente o enfríe. Las mediciones tomadas por satelites en los pasados 30 años muestran que la salida de la energía solar ha cambiado un poco y en ambas direcciones. Estos cambios en la energía del sol se cree que son demasiado pequeños para ser la causa del calentamiento reciente observado en la Tierra.



(Izquierda: Calentamiento natural/ Derecha: Calentamiento amplificado)

Leyenda: El efecto de invernadero es un fenómeno natural por el que los gases que atrapan calor en la atmósfera, principalmente el vapor de agua, mantienen la superficie de la Tierra cálida. Las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles y el cambio de los patrones de cobertura terrestre, están afectando las concentraciones de algunos de estos gases, amplificando el efecto natural de invernadero.

Fuente: Adaptada del Museo de Ciencias Marian Koshland de la Academia Nacional de Ciencias "Calentamiento Global: Hechos y Nuestro Futuro" 2004

2. El clima está regulado por interacciones complejas entre los componentes del sistema de la Tierra.

Leyenda: El poder del Sol conduce el clima de la Tierra. La energía del Sol calienta la superficie, la atmósfera y propulsa las corrientes oceánicas.

Fuente: Fotografía de astronauta ISS015-E-10469, cortesía de NASA/JSC Portal a la Fotografía Astronauta de la Tierra. ftp://eol.jsc.nasa.gov/ESC_large_ISS015_ISS015-E-10469.JPG

A. El clima de la Tierra está influenciado por las interacciones que involucran al Sol, el océano, la atmósfera, las nubes, el hielo, la tierra y la vida. El clima varía en cada región como resultado de las diferencias locales en estas interacciones.

B. Cubriendo el 70% de la superficie de la Tierra, el océano ejerce un gran control en el clima al dominar los ciclos energéticos y acuáticos de la Tierra. Además, tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía solar. El calor y vapor de agua son re-distribuidos globalmente a través de la circulación atmósferica y corrientes oceánicas conducidas por su densidad. Cambios en la circulación del océano causado por movimientos téctonicos o grandes descargas de agua fresca producto del derretimiento de los hielos polares pueden producir cambios abruptos y significantes en el clima de manera local y global.

C. La cantidad de energía solar absorbida o irradiada por la Tierra es modulada por la atmósfera y depende en su composición. Los gases de invernadero—tales como el vapor de agua, dióxido de carbono y metano—ocurren naturalmente en pequeñas cantidades y absorben y liberan energía termal más eficientemente que los gases más abundantes como nitrógeno y oxígeno. Los pequeños incrementos en las concentraciones de dióxido de carbono tienen un efecto mayor en el cambio climático.

D. La abundancia de los gases de efecto invernadero en la atmósfera es controlada por los cíclos biogeoquímicos que continuamente circulan estos componentes entre el océano, la tierra, la vida y las reservas atmósfericas. La abundancia de carbono en la atmósfera es reducida a través de la acumulación de sedimentos en el fondo marino y la acumulación de biomasa vegetal y la abundancia es incrementada a través de la deforestación y la quema de combustibles fósiles al igual que a través de otros procesos.

E. Las partículas en el aire, llamadas “aerosoles”, tienen un efecto complejo en el balance energético de la Tierra: pueden causar el enfriamiento al reflejar la luz entrante hacia el espacio; y calentamiento, al absorber y liberar energía en la atmósfera. Las partículas pequeñas sólidas y líquidas pueden ser liberadas en la atmósfera a través de una variedad de procesos antropogénicos y naturales, incluyendo erupciones volcánicas, rocío marino, fuegos forestales y las emisiones generadas a través de las actividades humanas.

F. La interconexión entre los sistemas de la Tierra significa que un cambio significativo en cualquiera de los componentes del sistema climático puede influenciar el equilibrio del sistema completo de la Tierra. Los lazos de retroefecto positivo pueden amplificar estos efectos y provocar cambios abruptos en el sistema del clima. Estas complejas interacciones pueden resultar en un cambio climático que es más rápido y en mayor escala que el proyectado por los modelos climáticos actuales.

3. La vida en la Tierra depende del clima, es moldeada por él y lo afecta

Leyenda: Los bosques de algas marinas y sus comunidades asociadas de organismos se encuentran en las aguas frías más allá de la costa de California.

A. Los organismos individuales sobreviven dentro de rangos específicos de temperatura, precipitación, humedad y luz solar. Los organismos expuestos a condiciones climáticas afuera de su rango normal deben adaptarse o migrar, o de lo contrario perecerán.

B. La presencia de pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero que atrapan calor en la atmósfera calientan la superficie de la Tierra, dando como resultado un planeta que sostiene el agua líquida y la vida.

C. Los cambios en las condiciones climáticas pueden afectar la salud y las funciones de los ecosistemas así como la supervivencia de especies enteras. Los patrones de distribución de fósiles muestran la evidencia de extinciones graduales y abruptas relacionadas al cambio climático en el pasado.

D. Una variedad de registros naturales muestra que los últimos 10,000 años han sido un periodo inusualmente estable en la historia del clima de la Tierra. Las sociedades humanas modernas se desarrollaron en esta época. Los sistemas económicos, de transporte y de agricultura en los cuales dependemos son vulnerables si el clima cambia significativamente.

E. La vida—incluyendo microbios, plantas y animales y seres humanos—es una causa mayor del ciclo global de carbono y puede influenciar el clima global al modificar la composición química de la atmósfera. El registro geológico muestra que la vida ha afectado significativamente la atmósfera durante la historia de la Tierra.

4. El clima varía en el espacio y tiempo a través de los procesos naturales y antropogénicos

Caption for photos on EP5: (Place these captions directly on the lower left of each photo)

Glaciar Muir, Agosto 1941, William O. Field

Glacier Muir, Agosto 2004, Bruce F. Molnia

A. El clima está determinado por los patrones a largo plazo de temperatura y precipitación y sus extremos en una localidad. Las descripciones del clima pueden referirse a áreas que son a nivel local,

regional, o global. El clima puede ser descrito en diferentes intervalos de tiempo, tales como décadas, años, estaciones, meses o fechas específicas del año.

B. El clima no es lo mismo que el estado del tiempo. El tiempo es la condición variable minuto-a-minuto de la atmósfera en una escala local. El clima es una descripción conceptual del promedio de las condiciones del tiempo en un área, y la medida en que las condiciones varían sobre largos intervalos de tiempo.

C. El cambio climático es un cambio persistente y significativo en las condiciones climáticas promedio o extremas de un área. Las variaciones estacionales y los cíclos multi-anuales (por ejemplo, El Niño Oscilacion del Sur) que producen periodos calientes, fríos, húmedos o secos en diferentes regiones son parte natural de la variabilidad climática y no representan cambio climático.

D. Las observaciones científicas indican que el clima global ha cambiado en el pasado, está cambiando ahora, y cambiará en el futuro. La magnitud y dirección de este cambio no es la misma en todas las localidades de la Tierra.

E. Basados en la evidencia de los anillos de crecimiento de los árboles, otros registros naturales, y observaciones científicas hechas alrededor del mundo, la temperatura promedio de la Tierra es ahora más caliente de lo que ha estado en los últimos 1,300 años. Las temperaturas promedio han incrementado notablemente en los pasados 50 años, especialmente en la región del Polo Norte.

F. Los procesos naturales que mueven la variabilidad climática de la Tierra a largo plazo no explican la rapidez del cambio climático en las décadas recientes. La única explicación que es consistente con toda la evidencia disponible es que los impactos humanos están jugando un papel cada vez más importante en el cambio climático. Los cambios futuros en el clima pueden ser rápidos al compararse con los cambios históricos.

G. Los procesos naturales que remueven el dióxido de carbono de la atmósfera operan más lento cuando se comparan a los procesos actuales que los añaden a la atmósfera. Como consecuencia, el dióxido de carbono introducido en la atmósfera hoy puede permanecer allí por cien años o más. Otros gases de efecto invernadero, incluyendo algunos creados por los humanos, pueden permanecer en la atmósfera por miles de años.

5. Nuestra comprensión del sistema del clima se mejora a través de observaciones, estudios teóricos y estudios de modelización.

Leyenda: Un dispositivo de roseta que contiene 36 muestras de agua marina es recuperado en el Océano del Sur. Las muestras de agua marina de varias profundidades son analizadas para medir el balance del carbono oceánico.

Fuente: B. Longworth © 2008

<http://picasaweb.google.com/blongworth/CLIVARI6S?authkey=Luz6ZrXdXbE&feat=directlink#5259393575431923234.>

A. Los componentes y procesos del sistema climático de la tierra están sujetos a las mismas leyes físicas al igual que el resto del Universo. Por lo tanto, el comportamiento del sistema climático se puede entender y predecir a través del estudio cuidadoso y sistemático.

B. Las observaciones ambientales son la base para comprender el sistema climático. Instrumentos en las estaciones meteorológicas, boyas, satélites, y otras plataformas colectan datos sobre el clima desde el

fondo del océano hasta la superficie del Sol. Para aprender sobre climas pasados, los científicos utilizan registros naturales, tales como los anillos de crecimiento de los árboles, núcleos de hielo, y las capas sedimentarias. Las observaciones históricas, tales como el conocimiento indígena y los diarios personales, también documentan cambios climáticos del pasado.

C. Las observaciones, experimentos y teoría son utilizados para construir y refinar modelos computacionales que representan el sistema climático y hacer predicciones acerca de su comportamiento futuro. Los resultados de estos modelos conducen a una mejor comprensión de los enlaces entre el sistema océano-atmósfera y las condiciones climáticas e inspiran más observaciones y experimentos. Con el tiempo, este proceso iterativo dará como resultado proyecciones más confiables acerca de las condiciones climáticas futuras.

D. Nuestra comprensión del clima difiere de nuestra compresión del estado del tiempo en maneras importantes. La habilidad de los científicos para predecir los patrones climáticos meses, años o décadas en el futuro está restringido por diferentes limitantes que aquellos que enfrentan los meteorólogos al predecir el estado del tiempo días o semanas en el futuro.[1]

E. Los científicos han conducido investigaciones extensas acerca de las características fundamentales del sistema climático y esto permitirá que su comprensión continúe mejorando. Las proyecciones actuales del cambio climático son lo suficientemente confiables para ayudar a los humanos a evaluar posibles decisiones y acciones en respuesta al cambio climático.

[1] Basado en “Climate Change: An Information Statement of the American Meteorological Society,” 2007

6. Las actividades humanas están impactando el sistema climático

Leyenda: La sociedad depende grandemente en la energía que se genera por la quema de combustibles fósiles—carbón, petróleo y gas natural.

Fuente: A. Palmer, 2008

Library of Congress CALL NUMBER LC-USW36-376, reproduction number LC-DIG-fsac-1a35072 <http://en.wikipedia.org/wiki/File:AlfedPalmersmokestacks.jpg>

A. El consenso de los estudios científicos en el clima es abrumador e indica que la mayor parte del incremento observado en las temperaturas globales promedio desde la primera parte del siglo XX es muy probable que se deba a las actividades humanas, principalmente por el incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero que resultan de la quema de combustibles fósiles.

B. Las emisiones resultantes de la quema de combustibles fósiles desde el comienzo de la revolución industrial han aumentado la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Debido a que estos gases pueden permanecer en la atmósfera por cientos de años antes de ser removidos por procesos naturales, su influencia en el calentamiento se proyectará hasta el próximo siglo.

C. Las actividades humanas han afectado la tierra, los océanos y la atmósfera, y estos cambios han alterado los patrones globales del clima. La quema de combustibles fósiles, la descarga de químicos en la atmósfera, la reducción de la cobertura forestal, y la rápida expansión de la agricultura, el desarrollo, y las actividades industriales liberan dióxido de carbono en la atmósfera y cambian el equilibrio del sistema climático.

D. Hay una creciente evidencia que muestra que el cambio en muchos sistemas físicos y biológicos están relacionados al calentamiento global antropogénico.[3] Algunos de los cambios resultantes de las

actividades humanas han disminuido la capacidad del ambiente para sustentar varias especies y han reducido sustancialmente la biodiversidad del ecosistema y la resistencia ecológica.

E. Los científicos y economistas predicen que habrá tanto impactos positivos como negativos debido al cambio climático global. Si el calentamiento excede de 2 a 3°C (4 a 5°F) en el próximo siglo, las consecuencias de los impactos negativos probablemente serán mucho mayores que las consecuencias de los impactos positivos.

[2] Basado en IPCC, 2007: *The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I*
[3] Basado en IPCC, 2007: *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II*

7. El cambio climático tendrá consecuencias para el sistema de la Tierra y las vidas humanas.

A. El derretimiento de las capas de hielo y los glaciares, combinado con la expansión térmica del agua marina al calentarse el océano, está causando el aumento en el nivel del mar. El agua marina está comenzando a moverse hacia las áreas bajas y a contaminar las fuentes de agua dulce y está comenzando a sumergir instalaciones costeras e islas barrera. El aumento en el nivel del mar amplifica el riesgo de los daños a las casas y edificios por parte de las marejadas que acompañan a los huracanes.

B. El clima juega un papel importante en la distribución global de recursos de agua dulce. Cambiar el patrón de la precipitación y las condiciones de temperatura alterará la distribución y disponibilidad de los recursos de agua dulce, reduciendo un acceso confiable al agua para muchas personas y sus cultivos. La capa de nieve invernal y los glaciares que proveen agua para el uso humano están disminuyendo como resultado del calentamiento global.

C. Se proyecta que habrá un aumento en los eventos meteorológicos extremos como resultado del cambio climático. Muchos lugares tendrán un aumento sustancial en el número de olas de calor que se observan por año y probablemente una disminución en los eventos de frío severo. Se espera que los eventos de precipitación se vuelvan menos frecuentes, pero más intensos en muchas áreas, y las sequías se volverán más frecuentes y severas en áreas donde la precipitación promedio se proyecta que disminuya.[2]

D. La química del agua de los océanos está cambiando debido a la absorción del dióxido de carbono proveniente de la atmósfera. El aumento en los niveles de este gas en la atmósfera está causando que el agua del océano se vuelva más ácida, amenazando la supervivencia de especies marinas que construyen conchas y la completa red alimenticia de la cual ellos forman parte.

E. Los ecosistemas en la tierra y el océano han sido y continuarán siendo afectados por el cambio climático. Animales, plantas, bacterias y virus migrarán a nuevas áreas con condiciones del clima favorables. Las enfermedades infecciosas y algunas especies serán capaces de invadir áreas donde anteriormente no habitaban.

F. La salud humana y la tasa de mortalidad serán afectadas en diferentes grados en regiones específicas del mundo como resultado del cambio climático. Aunque se predice que las muertes relacionadas al frio disminuyan, se espera que otros riesgos aumenten. La incidencia y rango geográfico de enfermedades infecciosas sensitivas al clima—tales como la malaria, el dengue, y aquellas relacionadas a garrapatas (ácaros)—aumentarán. El rendimiento de los cultivos será reducido por la sequía, la calidad del agua y aire se degradarán, y habrá incremento de riesgos en zonas costeras y zonas bajas que contribuirá a condiciones insalubres, particularmente para las poblaciones más vulnerables.[3]

Leyenda: La Guardia Nacional de Iowa colocando bolsas de arena en un dique en Kingston, Iowa, para proteger alrededor de 50,000 acres de cultivos amenazados por las inundaciones.

Fuente: Guardia Nacional de Iowa foto por el Sgto. Chad D. Nelson
(http://www.iowanationalguard.com/PublicAffairs/Pictures/DSC_5336.JPG)