

Cambio Climático – *su registro en las rocas*

Ciencias de la Tierra para la sociedad



www.esfs.org
www.planetatierra.org

Prospecto de un tema clave para el Año Internacional del Planeta Tierra

¿Para qué es este folleto?

Este folleto es un prospecto de uno de los temas científicos fundamentales del Año Internacional del Planeta Tierra.

Aquí se describe, en términos accesibles, el por qué se ha sido escogido este tema en particular - el por qué la investigación que este Año espera apoyar bajo este tema, es de vital importancia para nuestra comprensión sobre el Sistema Tierra y la sociedad en su conjunto.

Este prospecto ha sido escrito por un panel de expertos mundiales reunidos por el comité del Programa de Ciencias del Año Internacional del Planeta Tierra.

Para saber más...

Para encontrar más acerca de otros temas de investigación, por favor consulta www.esfs.org ó bien www.planetatierra.org (sitios donde se podrán encontrar otras publicaciones en inglés y español respectivamente)

Qué hacer después...

Si eres un científico que deseas registrar tu interés inicial con la posibilidad de efectuar una propuesta de investigación bajo este tema, por favor ingresa al sitio: www.esfs.org y descarga el formato apropiado para la Expresión de interés (Ciencia) y sigue las instrucciones para el envío de este formato al Año Internacional. (Si no puedes encontrar un formato en este sitio, significa que todavía no estamos listos para recibir Expresiones de Interés - por favor continúa visitando el sitio)

Introducción – el registro en las rocas

Los cambios del sistema climático en el pasado terrestre están ‘escritos en las rocas’. La propiedades y naturaleza de las acumulaciones de polvo y hielo de los glaciares, de los sedimentos de lagos y océanos, la forma, tamaño y posición de los campos de dunas, de las terrazas fluviales, las secuencias de plantas fósiles y conjuntos faunísticos, las líneas costeras antiguas, los anillos de crecimiento de árboles, corales y formaciones de carbonatos de las cuevas; así como los registros arqueológicos y escritos de las sociedades antiguas; todos tienen elementos de la historia.

La historia de la raza humana y sus culturas debe mucho a la variabilidad de los climas del pasado. El entendimiento del clima en el pasado es un paso hacia la comprensión de cómo nos transformamos en lo que ahora somos. Y sin duda la conformación de nuestro futuro será fuertemente influenciada por el clima.

Los científicos que investigan la dinámica del Sistema Terrestre conocen su complejidad y los constantes ajustes que sufre. Ahora, por primera vez, una especie, el *Homo sapiens*, se ha convertido en el principal agente alterador del Sistema Terrestre y patrones climáticos. Los humanos somos también cada vez mejores en la observación y comprensión de la forma en la que alteramos estos patrones, en escalas relevantes para las regiones y sociedades en donde vive la gente. Para hacer esto de una forma efectiva, necesitamos entender la diferencia entre la variabilidad natural y la variabilidad debido a influencia humana – llamada en ocasiones variabilidad “antropogénica”. Sin embargo, esta clara distinción se irá progresivamente borrando conforme el tiempo avanza.

Los registros históricos revelan cuán importante son las relaciones entre océanos, atmósfera y cambios en la cubierta terrestre. Nuestras escasas observaciones de unas cuantas centurias de mediciones climáticas, contienen tan solo un pequeño rango de variabilidad climática. Nuestra habilidad para leer el registro en las rocas del pasado geológico se incrementa con los avances de la ciencia y la tecnología. Es vital sin embargo, que ejemplos representativos de los mejores archivos naturales se mantengan a salvo para la consulta de futuros científicos, que vendrán armados con entendimiento más profundo y mejores tecnologías de las que disponemos hoy en día.

Este documento plantea un conjunto de interrogantes que muestran como las ciencias de la Tierra contribuyen a un mejor entendimiento de los cambios climáticos y sugiere en dónde las futuras investigaciones contribuirán mejor al bienestar de la sociedad.



Interrogantes clave

¿Cuál es el esquema general de los patrones de cambio climático durante los últimos cuatro ciclos glaciares?

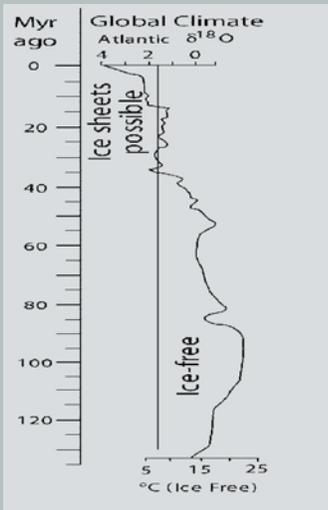
La Tierra, que tiene alrededor de 4600 millones de años, ha experimentado varios episodios glaciares y de efecto invernadero en el pasado. Desde la década de los 1960's ha sido posible aseverar que ha habido varios episodios de expansión del hielo en tan solo los dos últimos millones de años. El más reciente máximo glacial – hace tan solo 21,000 años – fue uno de los más severos, en el que varias regiones del norte de América, Europa y las altas regiones montañosas, fueron cubiertas por hielo. Las altas regiones desérticas, tales como las Meseta del Tibet estaban parcialmente cubiertas por hielo.

Los más recientes avances en la lectura de la información registrada en los fondos oceánicos, núcleos de hielo y polvo de los glaciares y secuencias de paleosuelos de la China Central revelan que, los principales eventos climáticos afectaron a la Tierra en su totalidad de forma simultánea. La mejor explicación para estas variaciones, son los cambios de la órbita terrestre alrededor del Sol.

La atención de los científicos se ha dirigido hacia el entendimiento de la construcción y colapso de los casquetes de hielo y en el reciente descubrimiento de la existencia de eventos rápidos, frecuentemente de muy corta vida (en escalas temporales de centurias a milenios). Los cuáles no pueden relacionarse con las variaciones orbitales, así que deben relacionarse con otros procesos del Sistema Terrestre. Estos rápidos e intensos cambios tendrían mayores efectos perturbadores en las sociedades y economías de nuestros días si sucedieran actualmente .

Nuevos esfuerzos están siendo dirigidos hacia la investigación de las conexiones entre los fenómenos. Por ejemplo, cómo los eventos que empiezan en el Atlántico del norte, parecen también tener efectos en el este de Asia? ¿Cuál es la relación entre las variaciones de los diferentes sistemas de monzones? ¿Cómo podrían los cambios en uno alterar la dinámica de los otros?

Cada máximo glacial ha estado asociado con niveles del nivel del mar más bajos que los que actualmente vemos. En algunos casos, amplias plataformas han estado expuestas presentando nuevas rutas de migración para animales, plantas y gente, así como también obstruyendo el flujo del agua de mar entre los océanos Índico y Pacífico. Las plataformas continentales expuestas también han incrementado el área disponible para la producción natural de gases de efecto invernadero. La interpretación de los registros arqueológicos y de la diseminación de los humanos, ciertamente debe considerar la historia de los cambios del nivel del mar.



Source M. Coffin,



¿En qué ha consistido la variabilidad climática durante los últimos 1000 años?

El clima varía en cuanto a temperatura, precipitación y frecuencia de eventos extremos tales como sequías, tormentas e inundaciones. Estos factores pueden afectar negativamente la productividad de los sistemas naturales y agrícolas, la frecuencia de incendios forestales, la calidad del agua e infringir daño a las propiedades e infraestructura.

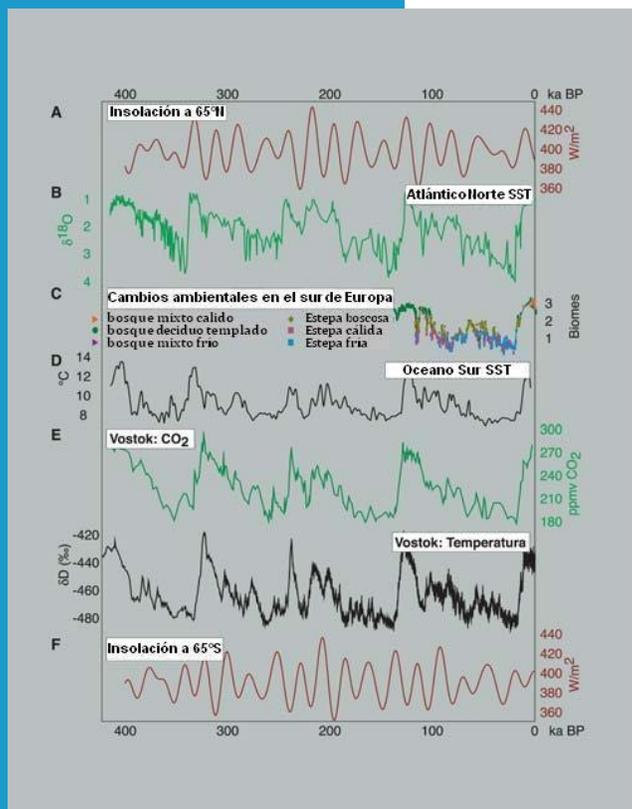
La perspectiva emergente de los registros climáticos de largo alcance es importante para las sociedades modernas porque proveen una base de entendimiento de las tendencias recientes y sus potenciales causas. El inicio del Holoceno (hace aproximadamente 10,000 años) fue un periodo por largo tiempo libre de la influencia humana en los sistemas climáticos. Este es también el tiempo cuando la agricultura se inició, aparentemente en diversos lugares (e.g. en el Levante, en los valles de los Ríos Yangtze y Amarillo). Hace alrededor 5-6000 años, los sistemas agrícolas se distribuyeron ampliamente en el Este y Oeste del continente Euroasiático.

Esta gráfica muestra diversos registros indicando cambios climáticos sincrónicos durante los cuatro últimos ciclos glaciales (Alverson et al. 2003).

El registro geológico nos dice que todos estos cambios fueron acompañados por amplias deforestaciones, incremento en los patrones de quema, usuales aumentos de las tasas de erosión, así como también por la construcción de pequeñas obras de ingeniería para atrapar o disminuir el agua excedente de las regiones naturales.

Los humanos para este tiempo se habían convertido en una seria influencia en los procesos del paisaje a escalas regionales, pero probablemente no al extremo de causar modificaciones climáticas como ahora está teniendo lugar. La expansión de la agricultura de inundación, a mediados del Holoceno, pudo haber llevado a la emisión de metano que es gas de efecto invernadero, siendo éste un momento de impacto importante en la química de la atmósfera, al cambiar su capacidad para retener calor y agua.

Registros de alta resolución del pasado reciente pueden ser obtenidos de los anillos de crecimiento de árboles vivientes de larga vida, núcleos de hielo glaciar (en los que cada capa es equivalente a la caída de nieve anual) y los sedimentos laminados de lagos (lacustres). Todos estos registros son sensitivos a escala anual (y aún más detallada) para reconstrucciones de cambios climáticos. Los juegos de datos para esto aún son pocos, los más conocidos constituyen las reconstrucciones de las temperaturas medias de los últimos 1000 años para las latitudes medias a altas del hemisferio norte. El cubrimiento es pobre para los trópicos y el hemisferio sur, pero el potencial está ahí para ser descubierto.



● **Muchas grandes civilizaciones**

han colapsado por muy

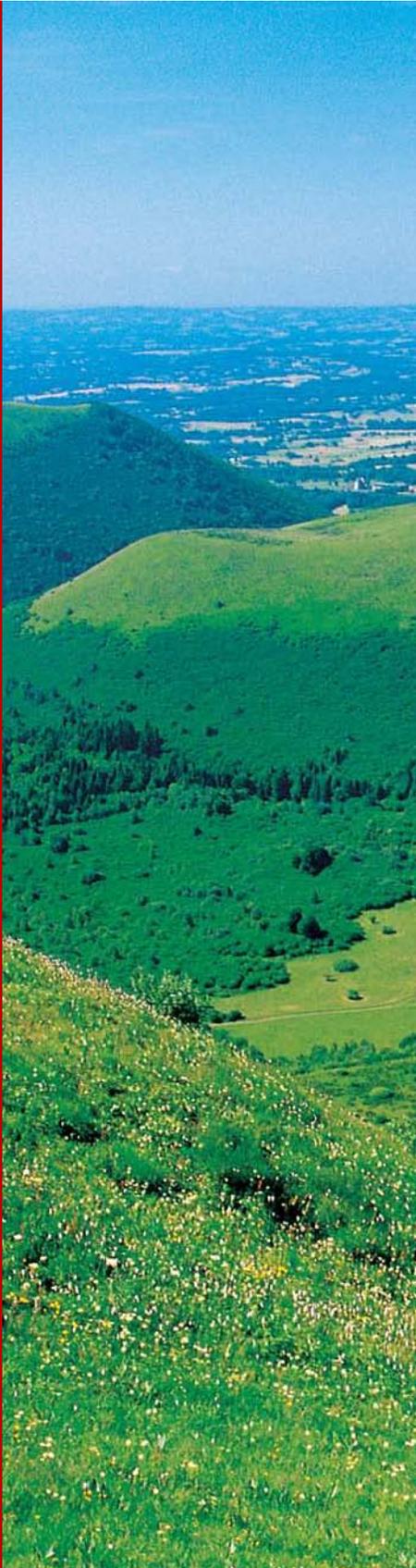
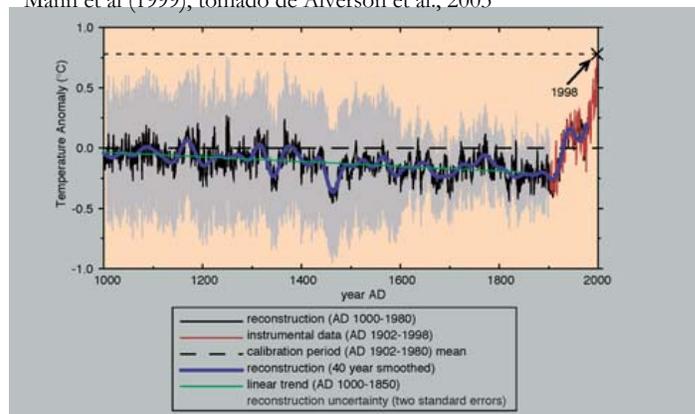
diversas razones ●

El registro del hemisferio norte muestra temperaturas relativamente templadas durante finales del siglo 11, 12 y hasta muy al principio del siglo 14. A partir de inicios del siglo 14 hasta el 19 las temperaturas medias fueron más frías que actualmente. Estos periodos están generalmente apoyados por datos históricos y son frecuentemente referidos como el Periodo Cálido Medieval y la Pequeña Edad de Hielo, respectivamente. Los registros históricos muestran su importante efecto en las sociedades. En los periodos cálidos la producción del trigo se realizó en áreas más al norte y la producción de vino fue posible en estaciones más tempranas. En la Pequeña Edad de Hielo las tasas de enfermedades y declive agrícola en áreas marginales fueron significativas. En muchos casos las anomalías térmicas fueron de no más de 0.2 a 1°C con respecto de la primera parte del siglo 20. Estos pequeños cambios en la temperatura media y su impacto son una referencia de aviso para los escépticos que soslayan cualquier significado para los cambios de 1 a 5°C proyectados para los próximos 50 a 100 años. La segunda mitad del siglo 20 destaca por ser un periodo particularmente cálido.

¿Qué fue lo que causó estos cambios? Existen algunas sugerencias de que la variabilidad solar causó algunas de las tendencias de largo término, pero el calentamiento reciente no tiene precedentes. Muchas series de datos como las que hemos mencionado, muestran que el clima global se está moviendo hacia un territorio no visto durante los últimos 10,000 años y probablemente por un periodo más largo. Para explicar las tendencias vistas en los últimos 10,000 años se han invocado tanto la variabilidad de energía proveniente del Sol, como las cantidades de gases volcánicos emitidos y de la ceniza en la atmósfera, así como los cambios en la circulación oceánica, ninguna de estas causas puede explicar el aumento en las tendencias del último siglo. La idea de que hay una fuerte influencia de la actividad humana en los cambios climáticos recientes se está ahora imponiendo dados la deforestación extensiva, el aumento de construcciones, las emisiones producidas por el hombre, todo ello con una fuerte influencia en el calentamiento de la Tierra.

A pesar de todo esto, nosotros todavía necesitamos entender la importancia relativa de la influencia humana versus la natural en los sistemas climáticos, si es que queremos alguna vez comprender de donde está viniendo la variabilidad observada. La variabilidad climática ha tenido un impacto significativo en la vida de la gente. La investigación de variaciones naturales tales como El Niño y el polvo volcánico en la atmósfera deben tener una alta prioridad, ya que ello ayudará a revelar los mecanismos por los cuales la variabilidad climática ocurre en escalas de tiempo que son relevantes para las sociedades humanas.

Temperaturas del hemisferio norte durante el último milenio.
Mann et al (1999), tomado de Alverson et al., 2003



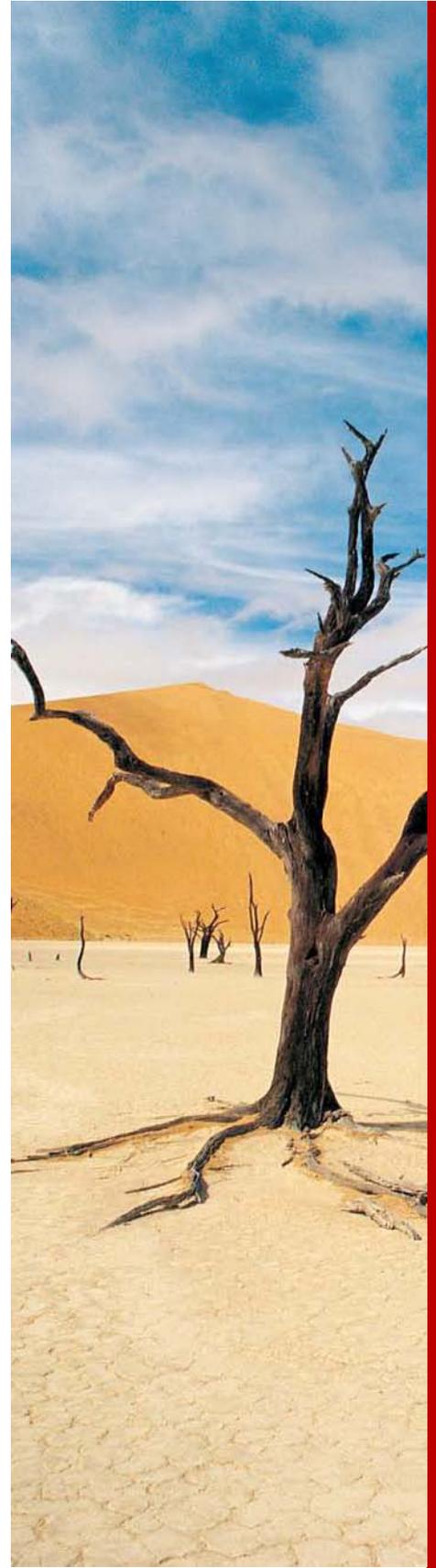
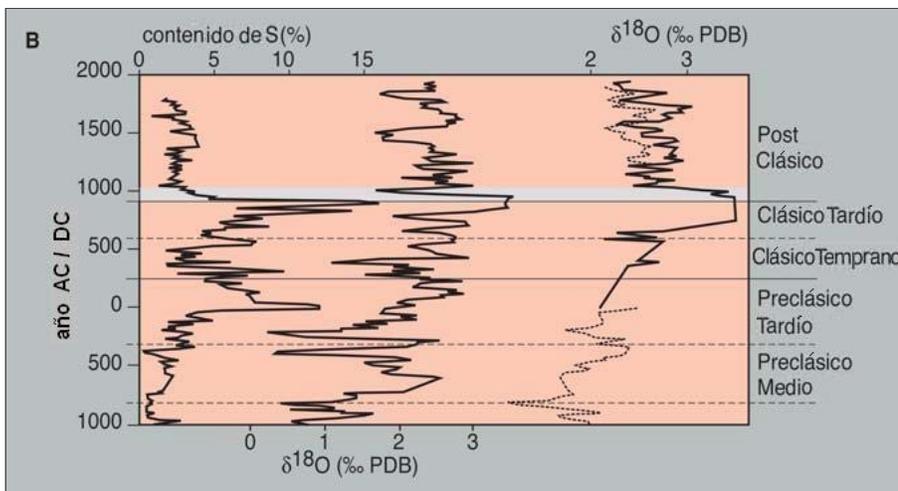
¿Qué impacto han tenido los cambios climáticos en las sociedades?

Muchas grandes civilizaciones han colapsado por una gran variedad de causas, incluido el clima. La sequía pudo haber sido la responsable para el colapso de las culturas Harrappan, del norte de la India, Maya de América Central y Hohokam de Arizona.

En otras partes del mundo demasiada agua es lo que ha sido problema. En el Río Yangtze por ejemplo, las máximas cargas ocurren cuando grandes avenidas de agua provenientes de la meseta Tibetana, coinciden con las lluvias de monzones de verano. Inundaciones serias ocurren cada pocos años causando pérdidas de vidas, cosechas y propiedades - aunque estos mismos flujos proveen también de sedimentos ricos en nutrientes frescos. Durante el Holoceno la gente ha batallado elevando las aguas con trabajos de ingeniería y donde éstos fallaban, el fracaso en las cosechas de arroz ha llevado a grandes dificultades. Mientras tanto en el valle del Río Amarillo, una combinación de variabilidad climática y presión en el uso de la tierra ha llevado a la desertificación en el noroeste y en un retroceso de los asentamientos humanos hacia el sureste. La desertificación continúa actualmente y el gobierno chino sigue reubicando gente y ganado.

Al conjuntar los grandes juegos de datos sobre los cambios ambientales y la historia de las sociedades, se podrán tener debates de calidad en cuanto ocurrencia de innovaciones tecnológicas y formación de primeros estados e incluso puede ayudarnos a entender los rencores y animadversiones que por largo tiempo han existido entre las poblaciones del Medio Oriente, África del este y de muchos otros lugares.

Clima y cambios culturales asociados (tomado de Alverson et al. 2003).



Las actividades humanas han producido cambios en la química de la atmósfera y cobertura terrestre, con ello han causado una seria disminución de la biodiversidad



¿Quién está detrás del Año Internacional?

La propuesta del Año Internacional del Planeta Tierra, iniciada por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, de sus siglas en inglés), fue inmediatamente aprobada por la División de Ciencias de la Tierra de la UNESCO y posteriormente por el Programa Internacional de Geociencias (IGCP, de sus siglas en inglés), propuesto conjuntamente por la UNESCO-IUGS

La meta final del Año Internacional es demostrar el gran potencial de las Ciencias de la Tierra para tender los cimientos de una sociedad más sana y más rica, como explica el subtítulo del año: Ciencias de la Tierra para la sociedad.

¿Cómo funcionará?

Para obtener el máximo impacto político posible, el equipo IUGS- UNESCO tiene el objetivo de proclamar el Año Internacional a través del sistema de las Naciones Unidas, señalando para ello al año 2008. Este ambicioso programa no puede sin embargo ser implementado en doce meses. Nosotros esperamos que las actividades del año empiecen en 2007 y culminen en 2009.



- La modificación de los ciclos biogeoquímicos
- conduce a retroalimentaciones complejas
- en estos ciclos

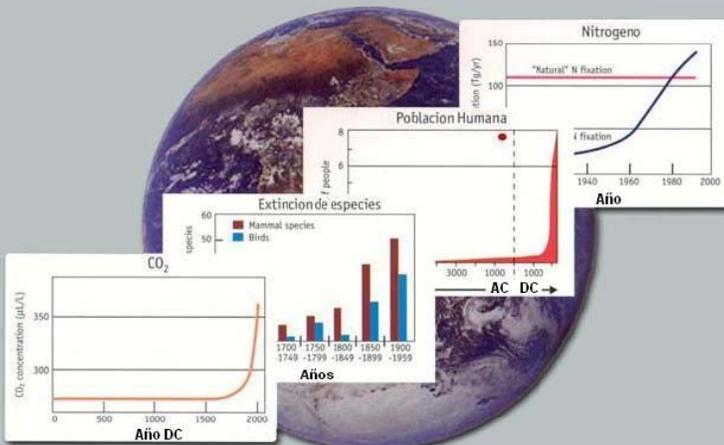


¿Cuál es el papel de las actividades humanas en las modificaciones climáticas?

Nosotros sabemos que las actividades humanas han conducido a cambios en la química atmosférica y en la cobertura terrestre, causando serias disminuciones en la biodiversidad. Adicionalmente cientos de nuevas sustancias químicas sintéticas han sido producidas y su papel en la atmósfera aún no está plenamente comprendido. Muchos sistemas lacustres, por ejemplo se han convertido de aguas ácidas como consecuencia directa de emisiones de gases industriales en los pasados 150 años. La modificación de los ciclos biogeoquímicos conduce a retroalimentaciones complejas en ellos, estos son los elementos claves de los sistemas climáticos y consecuentemente de la actividad económica y seguridad de agua y alimentos.

Una de las formas en que podemos monitorear las modulaciones del clima por los humanos es estimar las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de las actividades humanas. Podemos estimar las cantidades de estas emisiones, pero no podemos identificar dónde es que terminan. ¿Acaban atrapadas en el suelo, incorporadas en la cubierta forestal? ¿El océano ha recibido muchas de estas emisiones ó todas?, ó ¿acaso hay otros factores involucrados? La figura 7 intenta separar los factores humanos de los naturales que recientemente se ha observado llevan al cambio climático.

Las contribuciones climáticas relativas de la cobertura terrestre y cambios en la química atmosférica, aún deben ser trabajadas para su mejor comprensión. Las investigaciones prioritarias en esta área requieren de estudios acerca de los procesos tanto biológicos, como los de la ciencia del suelo (pedología) y los de la oceanografía, mismos que involucran monitoreo automático, sensores remotos y verificación de campo; en otras palabras, la verificación necesaria de la realidad de los campos de estudio concretos. Adicionalmente también arrojarían más detalles, los estudios de química de sedimentos en sitios con altas tasas de depósito.

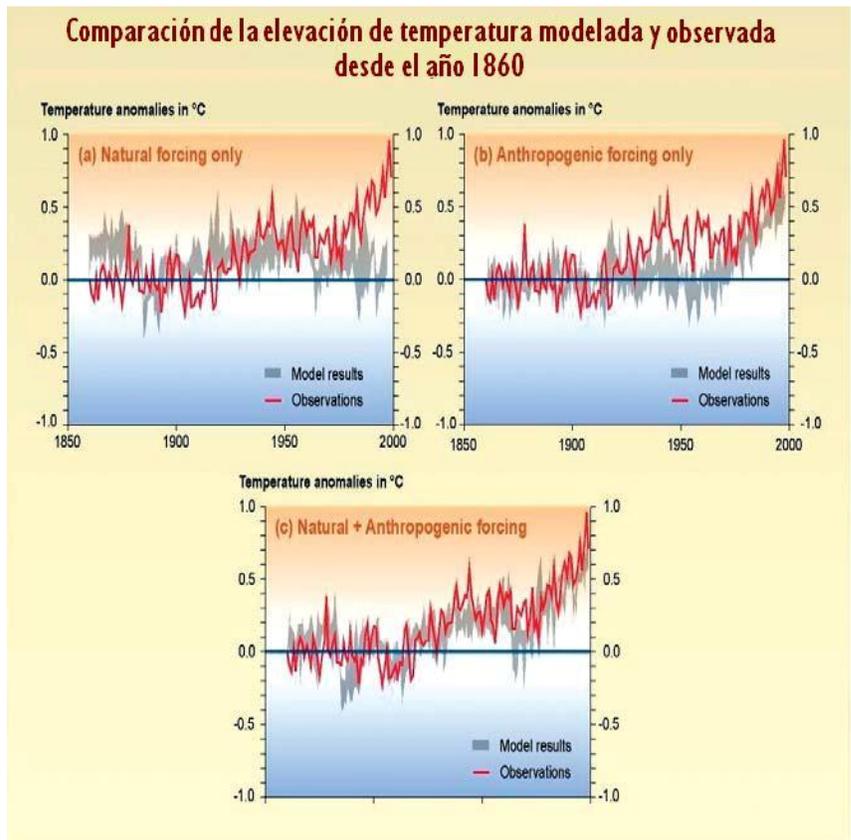




¿Cuál es el papel de los modelos de predicción de los climas futuros y cómo podemos asignarles su mérito?

La simulación de modelos parece ser la mejor forma de dirigir las predicciones climáticas. Estos modelos usan ecuaciones matemáticas para describir el mundo físico y las retroalimentaciones dinámicas entre el océano, atmósfera y cobertura terrestre. Los valores de salida de estos modelos están comprometidos por nuestra comprensión de los sistemas terrestres, el grado con el cual la realidad puede ser descrita por las funciones matemáticas y el poder de las computadoras para realizar los cálculos necesarios. Alrededor de 25 modelos de simulación climática global son comúnmente usados hoy en día. Cuando ellos se corren generalmente generan pronósticos que difieren en un grado pequeño a mayor. Esto refleja las dificultades de la integración de los elementos físicos en una forma significativa y la sensibilidad de muchos elementos de los sistemas en los que pequeños cambios pueden ser ampliamente magnificados, como lo muestran los registros geológicos.

Recientemente se han desarrollado sistemas integrales que relacionan el clima, la economía, la demografía, las emisiones industriales y los modelos de ecosistemas agrícolas y naturales. Los mejores sistemas permiten lazos de retroalimentación entre los diferentes modelos, de tal forma que los cambios en una parte del sistema pueden ser seguidos dinámicamente a otros sistemas. Un gran esfuerzo en los modelos es su habilidad en integrar datos de varias fuentes y sostener nuestro



● **Los modelos de simulación parecen
ser la mejor forma de dirigir
las predicciones climáticas** ●

Programa Científico

Un panel de 20 eminentes geocientíficos de todas partes del mundo coincidieron en una lista de 9 amplios temas científicos - Agua del subsuelo, Riesgos, Tierra & Salud, Clima, Recursos, Mega-ciudades, Interior Profundo de la Tierra, Océano y Suelos.

El siguiente paso es identificar los tópicos científicos sustantivos con entregas claras dentro de cada tema amplio. Un equipo para elaboración de textos clave ha sido ahora establecido para cada tarea de trabajo con un plan de acción. Cada equipo producirá un texto que será publicado como un tema prospecto como éste.

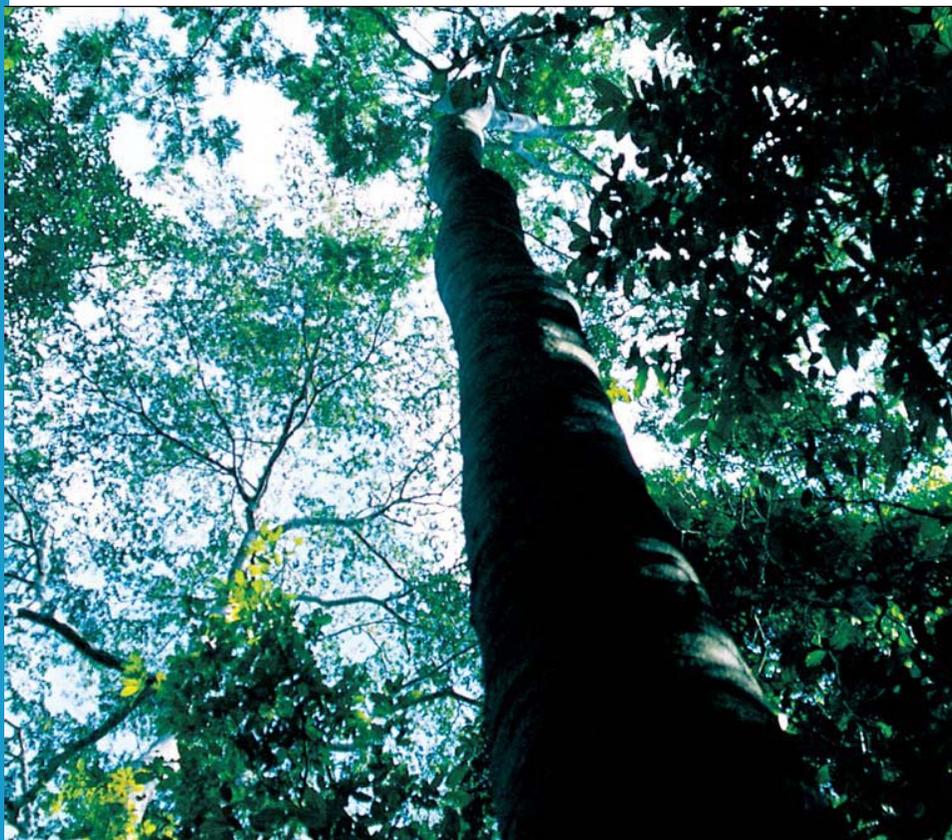
Una serie de grupos de implementación serán entonces creados para establecer el trabajo bajo nueve programas en movimiento. Se hará cada esfuerzo para involucrar especialistas de países con particular interés en (y necesidad para) estos programas.

Para mayor información -
www.esfs.org

movimiento hacia una mejor comprensión del Planeta Tierra. Nosotros deberíamos hacer nuestro mejor intento para hacer modelos que encajen en la realidad ya que el beneficio que se obtendría de la funcionalidad de estos sistemas sería un paso gigantesco en el desarrollo de planeación de aproximaciones sensatas y algunas aproximaciones sustentables con la actividad humana.

Un régimen de comprobación independiente necesita ser desarrollado para identificar los mejores modelos y las formas de hacerlos aún mejores. Una forma de hacer esto inicializar modelos con condiciones límite para ventanas de tiempo selectas en el pasado. Esto incluye parámetros de la órbita terrestre, concentraciones de gas invernadero, cargas de aerosol atmosférico, cambios en las líneas de costa y nivel del mar, cobertura de hielo, etc., tal como se lee de los registros en las rocas – el registro geológico en sí mismo. Las simulaciones climáticas para ventanas selectas de tiempo pueden ser generadas y comparadas con juegos de paleodatos regionales que hayan sido usados para inferir las condiciones climáticas del pasado.

Las investigaciones prioritarias deben incluir mejores series de datos con mejor cubrimiento geográfico, especialmente en el hemisferio sur y los trópicos, en primera instancia ellas deberían enfocarse en las regiones climáticas más sensitivas. Esto serviría para mejorar tanto la ciencia de los modelos como de los paleodatos e incrementaría la confianza de la sociedad en predicciones significativas del clima global.



● Los geocientíficos tienen
 un registro identificado del estudio
 de los climas del pasado ●

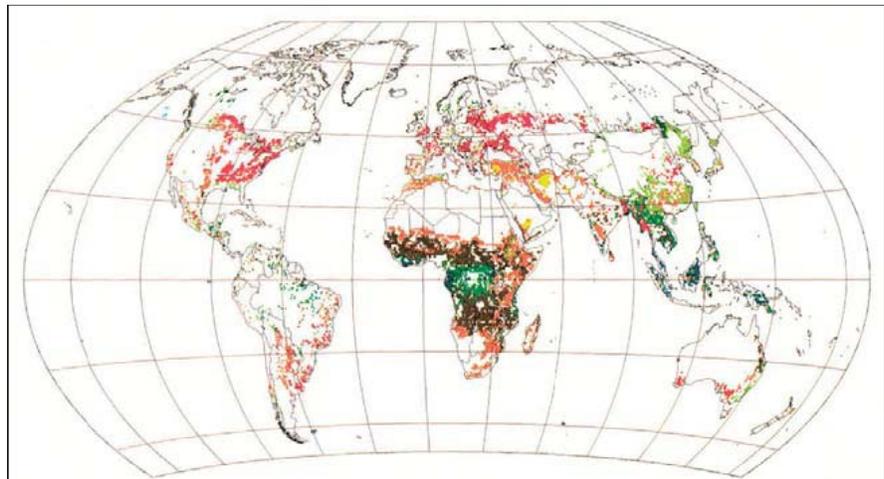
¿Qué hay acerca del futuro y el futuro probable en las trayectorias climáticas?

El clima futuro impactará en la seguridad alimentaria y en la agricultura, en la calidad y aprovisionamiento del agua, en la frecuencia de tormentas y ciclones, en la estabilidad de las líneas costeras, en la biodiversidad y en el futuro de los recursos biológicos. El desarrollo de los modelos climáticos reducirá el grado de incertidumbre en las predicciones climáticas regionales. Sin embargo solo el registro geológico puede revelar el amplio rango de la variabilidad del sistema Tierra y en primera instancia descansa una capa de prueba para verificar si las simulaciones son razonables.

Los geocientíficos tienen registros identificados del estudio del pasado climático y sistemas terrestres, frecuentemente asociados con el estudio de las relaciones entre ambos. La sociedad puede también pedirles que enfoquen parte de su agenda de investigación en identificar cómo una variedad de escenarios, los cuáles directamente afectan las posibilidades de vida de la gente, se sortearán en estos sistemas. Buenos liderazgos conducirán a la toma de decisiones informadas y a la elaboración de planeaciones prudentes. Los geocientíficos podrían ser demandados para hacer predicciones de cualquier potencial y sorpresas ambientales. Un conocimiento profundo del sistema terrestre mejorará las posibilidades de llevar a cabo esto.

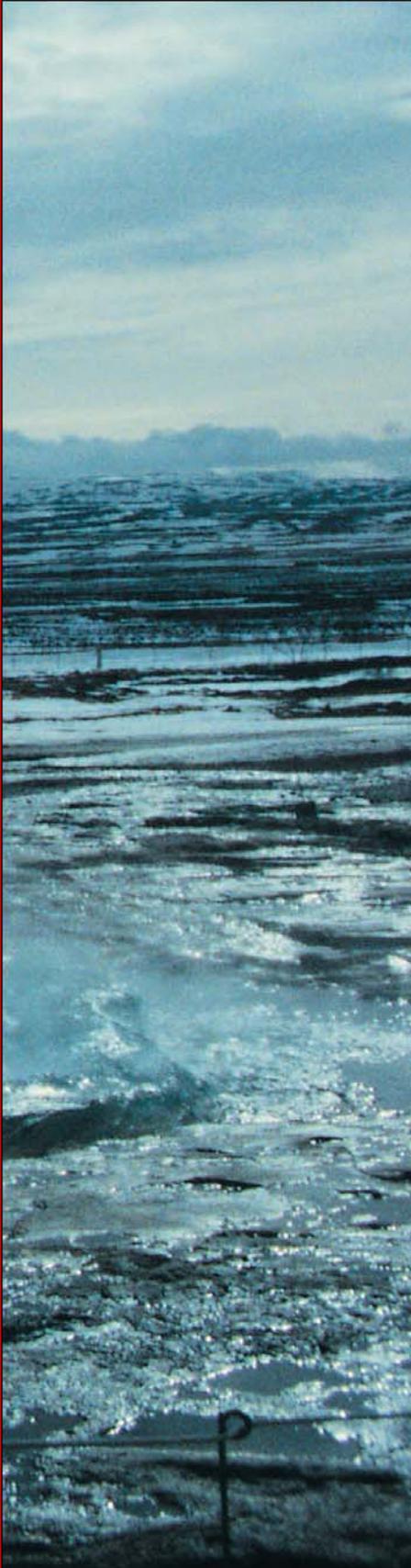
Podría ser apropiado recordar un viejo proverbio chino:

Las cosas serán diferentes DESDE hoy.... y haremos las cosas de forma diferente.... así como siempre lo ha sido y SIEMPRE lo será.



- Bosques templados
- Pastizales
- Desiertos
- Sabana
- Selva caducifolia
- Selva húmeda perennifolia
- Humedales, manglares
- Hielo
- Tundra
- Bosques boreales

Diagrama IPCC mostrando los posibles cambios en vegetación bajo un escenario de aumento al doble del CO₂ atmosférico





Sumario de la Agenda de Investigación

- Incrementar nuestro conocimiento de los patrones climáticos y ambientales durante los últimos dos ciclos glaciares.
- Identificar como las condiciones glaciares se desarrollaron y declinaron.
- Identificar la frecuencia y las causas de los eventos abruptos en el registro geológico.
- Una mayor expansión de las series de datos de alta resolución, especialmente en los trópicos y el hemisferio sur.
- Una mejor comprensión de la máquina de calentamiento tropical y como se relaciona con la variabilidad climática en las zonas templadas.
- Estudios paleoambientales dirigidos a aquéllos lapsos alta calidad de registros arqueológicos, especialmente a aquéllos donde han tenido lugar cambios culturales.
- Estudio de procesos biológicos, geológicos, pedológicos y oceanográficos (incluyendo monitoreo, sensores remotos, registros del subsuelo a través de estudios de campo donde sean apropiado), para identificar las relaciones entre el clima y el cambio en los sistemas. Estos estudios deberían incluir un enfoque hacia la variabilidad en los flujos del carbón, dado que esto puede ser útil en la comprensión de si el clima cambiará o no de nuevo hacia un periodo glacial.
- Con el fin de arrojar luz al calentamiento global y posibles alzas del nivel futuro del mar, deberían localizarse aquéllas localidades en el mundo influenciadas por subsidencia o levantamiento con el fin de hacer estudios comparativos.
- Patrocinio de proyectos cooperativos de investigación entre los científicos dedicados a desarrollo de modelos y los dedicados a manejo de paleodatos.
- Avances técnicos en metodologías cronológicas.
- Análisis de datos instrumentales y biofísicos para descubrir las interrelaciones, sensibilidad, inercia y rezagos entre los sistemas a través de las regiones.
- Mesas de trabajo con diversos investigadores clave invitados para priorizar y desarrollar la agenda de investigación.

Solo una Tierra

La raza humana necesita su planeta. Dependemos de él completamente, porque evolucionamos a partir de él permanecemos para siempre como parte de él y podemos existir solo por cortesía del sistema auto sustentable de la Tierra

Entre más aprendemos, más comprendemos que debemos cultivar a la Tierra como lo hacemos con nuestros hijos, por nuestro propio bien

Ciencias de la Tierra - una llave a la sustentabilidad

Los geocientíficos han desenmarañado muchos de los secretos de la Tierra y han hecho un gran progreso en la comprensión de la forma en que funciona nuestro planeta.

Sin embargo, esta información frecuentemente no es usada de forma apropiada. Con frecuencia construimos en los sitios equivocados y explotamos recursos insustentables, a pesar de que ahora podemos predecir muchos tipos de riesgos naturales con considerable precisión. Actuamos como si todavía fuésemos ignorantes, cuando la clave para una mejor vida descansa en nuestras manos.

Los geocientíficos del mundo están listos y preparados a asistir a la sociedad para que la llegue a un ambiente más seguro, sano y de bienestar para todos.



Equipo de escritores

John Dodson (University of Western Australia; líder),
Keith Alverson (IGBP PAGES),
Yuan Daoxian (Karst Dynamics Laboratory,
Guilin, Chinese Academy of Geological Sciences),
Jens Wiegand (University of Würzburg),
Wyss Yim (University of Hong Kong),
Ted Nield (Geological Society of London)

Traducción al español **Cecilia I. Caballero M.**
Ana M. Soler A., Jaime Urrutia F
(Instituto Geofísica UNAM)

Edición original Ted Nield
Edición presente versión Cecilia I. Caballero M.

Ilustraciones Ted Nield,
www.geolsoc.org.uk
Diseño original André van de
Coördesign, Leiden

© Agosto 2004,
Fundación Ciencias de la Tierra para la Sociedad
(Earth Sciences for Society Foundation),
Leiden, The Netherlands



United Nations Educational Scientific
and Cultural Organisation

Patrocinadores

Sociedad Geológica de Londres
Unión Geográfica Internacional
Programa Internacional de la Litosfera
Unión Internacional de Geodesia y Geofísica
Unión Internacional de Ciencias del Suelo
Instituto Holandés de Geociencia Aplicada TNO

www.esfs.org
<http://planetatierra.org>



Año Internacional del Planeta Tierra

IUGS Secretariat
Servicio Geológico de Noruega
N-7491 Trondheim
NORUEGA
T + 47 73 90 40 40
F + 47 73 50 22 30
E iugs.secretariat@ngu.no

www.yearofplanetearth.org
www.planetatierra.org