

OSCURECIMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO: ¿UN DÚO DINÁMICO PERVERSO?



Eudes Zambrano

COOPERATIVA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL
ESTRABÓN 72 R. L.



COOPERATIVA
GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL ESTRABÓN 72 R. L.

MÉRIDA - VENEZUELA

Tel. (0274) 263 22 54

03/10/2009

1. Introducción

Una atmósfera rica en oxígeno, temperaturas moderadas, agua abundante y una composición química variada permiten a la Tierra ser el único planeta conocido que alberga vida. Pero la destrucción de la biodiversidad, motivada por el uso intensivo del espacio geográfico planetario, está poniendo en peligro nuestra única casa y “nave espacial”.

Al hablar de **oscurecimiento global** (OG) nos estamos refiriendo a el fenómeno atmosférico señalado hace años por científicos rusos, cuando Alexander Minin (citado en Wikipedia, 2009), del instituto Ruso de Ecología Global, reportó en una revista que comprobó una reducción del 3% la cantidad de luz solar que ha llegado a la Tierra en una década, estimada a partir de observaciones indirectas. También hizo mediciones fotométricas precisas en varias partes de Rusia, pero no pudo precisar el enfriamiento ambiental ya que éste era enmascarado por el calentamiento producido por los gases de invernadero. Es evidente que también sucede al revés, y ahora se sabe que las mediciones por el cambio climático han sido entorpecidas por el OG.

Los israelíes, al igual que los rusos, también han hecho mediciones desde hace cuarenta años con las pesquisas de la intensidad de los rayos del sol (radiación solar) sobre Israel, con fines de manejo de los sistemas de regadío agrícola nacional, quienes han comprobado una caída de la cantidad (22% de la energía solar, desde 1950) de la luz solar que recibía Israel. Pero estos resultados fueron ignorados, al igual que en Alemania, donde habían observado que estaba pasando lo mismo en los Alpes Bávaros, reportando resultados similares. (Ver video *Online* en: New Divx, 2009).

El oscurecimiento global se estaría generando al acumularse en las capas altas de la atmósfera partículas diminutas, provenientes en su mayor parte de la actividad industrial, la combustión de los motores o el uso de aerosoles, aunque sin olvidar agentes naturales como las cenizas de los incendios forestales o de las erupciones volcánicas. Algunos científicos han

apuntado también a las estelas de humo de los aviones como otra posible causa más, la cual tuvo la oportunidad –dramática- de ser evidenciada por el científico David Travis en 2001 (New Divx , 2009), cuando tras el atentado de las “Torres Gemelas” neoyorkinas, reportó una variación inusual de la temperatura en tan sólo tres (3) días de impresionante cielo despejado, tiempo en que estuvieron cerrados los aeropuertos estadounidenses.

El fenómeno se produciría porque las nubes pueden reflejar en mayor o menor medida la luz solar dependiendo de la cantidad de ciertas partículas. De esta forma, la contaminación atmosférica habría aumentado su número, por lo que la cobertura nubosa de la Tierra devolvería al espacio más luz solar que antes.

Esta disminución de la cantidad de luz estaría afectando a procesos naturales, como la fotosíntesis, lo que provocaría que las plantas produjesen menos oxígeno y procesasen menos dióxido de carbono (CO₂), acelerando el cambio climático . Asimismo, un estudio del Instituto Scripps de Oceanografía (citado en Wikipedia, 2009) sugiere que el OG también estaría debilitando el ciclo del agua en el planeta, reduciendo así la lluvia y poniendo en peligro las reservas de agua dulce.

En cualquier caso, diversas investigaciones también han detectado a partir de los años 90 una inversión del fenómeno. Por ejemplo, los análisis de los datos recientes tomados por la Red de Radiación a Nivel de Superficie (BSRN en sus siglas inglesas) revelan que la iluminación de la superficie del planeta habría aumentado en un 4% en la pasada década. Algunos científicos apuntan a la prohibición del uso de aerosoles por parte de los países desarrollados como responsable de ello. (Wikipedia, 2009).

El OG no es entonces el único fenómeno que no encaja con el calentamiento global, en vista de que el decaimiento global de agua, conocido como “tasa de evaporación de bandeja” –la cantidad de agua que se añade a una bandeja para reponer el agua que había el día anterior, la cual es reportada desde 1990 en merma-, ha sido estimada por los científicos

australianos como en disminución, llegando a la conclusión de que la energía de los fotones de los rayos solares (la intensidad de la radiación solar) era menor, por lo que a pesar del aumento de la temperatura por el CC, la evaporación disminuía. En Australia, unieron los dos conceptos: el de la caída en la tasa de evaporación con el descenso de la intensidad solar. Ahora, ya no había la menor duda de que se estaba produciendo un oscurecimiento global, corroborándose lo mismo que en Rusia, EE.UU., Europa oriental y la India.

Por lo tanto, además de un oscurecimiento, el fenómeno también provocaría una reducción de las temperaturas en todo el planeta. Según algunos expertos, como Beate Liepert (citado en Wikipedia, 2009) de la Universidad de Columbia, no resultaría contradictorio con el aumento de las temperaturas inducido por el calentamiento global, sino que más bien los efectos del OG habrían estado enmascarando los datos, y por lo tanto, las consecuencias del cambio climático podrían ser mucho más catastróficas de lo que se predice con las actuales estimaciones. Por ello, diversos expertos coinciden en que el calentamiento global y el OG están relacionados, siendo su principal causante la contaminación atmosférica, por lo que para combatirlos conviene atacarlos en su conjunto.

No obstante, la complejidad de estos fenómenos impide realizar afirmaciones con rotundidad, y se requiere por tanto un mayor número de investigaciones a partir de métodos más precisos de medición y análisis. Por ejemplo, sólo se poseen datos para la superficie terrestre, por lo que se desconoce si se está o no produciendo un oscurecimiento sobre los océanos. (Wikipedia, 2009), aunque ya se están haciendo evaluaciones al respecto.

En conclusión, no podemos obviar, al hablar del fenómeno del OG, necesariamente el **efecto invernadero**, la **variación solar**, los **cambios globales** de orden natural y los cambios que han generado las actividades humanas tanto en el uso de la tierra como de sus recursos y, consecuentemente, en la circulación general de la atmósfera, que probablemente causará complejos impactos regionales en los patrones del sistema atmosférico y, consecuentemente, **cambios climáticos**.

Ciertamente, aunque es el principal sospechoso, el hombre no es el único culpable del humo ambiental, pues algunos incendios forestales son espontáneos y una erupción volcánica es un fenómeno geológico natural e incontrolable, que se ha producido extensamente en los primeros milenios del planeta en formación, causando el necesario OG y el consecuente enfriamiento para climatizar y permitir la aparición de la vida. Ahora son menos frecuentes, con un planeta esencialmente asentado, pero a veces algunas erupciones espectaculares dejan una marca duradera. Por ejemplo, la del Krakatoa en 1883 hizo bajar la temperatura planetaria más de un grado durante cinco años. Esto, sin olvidar el caso del OG causado por la polvareda levantada por el impacto del asteroide que cayó en Yucatán hace 65 millones de años, causando la pérdida de gran parte de la vegetación y la consecuente extinción de los dinosaurios.

2.- La Composición Atmosférica

2.1.- El Calentamiento Global: Un poco de Historia

Los geólogos creen que la Tierra experimentó un calentamiento global durante el Jurásico inferior con elevaciones medias de temperatura que llegaron a 5 °C. Ciertas investigaciones indican que esto fue la causa de que se acelerase la erosión de las rocas hasta en un 400%, un proceso en el que tardaron 150.000 años en volver los valores de dióxido de carbono a niveles normales. Posteriormente se produjo también otro episodio de calentamiento global conocido como “máximo termal” del Paleoceno-Eoceno. (Wikipedia, 2009).

Arrhenius (citado en Wikipedia, 2009) estimó el incremento de la temperatura del planeta cuando se doblara la concentración de dióxido de carbono de la atmósfera. Fijaba un incremento de 5°C y otorgaba una valoración positiva a este incremento de temperatura porque imaginaba que aumentaría la superficie cultivable y que los países más septentrionales serían más productivos.

En las décadas siguientes las teorías de Arrhenius fueron poco valoradas, pues se creía que el CO₂ no influía en la temperatura del planeta y el efecto invernadero se atribuía exclusivamente al vapor de agua. El 19 de mayo de 1937, 35 años después de que Arrhenius publicara su teoría, Callendar (citado por Wikipedia, 2009) publicó "*The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature*" (*La producción artificial de dióxido de carbono y su influencia en la temperatura*), tratado que corregía algunas estimaciones realizadas por Arrhenius, como la capacidad de los océanos para absorber CO₂. Callendar estimaba en 0,003 °C el incremento de temperatura por año (actualmente se estima que en la segunda mitad del siglo XX se ha producido un incremento de 0.005 °C por año).

En los años 1940 se desarrolló la espectrofotometría de infrarrojos, que ha permitido conocer que el CO₂ absorbe la luz de manera distinta al vapor de agua, incrementando notablemente el efecto invernadero. Todo esto fue resumido por Gilbert Plass en el año 1955. (Citado por Wikipedia, 2009).

Pese a los estudios teóricos, no existían aún evidencias científicas del cambio climático. La primera evidencia científica apareció en 1958 cuando Charles Keeling (citado por Wikipedia, 2009) empezó a representar el comportamiento del CO₂ atmosférico. Usaba datos de una estación en Mauna Loa (ver **Gráfico 1**) y otra en la Antártica. Un poco antes, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ya había iniciado diversos planos de seguimiento, que tenían como objetivo, entre otras cosas, de calcular los niveles de CO₂ en la troposfera.

En 1974, aceptadas ya las hipótesis científicas, la OMM decidió crear un equipo de expertos sobre el cambio climático. Así en 1985 tuvo lugar la conferencia de Villach (Austria), donde las Naciones Unidas y el Consejo Internacional para el Medio Ambiente concluyeron que para finales del siglo XXI se podría producir un aumento en las temperaturas de entre 1,5 y 4,5 °C y un ascenso del nivel del mar entre 20 y 140 cm.

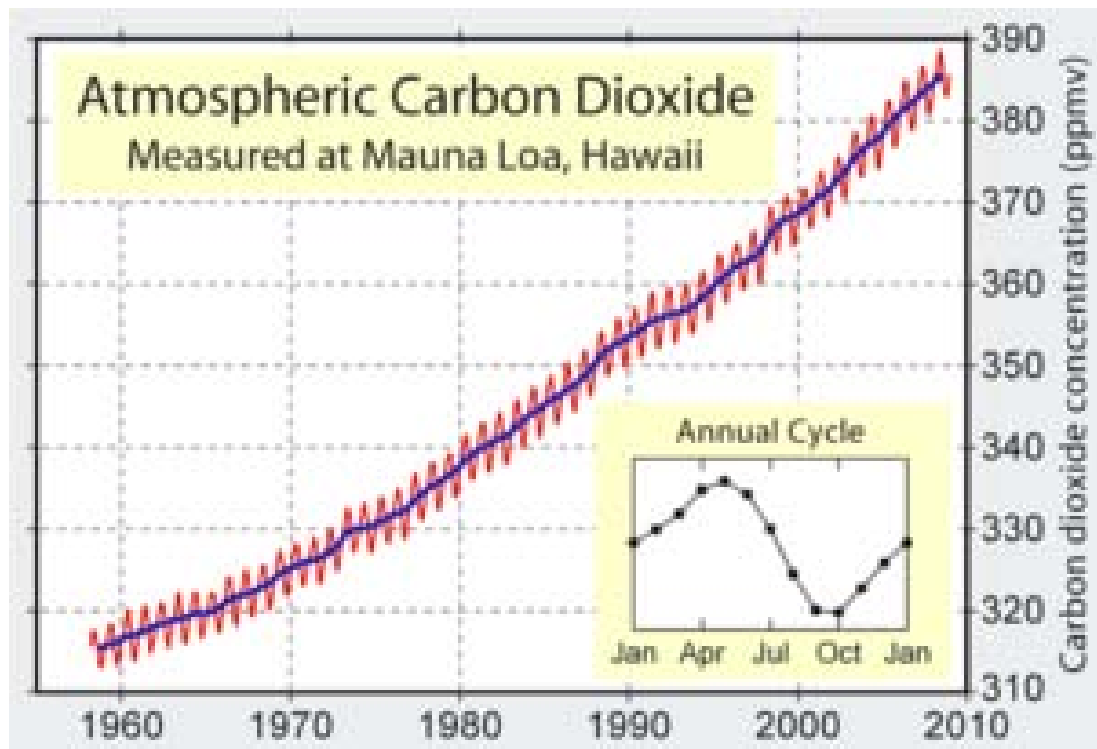


Gráfico 1: Concentración de CO₂ atmosférico medido en el observatorio de Mauna Loa: Curva de Keeling measured at Mauna Loa Observatory: The Keeling Curve. (http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global).

El revuelo social que produjeron todos estos estudios facilitó que en 1988 se fundara el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC; citado en Wikipedia, 2009), que en 1990, concluyó después de su primera reunión que de seguir con el ritmo actual de emisiones de gases de efecto invernadero, cabría esperar un aumento de 0,3 °C por decenio durante el próximo siglo (mayor que el producido durante los últimos 10.000 años). En 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como la Cumbre de la Tierra, donde más de 150 países acudieron y se logró aprobar la Convención Marco sobre el Cambio Climático para tratar de estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel aceptable.

En 1997 se comenzó a redactar el protocolo de Kioto sobre el cambio climático¹ cuyo objetivo era reducir las emisiones de los principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, hexafluoruro de azufre, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos. Se justificó no incluir el vapor de agua entre los gases de efecto invernadero considerados. Su redacción

finalizó en 1998 aunque no entró en vigor hasta noviembre de 2004 cuando fue ratificado por Rusia.

Tras el tercer informe del IPCC, se consideró la necesidad de un nuevo protocolo más severo y con la ratificación de más países a parte del G77. Por esta razón, en 2005 se reunieron en Montreal todos los países que hasta el momento habían ratificado el protocolo de Kioto y otros países responsables de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo Estados Unidos, China e India. La negociación en Montreal proveía la redacción de unas bases para la futura negociación de un nuevo protocolo que entraría en vigor en 2012, fecha de caducidad del actual protocolo. Durante la reunión, varios países pusieron objeciones y retrasaron el pre-acuerdo (es el caso de Estados Unidos o Rusia) pero después de retrasar algunos días el final de la negociación se llegó a un pre-acuerdo.

En Bali entre el 3 y el 13 de diciembre de 2007 se reanudaron las negociaciones y aunque no se fijaron límites para los gases de efecto invernadero, se alcanzó un acuerdo que, entre otras cosas, incentivaba la distribución de energías renovables entre los países en vías de desarrollo para que estos no basaran su crecimiento económico en la quema de combustibles fósiles. A pesar de ello, la adicción de las economías más grandes del mundo (EE.UU., Rusia y China) por el petróleo, postergó el compromiso de los grandes con el combate del calentamiento global de lo que va del presente siglo. Ocho años después de iniciado este consenso global, la nueva administración estadounidense –con el hombre verde de Barack Obama, Steven Chu (Secretario de Energía de USA- asumió el compromiso de Washington con el combate al cambio global motivado por el calentamiento atmosférico.

El **cambio climático** (CC) se refiere al efecto de la actividad humana sobre el sistema climático global, que siendo consecuencia del cambio global afecta, a su vez, a otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema de circulación general de la atmósfera. El término cambio global define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad

humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema planetario (tenemos señales de grandes cambios que han ocurrido y están ocurriendo en el planeta). Se incluyen en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema Tierra. La interacción entre los propios sistemas biofísicos entre sí y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos, es una característica esencial del cambio global que dificulta la predicción de su evolución. (Duarte et. al., 2006:).

De hecho, el cambio natural es algo consustancial al sistema Tierra que, a lo largo de sus miles de millones de años de evolución, ha experimentado cambios mucho más intensos que los que se avecinan. Incluso muchos de los cambios más importante en la biosfera han estado forzados por organismos, como fue el paso de una biosfera pobre en oxígeno y con alta irradiación ultravioleta a una biosfera con un 21% de oxígeno y una capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta, consecuencia del desarrollo de la fotosíntesis en bacterias. Por ello, la elección de los términos cambio global y CC para referirse a los efectos indicados anteriormente deslucen, pues su antónimo, la constancia global y climática, no ha existido en la agitada historia del planeta Tierra.

Sin embargo, hay consenso científico sobre dos características del cambio global que hacen que los cambios asociados sean únicos en la historia del planeta. En primer lugar, la rapidez con la que este cambio está teniendo lugar, con cambios notables (i. e. en concentración de CO₂ atmosférico, el deshielo de los polos, el tsunami asiático de 2005, que también ha modificado ligeramente el eje de la Tierra. etc.) en espacios de tiempo tan cortos para la evolución del planeta como décadas; y en segundo lugar, el hecho de que una única especie, el Homo sapiens, es el motor de todos estos cambios. Podríamos estar en la antesala de una catástrofe apocalíptica que ocurrirá en este mismo siglo, en las próximas décadas, ya que el CC no significa solamente un lento aumento de las temperaturas medias, provocando más incendios y desertizaciones, sino

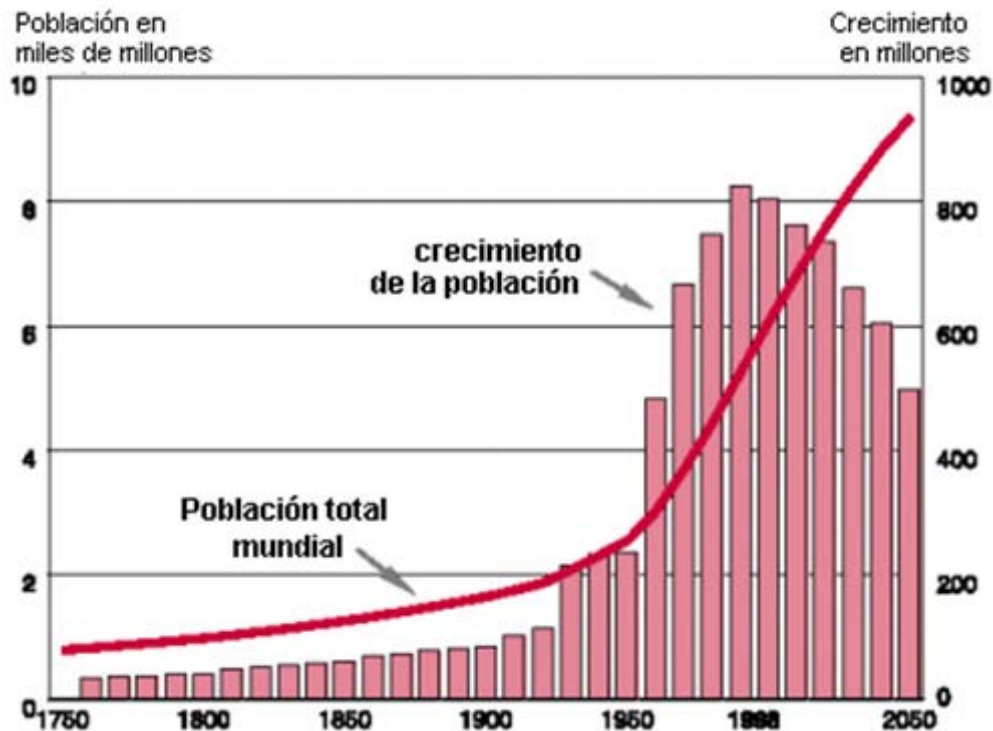
que cambia por completo el modo de funcionar el sistema Tierra (i. e. inundaciones y sequías a la vez, en puntos concretos o en los mismos lugares).

El conjunto de cambios que constituyen el cambio global está sustanciado por observaciones e inferencia de distinta naturaleza. Hoy en día, el esfuerzo de observación sobre el planeta es considerable e implica, de forma destacada, el uso de satélites que observan un número de propiedades importantes del planeta (i. e. incendios, meteorología, hidrología, oceanografía, uso del territorio, producción vegetal, etc.) desde el espacio. El uso de satélites para la observación del planeta es relativamente reciente, iniciándose en 1960 con las primeras imágenes del satélite meteorológico estadounidense TIROS-1, pero ha aumentado notablemente para conformar un sistema de observación del planeta en la actualidad (www.esa.int/esaEO/index.html).

Mientras que, la reconstrucción de la evolución de la población humana muestra un crecimiento exponencial sostenido durante casi un millón de años, un hecho que posiblemente no tenga parangón en la historia de la vida en el planeta, de no ser por el crecimiento paralelo de las especies (animales, plantas y microorganismos) asociados a la humanidad (véase **Gráfico 2**). Este crecimiento continuará en los próximos años, alcanzándose un máximo de población humana en torno a 9.000 millones (con un margen entre 7,6 y 10,6 millones) de habitantes hacia el año 2050, con una leve disminución a continuación derivada principalmente del impacto del virus del sida en África y Asia. El crecimiento de la población humana conlleva un aumento de los recursos, alimento, agua, espacio y energía consumidos por la población humana.

Estos registros han permitido confirmar que las tasas de cambios en sistemas terrestres claves en la actualidad sobrepasan frecuentemente las registradas en el pasado.

Gráfico 2
Evolución de la Población Mundial



Fuente: Manual Básico de Economía EMVI – Demografía.
(<http://www.eumed.net/cursecon/2/evolucion.htm>)

2.2.- Cambio Climático Global

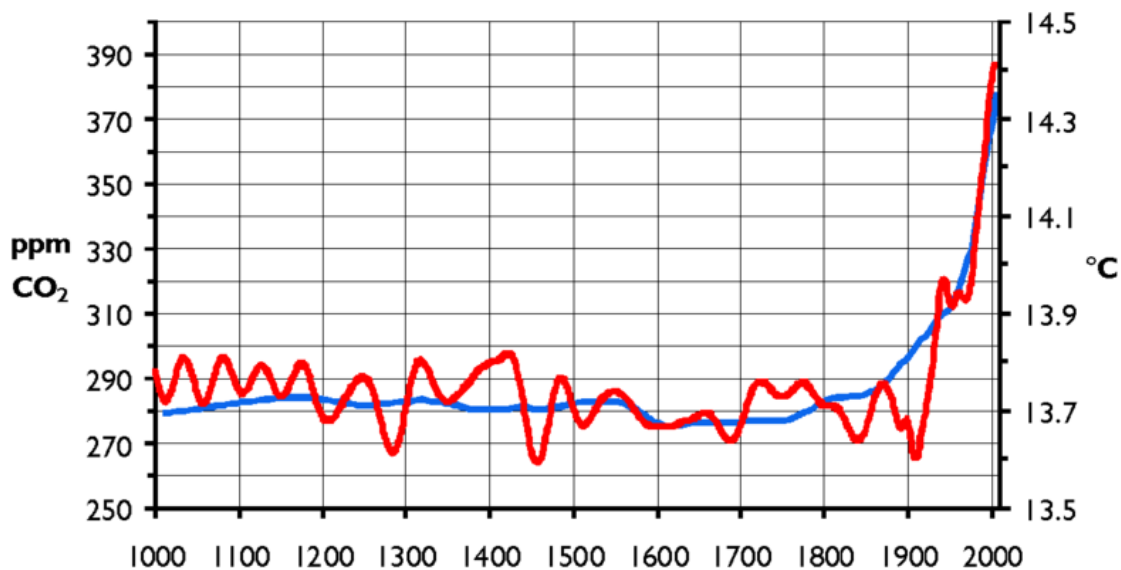
Actualmente, existe un fuerte consenso científico que el clima global se verá alterado significativamente, en el presente siglo (XXI), como resultado del aumento de concentraciones de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos (Houghton *et al.*, 1990, 1992; citado en la web del Cambio Climático Global, 2009). Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que hagan aumentar la temperatura planetaria entre 1,5 y 4,5 °C. Como respuesta a esto, se estima que los patrones de precipitación global, también se alteren. Aunque existe un acuerdo general sobre estas conclusiones, hay una gran incertidumbre con respecto a las magnitudes y las tasas de estos cambios a escalas regionales.

Asociados a estos potenciales cambios, habrá grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas, podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global. Por ejemplo, estudios realizados en Canadá proyectan pérdidas de aproximadamente 170 millones de hectáreas de bosques en el sur Canadiense y ganancias de 70 millones de hectáreas en el norte de Canadá, por ello un cambio climático global como el que se sugiere, implicaría una pérdida neta de 100 millones de hectáreas de bosques (Sargent, 1988; citado en Cambio Climático Global, 2009).

La cuestión del **cambio climático** (CC) es, para algunos científicos, un problema de ritmo, escalas y modelos. En relación con la escala de tiempo geológica que subyace en los CC ocurridos en el pasado, el ritmo al cual la atmósfera terrestre está cambiando actualmente es demasiado rápido. El hombre ha estado interfiriendo en la naturaleza desde hace milenios y durante ese tiempo la atmósfera está experimentando un incremento de ciertos gases, entre ellos CO₂. La concentración de este gas era de 279 ppm entre 1750 y 1800, y ha pasado a 354 ppm en 1990 (véase **Gráfico 3**). La causa de este aumento del CO₂ es el uso de combustibles fósiles y la deforestación, ambos procesos son responsables de la conversión del carbono en grandes cantidades. Un informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente (Turcon, 2004) revela que la concentración de CO₂ en la Troposfera es un 34% mayor que antes de la Revolución Industrial. Además existen otros gases, menos abundantes en la atmósfera, cuya concentración ha aumentado, destacan el metano, los óxidos de nitrógeno y los clorofluorocarburos.

En esencia, el CC es un término utilizado habitualmente en dos sentidos:

1. Es el fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.
2. Es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas.



Fuente: Gráfico tomado de Wikipedia, 2009

Gráfico 3: Variación de la temperatura global y de la concentración de CO₂ presente en el aire en los últimos 1.000 años.

Nota: Los incrementos de CO₂ medidos desde 1958 en Mauna Loa muestran una concentración que se incrementa a una tasa de cerca de 1.5 ppm por año. De hecho, resulta evidente que el incremento es más rápido de lo que sería un incremento lineal. El 21 de marzo del 2004 se informó de que la concentración alcanzó 376 ppm (partes por millón). Los registros del Polo Sur muestran un crecimiento similar al ser el CO₂ un gas que se mezcla de manera homogénea en la atmósfera. (http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero)-

Algunas veces también se utilizan las denominaciones CC para designar a cualquier cambio en el clima, o **cambio climático antropogénico**¹, donde se considera implícitamente la influencia de la actividad humana. **Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos.** El efecto invernadero acrecentado por la contaminación puede ser, según algunas teorías, la causa del calentamiento global observado. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde mediados del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo (ver **Gráfico 4**).

¹ El término **antropogénico** se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Antropog%C3%A9nico>)

Global Warming Projections

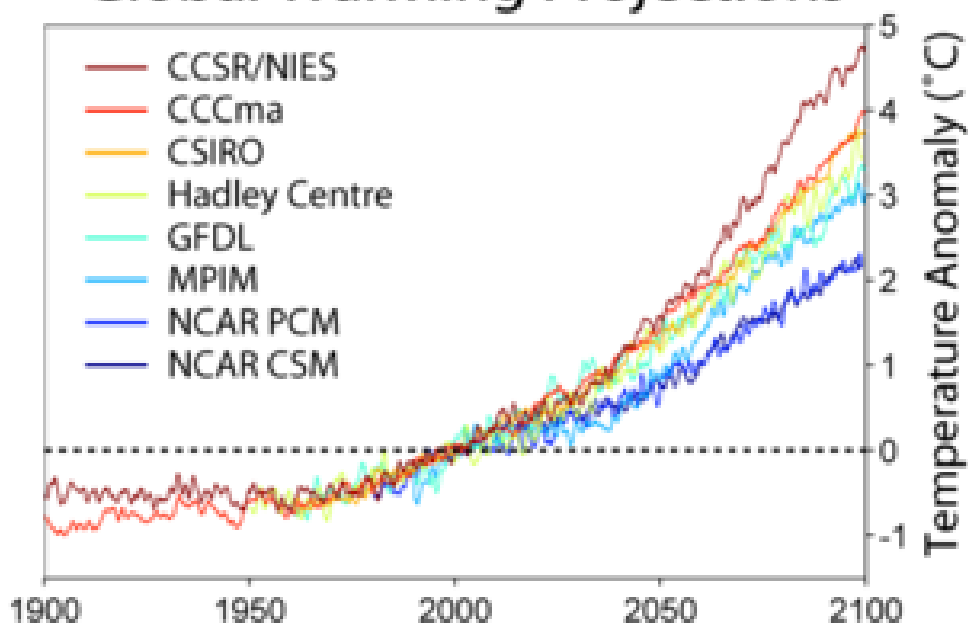


Gráfico 4: Predicciones basadas en diferentes modelos del incremento de la temperatura media global respecto de su valor en el año 2000. (http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global).

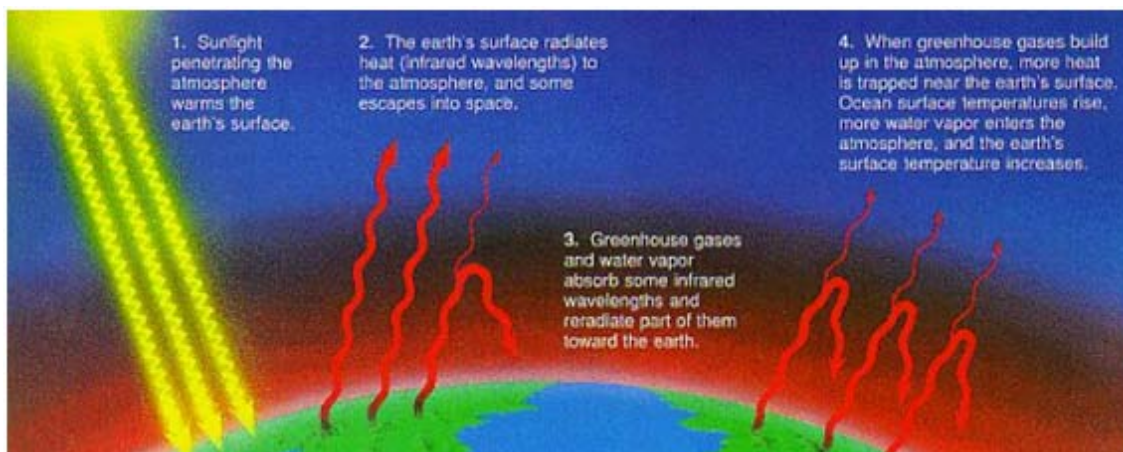
El **efecto invernadero** habla del cambio en el estado de equilibrio de temperatura en un planeta debido a la presencia de una atmósfera gaseosa que absorbe y emite radiación infrarroja (calor). Los gases de efecto invernadero (que incluyen el vapor de agua, dióxido de carbono y metano) calientan la atmósfera por una eficiente absorción térmica de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes. Como resultado de esta absorción, la atmósfera también irradia calor en todas las direcciones (véase **Gráfico 5**), incluyendo hacia abajo a la superficie terrestre. (Cambio Climático Global, 2009).

La rapidez del calentamiento global es actualmente de casi 0,2 grados por década. Las grandes inundaciones en 11 países en agosto de 2002 causaron la muerte de 80 personas, afectaron a más de 600.000 y provocaron pérdidas económicas por un valor mínimo de 15.000 millones de dólares. En el verano de 2003, durante la ola de calor que asoló el oeste y el sur de Europa, se registraron 20.000 defunciones más de lo normal, especialmente entre personas mayores. En muchos países del sur las cosechas disminuyeron un

30% y el deshielo redujo la masa de los glaciares alpinos una décima parte, según los datos recogidos en el informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente (2004).

Gráfico 5

Efecto invernadero (Miller, 1991).



Fuente: <http://www.cambioclimaticoglobal.com/causas.html>

Es importante destacar que el efecto invernadero natural que suaviza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global. Sin este efecto invernadero natural las temperaturas caerían aproximadamente 30 °C. Los océanos podrían congelarse, y la vida, tal como la conocemos, sería imposible. Para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases de efecto invernadero, pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

Cualquier tipo de CC además implica cambios en otras variables. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que intentan simular la física de la atmósfera y del océano y que tienen una precisión limitada debido al desconocimiento del funcionamiento de la atmósfera.

La teoría antropogénica predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El cuerpo de la ONU encargado del análisis de los datos científicos es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés de *Inter-Governmental Panel on Climate Change*). El IPCC (El IPCC, es un órgano cuya institucionalidad está en tela de juicio a raíz de unas declaraciones que pusieron contra la espada y la pared a la organización por parte de uno de sus miembros. Citado en Wikipedia, 2009: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) indica que "[...] *La mayoría de los aumentos observados en las temperaturas medias del globo desde la mitad del siglo XX son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas.*". Sin embargo, existen algunas discrepancias al respecto de que el dióxido de carbono sea el gas de efecto invernadero que más influye en el calentamiento global de origen antropogénico.

2.3.- Registros de Temperatura

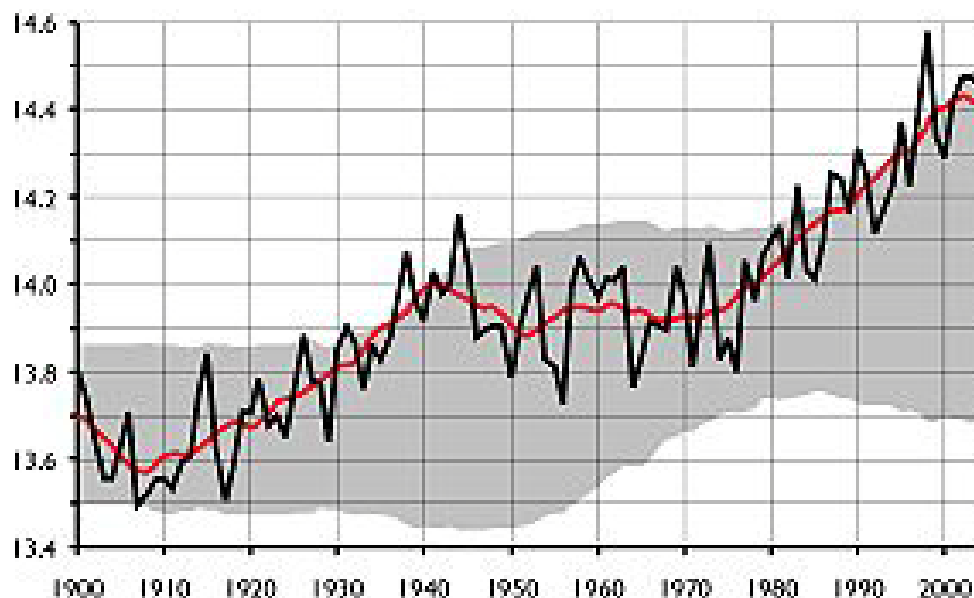
Hemos visto que el Protocolo de Kyoto, acuerdo promovido por el IPCC, promueve una reducción de emisiones contaminantes (principalmente CO₂). El protocolo ha sido tachado en ciertas ocasiones de injusto, ya que el incremento de las emisiones tradicionalmente está asociado al desarrollo económico, con lo que las naciones a las que más afectaría el cumplimiento de este protocolo podrían ser aquellas zonas menos desarrolladas, compuestas de economías emergentes.

El período sobre el que se discute la evolución de la temperatura varía, a menudo, indebidamente, según la tesis que se quiere defender. En ocasiones desde la Revolución Industrial, otras desde el comienzo de un registro histórico global de temperatura alrededor de 1860; o sobre el siglo XX, o los 50 años más recientes.

La década más calurosa del pasado siglo XX fue, con diferencia, la de los años 90. Los que niegan que haya calentamiento encuentran culpable que

muchos gráficos empleados para mostrar el calentamiento empiecen en 1970, cuando comienza a subir de nuevo la temperatura después de 36 años de un ligero descenso (**Gráfico 6**). Señalan que durante los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se incrementó mucho la emisión de los gases de efecto invernadero, y afirman, falsamente, que en la época predominó entre los especialistas la alarma por un posible OG o enfriamiento global a finales del siglo XX. La interpretación actual, dentro del emergente consenso científico sobre el cambio climático, del enfriamiento relativo de mediados de siglo, lo atribuye al aumento en las emisiones de aerosoles claros, que amplifican el albedo², determinando un forzamiento negativo. Su reducción siguió a la sustitución de combustibles y tecnologías por otros que emiten menos de estos aerosoles, en parte por las medidas de lucha contra la contaminación urbana e industrial y la lluvia ácida en los países desarrollados, de manera que el aumento en la emisión global de aerosoles se ha frenado.

Gráfico 6:
Temperatura media terrestre en el período 1900 - 2004.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global)

² (Del lat. *albēdo*, blancura). Razón entre la energía luminosa que difunde por reflexión una superficie y la energía incidente. (DRAE, 2009).

En los últimos 20.000 años el suceso más importante es el final de la Edad de Hielo, hace aproximadamente 12.000 años. Desde entonces, la temperatura ha permanecido relativamente estable, aunque con varias fluctuaciones como, por ejemplo, el período de Enfriamiento Medieval o Pequeña Edad del Hielo. Según el IPCC, durante el siglo XX la temperatura promedio de la atmósfera se incrementó entre 0,4 y 0,8 °C.

Las temperaturas en la troposfera inferior se han incrementado entre 0,08 y 0,22 °C por decenio desde 1979. El aumento de la temperatura no sigue una ley lineal, sino que presenta fluctuaciones debidas a la variabilidad natural, siendo la más notable de ellas el fenómeno de El Niño. Durante el mismo periodo las temperaturas en la superficie terrestre muestran un incremento de aproximadamente 0,15 °C por decenio. (Véase **Gráfico 6**).

2.4.- Teorías y Objeciones

El debate ha sobrepasado el ámbito científico y ha llegado a la discusión pública. Al Gore, autor de "*Earth in the Balance*" (*La Tierra en juego*) y el documental "Una verdad incómoda" recibió el Premio Nobel de la Paz en el 2007, junto al IPCC de la ONU, «por sus esfuerzos para construir y diseminar un mayor conocimiento sobre el cambio climático causado por el hombre y poner las bases para la toma de las medidas que sean necesarias para contrarrestar ese cambio».

Muchas de las teorías del calentamiento global son motivo de controversia, principalmente por sus repercusiones económicas. Existe un debate social y político sobre la cuestión, en tanto que la comunidad científica internacional ha llegado a un consenso científico suficiente para exigir una acción internacional concertada para aminorar sus efectos.

Los defensores de la teoría del calentamiento global por causas antropogénicas expresan una amplia gama de opiniones, aunque la posición

mayoritaria es la defendida por el IPCC, que culpa a la actividad industrial y pide la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Algunos científicos simplemente reconocen como datos observables los incrementos de temperatura. Otros apoyan medidas como el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, que intentan tener cierto efecto sobre el clima futuro y llevar a cabo otras medidas posteriormente. Estos piensan que el daño medioambiental tendrá un impacto tan serio que deben darse pasos inmediatamente para reducir las emisiones de CO₂, a pesar de los costos económicos para las naciones. Por ejemplo Estados Unidos, que produce mayores emisiones de gases de efecto invernadero que cualquier otro país, en términos absolutos, y es el segundo mayor emisor per cápita después de Australia.

Los economistas también han alertado de los efectos desastrosos que tendrá el cambio climático sobre la economía mundial con reducciones de hasta un 20% en el crecimiento, cuando las medidas para evitarlo no sobrepasarían el 1%. Los daños económicos predichos provendrían principalmente del efecto de las catástrofes naturales, con cuantiosas pérdidas de vidas humanas, por ejemplo en Europa. También existen autores escépticos, como Bjørn Lomborg (citado en Wikipedia, 2009), que ponen en duda el calentamiento global, basándose en los mismos datos usados por los defensores del calentamiento global. La revista *Scientific American* (enero de 2002), dedicó un número especial para refutar el libro de Bjørn Lomborg, donde los autores de los reportes citados por el autor, le acusan de falsearlos o malinterpretarlos.

Algunos científicos defienden que no están demostradas las teorías que predicen el incremento futuro de las temperaturas, argumentando que las diferencias del índice de calentamiento en el próximo siglo entre los diferentes modelos informáticos son de más del 400% (a pesar de que en esta horquilla de variación siempre se recogen aumentos significativos). Estos científicos han sido acusados de estar financiados por consorcios petroleros o presionados por sus fuentes de financiación públicas como el gobierno de los EE.UU.

2.5.- Teorías que intentan explicar los Cambios de Temperatura

El clima varía por procesos naturales tanto internos como externos. Entre los primeros destacan las emisiones volcánicas, y otras fuentes de gases de efecto invernadero (como por ejemplo el metano emitido en las granjas animales). Entre los segundos pueden citarse los cambios en la órbita de la Tierra alrededor del Sol (Teoría de las Variaciones Orbitales: http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_Milankovitch) y la propia actividad solar.

Los especialistas en climatología aceptan que la Tierra se ha calentado recientemente (el IPCC cita un incremento de 0.6 ± 0.2 °C en el recién acabado siglo). Más controvertida es la posible explicación de lo que puede haber causado este cambio. Tampoco nadie discute que la concentración de gases invernadero ha aumentado y que la causa de este aumento es probablemente la actividad industrial durante los últimos 200 años.

También existen diferencias llamativas entre las mediciones realizadas en las estaciones meteorológicas situadas en tierra (con registros en raras ocasiones comenzados desde finales del siglo XIX y en menos ocasiones todavía de una forma continuada) y las medidas de temperaturas realizadas con satélites desde el espacio (todas comenzadas a partir de la segunda mitad del siglo XX). Estas diferencias se han achacado a los modelos utilizados en las predicciones del aumento de temperatura existente en el entorno de las propias estaciones meteorológicas debido al desarrollo urbano (el efecto llamado "Isla de Calor"). Dependiendo del aumento predicho por estos modelos las temperaturas observadas por estas estaciones serán mayores o menores (en muchas ocasiones incluso prediciendo disminuciones de las temperaturas).

2.6.- Teoría de los Gases Invernadero

Los gases de efecto invernadero toman su nombre del hecho de que no dejan salir al espacio la energía que emite la Tierra, en forma de radiación infrarroja, cuando se calienta con la radiación procedente del Sol, que es el

mismo efecto que producen los vidrios de un invernadero de jardinería. Aunque éstos se calientan principalmente al evitar el escape de calor por convección.

La hipótesis de que los incrementos o descensos en concentraciones de gases de efecto invernadero pueden dar lugar a una temperatura global mayor o menor fue postulada extensamente por primera vez a finales del s. XIX por Svante Arrhenius (citado en Wikipedia, 2009), como un intento de explicar las eras glaciales. Sus coetáneos rechazaron radicalmente su teoría.

La teoría de que las emisiones de gases de efecto invernadero están contribuyendo al calentamiento de la atmósfera terrestre ha ganado muchos adeptos y algunos oponentes en la comunidad científica durante el último cuarto de siglo. El IPCC, que se fundó para evaluar los riesgos de los cambios climáticos inducidos por los seres humanos, atribuye la mayor parte del calentamiento reciente a las actividades humanas. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (*National Academy of Sciences, NAC*) también respaldó esa teoría. El físico atmosférico Richard Lindzen (citado en Wikipedia, 2009) y otros escépticos se oponen a aspectos parciales de la teoría.

Hay muchos aspectos sutiles en esta cuestión. Los científicos atmosféricos saben que el hecho de añadir dióxido de carbono CO₂ a la atmósfera, sin efectuar otros cambios, tenderá a hacer más cálida la superficie del planeta. Pero hay una cantidad importante de vapor de agua (humedad, nubes) en la atmósfera terrestre, y el vapor de agua es un gas de efecto invernadero. Si la adición de CO₂ a la atmósfera (**Gráfico 7**) aumenta levemente la temperatura, se espera que más vapor de agua se evapore desde la superficie de los océanos. El vapor de agua así liberado a la atmósfera aumenta a su vez el efecto invernadero -el vapor de agua es un gas de invernadero más eficiente que el CO₂. A este proceso se le conoce como la retroalimentación del vapor de agua (*water vapor feedback*, en inglés)-. Es esta retroalimentación la causante de la mayor parte del calentamiento que los modelos de la atmósfera predicen que ocurrirá durante las próximas décadas. La cantidad de vapor de agua así como su distribución vertical son claves en el cálculo de esta retroalimentación. Los procesos que controlan la cantidad de

vapor en la atmósfera son complejos de modelar y **aquí radica gran parte de la incertidumbre sobre el calentamiento global.**

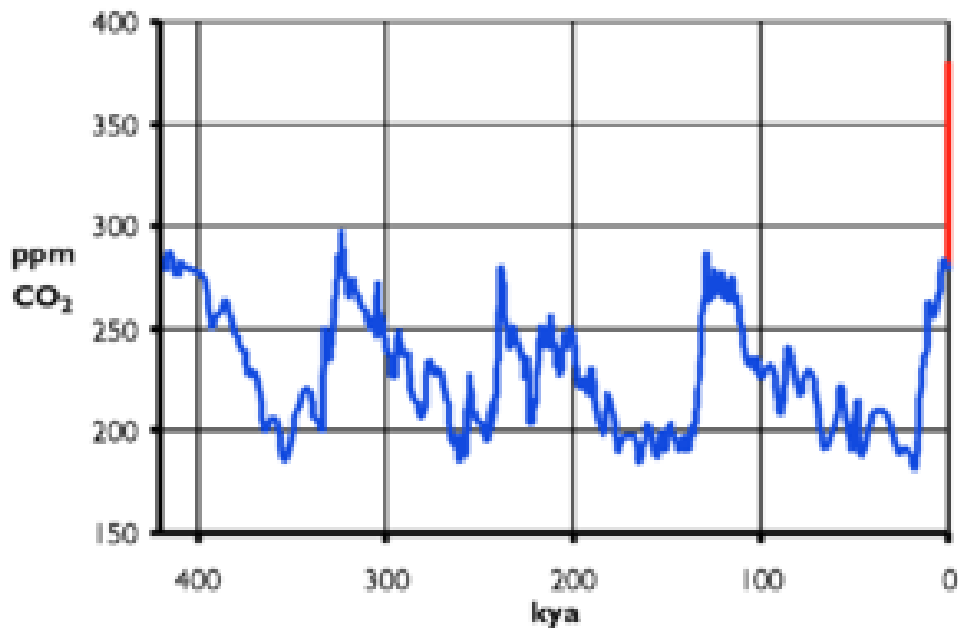


Gráfico 7: Concentración de dióxido de carbono en los últimos 417.000 años. La parte roja indica la variación a partir de 1800. (http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global)

El papel de las nubes es también crítico. Las nubes tienen efectos contradictorios en el clima. Cualquier persona ha notado que la temperatura cae cuando pasa una nube en un día soleado de verano, que de otro modo sería más caluroso. Es decir: las nubes enfrían la superficie reflejando la luz del Sol de nuevo al espacio. Pero también se sabe que las noches claras de invierno tienden a ser más frías que las noches con el cielo cubierto. Esto se debe a que las nubes también devuelven algo de calor a la superficie de la Tierra. Si el CO₂ cambia la cantidad y distribución de las nubes podría tener efectos complejos y variados en el clima y una mayor evaporación de los océanos contribuiría también a la formación de una mayor cantidad de nubes.

A la vista de esto, no es correcto imaginar que existe un debate entre los que "defienden" y los que "se oponen" a la teoría de que la adición de CO₂ a la atmósfera terrestre dará como resultado que las temperaturas terrestres promedio serán más altas. Más bien, el debate se centra sobre lo que serán los

efectos netos de la adición de CO₂, y en si los cambios en vapor de agua, nubes y demás podrán compensar y anular este efecto de calentamiento. El calentamiento observado en la Tierra durante los últimos 50 años parece estar en oposición con la teoría de los escépticos de que los mecanismos de autorregulación del clima compensarán el calentamiento debido al CO₂.

Los científicos han estudiado también este tema con modelos computarizados del clima. Estos modelos se aceptan por la comunidad científica como válidos solamente cuando han demostrado poder simular variaciones climáticas conocidas, como la diferencia entre el verano y el invierno, la Oscilación del Atlántico Norte o El Niño. Se ha encontrado universalmente que aquellos modelos climáticos que pasan estas evaluaciones también predicen siempre que el efecto neto de la adición de CO₂ será un clima más cálido en el futuro, incluso teniendo en cuenta todos los cambios en el contenido de vapor de agua y en las nubes. Sin embargo, la magnitud de este calentamiento predicho varía según el modelo, lo cual probablemente refleja las diferencias en el modo en que los diferentes modelos representan las nubes y los procesos en que el vapor de agua es redistribuido en la atmósfera. (Nasa, 2009).

Sin embargo, las predicciones obtenidas con estos modelos no necesariamente tienen que cumplirse en el futuro. Los escépticos en esta materia responden que las predicciones contienen exageradas oscilaciones de más de un 400% entre ellas, que hace que las conclusiones sean inválidas, contradictorias o absurdas. Los ecólogos responden que los escépticos no han sido capaces de producir un modelo de clima que no prediga que las temperaturas se elevarán en el futuro. Los escépticos discuten la validez de los modelos teóricos basados en sistemas de ecuaciones diferenciales, que son sin embargo un recurso común en todas las áreas de la investigación de problemas complejos difíciles de reducir a pocas variables, cuya incertidumbre es alta siempre por la simplificación de la realidad que el modelo implica y por la componente caótica de los fenómenos implicados. Los modelos evolucionan poniendo a prueba su relación con la realidad prediciendo (retrodiendo) evoluciones ya acaecidas y, gracias a la creciente potencia de los ordenadores,

aumentando la resolución espacial y temporal, puesto que trabajan calculando los cambios que afectan a pequeñas parcelas de la atmósfera en intervalos de tiempo discretos.

En resumen, las industrias que utilizan el carbón como fuente de energía, los tubos de escape de los automóviles, las chimeneas de las fábricas y otros subproductos gaseosos procedentes de la actividad humana contribuyen con cerca de 22.000 millones de toneladas de dióxido de carbono (correspondientes a 6.000 millones de toneladas de carbón puro) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera terrestre cada año. La concentración atmosférica de CO₂ se ha incrementado hasta un 34% por encima de los niveles pre-industriales, desde 1750 (Turcon, 2004). Esta concentración es considerablemente más alta que en cualquier momento de los últimos 420.000 años, el período del cual han podido obtenerse datos fiables a partir de núcleos de hielo. Se cree, a raíz de una evidencia geológica menos directa, que los valores de CO₂ estuvieron a esta altura por última vez hace 40 millones de años. Alrededor de tres cuartos de las emisiones antropogénicas de CO₂ a la atmósfera durante los últimos 20 años se deben al uso de combustibles fósiles. El resto es predominantemente debido a usos agropecuarios, en especial deforestación.

2.7.- Teoría de la Variación Solar

Se han propuesto varias hipótesis para relacionar las variaciones de la temperatura terrestre con variaciones de la actividad solar, que han sido refutadas por los físicos Terry Sloan y Arnold W. Wolfendale (citados en Wikipedia, 2009). La comunidad meteorológica ha respondido con escepticismo, en parte, porque las teorías de esta naturaleza han sufrido idas y venidas durante el curso del siglo XX.

El Sol está en su punto álgido de actividad durante los últimos 60 años, y puede estar ahora afectando a las temperaturas globales. (...) Las dos cosas: el Sol más brillante y unos niveles más elevados de los así llamados "gases de

efecto invernadero", han contribuido al cambio de la temperatura de la Tierra, pero es imposible decir cuál de los dos tiene una incidencia mayor.

Willie Soon y Sallie Baliunas (citados en Wikipedia, 2009) del Observatorio de Harvard correlacionaron recuentos históricos de manchas solares³ con variaciones de temperatura. Observaron que cuando ha habido menos manchas solares, la Tierra se ha enfriado y que cuando ha habido más manchas solares, la Tierra se ha calentado, aunque, ya que el número de manchas solares solamente comenzó a estudiarse a partir de 1700, el enlace con el período cálido medieval es, como mucho, una especulación.

Las teorías han defendido normalmente uno de los siguientes tipos:

- Los cambios en la radiación solar afectan directamente al clima. Esto es considerado en general improbable, ya que estas variaciones parecen ser pequeñas.
- Las variaciones en el componente ultravioleta (UV) tienen un efecto. El componente UV varía más que el total.
- Efectos mediados por cambios en los rayos cósmicos (que son afectados por el viento solar, el cual es afectado por el flujo solar), tales como cambios en la cobertura de nubes.

Aunque pueden encontrarse a menudo correlaciones, el mecanismo existente tras esas correlaciones es materia de especulación. Muchas de estas explicaciones especulativas han salido mal paradas del paso del tiempo, y Peter Laut (citado en Wikipedia, 2009) demuestra que hay inexactitudes en algunas de las más populares, notablemente en las de Svensmark y Lassen.

³ Durante cientos de años los humanos observaron que el Sol mostraba actividad donde el número de manchas de sol aumenta y luego disminuye en intervalos de aproximadamente 11 años. Las manchas de sol son regiones oscuras en el disco solar con campos magnéticos más grandes que 1500 gauss, y el ciclo de manchas solares de 11 años es en realidad un ciclo de 22 en el campo magnético solar con las manchas mostrando la misma polaridad magnética en ciclos alternados de 11 años. (http://www.mitosyfraudes.org/Calen10/penn_livingstone.html).

2.7.1.- Variaciones en el Ciclo Solar.

En 1991 Knud Lassen, del Instituto Meteorológico de Dinamarca, en Copenhague, y su colega Eigil Friis-Christensen (citados en Wikipedia, 2009), encontraron una importante correlación entre la duración del ciclo solar y los cambios de temperatura en el Hemisferio Norte.

Inicialmente utilizaron mediciones de temperaturas y recuentos de manchas solares desde 1861 hasta 1989, pero posteriormente encontraron que los registros del clima de cuatro siglos atrás apoyaban sus hallazgos. Esta relación aparentemente explicaba, de modo aproximado, el 80% de los cambios en las mediciones de temperatura durante ese período. Sallie Baliuna (citado en Wikipedia, 2009), un astrónomo del Centro Harvard-Smithsoniano para la astrofísica, se encuentra entre los que apoyan la teoría de que los cambios en el Sol *"pueden ser responsables de los cambios climáticos mayores en la Tierra durante los últimos 300 años, incluyendo parte de la reciente ola de calentamiento global"*.

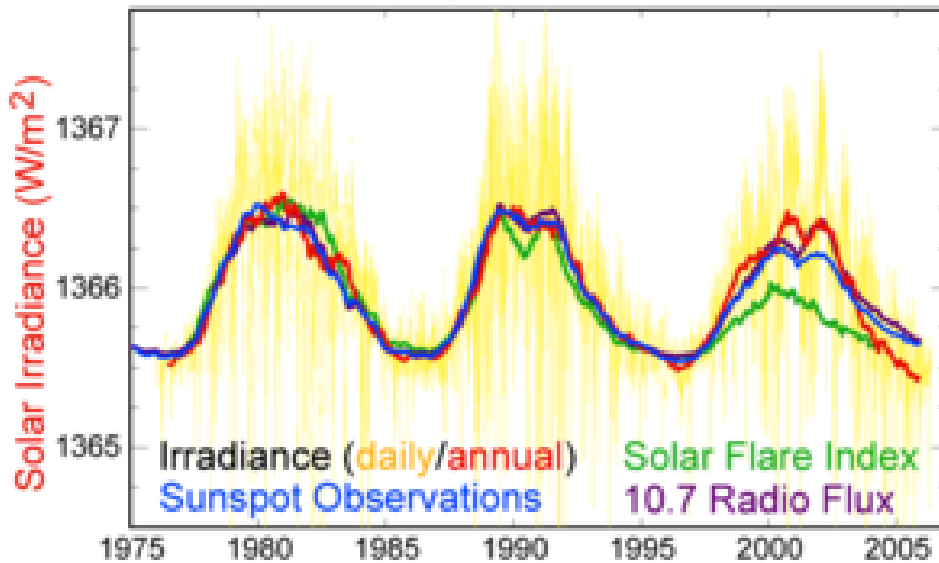
Sin embargo, el 6 de mayo de 2000 la revista *New Scientist* (citada en Wikipedia, 2009) informó que Lassen y el astrofísico Peter Thejil habían actualizado la investigación de Lassen de 1991 y habían encontrado que, a pesar de que los ciclos solares son responsables de cerca de la mitad de la elevación de temperatura desde 1900, no logran explicar una elevación de 0,4 °C desde 1980: Las curvas divergen a partir de 1980 y se trata de una desviación sorprendentemente grande. Algo más está actuando sobre el clima. [...] Tiene las «huellas digitales» del efecto invernadero (véase **Gráfico 8**).

Posteriormente, en el mismo año, Peter Stoff y otros investigadores de Centro Hadley, en el Reino Unido, publicaron un artículo en el que dieron a conocer el modelo de simulación hasta la fecha más exhaustivo sobre el clima del s. XX. Su estudio prestó atención tanto a los agentes forzadores naturales (variaciones solares y emisiones volcánicas) como al forzamiento antropogénico (gases invernadero y aerosoles de sulfato). Al igual que Lassen y Thejil, encontraron que los factores naturales daban explicación al

calentamiento gradual hasta aproximadamente 1960, seguido posteriormente de un retorno a las temperaturas de finales del siglo XIX, lo cual era consistente con los cambios graduales en el forzamiento solar a lo largo del siglo XX y la actividad volcánica durante las últimas décadas. (Citados en Wikipedia, 2009).

Gráfico 8.

Solar Cycle Variations



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global

Con todo, estos factores no podían explicar por sí solos el calentamiento en las últimas décadas. De forma similar, el forzamiento antropogénico, por sí solo, era insuficiente para explicar el calentamiento entre 1910-1945, pero era necesario para simular el calentamiento desde 1976. El equipo de Stott encontró que combinando todos estos factores se podía obtener una simulación cercana a la realidad de los cambios de temperatura globales a lo largo del siglo XX. Predijeron que las emisiones continuadas de gases invernadero podían causar incrementos de temperatura adicionales en el futuro "a un ritmo similar al observado en las décadas recientes". (Ídem).

Aunque la polaridad magnética del Sol se ha invertido y el nuevo ciclo solar ha sido detectado, la mayoría de las manchas del nuevo ciclo han sido minúsculos 'poros' sin penumbra (Ver la **Figura 1**). De hecho, casi todas estas

características son vistas nada más que magnetógramos de flujo y son difíciles de detectar en imágenes de luz blanca.

Figura 1
Manchas Solares

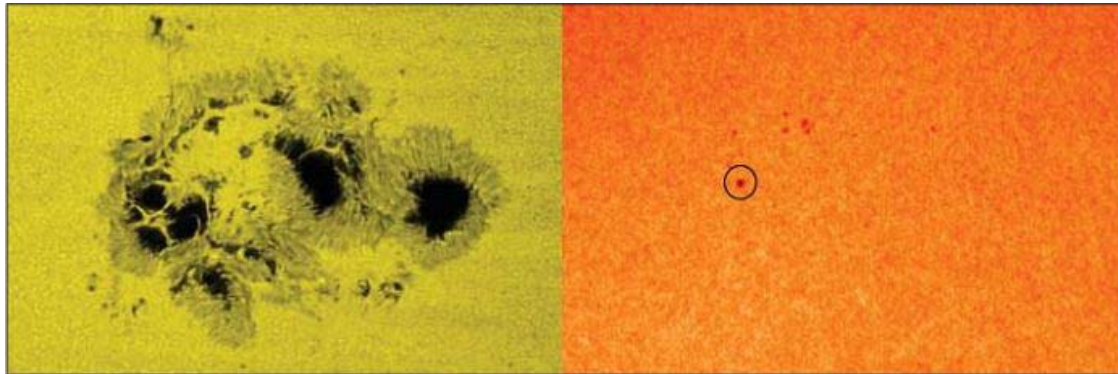


Fig. 1: (Izquierda) Una imagen de un grupo de manchas cerca del máximo de último ciclo solar 23, tomadas en el telescopio del Observatorio McMath-Pierce, Kitt Peak el 24 de Octubre de 2003. Las manchas muestran claramente una umbra central oscura rodeada por una penumbra más clara y filamentosa. Los campos magnéticos varían desde 1797 a 3422 gauss (derecha). Una imagen consistente sólo de dos poros – manchas débiles sin estructura de penumbra- tomada por Graficador Doppler Michaelson (MDI), instrumento en el satélite Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) el 11 de Enero de 2009; esto es un ejemplo de lo que se observa hoy en un mínimo solar. El poro inferior (visto como un punto en el centro del círculo negro) tenía un campo magnético de 1969 gauss; los otros no eran mensurables. Actualmente la superficie del Sol está casi totalmente desprovista de manchas. Ambas imágenes tienen la misma escala espacial y están separadas ente si por unos 250.000 kilómetros. (http://www.mitosyfraudes.org/Calen10/penn_livingstone.html).

Cuatro años después del primer borrador del estudio, la predicha escasez en el número de manchas de sol se ha visto comprobada con precisión. El vigor de las manchas de sol, en términos de la fuerza del campo magnético y área, ha disminuido grandemente. Si esto es un presagio de una declinación a largo plazo de las manchas de sol, análogo al Mínimo Maunder, permanece por verse. Otros indicadores del ciclo de la actividad solar sugieren que las manchas deben regresar impetuosamente dentro del próximo año. A causa de que otros indicadores apuntan a que el Sol experimenta un desusado período de mínima actividad solar, es críticamente importante para medir la actividad magnética del Sol durante este tiempo tan excepcional. Los científicos

seguirán observando al Sol usando diagnósticos del infrarrojo en telescopio McMath-Pierce con un agudo interés. (Authentication, 2009).

2.7.2.- Otras Hipótesis

Se han propuesto otras hipótesis en el ámbito científico:

- El incremento en temperatura actual es predecible a partir de la teoría de las Variaciones orbitales, según la cual, los cambios graduales en la órbita terrestre alrededor del Sol y los cambios en la inclinación axial de la Tierra afectan a la cantidad de energía solar que llega a la Tierra.
- El calentamiento se encuentra dentro de los límites de variación natural y no necesita otra explicación particular.
- El calentamiento es una consecuencia del proceso de salida de un periodo frío previo, la Pequeña Edad de Hielo y no requiere otra explicación.
- En ocasiones se atribuye el aumento en las medidas al sesgo en la lectura de los termómetros de las Estaciones Meteorológicas "inmersas" en la "Isla de Calor" que han formado las edificaciones en las ciudades.

Algunos escépticos argumentan que la tendencia al calentamiento actual no está dentro de los márgenes de lo que es posible observar (dificultad de generar un promedio de la temperatura terrestre para todo el globo debido a la ausencia de estaciones meteorológicas, especialmente en el océano, sensibilidad de los instrumentos a cambios de unas pocas decenas de grados celsius), y que por lo tanto no requiere de una explicación a través del efecto invernadero.

2.8.- Modelos Climáticos

Los modelos climáticos más recientes dan una buena simulación de los cambios globales de temperatura en el siglo XX. Las simulaciones climáticas no atribuyen inequívocamente el calentamiento que ocurrió desde 1910 hasta 1945 a variaciones naturales o a forzamientos antropogénico. Todos los

modelos muestran que el calentamiento habido entre 1975 y 2000 es en gran medida antropogénico. Estas conclusiones dependen de la exactitud de los modelos utilizados y de la correcta estimación de los factores externos.

La mayoría de los científicos están de acuerdo en que hay procesos climáticos importantes que están incorrectamente explicados en los modelos climáticos, pero no piensan que otros modelos mejores puedan cambiar la conclusión sobre el origen del calentamiento global actual (Nasa, 2009).

Los críticos puntualizan que hay defectos y factores externos no especificados que no se han tenido en consideración, y que podrían cambiar la conclusión del IPCC. Algunos críticos no identificados dicen que las simulaciones climáticas son incapaces de acomodar los mecanismos de autorregulación del vapor de agua ni de manejar nubes. Algunos efectos solares indirectos pueden ser muy importantes y no han sido explicados por los modelos (fuente *The Skeptical Environmentalist*, citado en Wikipedia, 2009).

El IPCC en *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001, p774: "En la investigación y la creación de modelos climáticos, debemos reconocer que nos enfrentamos con un sistema caótico no lineal, y por lo tanto las predicciones a largo plazo de los estados climáticos futuros no son posibles". (Citado en Wikipedia, 2009).

3.- Datos de Interés del Calentamiento Global

- Según un artículo publicado en enero del 2004, el calentamiento global podría exterminar a una cuarta parte de todas las especies de plantas y animales de la Tierra para el 2050.
- Estudios realizados, muestran que la década de los noventa, fue la más caliente en los últimos mil años.
- En caso de que todo el hielo que forma el Inlandsis antártico se fundiera, el nivel del mar aumentaría aproximadamente 61 m; un aumento de sólo 6 m bastaría para inundar a Londres y a Nueva York.

- El nivel del dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera podría duplicarse en los próximos 30 o 50 años.
- Los países más afectados son los principales en promover la reducción de emisión de los gases invernadero
- En 1984 el tamaño del **hueco en la capa de ozono**, que se mide sobre la Antártida, era aproximadamente 7 millones de km², hasta 1990 alcanzó los 29 millones de km² (cuatro veces mayor). Desde el año 90, el agujero de Ozono sigue una tendencia a la reducción (Imagen, medidas del "agujero de ozono de la Antártida" anuales por la NASA). *(Estos datos se miden en la época de mayor amplitud del agujero, verano).*
- La aceleración del flujo del hielo en regiones de Groenlandia se estimó en 2000 que disminuye el volumen de su inlandsis (<http://es.wikipedia.org/wiki/Inlandsis>) en 51 km³/año, aunque una reevaluación más reciente sitúa el número en 150 km³/año. Parte del aumento se debe a una aceleración reciente de la fusión de los glaciares periféricos, y se estima que su contribución al aumento del nivel del mar ha alcanzado en 2005 un valor 0,57±0.1 mm/año.
- Indonesia es el país con mayor número de mamíferos y pájaros en peligro de extinción, 128 y 104 respectivamente.
- En Estados Unidos se recupera sólo el 11% de los residuos sólidos producidos, y en Europa Occidental es del 30%.
- Brasil fue entre 1990 y 2000 el país en el que hubo mayor deforestación con 22.264 km²
- Cinco de los 10 países que más deforestan se encuentran en el continente africano.

3.1.- Datos del IPCC en su Tercer Informe (2001)

En relación a esta afirmación "estudios realizados, muestran que la década de los noventa, fue la más caliente en los últimos mil años". El IPCC IPCC#Climate Change 2001: Synthesis Report, citado por Wikipedia, 2009) dice exactamente:

- A escala mundial, es muy probable (66-90%) que el decenio del 1990 fuera el más cálido desde que se dispone de registros instrumentales.
- Se proyecta que los glaciares y las capas de hielo continúen su retirada generalizada durante el siglo XXI. Se prevé que en el Hemisferio Norte disminuyan aún más la capa de nieve, el permafrost, y la extensión del hielo marino. Es posible que la placa de hielo antártica aumente su masa, mientras que la de Groenlandia la pierda.

IPPC: cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX:

- o Temperatura media mundial de la superficie: aumento en el $0,6 \pm 0,2$ °C en el siglo XX; la superficie de la Tierra se ha calentado más que los océanos (muy probable: 90-99%)
- o Temperatura en la superficie del Hemisferio Norte: aumento durante el siglo XX más que en otro siglo de los últimos 1.000 años; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio (probable 66-90%).
- o Temperatura diurna de la superficie: disminución en el período 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas (probable 66-90%).

Climate Change 2001: Synthesis Report:

- Se entiende que los *bosques y selvas naturales* que conocemos como paraísos salvajes han sido siempre la impronta del cultivo de los nativos de dichos bosques, se podría decir incluso que son "bosques cultivados" y que la deforestación ha existido desde el principio de los días de la especie humana, pero no a la escala actual.

La relación armoniosa del hombre "salvaje" y la "madre naturaleza" no ha sido ni mayor ni mejor que la que actualmente se pueda ejercer sin prácticas ecologistas, no es un modelo a seguir por lo tanto, simplemente fue adaptación.

IPCC: Conclusiones finales:

- las concentraciones atmosféricas de los secundarios gases de efecto invernadero antropogénicos (CO₂, CH₄, N₂O y el O₃ troposférico) han aumentado en gran medida desde 1750. El principal gas de invernadero es el vapor de agua.
- Algunos gases secundarios de efecto invernadero perduran mucho tiempo (por ejemplo, el CO₂, el N₂O y los PFC).

Gran parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se ha producido probablemente por un aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero debido a actividades humanas. (Climate Change 2001: Synthesis Report, citado en Wikipedia, 2009).

3.2.- Efectos Potenciales

Muchas organizaciones públicas, organizaciones privadas, gobiernos y personas individuales están preocupados por que el calentamiento global pueda producir daños globales en el medio ambiente y la agricultura.

Esto es materia de una controversia considerable, con los grupos ecologistas exagerando los daños posibles y los grupos cercanos a la industria cuestionando los modelos climáticos y las consecuencias del calentamiento global —subvencionando ambos a los científicos para que también lo hagan—. Debido a los efectos potenciales en la salud humana y en la economía, y debido a su impacto en el ambiente, el calentamiento global es motivo de gran preocupación. Se han observado ciertos procesos y se los ha relacionado con el calentamiento global. La disminución de la capa de nieve, la elevación del nivel de los mares y los cambios meteorológicos son consecuencias del calentamiento global que pueden influir en las actividades humanas y en los

ecosistemas. Algunas especies pueden ser forzadas a emigrar de sus hábitats para evitar su extinción debido a las condiciones cambiantes, mientras otras especies pueden extenderse. Pocas de las ecorregiones terrestres pueden esperar no resultar afectadas.

Otro motivo de gran preocupación para algunos es la elevación del nivel de los mares. Los niveles de los mares se están elevando entre 1 y 2 centímetros por decenio (véase **Gráfico 9**), a la vez que se agudizan los fenómenos climáticos extremos, y algunas naciones isleñas del Océano Pacífico, como Tuvalu, ya están trabajando en los detalles de una eventual evacuación.

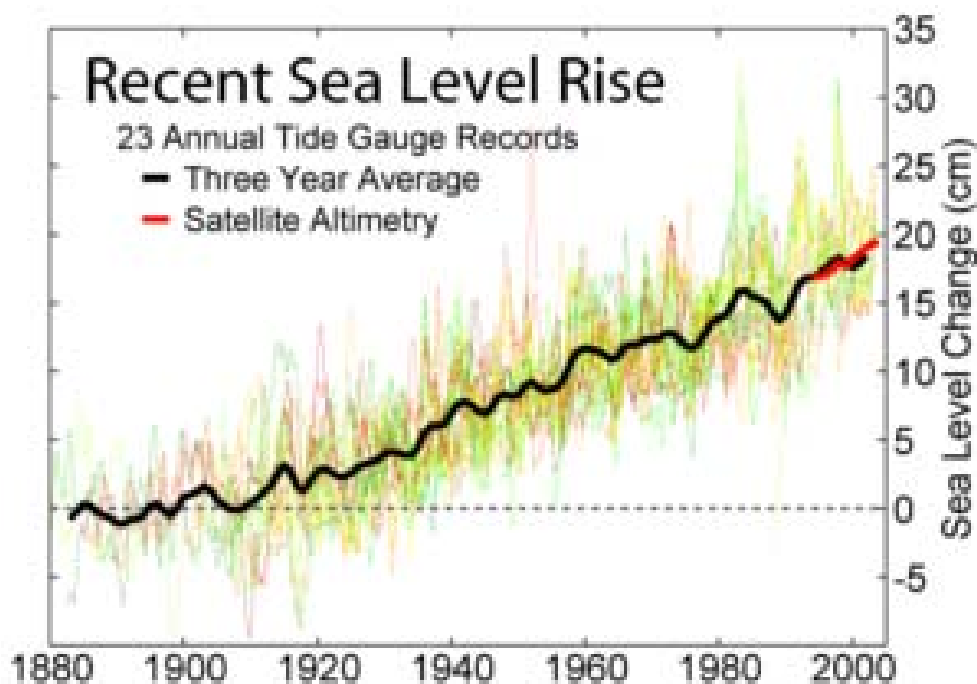


Gráfico 9: Elevación del nivel de los mares, medido en 23 estaciones fijas, entre 1900 y 2000. (http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global)

El calentamiento global da lugar a elevaciones del nivel marino debido a que el agua de los mares se expande cuando se calienta, además de que se produce un aumento de la cantidad de agua líquida procedente de la reducción de los glaciares de montaña y se teme un decrecimiento de los casquetes glaciares. En palabras del TAR del IPCC:

Se prevé que el nivel medio global del mar se elevará entre 9 y 99 cm entre 1990 y 2100. [...] y en caso de que todo el hielo de la Antártida se derritiera, el nivel del mar aumentaría 125 m.

Conforme el clima se haga más cálido la evaporación se incrementará. Esto causaría un aumento de las precipitaciones lluviosas y más erosión. Mucha gente piensa que esto podría resultar en un tiempo meteorológico más extremo conforme progrese el calentamiento global. El TAR del IPCC dice:

Se prevé que la concentración global de vapor de agua y las precipitaciones se incrementarán durante el siglo XXI. Para la segunda mitad del siglo XXI es probable que las precipitaciones se hayan incrementado en las latitudes medio-altas y en la Antártida en invierno. En las bajas latitudes habrá tanto incrementos como decrecimientos regionales según diferentes áreas. En la mayoría de las áreas serán probables variaciones interanuales y se espera un incremento en las precipitaciones.

El calentamiento global tendría otros efectos menos evidentes. La corriente del Atlántico norte, por ejemplo, se debe a los cambios de temperatura. Parece ser que, conforme el clima se hace más cálido, esta corriente está disminuyendo, y esto quiere decir que áreas como Escandinavia y Gran Bretaña, que son calentadas por esta corriente, podrían presentar un clima más frío, en lugar del calentamiento general global. (Véase **Figura 2**).

Hoy se teme que el calentamiento global sea capaz de desencadenar cambios bruscos de temperatura, incluso a la baja. La corriente del Atlántico Norte data de la época del deshielo de la última glaciación (hace 14.000 años). Hace 11.000 años esa corriente sufrió una interrupción que duró 1.000 años. Esto provocó el miniperíodo glacial conocido como Dryas reciente —el nombre de una flor silvestre alpina, *Dryas octopetala*— que duró 900 años en el noroeste de Norteamérica y el norte de Europa. (Wikipedia, 2009).

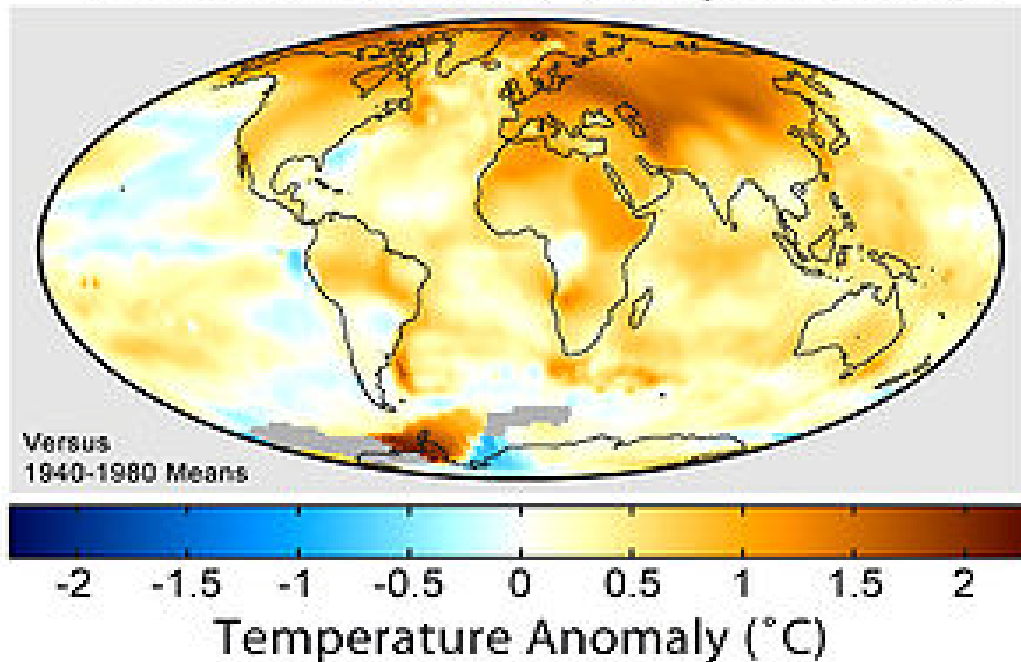
El calentamiento global modificaría la distribución de la fauna y floras del planeta. Ello supondría la expansión de enfermedades de las que algunos de

esos animales son portadores. Tal es el caso de la malaria, el dengue o la fiebre amarilla, cuyos vectores son ciertas especies de mosquitos que habitan principalmente en zonas tropicales.

Figura 2

Anomalía de Temperaturas medias en el período 1995 - 2004.

1999-2008 Mean Temperatures



Fuente: Gráficos tomados de Wikipedia: **Calentamiento Global**. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global.

El calentamiento global también podría tener efectos positivos, ya que las mayores temperaturas y mayores concentraciones de CO₂ pueden mejorar la productividad de los ecosistemas. Los datos aportados por satélites muestran que la productividad del Hemisferio Norte se ha incrementado desde 1982. Por otro lado, un incremento en la cantidad total de la biomasa producida no es necesariamente bueno, ya que puede disminuir la biodiversidad aunque florezcan un pequeño número de especies. De forma similar, desde el punto de vista de la economía humana, un incremento en la biomasa total pero un descenso en las cosechas podría ser una desventaja. Además, los modelos del IPCC predicen que mayores concentraciones de CO₂ podrían favorecer la flora hasta cierto punto, ya que en muchas regiones los factores limitantes son el

agua y los nutrientes, no la temperatura o el CO₂. Tras ese punto, incluso aunque los efectos invernadero y del calentamiento continuasen, podría no haber ningún incremento del crecimiento.

Otro posible punto de discusión es la influencia de los efectos del calentamiento global en el equilibrio económico humano norte-sur. Por ejemplo, si provocaría una mayor desertización de los países áridos y semiáridos y un clima más benigno en los países fríos, o bien si el efecto sería diferente.

En el plano económico, el Informe Stern (citado en Wikipedia, 2009) encargado por el gobierno británico en 2005 pronosticó una recesión del 20% del PIB mundial debido al cambio climático, si no se tomaban una serie de medidas preventivas que, en conjunto, absorberían el 1% del PIB mundial.

3.3.- La Relación entre el Calentamiento Global y la Reducción de Ozono

Aunque se menciona frecuentemente en la prensa popular una relación entre el calentamiento global y la reducción de ozono, esta conexión no es fuerte. Existen tres áreas de enlace:

- El calentamiento global producido por el forzamiento radiativo por CO₂ se espera que enfríe (quizás sorprendentemente) la estratosfera. Esto, a cambio, podría darnos lugar a un incremento relativo en la reducción de ozono, y en la frecuencia de agujeros de ozono.
- A la inversa, la reducción de ozono representa un forzamiento radiactivo del sistema climático. Hay dos efectos opuestos: La reducción de la cantidad de ozono permite la penetración de una mayor cantidad de radiación solar, la cual calienta la troposfera. Pero una estratosfera más fría emite menos radiaciones de onda larga, tendiendo a enfriar la troposfera. En general, el enfriamiento predomina. El IPCC concluye que las pérdidas estratosféricas de ozono durante las dos décadas pasadas han causado un forzamiento negativo del sistema de la superficie troposférica.

- Una de las predicciones más sólidas de la teoría del calentamiento global es que la estratosfera debería enfriarse. Sin embargo, y aunque este hecho ha sido observado, es difícil atribuirlo al calentamiento global (por ejemplo, el calentamiento inducido por el incremento de radiación solar podría no tener este efecto de enfriamiento superior), debido a que un enfriamiento similar es causado por la reducción de ozono.

3.4.- Soluciones Domésticas para Reducir la Emisión de CO₂

Algunas de las soluciones que cada individuo de las sociedades más avanzadas pueden aplicar para controlar la producción de CO₂, siempre que sea posible, son:

- Cambiar las bombillas tradicionales por otras de bajo consumo (compactas fluorescentes, o LED's). Las CFL, consumen 60% menos electricidad que una bombilla tradicional, con lo que este cambio reduciría la emisión de dióxido de carbono en 140 kilos al año.
- Poner el termostato con dos grados menos en invierno y dos grados más en verano. Ajustando la calefacción y el aire acondicionado se podrían ahorrar unos 900 kilos de dióxido de carbono al año.
- Evitar el uso del agua caliente. Se puede usar menos agua caliente instalando una ducha-teléfono de baja presión y lavando la ropa con agua fría o tibia.
- Utilizar un colgador/tendedero en vez de una secadora de ropa. Si se seca la ropa al aire libre la mitad del año, se reduce en 320 kilos la emisión de dióxido de carbono al año.
- Comprar productos de papel reciclado. La fabricación de papel reciclado consume entre 70% y 90% menos energía y evita que continúe la deforestación mundial.

- Comprar alimentos frescos. Producir comida congelada consume 10 veces más energía.
- Evitar comprar productos envasados. Si se reduce en un 10% la basura personal se puede ahorrar 540 kilos de dióxido de carbono al año.
- Utilizar menos los aparatos eléctricos; al menos, los encaminados exclusivamente al ocio. Desconectar los aparatos de radio, televisión, juegos, etc. a los que no se esté prestando atención en ese momento.
- Elegir un vehículo de menor consumo. Un vehículo nuevo puede ahorrar 1.360 kilos de dióxido de carbono al año si este rinde dos kilómetros más por litro de combustible (lo mejor sería comprar un vehículo híbrido o con biocombustible).
- Conducir de forma eficiente: utilizando la marcha adecuada a la velocidad, no frenar ni acelerar bruscamente, y en general intentar mantener el número de revoluciones del motor tan bajo como sea posible.
- Evitar circular en horas punta.
- Usar menos el automóvil. Caminar, ir en bicicleta, compartir el vehículo y usar el transporte público. Reducir el uso del vehículo propio en 15 kilómetros semanales evita emitir 230 kilos de dióxido de carbono al año.
- Elegir una vivienda cerca del centro de trabajo o de educación de nuestros hijos.
- No viajar frecuentemente ni lejos por puro placer. Desde hace unos 20 años el hábito de viajar en avión se ha extendido de tal forma, y en ocasiones a precios tan bajos, que las emisiones de gases debidas a los aviones se han incrementado en más de un 200%.

- Revisar frecuentemente los neumáticos. Una presión correcta de los neumáticos mejora la tasa de consumo de combustible en hasta un 3%. Cada litro de gasolina ahorrado evita la emisión de tres kilos de dióxido de carbono.
- Plantar árboles. Una hectárea de árboles, elimina a lo largo de un año, la misma cantidad de dióxido de carbono que producen cuatro familias en ese mismo tiempo. Un solo árbol elimina una tonelada de dióxido de carbono a lo largo de su vida.

3.5.- Justicia Climática

El secretario general de la ONU, Ban Ki-moon (AFP, 2009: 33), se alarmó por la aceleración del cambio climático que, según él, está hundiendo al mundo en un “abismo”. Tras visitar en los últimos días la base internacional de Ny Ålesund (Noruega), donde observó directamente el impacto del cambio climático sobre el Ártico, Ban, al igual que su antecesor, Kofi Anna. -quien también había propuesto y puesto en práctica numerosas ideas y modificaciones que abogaran por un Plan de reforma para la Renovación de las Naciones Unidas (<http://www.un.hn/reforma.htm>)-, clamó por “justicia climática”.

Los animales y los vegetales están biológicamente preparados para evolucionar y adaptarse a cambios climáticos, pero no a un ritmo tan acelerado. En su libro "Heatstroke: Nature in an Age of Global Warming", Barnosky (citado por Sanders, 2009) documenta cómo el calentamiento global ya está reduciendo las poblaciones de ciertos antílopes en África, los anfibios en el Parque Nacional de Yellowstone y los osos polares en el Ártico, por citar algunos ejemplos.

En un discurso ante más de un millar de participantes en el foro de la Conferencia Mundial sobre el Clima (Ginebra), Ban Ki-moon instó a los gobiernos a lograr en la conferencia internacional sobre cambio climático prevista para diciembre próximo en Copenhague un acuerdo que permita "profundos recortes en las emisiones" de gases contaminantes. (EFE, 2009).

Como si las catástrofes ambientales provocadas por el hombre fueran pocas, la naturaleza arremete de nuevo contra Asia: Un nuevo 'tsunami', que golpeó este martes 29 de septiembre, provocado por un fuerte terremoto de entre 7,9 y 8,3 de magnitud en la escala abierta de Richter, según el Servicio Geológico de EEUU y otras agencias, originó olas que alcanzaron los seis metros de altura cuando rompieron sobre las costas de varias islas del Pacífico (En total, 18 países sufrieron daños como consecuencia del tsunami: Indonesia, Tailandia, India, Sri-Lanka, Malasia, Myanmar, Bangladesh, Las Maldivas, Reunion Island, Seychellas, Madagascar, Mauricio, Somalia, Tanzania, Kenia, Omán, Sudáfrica y Australia: Islas de Samoa Occidental, Samoa Americana y Tonga) (Alerta Tierra: <http://www.alertatierra.com/TsSumatra.htm>), y ha matado a más de 100 personas (esta cantidad ya está por arriba de las 1.000, reportada por CNN en español del 02-10-09), según los últimos balances recogidos por AFP, Reuters y BBC (El Mundo, 2009) y, el portavoz de la oficina de gestión de desastres de Samoa Occidental, indicó que algunas aldeas de la zona sureste del país han quedado completamente destruidas (ver **figuras 3 y 4**). Mientras, en Filipinas, la cifra de muertes por las inundaciones llegó este martes a más de 284 incluyendo los desaparecidos. Mientras las cuadrillas de socorristas continúan extrayendo cadáveres de los ríos crecidos y miles de personas continúan sin recibir víveres o servicios básicos, Filipinas recibe recibir una nueva amenaza de tormenta tropical: El tifón Farma. (Informador, 2009).

Fig. 3



Tsunami en Samatra, 2009

Fig. 4



Inundaciones en Filipinas, Sept. 2009

4.- Conclusiones.

- ▶ Una vez más se confirma el origen antropogénico del calentamiento global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero. Cualquier otra teoría alternativa no ha encontrado apoyos experimentales hasta el momento, incluyendo la hipótesis de los rayos cósmicos o las variaciones del ciclo solar, aunque algunos científicos insinúan que el denominado CC tendría su origen en la variación solar antes que la excesiva emisión de anhídrido carbónico en la atmósfera. No obstante, hacen falta más estudios:

- ▶ El brillo global (a menor contaminación del aire, más cambio climático) sería un elemento más que valorar en el problema del cambio climático. Algunos científicos creen que el oscurecimiento global habría enmascarado los efectos del cambio climático y que, con unos cielos más claros, el aumento de las temperaturas podría ser incluso más acusado de lo que apuntan las estimaciones.

- ▶ varios científicos cuestionan el alcance del efecto. En este caso, consideran que el oscurecimiento no se habría producido en todo el mundo, sino en algunas zonas concretas. Asimismo, otros investigadores recuerdan que en los últimos años la radiación solar es menos intensa, por lo que las temperaturas no estarían subiendo tanto. En definitiva, en lo que sí hay consenso es en que se necesitan más investigaciones para abordar la complejidad de la cuestión.

- ▶ Obviamente tampoco podemos contentarnos de que un fenómeno frena al otro, ya que pudiera estimular la producción de los contaminantes particulados, y el cultivo de “sepas ambientales”, aunque esto suene absurdo. Pero, como ambos tienen causas comunes, es fácil atacar a los dos fenómenos a la vez, pues las quemadas intencionales de todo combustible producen tanto gases invernadero como hollín, especialmente si la combustión es deficiente. Ahora, seguramente los

científicos vigilarán de cerca la evolución del fenómeno combinado “OG +CC”, que lucen, al parecer, como un perverso ‘dúo dinámico’, cada uno cubriendo las fechorías del otro.

- ▶ El fenómeno del OG añade una complicación más al CC, pues podría estar retardando este último y darnos falsas pistas de que no estamos contaminando demasiado el planeta, a pesar de ser obvio que no es así. Lo prudente es lidiar con ambos a la vez, pero más enérgicamente con el CC por ser más perjudicial a la larga. Pero las razones para controlar el OG son suficientemente valideras por sí solas, como la prevención de enfermedades respiratorias, sabiendo que asociadas a las partículas hay sustancias tóxicas e infecciosas que afectan la salud. En todo caso, debe prevalecer el tratamiento holístico del fenómeno.

- ▶ El secretario ejecutivo de la convención cuadro de la ONU sobre el Cambio Climático, Yvo de Boer, afirmó que la crisis financiera tendrá impacto en la lucha contra el cambio climático y advirtió de que 250 millones de africanos sufrirán de falta de agua en 2020 si no se adoptan las medidas adecuadas. (EFE, 2008). Igual preocupación manifestó el secretario general de la ONU, Ban Ki-moon, al advertir que “el Ártico se está calentando más rápido que cualquier otro lugar en la Tierra” y “podría quedarse sin hielo para el 2030”. (EFE, 2009). El encuentro en Ginebra, donde llegó para participar en la Conferencia Mundial sobre el Clima, debe servir para adoptar una estrategia de actuación conjunta de los países ante la próxima Cumbre Mundial sobre Cambio Climático que se celebrará en Conpenhague a finales de este año.

- ▶ La última cumbre mundial de Bali instó a negociar un futuro acuerdo global de lucha contra los gases de efecto invernadero hasta la reunión de la capital danesa, al tiempo que prorrogó el protocolo de Kyoto, vigente hasta 2012.

- ▶ En este punto el dictamen de la ciencia contemporánea toca su límite en el estudio de los fenómenos hoy en día mensurables, calculables y predecibles. Sólo el tiempo y las futuras investigaciones decidirán la verdad o falsedad de estas conjeturas ahora científicamente cuestionables.

- ▶ El OG y el CC son fenómenos planetarios, o sea, forman parte de la “**planetarización de los fenómenos**” (i. e. como el de los nuevos virus pandémicos, o el del proceso de globalización), que contiene y supone la existencia de todas las instancias –a escala geológica-planetarias anteriores (relativas al cambio global), así como la hegemonización de la especie humana.

- ▶ En Venezuela, el impacto del calentamiento global podría sentirse en poco tiempo y podría implicar desde graves epidemias de cólera, dengue y paludismo hasta pérdidas importantes en el negocio petrolero, sin contar posibles catástrofes en las zonas costeras.

- ▶ Dadas las actuales condiciones de desarrollo económico y cultural de la civilización actual, el dúo dinámico (OG +CC) es **INEVITABLE, GRADUAL** y de impacto **IREVERSIBLE**. Esto no porque no permita establecer acciones conscientes que reduzcan los impactos negativos de su presencia, sino porque implica un cambio del modelo de producción a corto plazo –si no es ¡ya!-, lo cual choca con el modelo de economía de libre mercado que ejecutan las economías nacionales que hoy dominan el proceso de globalización, lo que se debe en gran medida, a la preocupación manifiesta de los gobiernos, entidades nacionales y comunidad en general, por la creciente interdependencia económica de los países y las consecuencias adversas que pueden asociarse a este proceso.

Referencias

Authentication. (2009) **¿Son las Manchas Solares Diferentes Durante Este Mínimo Solar?** W. Livingston y M. Penn, National Solar Observatory, Tucson, Ariz. Publicado en EOS, Vol. 90, N° 30, 28 July 2009 , p. 257–264. (Página web en línea). Disponible en; http://www.mitosyfraudes.org/Calen10/penn_livingstone.html

AFP. (2009, 8 de Sept.). El mundo se “hunde en el abismo” por calentamiento global, dice Ban Ki-moon. Diario Vea. Caracas, p.33

Consumer Eroski. (2009). **Oscurecimiento global: La contaminación atmosférica podría estar reduciendo la cantidad de luz en el planeta, provocando con ello diversos problemas medioambientales.** (Página web en línea). Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2007/09/14/166811.php

Duarte et. al., (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC., Madrid: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.

EFE. (2008, 19 de Sept.). **Millones de africanos pueden sufrir los efectos de la falta de agua en 2020.** (Página web en línea). Disponible en: http://www.soitu.es/soitu/2008/11/19/info/1227117629_161843.html

_____. (2009). **La ONU advierte que el Ártico podría quedarse sin hielo en 2030.** (Página web en línea). Disponible en: http://www.cincodias.com/articulo/sentidos/ONU-advierte-Artico-podria-quedarse-hielo-2030/20090903cdscdscis_6/cdspor/).

El Mundo.es (2009. 30 de Sept.). **Un 'tsunami' mata a más de 100 personas en las islas de Samoa y Tonga.** (Información Online). En: <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/09/30/internacional/1254276529.html>

Fernández, A. (2009), **Brillo global, una amenaza más para el cambio climático.** (Información Online). En: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2009/01/29/183022.php

Informador. (2009, 30 de Sept.). **Superan 246 los muertos por inundaciones en Filipinas.** (Información Online). En: <http://www.informador.com.mx/internacional/2009/141788/6/superan-246-los-muertos-por-inundaciones-en-filipinas.htm>

Nasa. (2009). **Simulaciones del Clima a Máxima Velocidad.** (Página web en línea). Disponible en; http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/02may_supermodel.htm

New Divx (2009). **Global Dimimig.** (Documental de la BBC sobre el Oscurecimiento Global. Megavideo (Online). En: <http://newdivx.es/documentales/5549-oscurecimiento-global.html>).

Palmitesta, R. (2007). **El “Otro” Villano Ambiental: El Oscurecimiento Global.** (Página web en línea). Disponible en: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.

Sanders, R. (2009). **In face of global warming, can wilderness remain natural?** (Documento Online). Disponible en; En: http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2009/04/13_heatstroke.shtml

Saba, S. (2009). **Venezuela: efectos políticos y territoriales del calentamiento global.** (Página web en línea). Disponible en: <http://www.analitica.com/va/sociedad/articulos/8928662.asp>

Turcon. (2004). **España y Portugal son los países de la UE más afectados por el Calentamiento Global.** Informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente. (Página web en línea). Disponible en;

<http://turcon.blogia.com/2004/081901-espana-y-portugal-son-los-paises-de-la-union-europea-mas-afectados-por-el-calent.php>

Wikipedia. (2009). **Calentamiento Global**. (Página web en línea). Disponible en; http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global

Zaror, C. (2009). *Cambio Climático: Desafío globales y locales*. Universidad de Concepción, Chile.