

# RAYOS...

# ¿EL SOL?

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/sunearth01.html>

Steve's Films



# EL CAMBIO CLIMÁTICO, UNA MIRADA DESDE LOS FENÓMENOS CÓSMICOS Y GEOLÓGICOS

José Miguel Hernández

Estudiante de grado 11. Promoción 2011, Gimnasio Campestre.

Correspondencia para autor: [chirrincli@hotmail.com](mailto:chirrincli@hotmail.com)

Recibido: mayo 9 de 2011

Aprobado: octubre 4 de 2011

## RESUMEN

En los últimos años la sociedad ha comenzado a preocuparse por el futuro del planeta Tierra, esta gran preocupación se debe en parte al fenómeno del cambio climático. Este interés ha dado paso a nuevas teorías que relacionan factores totalmente ajenos a las actividades del ser humano, especialmente factores cósmicos, representados, principalmente, por la teoría del científico danés Henrik Svensmark, en la cual se afirma que los rayos cósmicos tienen una influencia en el cambio ambiental actual y no sólo las actuaciones humanas.

Este trabajo tiene como objetivo presentar estas “nuevas tendencias” y examinar algunas evidencias del cambio climático causadas por factores totalmente ajenos a las acciones de la sociedad global.

**Palabras clave:** Cambio climático, ambiente, rayos cósmicos, factores geológicos.

## SUMMARY

In recent years, society has begun to worry about the future of the planet Earth. Such big concern is caused in part because of climate changes. This new interest has led to new theories that relate factors that are completely away from human activities, especially cosmic factors, represented by the theory of Danish scientist Henrik Svensmark. His theory states that cosmic rays, and not only human behaviors, have an influence on the current environment changes.

This paper aims to present these “new trends” and examine some evidences of climate changes caused by factors completely unrelated to the actions of the global society.

**Key words:** Climate change, environment, cosmic rays, geological factors.

*“No podemos pretender que el planeta esté rendido a nuestros pies. Cada uno pide un planeta para sí solo, pero el planeta no puede con todos”.*  
*Jordi Morales, Biólogo.*

## INTRODUCCIÓN

Una crisis ambiental sucede cuando el entorno de una especie o población sufre cambios críticos significativos que lo desestabilizan. En la actualidad, la crisis ambiental mundial es un fenómeno que no solo afecta a una población específica, sino que está afectando a todas las poblaciones del mundo (Dellsperger, 2003).

La crisis ambiental es consecuencia de diferentes hechos, entre los que se destacan: cambios abióticos, acciones depredadoras por parte de distintos organismos, sobrepoblación animal, emisiones de CO<sup>2</sup> de los pantanos, entre otros. Así mismo, según la teoría antropogénica, la sociedad tiene una gran influencia en este fenómeno, principalmente por la quema de combustibles, el uso de energía eléctrica y las emisiones de gases efecto invernadero generadas por la ganadería y producción desmesurada de desechos.

No obstante aún no son claros los factores que direccionan e inciden completamente en la crisis ambiental actual. Por ello, el propósito de este trabajo es aportar al conocimiento de los factores cósmicos y geológicos que han incidido en el cambio climático a través del tiempo.

## ANTECEDENTES

El calentamiento global es la definición utilizada para referirse al fenómeno del

aumento de la temperatura media global. En los últimos años este fenómeno se ha asociado en múltiples oportunidades con el efecto invernadero, es decir, el incremento de la temperatura por la presencia excesiva de algunos gases como el dióxido de carbono en la atmósfera.

En 1903 Svante Augus Arhenius publicó el primer trabajo que relaciona la quema de combustible fósil con el aumento de la temperatura promedio en la Tierra. Él concluyó que se necesitarían aproximadamente 3000 años de combustión para que se alterara completamente el clima del planeta. En las décadas siguientes, los trabajos de Arhenius fueron rechazados, pues se creía que el único factor que influía en el calentamiento global era el vapor de agua y no el gas carbónico. No obstante, en 1948 Guy S. Callendar publicó varios ensayos corrigiendo las estimaciones de Arhenius, concluyendo que el incremento promedio de la temperatura por año era de 0.005 grados centígrados y que el humano efectivamente contribuía al aumento de la concentración de CO<sup>2</sup> en la atmósfera, este postulado es conocido como el *Efecto Callendar* (Picazo, et al., 1994).

Con el planteamiento de esta nueva teoría, surgieron grupos científicos que se opusieron a ella rotundamente. Entre ellos Roger Revelle, quien consideraba que cualquier exceso de CO<sup>2</sup> en la atmósfera sería rápidamente eliminado o absorbido por procesos naturales. Esto generó un intenso debate, hasta que Charles Keeling (un discípulo de Revelle) comprobó, al vivir en sitios remotos, la existencia de un incremento en la concentración de CO<sup>2</sup> en la atmósfera. Keeling continuó con sus observaciones por

otros 40 años, para finalmente concluir, que sin importar el lugar de medición, la media de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera siempre es la misma y que el incremento promedio de este gas es de 1,5 partes por millón por año, estos resultados aún están vigentes (Wallington *et al.*, 2002).

En 1974, después de haber sido aceptadas las teorías científicas sobre el calentamiento global, la “Organización Meteorológica Mundial” decidió crear un grupo especializado en calentamiento global. En 1985 se efectuó la primera conferencia mundial relacionada con este tema en Villach, Austria, donde la ONU y el Consejo Internacional para el medio ambiente concluyeron que la temperatura podía seguir aumentando exponencialmente. El impacto de estos estudios facilitó la fundación en 1988 del “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” (IPCC), que en 1992, durante la “Cumbre de la Tierra”, promovió la creación del *Marco Sobre El Cambio Climático* para tratar de estabilizar las emisiones de gases efecto invernadero.

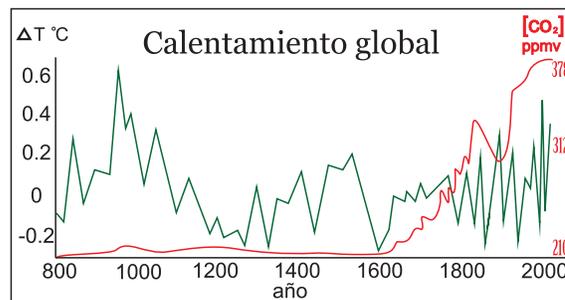
Entre 1997 y el 2004, se redactó y evaluó la aplicación del *Protocolo de Kioto*, acuerdo que busca reducir las emisiones de los principales gases efecto invernadero:  $\text{CO}_2$ , metano, óxido nitroso y hexafluoruro de azufre. A raíz del tercer informe de la IPCC emitido en el 2005, los países que habían participado en el Protocolo de Kioto se reunieron en Montreal para sentar las bases de un nuevo protocolo que sería puesto en funcionamiento en el 2012.

La última reunión mundial relacionada específicamente con el calentamiento

global fue llevada a cabo en Bali en el 2007, donde se acordó la aplicación de nuevas energías alternativas entre los países en vía de desarrollo y se creó el concepto de *Justicia Climática*, acuerdo a través del cual se propone que los contaminadores paguen por los daños que le hacen al ambiente, para que los países poco desarrollados no sigan siendo atropellados por este fenómeno.

## HISTORIA DEL DESARROLLO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los datos presentados en la Gráfica 1, fueron obtenidos por medio de los estudios realizados por Khandekar, Kreutz y otros autores (Nahle, 2007). El análisis de estos datos puede dividirse en tres épocas distintas: desde el año 800 al 1300 de nuestra era, desde el 1300 hasta el 1600, y desde el 1600 hasta la actualidad. En el primer periodo de la edad media se observa que hubo un calentamiento global hasta el año 1000, momento en el que la temperatura comenzó a decaer hasta llegar a su punto más bajo cerca del año 1300. Posteriormente, la temperatura comenzó a aumentar, salvo en dos momentos específicos: entre los años 1400 a 1450 y entre los años 1600 a 1650, lapso conocido como la pequeña edad de hielo que se extendió hasta el



**Gráfica 1.** Variación de la temperatura media desde el año 800 hasta 2006 y su relación con la cantidad de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.

año 1700. El último bloque muestra que desde ese momento hasta la actualidad ha habido una tendencia al aumento continuo en la temperatura, aunque se ha visto asociado por un fenómeno que se podría considerar cíclico. El año más caluroso desde ese último “aumento” es 1998 y el más frío fue el 1800.

Estos hallazgos dieron inicio a la polémica acerca del verdadero origen e incluso existencia del calentamiento global, dado que demuestran que, a diferencia de lo planteado por la IPCC, el periodo cercano más caluroso de la Tierra hasta ahora conocido ocurrió durante la Edad Media. En consecuencia y según esta evidencia, estos cambios no fueron generados por causa de la sobrepoblación y mucho menos por procesos de industrialización, como lo han afirmado en los últimos años algunas organizaciones ambientales.

## CAMBIO CLIMÁTICO: LOS VOLCANES

Recientes estudios y pruebas a lo largo del globo terráqueo, han demostrado que los volcanes tienen un gran impacto en el ambiente y el clima. Su formación está determinada principalmente por la fricción entre las placas tectónicas que generan la fusión de rocas en la corteza terrestre.

La influencia de las erupciones volcánicas en el medio ambiente fue descubierta en 1991, cuando científicos detectaron que después de la gran erupción del volcán del monte Pinatubo (Filipinas) los índices de flujo de CO<sup>2</sup> hacia la atmósfera se redujeron y aumentaron los de SO<sup>2</sup>. Al investigar las causas, se descubrió que

durante los años 1992 y 1993 una “cortina de bruma” generada por las cenizas de la erupción se había asentado alrededor del planeta reduciendo la luz solar que alcanza la superficie terrestre haciéndola más débil y difusa. En ese momento se asumió que los cambios ambientales en los ecosistemas y la temperatura eran una consecuencia directa de la erupción (Baldicero, 1997).

Así mismo, existen otros ejemplos de erupciones volcánicas que han afectado el desarrollo normal del clima terrestre. Por ejemplo, la erupción del volcán *Santorini* hacia el 1600 a.C. generó un aumento en los niveles globales de azufre. La erupción del *Huaynaputina* en Perú, en el 1600 d.C. produjo una disminución de 0.8°C de la temperatura global. El volcán *Laki* en Islandia, hizo erupción en 1783 y causó uno de los veranos más fríos en la historia del país. Por último, la erupción del volcán *Tambora* (Java) en 1825 produjo la disminución de la temperatura en 0.5° (con respecto a los 5 años anteriores) y causó los inviernos más fríos en Norteamérica y Europa (Uriarte, 2003).

## EL CALENTAMIENTO GLOBAL: EL SOL

Aunque parezca increíble, la búsqueda de una relación entre el clima y el Sol se remonta a la antigüedad (400 a. C.). Según Teofastro, Metón estuvo observando regularmente manchas sobre nuestra estrella y, después de veinte años de observaciones, concluyó que cuando el Sol tenía manchas, el tiempo tendía a ser más lluvioso. Esta es quizá la primera referencia conocida de una relación Tierra-Sol. Mucho tiempo des-

pués, el gran astrónomo William Herschel escribía: “Ya que la experiencia nos ha convencido de que nuestras estaciones son a veces severas y otras suaves, queda por considerar, si se podría adscribir tal diferencia a una emisión más o menos copiosa de la radiación solar” (Vásquez, 2006). Otros autores del siglo XIX, como Piazzzi-Smyth, establecieron una relación entre la temperatura de la superficie terrestre y el ciclo solar. Otros dieron cuenta de la conexión entre la actividad solar y las fluctuaciones del campo magnético terrestre con la aparición de las auroras. Estos hechos pudieran llevar a pensar que el cambio climático y la crisis ambiental están relacionados con aspectos ajenos a la actividad humana.

## LOS CICLOS SOLARES

Las primeras observaciones telescópicas del Sol realizadas por Galileo y Scheiner permitieron descubrir las manchas solares, pero sólo hasta 1843 el astrónomo aficionado Daniel Schwabe descubrió el carácter periódico de las apariciones y desapariciones de estos fenómenos. Los ciclos solares son los periodos de cambio en la actividad solar que se repiten con una frecuencia de once años en promedio, representadas por las fluctuaciones en la cantidad de manchas solares observadas. Dichas alteraciones se pueden dar en tres niveles: luminosidad, intensidad del viento solar y del campo magnético.

En 1979 Mitchel y sus colaboradores publicaron un trabajo en el cual se establecía una relación entre el ancho de los anillos de árboles y el ciclo magnético solar de 22 años (Vásquez, 2006). Sin embargo, pueden existir períodos muy extensos y complejos cuya repetición no es entendida en la actualidad.

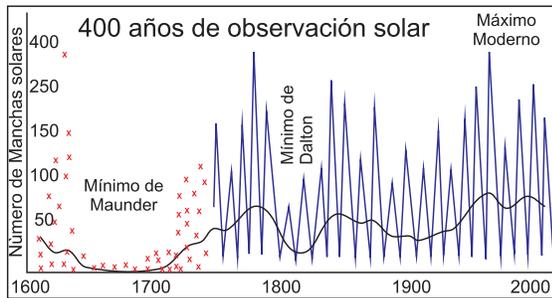
Se sabe que el Sol está a la mitad de su vida, pero en sus comienzos su irradiación era alrededor de un 30% menos que la actual, factor que podría explicar los periodos fríos precámbricos. En 1989, Joseph Kirschvink encontró una roca de 700 millones de años de antigüedad en el Ecuador, que evidenciaba serios rasgos de glaciación, lo que demostró que la Tierra estaba totalmente cubierta de hielo (Jaworowski, 2003).

Así mismo, durante el periodo Fanerozoico, la Tierra experimentó 8 grandes ciclos climáticos entre 50 y 90 millones de años, siendo 4 de ellos (iglúes) más fríos que los otros cuatro (invernaderos). Algunos científicos argumentan que estos cambios se debieron al viaje del sistema solar a través de los brazos de la Vía Láctea, pues se encontró con zonas de múltiples explosiones de novas y supernovas, las cuales cambiaban las condiciones climáticas drásticamente (Nahle, 2007).

No obstante, después de estos ciclos desmesuradamente largos llegan ciclos relativamente cortos, que refuerzan o debilitan a sus antecesores. Es más, se calcula que en el último millón de años, hubo de 8 a 10 edades de hielo, cada una de 100.000 años de duración, seguidas por periodos cortos interglaciares, cada uno de 10.000 años de duración.

Científicos de las universidades de Caltech y de Harvard realizaron un estudio sobre las variaciones del clima de los últimos 1000 años (que incluyó registros históricos, análisis de los indicadores proxy de temperatura, indicadores de variables sustitutivas, línea del movimiento de los bosques, temperaturas de perforaciones

geológicas, entre otros), concluyendo que ha habido múltiples periodos de 50 años más cálidos que otros y que los cambios producidos por dichos fenómenos fueron mucho más bruscos y violentos que los que se observan actualmente (Nahle, 2007).



**Gráfica 2:** Cantidad de manchas solares observadas entre los años 1600 y 2000. Tomado de Nahle (2007).

Registros obtenidos de glaciares nos dan a entender que cuando se desarrollaron civilizaciones como la babilónica y egipcia coincidieron con una mejora general del clima, situación que persistió hasta los últimos momentos del Imperio Romano. La entrada de la edad media supuso el retorno del frío que persistió hasta el siglo X, época en que la temperatura se elevó hasta los niveles actuales. Este cambio hizo posible la colonización de Groenlandia, hacia el año 985 por parte de los vikingos (Vásquez, 2006). En los últimos 400 años de observación de la actividad solar, se han detectado algunos fenómenos que pueden estar relacionados con eventos climáticos excepcionales. Estos son el mínimo de Maunder, el Mínimo de Dalton y el Máximo Moderno.

**Mínimo de Maunder:** es el periodo de tiempo entre 1645 y 1715 en el que las manchas solares casi desaparecieron de la superficie del Sol. Entre 1570 y 1574, los inviernos fueron muy fríos en Europa y los veranos casi inexistentes y lluviosos. El río Ebro se congeló a su paso por

Tortosa el 12 de diciembre de 1507 y este suceso se repitió en 1617 y hasta siete veces en los años siguientes.

Durante el Mínimo de Maunder aumentaron los glaciares en el norte de Europa así como la longitud de sus inviernos. Por ejemplo, el río Támesis llegó a helarse durante varias semanas en el invierno de 1694-95 y según las crónicas, podía cruzarse en carreta e incluso celebrar ferias sobre su superficie completamente congelada (Rego, 2007). Maunder cita al editor de la *Philosophical Transactions* al describir la observación de una mancha solar en 1671 por Cassini en París con el comentario de que fue la primera mancha vista en muchos años. En el año 1922 Maunder encontró además, una nota de Flamsteed, el primer Astrónomo Real, que describe una mancha solar vista en Greenwich en 1684, en el que dice que es la primera vez que se observaba este fenómeno desde 1674 (Beckman & Mahoney, 1998).

Durante este periodo, solamente se pudieron observar 50 manchas de las 40.000 y 50.000 acostumbradas. Este fenómeno se asocia a la “pequeña edad del hielo” del siglo XVII, en la cual el mundo, especialmente Europa y Norteamérica, sufrió inviernos muy fuertes y crudos. Los científicos han asociado las bajas temperaturas registradas durante este lapso de tiempo con la baja en la aparición de las manchas solares durante varios decenios consecutivos, pues se considera que la actividad solar puede relacionarse con el cambio drástico en la temperatura (Vásquez, 2006).

Así, el Mínimo de Maunder sustenta la teoría que argumenta que la Tierra sufre

constantes ciclos climáticos de distinta duración. El Mínimo de Maunder o la “pequeña edad del hielo” llegan después del “Óptimo Climático Medieval”, un periodo de tiempo extremadamente caluroso, que se presentó entre los siglos X y XV (Beckman & Mahoney, 1998).

**Mínimo de Dalton:** El mínimo de Dalton fue otro periodo de disminución en la cantidad de manchas solares, con una duración de tan sólo 28 años. Sin embargo, registros basados en análisis a partir del Berilio-10, indican que la temperatura durante este lapso de tiempo sufrió una disminución representativa. Desafortunadamente, este mínimo no es muy relevante ni muy largo, por consiguiente, no se encuentran mayores datos que representen el cambio en las condiciones climáticas a raíz de este fenómeno (Beckman & Mahoney, 1998).

**Máximo Moderno:** El máximo moderno hace referencia al periodo de tiempo iniciado en 1900, en el cual los ciclos solares han tenido un ritmo sostenido de incremento en actividad y que han coincidido con la gran producción de gases de invernadero de origen antropogénico. Algunos autores como Svensmark consideran que el aumento en la actividad solar puede ser una de las causas del incremento en la temperatura terrestre. Así mismo, este periodo de tiempo se relaciona con la teoría de los ciclos climáticos, pues aparece después de varias “bajas” en la temperatura.

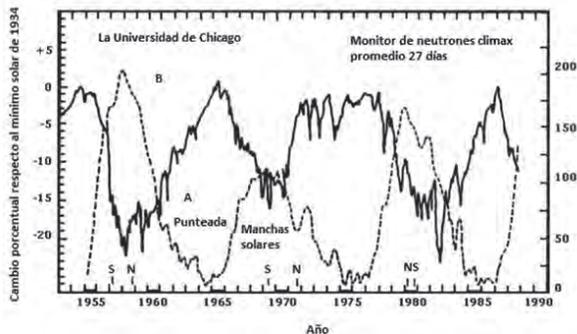
## RAYOS CÓSMICOS

Los rayos cósmicos son partículas atómicas y subatómicas generadas en el espacio exterior, que viajan por el uni-

verso cerca a la velocidad de la luz y se estrellan con la Tierra en todas las direcciones posibles. El origen de los rayos cósmicos aún no está claro; se sabe que el Sol produce rayos cósmicos de baja energía cuando se producen las erupciones solares, pero este fenómeno no es muy frecuente y, por lo tanto, no se cree que esta sea la causa principal de la aparición de estas partículas. Así mismo, otra pequeña fuente son las explosiones de las supernovas, pues se ha descubierto que dichas explosiones aceleran el proceso de formación y requieren grandes cantidades de electrones de alta energía. Ahora bien, el descubrimiento más importante en relación con la formación de los rayos cósmicos fue hecho por un grupo de científicos argentinos, quienes (por medio de observaciones) encontraron que la mayoría de estas partículas provienen de la constelación *Centaurus*. Una serie de prácticas comprobaron que la actividad del agujero negro en el núcleo de la constelación produce grandes cantidades de neutrones y protones, los cuales llegan a la Tierra en forma de rayos cósmicos (Otaola & Valdés-Galicia, 1995).

Un fenómeno muy peculiar que ocurre por la acción de los rayos cósmicos es la “cascada de rayos”. Este fenómeno se genera cuando un rayo de alta energía choca con los átomos de la atmósfera, creando un ambiente en el cual se pueden multiplicar las partículas subatómicas. Se ha encontrado que el flujo de rayos cósmicos de alta energía varía en forma inversa con el ciclo de once años de actividad solar. Esta relación se pone en evidencia a la escala de unos pocos días cuando se produce un aumento de flujo de partículas, lo que se conoce con

el nombre de efecto Forbush. El mejor sitio para identificar una relación entre el flujo de rayos cósmicos y algún factor del sistema climático, son las zonas de latitudes altas donde el efecto de apantallamiento del campo magnético terrestre es menor (Otaola & Valdés-Galicia, 1995).



**Gráfica 3:** Intensidad de la radiación cósmica (línea continua) de 1953 a la fecha detectada en el monitor de climax, EUA, junto con el ciclo de manchas solares (línea punteada) para el mismo periodo. Tomado de Otaola & Valdés-Galicia, 1995.

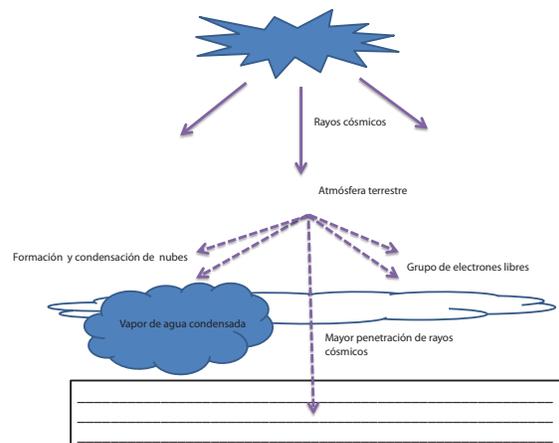
En 1995 los científicos rusos Pudovkin y Veretenenko investigaron la relación entre los episodios Forbush con el valor de nubosidad registrado por varios observatorios meteorológicos. Los resultados indicaban un descenso de la nubosidad en la banda de latitudes 60-65 grados, siendo los cirros el tipo de nubes más afectadas (Vásquez, 2006).

Estudios recientes han comprobado que los rayos cósmicos tienen una gran influencia en la crisis ambiental. Científicos del Centro Nacional Espacial de Dinamarca descubrieron que los electrones liberados por dichas partículas ayudan a la formación de los “aerosoles” (partículas suspendidas en un gas) que forman los núcleos de condensación de las nubes. Por otra parte, estudios realizados por este centro, aportaron evidencia que demostraba que la gran actividad cósmica en la Antártida es la causante

de los fenómenos anómalos que se están observando en esa zona (Nahle, 2007).

## RAYOS CÓSMICOS Y SU INFLUENCIA EN LA CREACIÓN DE NUBES

Según Svensmark “la idea básica es que la actividad solar puede incrementar o disminuir la nubosidad, lo cual tiene un efecto en el calentamiento o enfriamiento de la temperatura de la superficie de la Tierra. El agente clave en esto son los rayos cósmicos, partículas de alta energía procedentes de restos de explosiones de supernovas, principalmente. Estas partículas energéticas entran en lo que llamamos la heliosfera, que es el gran volumen de espacio que está dominado por el Sol, a través del viento solar, que es un plasma de electrones, núcleos atómicos y campos magnéticos asociados que están fluyendo continuamente del Sol. Si el Sol y el viento solar están muy activos, no permitirán que cantidades grandes de rayos cósmicos alcancen la Tierra. Menos rayos cósmicos significan menos nubes que se forman, por lo que habrá una Tierra más caliente. Si el Sol



**Gráfica 4:** Formación de núcleos de condensación en nubes de baja altura a partir de rayos cósmicos. Tomado de Dadrev (2010).

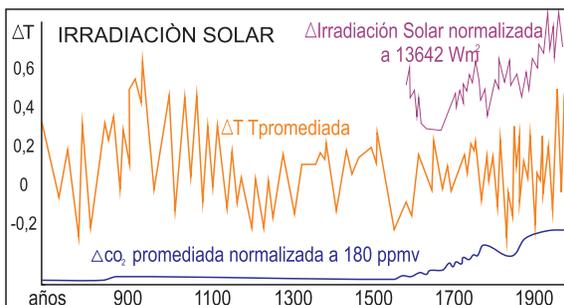
y el viento solar no están muy activos, más rayos cósmicos puede entrar, eso significa más nubes [que refleja la luz del sol más lejos] y una Tierra más fresca (Long, 2007).

## DISCUSIÓN

Según lo anterior, las distintas investigaciones han encontrado coincidencias entre los ciclos solares y los cambios de temperatura en nuestro planeta. Sin embargo, uno de los factores que ha generado mayor escepticismo por parte de los investigadores del calentamiento global sobre la relación Sol-Tierra es que en el pasado esta relación se suscribía a encontrar una sola coincidencia de ciclos. Hoy en día aunque esta búsqueda es parte de la verdad, la otra debe estar sustentada por teorías que provengan de la física solar.

A continuación se analizan algunos datos presentados en las gráficas 5 y 6 con el fin de establecer la relación entre algunos parámetros terrestres como el cambio de la temperatura y el flujo de rayos cósmicos.

En la gráfica 5 se puede apreciar cómo el aumento de la intensidad de la radiación solar coincide con el aumento de la



**Gráfica 5:** Variación de la Irradiación solar, la concentración de CO<sub>2</sub> y el cambio de temperatura. Tomada de Nahle (2007).

temperatura global, pero no coincide con las emisiones de CO<sub>2</sub>. En la edad media, por ejemplo, la temperatura varió positivamente y los niveles del gas se mantuvieron bajos. Al analizar con más detalle estos datos se observa que entre el año 700 al 1100 hubo una gran variabilidad de la radiación solar, seguido de niveles mucho más bajos, en el año 1600 (pico más bajo), coincidiendo con el mismo momento histórico en el que comenzó la llamada “pequeña edad del hielo”. Así mismo, en el periodo de tiempo entre 1800 y 1900 se presentó otro pico muy bajo (mínimo de Dalton), para después comenzar un aumento irregular de la temperatura hasta llegar a lo que hoy conocemos como el máximo moderno.



**Gráfica 6:** Cambios en la temperatura en la troposfera vs el flujo de rayos cósmicos entre los años 2001 a 2005. Tomado de Nahle (2007).

La gráfica 6 presenta los aportes de los trabajos de Stone (Nahle, 2007), quien demostró que cada pico de energía entrante coincide con la alta variabilidad de la temperatura de la Tierra. Estos datos son recientes, lo que hace difícil relacionar estos hallazgos con los fenómenos climatológicos referidos con la radiación solar en la antigüedad. Sin embargo, es posible deducir una correlación entre los cambios en la temperatura global y la entrada de rayos cósmicos a la atmósfera. Por ejemplo, a finales año 2002 se observa una disminución en la

entrada de rayos cósmicos mientras que hay un incremento en la temperatura. Ese fenómeno se presenta debido a la relación entre los rayos cósmicos y la formación de las nubes: a mayor cantidad de rayos entrando a la atmósfera, más nubes se forman, por lo tanto, la temperatura decrece. También la gráfica muestra que, desde el año 2004, hay una entrada permanente de rayos cósmicos. Este fenómeno puede ser explicado por medio de la actividad solar, pues a partir de este año el Sol empezó la fase declinante del Ciclo 23 disminuyendo su campo magnético y permitiendo la entrada de los rayos cósmicos.

Los estudios realizados por los daneses concluyeron que una variación del 3% al 4% en nubosidad muestra una excelente correlación con el flujo de rayos cósmicos y por lo tanto una correlación inversa con el nivel de actividad solar. El siguiente paso como lo propone Vásquez (2006), debe ser un mecanismo que explique esta relación. Ante estas evidencias el *European Organization For Nuclear Research* (CERN), viene desarrollando el *Proyecto CLOUD*, que es un experimento que utiliza una cámara de niebla para estudiar la posible relación entre los rayos cósmicos galácticos y la formación de nubes. El sincrotrón de protones del CERN constituye la primera vez que un acelerador de física de alta energía es utilizado para estudiar ciencias de la atmósfera y el clima. Los resultados podrían modificar en gran medida nuestra comprensión de las nubes y el clima y dar una idea de la importancia que ha tomado la hipótesis de Svesmark y su equipo, quienes han encontrado que los rayos cósmicos pueden afectar hasta en

un 7% el contenido de agua en la atmósfera (Svesmark, *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

Aparentemente existe una relación entre los ciclos solares, la aparición de las manchas solares y los cambios en la temperatura a lo largo de la historia de la Tierra. Los distintos “ciclos de temperatura” que se han venido presentando en el planeta Tierra desde tiempos inmemoriales, parecen coincidir con los cambios en la actividad solar. Esta evidencia podría llegar a indicar que existe cierta relación o influencia del Sol en los cambios de la temperatura atmosférica y el clima de la Tierra.

Otros factores tales como el geológico también son importantes en el proceso del Cambio Climático. La capa de bruma atmosférica producida por las explosiones volcánicas interfiere con la entrada de los rayos solares a la superficie terrestre, generando enfriamientos parciales en zonas específicas del planeta.

La posible influencia de los rayos cósmicos en la formación de las nubes es un indicio de que estos “entes” pueden ser fundamentales en el proceso de enfriamiento del planeta Tierra. Basándose en la hipótesis danesa de la formación de las nubes se podría afirmar que a mayor entrada de rayos cósmicos, habrá mayor formación de nubes, un aumento en las precipitaciones y, por lo tanto, un “enfriamiento global”. Mientras que poca actividad de rayos cósmicos causa una disminución en la formación de las nubes y, por ende, un calentamiento global.

Se puede afirmar que existen factores externos al planeta Tierra que tienen

cierto grado de influencia en el Cambio Climático (cerca al 10%). No obstante, la sociedad debe continuar con las campañas de desarrollo sostenible, para garantizar que, en lo que concierne en la sociedad, el planeta se vea protegido de toda amenaza ambiental por parte de las acciones humanas.

## BILIOGRAFIA

Baldicero, L. (1997). Los volcanes afectan el clima del planeta, *Revista Ciencia Hoy*, volumen 7, <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy38/volcan1.htm>, recuperado Marzo 8 de 2011

Beckman, J. y Mahoney, T. (1998). The Maunder Mininum and Climate Change: Have Historical Records Aided Current Research? <http://www.eso.org/sci/libraries/lisa3/beckmanj.html>, recuperado noviembre 10 de 2010

Dellsperger, V. (2003). *Crisis Ambiental*, ed. PNUMA México-Suiza, pp.6-12.

Dadrev (2010). Índice geomagnético solar alcanza mínimos sin precedentes. <http://esdv.wordpress.com/2010/01/09/el-indice-geomagnetico-solar-alcanza-minimos-sin-precedentes/>. Recuperado Septiembre 15 de 2010

Jaworowski, Z. (2003). Los ciclos solares, no el CO<sup>2</sup>, determinan el clima, *21st Century Science & Technology*, Winter 2003-2004, recuperado Diciembre 4 de 2010

Long, M. (2007). Sun's Shifts May Cause Global Warming. *Discover Magazine*. [http://discover-magazine.com/2007/jul/the-discover-interview-henrik-svensmark/article\\_view?b\\_start:int=1&-C=](http://discover-magazine.com/2007/jul/the-discover-interview-henrik-svensmark/article_view?b_start:int=1&-C=). Recuperado Diciembre 4 de 2010

Nahle, N. (2007). Radiación Cósmica y Cambio Climático. *Biology Cabinet*, [http://biocab.org/Rayos\\_Cosmicos\\_Cambio\\_Climatico.html#anchor\\_63](http://biocab.org/Rayos_Cosmicos_Cambio_Climatico.html#anchor_63), recuperado Noviembre 12 de 2010

Otaola, J. y Valdés-Galicia, J. (1995). Los Rayos Cósmicos: Mensajeros de las estrellas. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec\\_10.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec_10.htm). Recuperado Noviembre 12 de 2010

Picazo, F. *et al.* (1994). Algunos aspectos físicos del efecto invernadero, <http://www.uclm.es/ab/>

[educacion/ensayos/pdf/revista9/9\\_24.pdf](http://educacion/ensayos/pdf/revista9/9_24.pdf). Recuperado octubre 4 de 2010.

Rego, M (2007). Cambio Climático y Astrofísica. [http://www.ite.educacion.es/w3/tematicas/cosmologia/2007\\_01/2007\\_01\\_03.html](http://www.ite.educacion.es/w3/tematicas/cosmologia/2007_01/2007_01_03.html). Recuperado noviembre 15 de 2010.

Svensmark, H., BondoT. & Svensmark, J. (2009). Cosmic ray decreases affect atmospheric aerosols and clouds. *Geophysical Research Letters* VOL. 36, L15101, pp.4, doi:10.1029/2009GL038429.

Wallington, T. *et al*, (2002). Greenhouse gases and global warming. <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C06/E6-13-01-01.pdf>. Recuperado el 18 de noviembre de 2010. Gráfica 2.

Uriarte, A. (2003). El clima en el último milenio <http://homepage.mac.com/uriarte/ultimomilenio.html#erupciones>. Recuperado noviembre 15 de 2010.

Vásquez, M. (2006). *La historia del Sol y el cambio climático*. España: Mac Graw Hill