

¿Pequeña Edad de Hielo En Vez de Calentamiento Global?

por Dr Theodor Landscheidt
Schroeter Institute for Research in Cycles of Solar Activity
Klammerfelsweg 5, 93449 Waldmuenchen, Alemania
th.landscheidt@t-online.de

Abstracto:

El análisis de la variable actividad solar en los últimos dos mil años indica que, contrariando a las especulaciones del IPCC acerca de un calentamiento global inducido por el hombre de 5,8°C en los próximos cien años, se espera un largo período de clima frío con su pico más frío hacia el año 2030. Se muestra que el mínimo del ciclo Gleissberg de 80 a 90 años de la actividad solar, coincidentes con períodos de climas fríos en la Tierra, están ligados de manera consistente a un ciclo de 83 años en el cambio de la fuerza rotatoria que impulsa el movimiento de rotación del Sol alrededor del centro de masa del sistema solar. Dado que el curso futuro de este ciclo, así como sus amplitudes pueden ser computadas, se puede ver que el mínimo Gleissberg del año 2030 y otro alrededor del 2200, serán del tipo del Mínimo Maunder, acompañados por un severo enfriamiento de la Tierra. Este pronóstico puede ser acertado ya que otros pronósticos a largo plazo del fenómeno climático, basados en el movimiento orbital cíclico del Sol, han resultado ser correctos - como por ejemplo la predicción de los últimos tres eventos de El Niño, años antes de su ocurrencia.

1. Introducción

El continuado debate sobre el calentamiento global inducido por el hombre ha llegado a una etapa crucial. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), establecido por las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica (OMM), ya no publican más "proyecciones de mejor estimación" del aumento de temperatura para el año 2100 causado por el aumento de la acumulación de los gases de invernadero en la atmósfera, sino que publica "pequeñas historias" para la prensa para especular sobre un calentamiento de hasta 5,8°C hasta el 2100. Los editores de la revista *Science* (2002), sin embargo, comenta sobre el incrementado número de publicaciones que apuntan a la variada actividad solar como un fuerte factor en el cambio climático: *"A medida de que en los registros del clima pasado aparecen más y más contoneos que coinciden con los aumentos y disminuciones del brillo del*

Sol, los investigadores está aceptando a regañadientes y seriamente que el Sol es un factor en el cambio climático. Han incluido la variabilidad del Sol en los cálculos de sus simulaciones del calentamiento de los últimos 100 años. Y el Sol parece haber jugado un rol fundamental en el desencadenamiento de sequías y eventos de fríos."

Aquellos científicos que están comenzando a reconocer "a regañadientes" el rol fundamental del Sol en el cambio climático, son conversos que creyeron en el dictamen del IPCC sobre que *"el forzado solar es considerablemente más pequeño que las fuerzas radiativas antropogénicas"*, y su convicción de que *"los niveles de la comprensión científica es muy bajo"*, mientras que el forzado por parte de los bien mezclados gases de invernadero *"siguien gozando de los más altos niveles de confianza"*, en cuanto a su entendimiento científico de que *"no es probable que el forzado natural pueda explicar el calentamiento en la segunda parte del Siglo 20."* En realidad, hubo una multitud de publicaciones desde el Siglo 19, y especialmente en las décadas recientes, que suministran evidencia de fuertes relaciones Sol-Tierra en la meteorología y el clima ignoradas por los proponentes del calentamiento global: (Koppen, 1873; Clough, 1905; Brooks; 1926; Scherhag, 1952; Bossolasco et al., 1973; Reiter, 1983; Eddy, 1976; Hoyt, 1979; Markson, 1980; Schuurmans, 1979; Landscheidt, 1981-2001; Bucha 1983; Herman and Goldberg, 1983; Neubauer 1983; Prohaska and Willett, 1983; Fairbridge and Shirley, 1987; Friis-Christensen and Lassen, 1991; Labitzke and van Loon, 1993; Haigh, 1996; Baliunas and Soon, 1995; Lassen and Friis-Christensen, 1995); Lau and Weng, 1995; Lean et al, 1995; Hoyt and Schatten, 1997; Reid, 1997; Soon et al. 1996; Svensmark and Friis-Christensen, 1997; White et al. 1997; Cliver et al., 1998; Balachandran et al., 1999; Shindell et al., 1999; van Geel et al., 1999; Berner, 2000; Egorova et al., 2000; Palle Bago and Butler, 2000; Tinsley, 2000; Hodell et al., 2001; Neff et al., 2001; Rozelot, 2001; Udelhofen and Cess, 2001; Pang and Yau, 2002; Yu, 2002)

El juicio del IPCC de que el factor solar es despreciable se basa en las observaciones satelitales disponibles desde 1979, que muestran que la irradiancia total del Sol, aunque no es constante, cambia solamente en un 0,1% durante el curso del ciclo de 11 años de las manchas solares. Este argumento, sin embargo, no tiene en cuenta que la actividad eruptiva del Sol (fulguraciones energéticas, eyecciones de masa de la corona, y prominencias eruptivas), que afectan fuertemente al viento solar, como también las más suaves contribuciones al viento solar por parte de agujeros en la corona, tienen un efecto mucho mayor que la irradiancia total. El flujo magnético total que parte del Sol, arrastrado por el viento solar, se ha incrementado por un factor de 2,3 desde 1901 (Lockwood et al., 1999), mientras que la temperatura global sobre la tierra se incrementó 0,6°C. La energía en el flujo solar es transferida al ambiente cercano a la Tierra por reconexiones magnéticas, y directamente a la atmósfera por partículas cargadas. Las fulguraciones solares energéticas aumentan la radiación ultravioleta del Sol en por lo menos 16%. El ozono en la estratósfera absorbe este exceso de energía, lo que causa un calentamiento local y perturbaciones en la circulación. Los modelos de circulación general

desarrollados por Haigh (1966), Shindell et al., (1999), y Balachadran et al., (1999), confirman que los cambios de circulación, inicialmente inducidos en la estratósfera, pueden penetrar en la tropósfera e influenciar a la temperatura, presión del aire, circulación de Hadley, y la ruta de las tormentas al cambiar la distribución de grandes cantidades de energía que ya estaban presentes en la atmósfera.

2. Impacto de las erupciones solares sobre el tiempo y el clima

Las contribuciones más fuertes a la intensidad del viento solar son las erupciones solares que crean las mayores velocidades del viento solar y ondas de choque que comprimen e itnesifican los campos magnéticos en el plasma del viento solar. La figura 1, según Egorova)2000) demuestra el efecto de las erupciones solares sobre la temperatura y la presión atmosférica. De 1982 hasta 1991, Egorova, Vovk, y Troshichev observaron la temperatura superficial (panel inferior) y la presión atmosférica a una altura de 10 km (panel superior) en la estación rusa Vostok en la Antártida. Los pequeños círculos vacíos indican observaciones diarias superpuestas durante la estación ivalnal. La línea sólida describe el promedio de 10 inviernos. Los círculos gordos indican eventos Forbush. Éstos son fuertes disminuciones en la intensidad de los rayos cósmicos galácticos causadas por las enérgicas erupciones solares, indicando que el evento respectivo ha influenciado fuertemente alambiente de la Tierra. Como se puede apreciar en la Figura 1, después de los eventos Forbush, la temperatura casi siempre se elevó por encima del promedio, a menudo alcanzando desviaciones de unos 20°C, mientras que la presión atmosférica estuvo por encima del promedio en 8 de los 52 casos registrados. Estos 52 experimentos realizados por la Naturaleza y observados por el hombre, muestran una clara conexión entre las erupciones solares y una fuerte subida de la temperatura, para no mencionar la fuerte caída en la presión atmosférica. Sería un ejercicio redundante enfatizar la significancia de este nítido resultado.

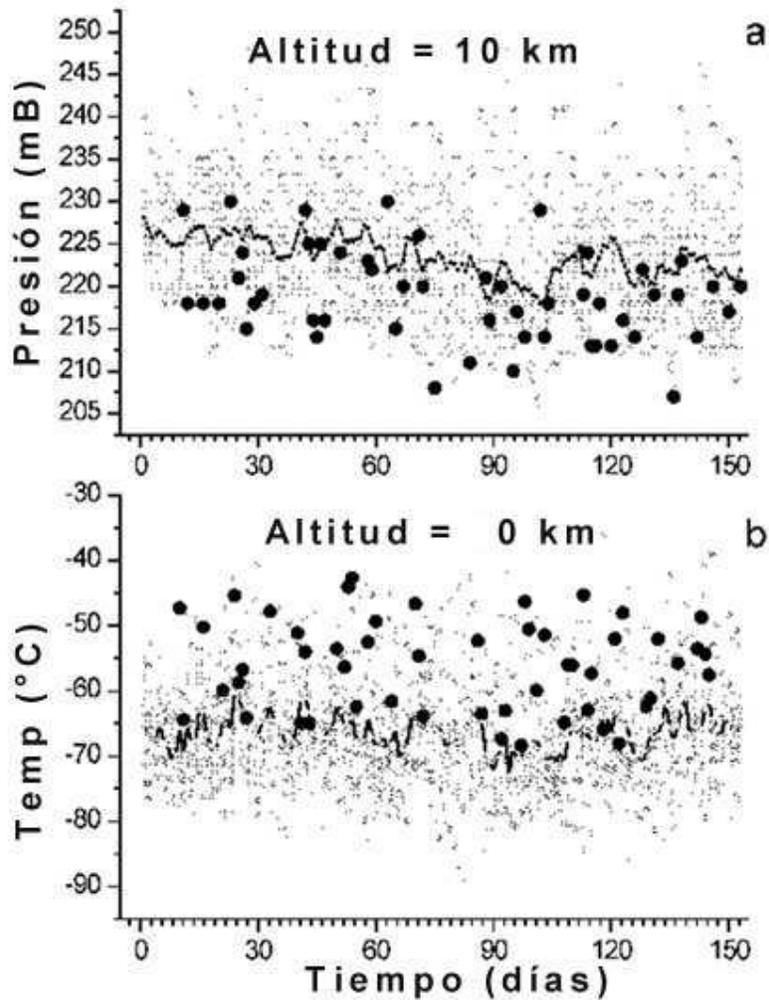


Fig. 1: Se muestran las observaciones de la temperatura de superficie (panel inferior) y las presiones atmosféricas a una altura de 10 km (panel superior) en la estación rusa Vostok de la Antártida desde 1981 hasta 1991 (de Egorova et al., 2000). Los círculos vacíos pequeños indican observaciones diarias superpuestas durante la estación invernal. La línea sólida describe el promedio de 10 inviernos. Los círculos gordos indican eventos Forbush ocurridos dentro del intervalo de observación. Se trata de fuertes disminuciones en la intensidad de los rayos cósmicos galácticos causadas por las energías erupciones solares. La temperatura casi siempre estuvo por encima del promedio después de cada evento Forbush, a menudo alcanzando desviaciones de unos 20°C, mientras que la presión atmosférica estuvo por encima del promedio en 8 de los 52 casos registrados. El impacto de las erupciones solares sobre la temperatura del aire y la presión atmosférica cercana a la tropopausa es obvio. Una investigación sobre la significación estadística de esta relación sería redundante.

También existe una convincente evidencia de que la actividad eruptiva del Sol tiene un fuerte efecto en los trópicos. La Figura 2, según Neff et al., (2001), muestra un fuerte correlación entre las erupciones generan al viento solar, y la circulación atmosférica y las lluvias. El perfil oscuro representa variaciones del isótopo de oxígeno $\delta^{18}\text{O}$ en una estalagmita fechada de Omán. El registro $\delta^{18}\text{O}$,

que cubre más de 3000 años (9,5 a 6,1 K/años antes que hoy), sirve como proxy para el cambio en circulación tropical y lluvias monzónicas. El perfil brillante $\Delta^{14}\text{C}$ muestra las desviaciones del radiocarbono derivadas del análisis de anillos de árboles fechados. El nivel de producción de radiocarbono en la atmósfera depende de la cambiante intensidad de los rayos cósmicos.

A causa de la relación inversa entre los rayos cósmicos y la actividad solar (los fuertes vientos solares forman un poderoso escudo magnético contra los rayos cósmicos mientras que un débil viento solar refleja menos rayos cósmicos) el registro del radiocarbono sirve como un proxy para la actividad solar. La mayoría de los científicos piensan que esta información proxy está relacionada a la actividad de las manchas solares y fáculas ligadas a cambios relativamente débiles de la irradiancia. En realidad, la información del radiocarbono es un proxy de la actividad eruptiva del Sol que genera al viento solar. Las erupciones solares enérgicas no se agrupan alrededor del máximos de manchas solares. En la mayoría de los ciclos eluden la fase máxima y pueden ocurrir hasta cerca del mínimo de manchas. El panel superior de la Figura 2 cubre el completo intervalo investigado mientras que el panel inferior muestra la casi perfecta sincronización entre la actividad eruptiva del Sol y la circulación tropical en detalle.

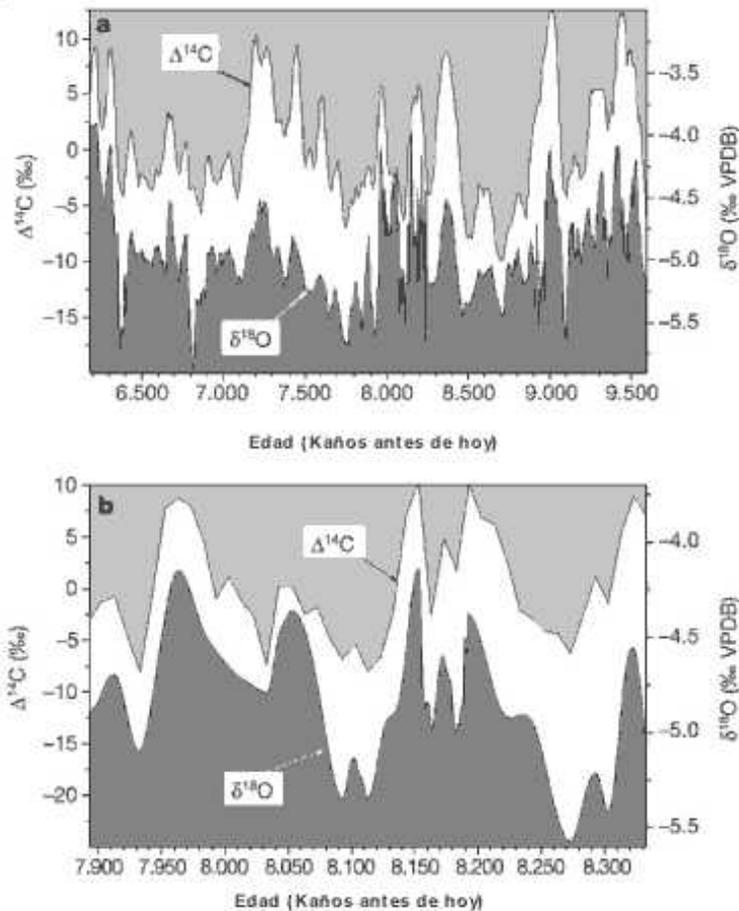


Fig. 2: Estrecha correlación entre las erupciones solares que generan al viento solar, y la circulación tropical y las lluvias (de Neff et al., 2001). El perfil gris oscuro representa las variaciones del isótopo de oxígeno (^{18}O) en una estalagmita fechada de Omán que sirve como proxy para el cambio en la circulación y lluvias monzónicas. El perfil gris claro del ^{14}C muestra las desviaciones del radiocarbono derivadas del análisis de los anillos de árboles fechados. El nivel de producción de radiocarbono en la atmósfera depende de la cambiante intensidad de los rayos cósmicos. A causa de la relación inversa entre los rayos cósmicos y la actividad solar, el registro del radiocarbono sirve como un proxy para la frecuencia y fuerza de las erupciones solares. El panel superior de la Figura 2 cubre el completo intervalo investigado mientras que el panel inferior muestra la casi perfecta sincronización entre la actividad eruptiva del Sol y la circulación tropical en detalle.

Probetas del fondo de lagos de la Península de Yucatán muestran una correlación similar, cubiendo más de 2000 años, entre sequías recurrentes y el registro de radiocarbono ligado a la actividad eruptiva del Sol (Hodell et al., 2001). Estos resultados recientes y muchos otros anteriores (Landscheidt, 1981-2001) documentan la importancia de la actividad eruptiva del Sol para el clima.

3. Largo del ciclo de 11 años y la temperatura en el Hemisferio Norte

De hecho, es muy natural preguntarse si el Sol está jugando un rol fundamental en el cambio del clima porque el clima de la Tierra le debe su existencia al Sol, como también se lo deben el carbón, el petróleo, y la energía del viento y del movimiento de las aguas. Si el gas de invernadero (CO_2) fuese la causa dominante del observado aumento de la temperatura global, la tendencia de esta subida sería similar al continuo aumento del CO_2 - tendencia mostrada en la Figura 3, según Peixoto y Oort (1992). Sin embargo, el curso de las temperaturas de tierra y aire del Hemisferio Norte, representadas por la línea gruesa de la figura 4, no sigue a la tendencia del CO_2 . El aumento de la temperatura entre 1890 y 1940 fue más pronunciado y suave que en la actual fase de calentamiento desde principios de los años 80, a pesar de que la tasa de emisiones antropogénicas durante el mismo tiempo era sólo el 10% de la tasa actual. Desde 1940 hasta fines de los 60, las temperaturas estuvieron descendiendo a pesar del rápido aumento de las emisiones del CO_2 antropogénico.

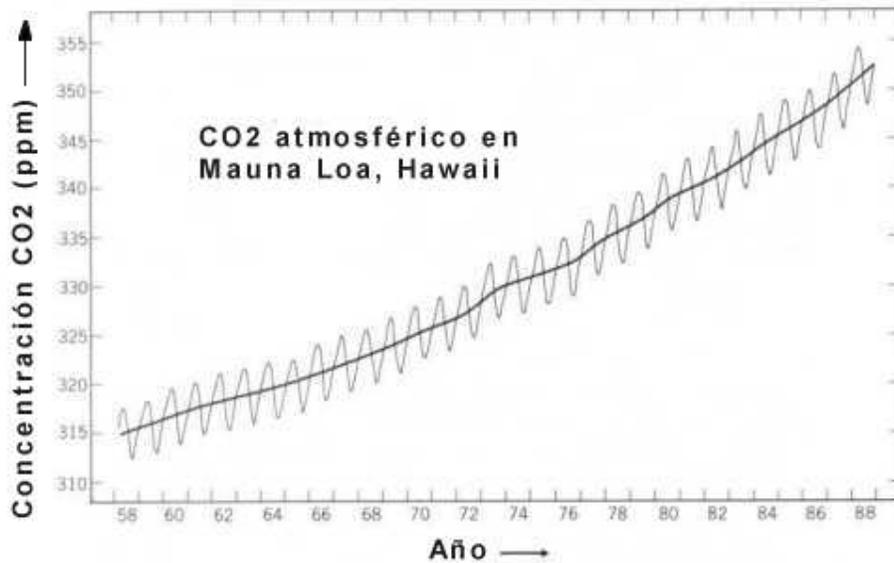


Fig. 3: Series en el tiempo de la concentración de CO₂ medidas en el Observatorio del Monte Mauna Loa de Hawaii (de Peixoto y Oort, 1992). Esta información está aceptada como reorientativa para la tendencia global. La fig. 4 muestra que la tendencia al constante crecimiento del CO₂ no se ajusta a los altibajos del clima observado.

Al contrario que la curva de CO₂ de la Figura 3, la fina curva de la figura 4 según Friis-Christensen y Lassen (1991), que representa al largo suavizado del ciclo de 11 años de las manchas solares, sigue las ondulaciones de la temperatura observada. El largo del ciclo de manchas solares (LCS) es un indicador de la actividad eruptiva del Sol. Cuando Gleissberg (1958) investigó por primera vez al LCS, basó su serie de tiempos originales del LCS (yendo hacia atrás hasta el año 300 DC), en el número de auroras boreales observadas que se sabe que están ligadas a las fuertes erupciones solares. Encontró que los ciclos cortos van de la mano con los máximos de las manchas solares y fuerte actividad eruptiva, mientras que los ciclos largos se caracterizan por un máximo bajo y menos erupciones en el Sol. Cuando Gleissberg suavizó su serie de tiempos de LCS, emergió un ciclo secular de 80 a 90 años que modula las amplitudes del ciclo 11 años de las manchas de Sol. Este ciclo secular, llamado así en honor de Gleissberg, está indicado por la línea delgada en la figura 4.

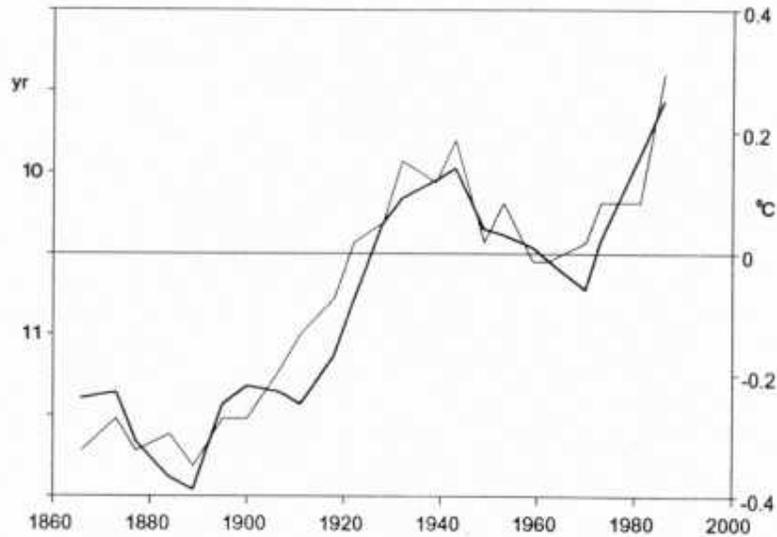


Fig. 4: Hay una estrecha correlación entre las temperaturas del tierra a nivel de superficie en el Hemisferio Norte (línea gruesa) y el cambiante largo del ciclo de manchas solares de 11 años (línea delgada), indicando la variable intensidad de la actividad eruptiva del Sol (de Friis-Christensen y Lassen, 1991). Al contrario que la curva de la figura 3, que representa el constante aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, la delgada línea de la actividad solar varía en concordancia con las ondulaciones de las temperaturas observadas.

Una mirada más atenta revela que casi todos los mínimos Gleissberg hasta el año 300 DC, como por ejemplo cerca de 1670 (Mínimo Maunder), 1810 (Mínimo Dalton), y 1895, coinciden con climas muy fríos en el Hemisferio Norte, mientras que los Máximos Gleissberg van junto a climas cálidos, por ejemplo hacia 1130 (Óptimo Climático Medieval). El grado de cambio de temperatura era proporcional a las respectivas amplitudes del ciclo Gleissberg. Durante el Mínimo Maunder la actividad solar fue mínima, y durante el Óptimo Climático Medieval la actividad fue muy elevada, probablemente más que en las seis décadas de intensa actividad solar antes de 1996. Consecuentemente, Friis-Christensen y Lassen (1995) demostraron que la conexión entre las temperaturas del aire en superficie del Hemisferio Norte y el variable LCS se extiende hacia atrás hasta el siglo 16. Butler (1966) corroboró estos resultados para las dos últimas centurias del Norte de Irlanda.

4. Relación predecible entre las erupciones solares y la temperatura global

La figura 5, según Adler y Elías (2000) presenta una extendida replicación de los resultados de la Figura 4. Los LCS (círculos llenos), máxima densidad de electrones ionosféricos en el respectivo ciclo solar de 11 años (signos +), las anomalías de temperaturas del Hemisferio Norte (triángulos vacíos), y anomalías de temperaturas registradas en San Miguel del Tucumán, Argentina

(círculos vacíos) muestran una covariación estadísticamente significativa. El último valor en la serie de tiempos de los LCS parece indicar un movimiento descendente, un cambio de ciclos cortos a ciclos más largos, mientras que las otras tres curvas siguen a su tendencia creciente. A partir de esta divergencia, Thejll y Lassen (2000) sacaron la conclusión que el impacto de la actividad solar sobre el clima, prevaleciente durante siglos, súbitamente deja de ser válida. Saltar a esa conclusión, simplemente no está justificado. Thejll u Lassen no toman en consideración que la temperatura viene retrasada varios años por detrás de la actividad solar. Esto puede verse en la figura 5 cerca del año 1930.

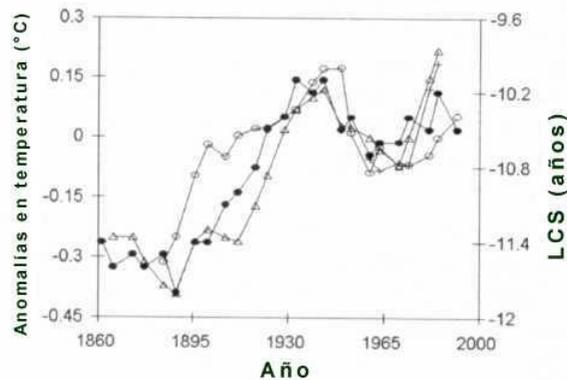


Fig. 5: Replicación del resultado presentado en la Figura 4 (de Adler y Elías, 2000). Largo del ciclo solar (círculos llenos), densidad máxima de electrones ionosféricos en el respectivo ciclo de manchas de 11 años (signos +), las anomalías de temperaturas del Hemisferio Norte (triángulos vacíos), y anomalías de temperaturas registradas en San Miguel del Tucumán, Argentina (círculos vacíos) muestran una covariación significativa. Como se explicó en el texto, el movimiento hacia abajo al final de la curva del LSC no indica que no haya más un efecto de la actividad solar sobre el clima.

El LSC es un indicador grosero de la actividad eruptiva del Sol. Los índices de perturbaciones geomagnéticas son mejores indicadores, en especial porque ellos miden la respuesta a esas erupciones solares que verdaderamente afectan a la Tierra. El índice **aa** de Mayaud de actividad geomagnética es homogéneo y cubre el largo período desde 1868 hasta el presente. La Figura 6 de Landscheidt (2000), ploteando este índice, muestra claramente que las temperaturas globales de tierra y de la superficie de los océanos vienen retrasadas con respecto a las tormentas geomagnéticas, causadas por las enérgicas erupciones del Sol. La curva sólida muestra el índice **aa**, la curva de rayas es la combinación de las anomalías en las temperaturas superficiales de tierras y mares. Los datos anuales fueron sujetos a un repetido suavizado de tres puntos. La temperatura se retrasa de 4 a 8 años con respecto a **aa**, pero sigue las ondulaciones de la curva **aa**. La conexión entre el extremo frontal **aa** y los máximos de temperaturas que le siguen por detrás están destacados por números idénticos. Una perturbación de la correlación hacia 1940 apunta a un excepcional forzado interno. Entre 1942 y 1952 se observó el más marcado crecimiento de la actividad volcánica desde 1860 (Shimkin et al., 1981). El

retraso de los datos de la temperatura sugiere que algo de la energía en exceso, ligado a la actividad solar, está almacenado y acumulado en el sistema climático por procesos que llevan años. Los océanos son candidatos a causa de su inercia térmica (Hoyt, 1979; White et al., 1997)

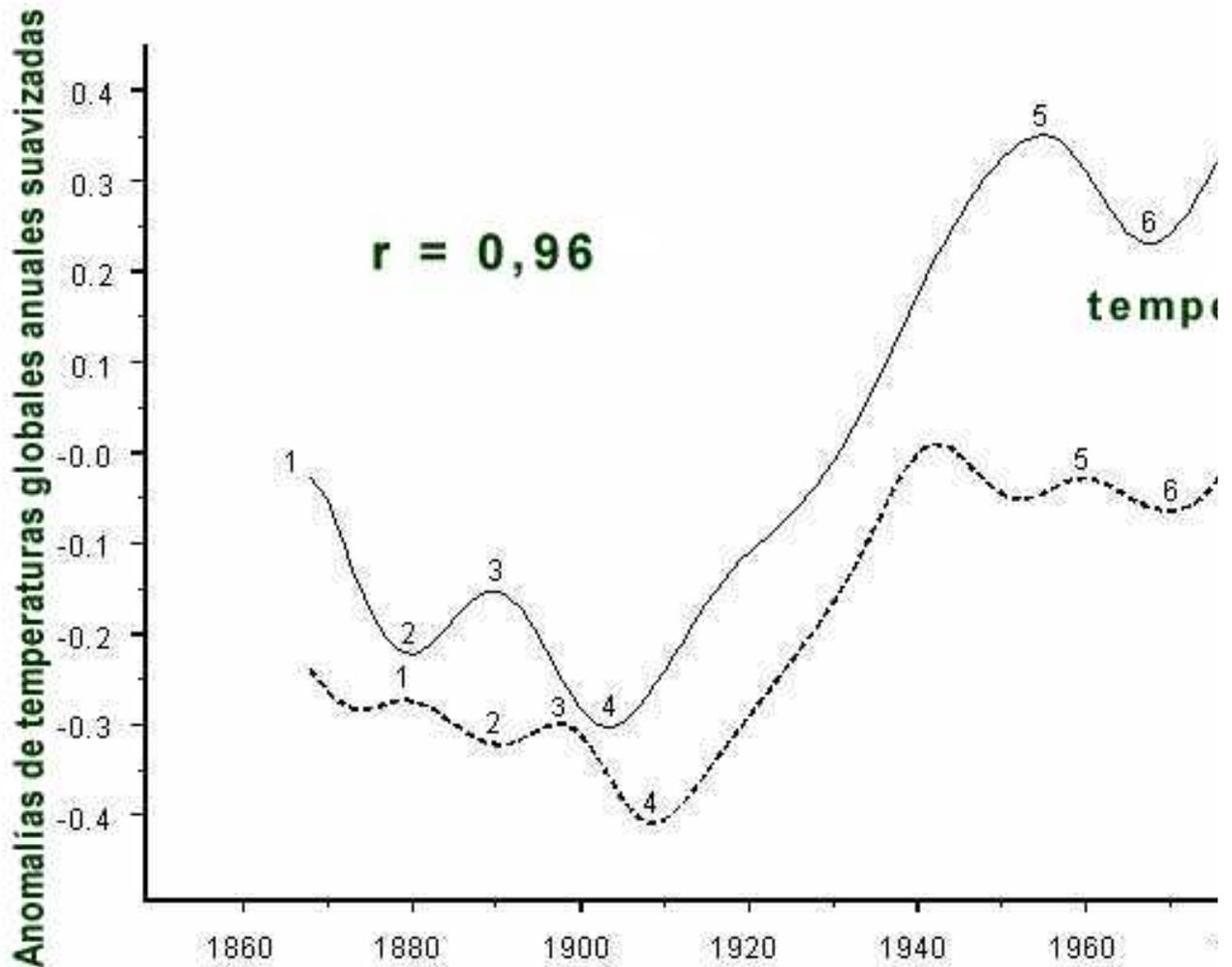


Figura 6: La curva sólida muestra el *índice aa* de la actividad geomagnética, reflejando el efecto cerca de la Tierra de las erupciones solares enérgicas. La curva de rayas plotea una combinación de anomalías de la temperatura de las superficies de tierra y mares. Los datos anuales fueron sujetos a un repetido suavizado de tres puntos. La temperatura se retrasa de 4 a 8 años con respecto a *aa*, pero sigue las ondulaciones de la curva *aa*. La conexión entre el extremo frontal *aa* y los máximos de temperaturas que le siguen por detrás están destacados por números idénticos. Una perturbación de la correlación hacia 1940 apunta a un excepcional forzado interno.

La Figura 7 de Landscheidt (2000) es una extensión de la información de la Figura 6. Se puede ver que la curva *aa* alcanza su máximo más alto, marcado por el número 7, alrededor de 1990 y muestra a continuación una fuerte declinación. Permitiendo un retraso de 8 años, el máximo más alto de la curva

de las temperaturas globales debería haber ocurrido hacia 1998. Este fue el año con la mayor temperatura superficial observado desde la instalación de los servicios meteorológicos internacionales. La relación en la Fig. 7 apunta a un enfriamiento global en los años posteriores a 1998, con la excepción del período alrededor del El Niño que comenzó en 1992, pronosticado con tres años de anticipación al evento (Landscheidt, 1998, 2000, 2002). De manera reveladora, este pronóstico y la correcta predicción a largo plazo de los dos El Niños anteriores fueron basados en fases especiales de los ciclos solares que van acompañados de acumulaciones de erupciones solares (Landscheidt, 1995).

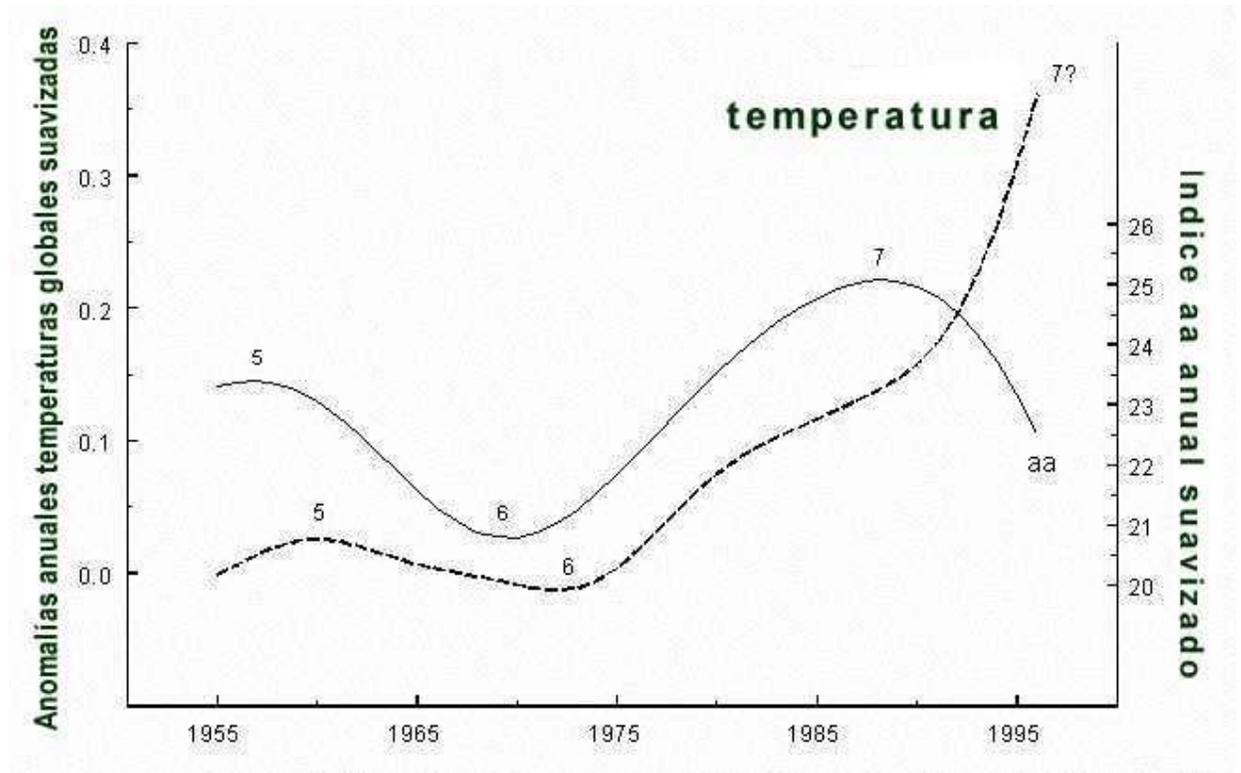


Fig. 7: Extensión de la información de la Figura 6. La curva aa alcanza su máximo más alto, marcado por el número 7, alrededor de 1990 y muestra a continuación una fuerte declinación. Permitiendo un retraso de 8 años, el máximo más alto de la curva de las temperaturas globales debería haber ocurrido hacia 1998. Este fue el año con la mayor temperatura superficial observado desde la instalación de los servicios meteorológicos internacionales. Esta relación apunta a un prolongado enfriamiento global. Como se verá, se espera que la actividad solar disminuya durante tres décadas. Esto contradice la argumentación de Thjell y Lassen (2000) y de los defensores del IPCC, de que el impacto del Sol sobre el clima ha disminuido desde hace décadas.

5. Predicción de los ciclos Gleissberg basados en las oscilaciones baricéntricas del Sol.

La variabilidad del Sol está registrada en probetas extraídas de las capas de hielo. El flujo de los rayos cósmicos está modulado por el viento solar, cuya

intensidad está ligada a las erupciones solares. Durante los períodos de elevada actividad eruptiva, el flujo de rayos cósmicos a la atmósfera se ve reducido de modo que la tasa de producción de radionucleidos tales como ^{14}C y ^{10}Be resulta disminuida, y viceversa. La mayoría de los radionucleidos son retirados de la atmósfera por las precipitaciones húmedas y almacenados casi permanentemente en las capas de hielo, principalmente en las regiones Polares. El análisis de tales probetas de hielo revelan extensos períodos de actividad solar excepcionalmente altos o bajos que coinciden con fases de rápidos cambios del clima (Beer, 2000). El registro anual de ^{10}Be "Dye 3" que se remonta hasta 1423 es de un especial interés en esta conexión ya que refleja el ciclo Gleissberg de 80-90 años y su relación con el clima (Beer et al., 1994).

El pronóstico de fenómenos naturales es una de las metas más importantes de las ciencias naturales. Dado que hay fuertes indicaciones de una confiable conexión entre los mínimos y máximos en el ciclo Gleissberg y los períodos fríos y cálidos del clima, estamos enfrentados al problema de cómo hacer predicciones a largo plazo en los extremos del ciclo Gleissberg. El conocimiento de su largo real no es una verdadera ayuda al respecto, ya que el ciclo varía de 40 a 120 años. Afortunadamente, yo he demostrado por décadas que la variante actividad solar está ligada a ciclos en su oscilación irregular alrededor del centro de masas del sistema solar. Como esos ciclos están conectados con el fenómeno del clima, y pueden ser calculados para siglos, ofrecen un medio para pronosticar mínimos y máximos en el ciclo Gleissberg y las co-variantes fases de clima frío y cálido.

La teoría del dínamo solar desarrollada por Babcock, la primera y rudimentaria teoría de la actividad solar, parte de la premisa que la dinámica del ciclo de manchas solares está dirigida por la rotación del Sol. Sin embargo, esta teoría sólo toma en cuenta el momento de giro del Sol (spin momentum), relacionado con la rotación alrededor de su eje, pero no toma en cuenta su momento angular orbital ligado a su muy irregular oscilación alrededor del centro de masas (CM) del sistema solar. La Figura 8 muestra el movimiento fundamental, descrito por Newton hace tres siglos. Está regulado por la distribución en el espacio de las masas de los planetas gigantes Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. El ploteo muestra las posiciones eclípticas relativas del centro de masas (círculos pequeños) y el centro del Sol (+) para los años de 1945 a 1995 en un sistema de coordenadas heliocéntricas.

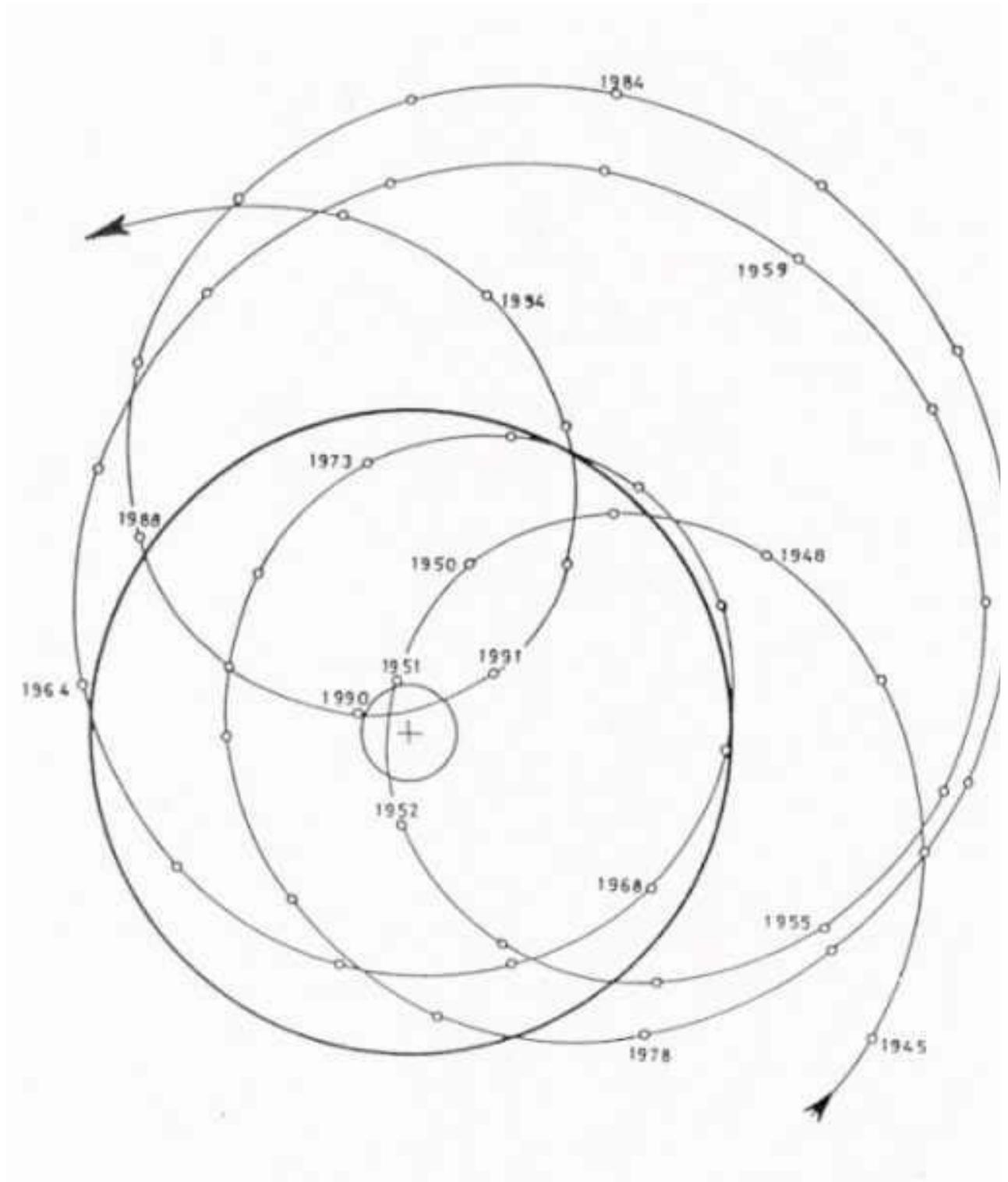


Figura 8: La oscilación irregular del Sol alrededor del centro de masas del sistema solar en una perspectiva heliocéntrica. La rama del Sol está marcada por una circunferencia gruesa. La posición del centro de masas relativa al centro del Sol (+) en los años respectivos, está marcada por círculos pequeños. Las fuertes variaciones en las

cantidades físicas que miden el movimiento orbital del Sol forman ciclos de diferentes largos, pero de funciones similares en las relaciones Solares-terrestres.

La gran circunferencia de línea gruesa marca la superficie del Sol. La mayor parte del tiempo, el CM se encuentra fuera del cuerpo del Sol. Las amplias oscilaciones con distancias de hasta 2,2 radios solares entre los dos centros están seguidas por estrechas órbitas que pueden resultar en encuentros cercanos de los centros, como en 1951 y 1990. La contribución del momento angular orbital del Sol a su momento angular total no es insignificante. Puede llegar al 25 por ciento del momento de giro. El momento angular orbital varía desde $-0.1 \cdot 10^{47}$ a $4.3 \cdot 10^{47}$ g cm² s⁻¹, o inversamente, lo que es un aumento o disminución de más de 40 veces (Landscheidt, 1988). Por ello es que resulta concebible que estas variaciones estén relacionadas con fenómenos variables en la actividad del Sol, especialmente si se considera que el momento angular del Sol juega un rol importante en la teoría dínamo de la actividad magnética solar.

Las variaciones de más del 7% en la velocidad de rotación ecuatorial del Sol, junto con las variaciones en la actividad solar, fueron observadas a intervalos irregulares (Landscheidt, 1976, 1984). Esto podría explicarse si hubiese una transferencia del momento angular de la órbita del Sol al giro sobre su eje. Estuve proponiendo tal acoplamiento giro-órbita durante décadas (Landscheidt, 1984, 1986). Parte del acoplamiento podría ser el resultado del movimiento del Sol a través de sus propios campos magnéticos. Como lo mostró Dicke (1964), la baja corona puede actuar como un freno en la superficie del Sol. Los planetas gigantes, que regulan el movimiento del Sol alrededor del CM, cargan con más del 99 por ciento del momento angular en el sistema solar, mientras que el Sol está confinado a menos del 1 por ciento. Entonces existe un gran potencial para que el momento angular pueda ser transferido desde los planetas exteriores al Sol que se traslada en su órbita y al Sol que gira sobre su eje.

Juckett (2000) ha desarrollado un modelo de intercambio de momentum entre giro-órbita que explica los fenómenos asimétricos bien establecidos en los Hemisferios Norte y Sur del Sol, e identifica los cambios en el radio del giro (spin) solar en los diferentes hemisferios como un mecanismo de transferencia de momento. Una aceleración Coriolis, centrada en el Sol, podría tener un efecto perturbador adicional en el flujo de plasma en el Sol, especialmente porque desarrolla grandes discontinuidades cuando el centro del Sol se ubica cerca del CM, como en 1951 y 1990 (Blizard, 1987).

6. Los Pronósticos de la actividad solar y del clima confirman la validez de los ciclos de movimiento solar.

Estas consideraciones teóricas han sido corroboradas por resultados prácticos. Las predicciones basadas en los ciclos del movimiento del Sol resultaron ser correctas. Mis predicciones a largo plazo de las clases muy precisamente definidas de fulguraciones de enérgicos rayos-X y fuertes tormentas

geomagnéticas, cubriendo el período entre 1979 - 1985, alcanzaron una tasa total de aciertos del 90 por ciento, a pesar de que esos eventos muestran una distribución muy irregular. Estas predicciones fueron controladas y comprobadas por el Space Environment Center, Boulder, y el astrónomo Gleisner, Wöhl y Pfeleiderer (Landscheidt, 1986; Landscheidt y Wöhl, 1986). También se predijo correctamente las grandes tormentas geomagnéticas de 1982 y 1990 muchos años antes de que se produjeran. También predije en 1984 (Landscheidt, 1986, 1987) que la actividad del Sol disminuiría después de 1990. Esto simplemente sucedió. Aunque un panel de expertos (Joselyn, 1997) había predicho en 1996 y aún dos años después, que el ciclo 23 de manchas solares tendría una gran amplitud similar a los ciclos previos (número suavizado más alto de manchas solares $R = 160$), la actividad observada fue mucho más débil ($R = 120$).

Mis predicciones climáticas basadas en los ciclos del movimiento del Sol soportaron la prueba. Predije correctamente el final de la sequía del Sahel tres años antes de que ocurriese, los cuatro últimos máximos en las anomalías de la temperatura global, el máximo para el índice de sequías Palmer para los EEUU hacia 1999, las descargas extremas del Río Pó hacia principios del 2001, y los últimos tres El Niños, como también el curso de la última La Niña (Landscheidt, 1983-2002). Esta habilidad para las predicciones, basadas únicamente en los ciclos de la actividad solar, es irreconciliable con la afirmación del IPCC de que no parece probable que los forzamientos naturales puedan explicar el calentamiento en la última mitad del Siglo 20.

7. El ciclo de 166 años en la variación de la fuerza de rotación dirige el movimiento orbital del Sol

La dinámica del movimiento del Sol alrededor del centro de masas puede ser definido cuantitativamente por el cambio en su momento angular orbital L . La tasa de tiempo del cambio en L es medida por su primera derivada dL/dt . Define a la fuerza rotatoria, el par (o "torque") $\leftrightarrow T$, que dirige al movimiento del Sol alrededor del CM. Las variaciones en la fuerza rotatoria definida por la derivada dT/dt son una cantidad clave en esta conexión ya que hacen posible predecir máximos Gellissberg para cientos de años y aún milenios.

Un ciclo de 166 años y su segunda armónica de 83 años emergen cuando la tasa de tiempo de cambio en el par dT/dt es sujeta al análisis de frecuencia (Landscheidt, 1983). Ciclos de este largo, aunque no son bien conocidos, fueron mencionados antes en la literatura científica. Brier (1979) encontró un período de justo 83 años en el coseno de transformación de 2148 autocorrelaciones de 2628 números mensuales de manchas solares. Cole (1973) confirmó este resultado cuando investigó el espectro de poder de la información de manchas solares cubriendo 1626-1968- Encontró a un pico dominante en los 84 años. Juckett, (2000) derivó períodos de 165 y 84 años a partir de este modelo de momento de intercambio de giro-órbita en el movimiento del Sol. Como el largo de onda del ciclo Gellissberg no está lejos de la segunda armónica del ciclo de 166 años, sugiere por sí mismo que se vea

si el ciclo Gleissberg y el ciclo dT/dt tienen mínimos y máximos sincronizados. Este es verdaderamente el asunto.

Gleissberg (1958) encontró al ciclo que lleva su nombre al suavizar el largo del ciclo de 11 años de las manchas solares, un parámetro que está sólo indirectamente relacionado con el número de manchas R que mide la intensidad de la actividad de las manchas. Como podría ser posible que los menores o mayores valores de los extremos positivos y negativos del ciclo dT/dt tienen una función paramétrica similar, las amplitudes de estos máximos y mínimos se considera que constituyen una serie suavizada de tiempo que cubre 2000 años. El intervalo es entre los años 300 y 2300. Los datos fueron procesados con kernel Gaussiano suavizado de ventana movable (Lorczak) con un ancho de banda de 60.

La Figura 9 muestra el resultado para el sub-período 300-1200. Hasta la inversión de fase ocurrida hacia el 1120, indicada por la flecha, las fases cero del ciclo de 166 años (marcadas por círculos vacíos), coinciden dentro de un relativamente estrecho margen con el máximo del ciclo Gleissberg, indicado por los triángulos rellenos. La desviación de la fase cero del máximo secular es sólo más ancha cerca de la inversión de fase. Las épocas de mínimos Gleissberg están indicadas por triángulos vacíos. Hasta la inversión de fase, van de manera consistente junto a los extremos del ciclo de 166 años. No hay ninguna diferencia si los extremos son positivos o negativos. Esto es reminiscente del ciclo de 11 años de manchas solares con sus amplitudes exclusivamente positivas, aunque el completo ciclo magnético Hale de 22 años muestra amplitudes positivas y negativas que indican diferentes polaridades magnéticas en ciclos de 11 años consecutivos.

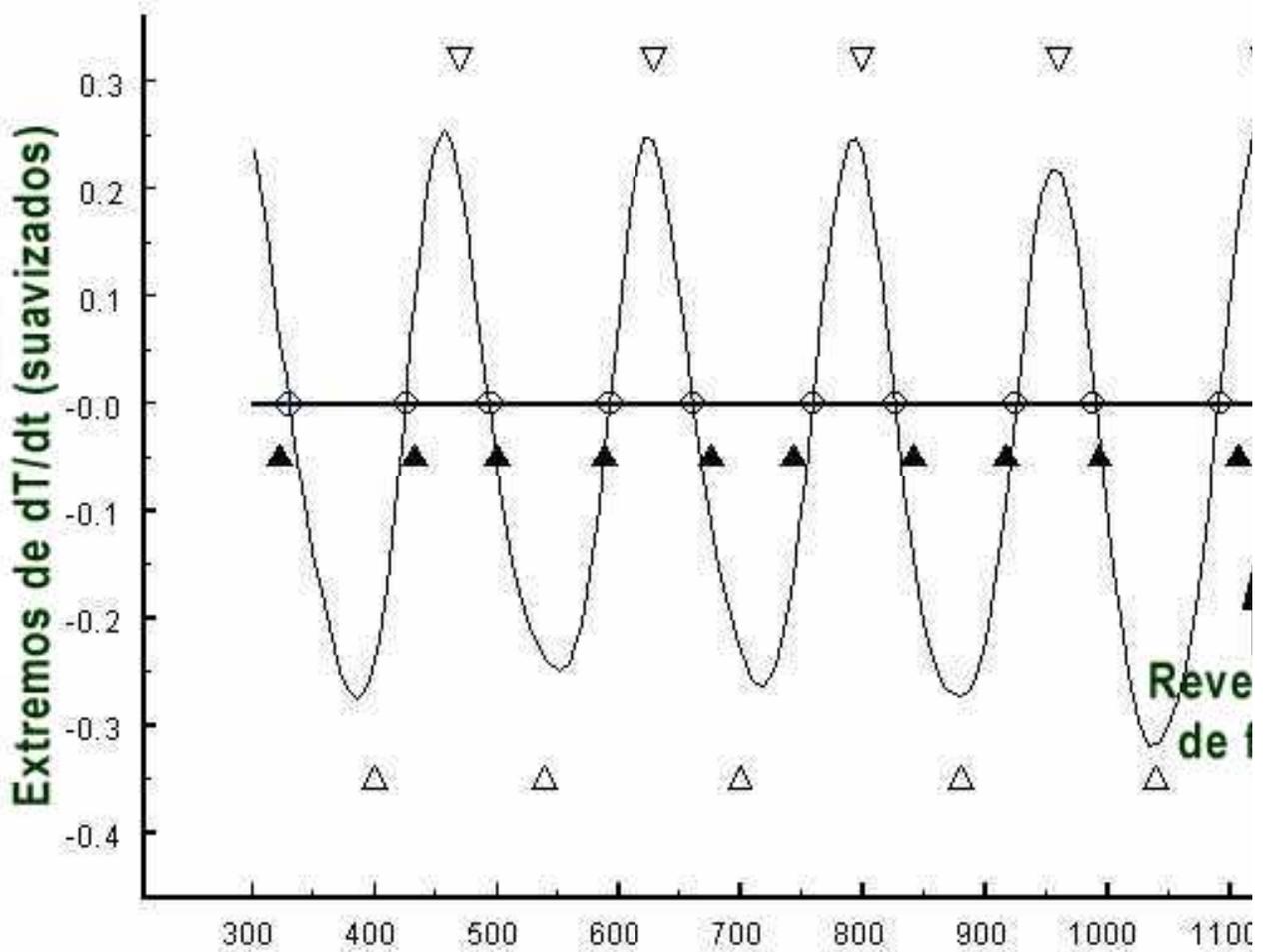


Fig. 9: Serie de tiempos suavizada (años 300 al 1200) de extremos en el cambio de la fuerza rotatoria orbital del Sol dT/dt formando un ciclo con un largo promedio de 166 años. Hasta la inversión de fase ocurrida hacia el 1120, indicada por la flecha, las fases cero del ciclo de 166 años (marcadas por círculos vacíos), coinciden dentro de un relativamente estrecho margen con el máximo del ciclo Gleissberg, indicado por los triángulos rellenos. Los mínimos en el ciclo Gleissberg, marcados por triángulos vacíos, van junto con los extremos en el ciclo de 166 años. La inversión de fase explica el extraordinario Máximo Medieval del número de manchas solares. El máximo secular hacia el 1100 fue seguido por otro máximo hacia el 1130 sin un mínimo intermedio. Como los Máximos Gleissberg coinciden con los climas cálidos y los mínimos con los climas fríos, el máximo Medieval de manchas solares estuvo relacionado con un clima excepcionalmente cálido.

La evaluación de las épocas de mínima y máxima hecha por Gleissberg (1958) está basada en datos de la actividad de las auroras boreales hecha por Schove (1955). Hartmann (1972) ha derivado valores promedio de la épocas a partir de datos elaborados por Gleissberg, Schove, Link y Henkel. Estas fechas fueron usadas en las figuras 9 y 10. Un análisis que cubre 7.000 años de datos confirman no sólo al ciclo promedio de 166 años, sino también al intervalo

promedio de 83 años entre extremos consecutivos de mínimos y máximos. La inversión de fase de $\delta/2$ radianes hacia el 1120 tuvo el efecto que, un máximo Gleissberg hacia el 1100 fue seguido por otro máximo hacia el 1300, sin un mínimo solar intermedio. Esto explica al Máximo Medieval de manchas solares indirectamente confirmado por evidencia de radiocarbono (Siscoe, 1978).

La Figura 10 muestra el período 900-2300 del ciclo de 166 años. Después de la inversión de fase del 1120, todos los Máximos Gleissberg marcados por triángulos rellenos, coinciden bastante estrechamente con los extremos de la curva para cientos de años, pero alrededor de 1976 el patrón cambió otra vez a causa de una nueva inversión de fase de $\delta/2$ radianes. Después de un Máximo Gleissberg hacia 1952, un segundo Máximo Gleissberg ocurrió hacia 1984 sin un mínimo secular intermedio. Sólo el único ciclo 20 de 11 años, al medio entre el máximo secular, mostró una menor actividad de las manchas solares, mientras que los ciclos 18, 19, 21 y 22 alcanzaron muy altos niveles de actividad. El promedio de máximos de los cinco ciclos 18 al 22 es $R = 156$, un valor no observado antes de manera directa. Tenemos que remontarnos hasta el Máximo Medieval, basados en información proxy, para encontrar un patrón similar. Las inversiones de fase, indicadas en la figura 10 por las flechas, explican heurísticamente estos rasgos especiales que ocurrieron solamente 2 veces en casi 17 siglos. El reciente Máximo Gleissberg ocurrido hacia 1984 es el primero en una larga secuencia de máximas conectadas con fases cero en el ciclo de 166 años, cuatro de los cuales están marcados por círculos vacíos en la figura 10. Los próximos máximos Gleissberg deberían ocurrir hacia el año 2069, 2159 y 2235.

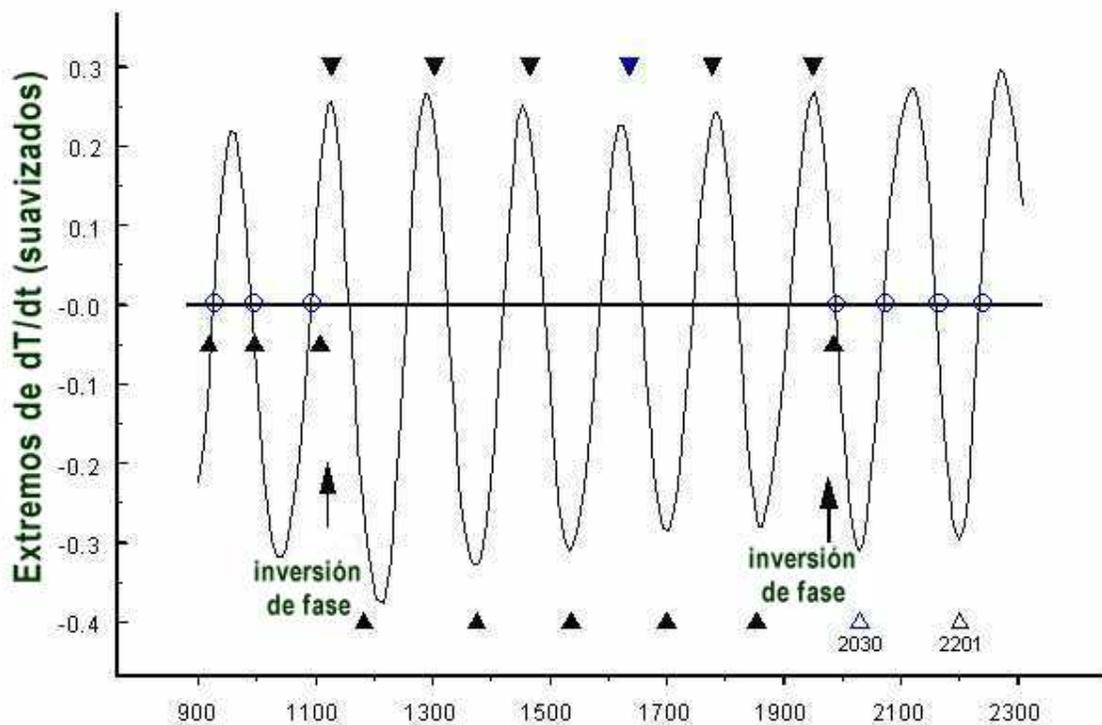


Fig. 10: Las mismas series de tiempo de de la figura 9 para los años 900-2300. Después de la inversión de fase del 1120, todos los Máximos Gleissberg marcados por triángulos rellenos, van de manera consistente con los extremos en el ciclo de 166 años, mientras que los mínimos Gleissberg caen al ciclo cero. Otra inversión de fase hacia 1976 cambió otra vez el patrón. Después de un Máximo Gleissberg hacia 1952, un segundo Máximo Gleissberg ocurrió hacia 1984 sin un mínimo intermitente secular entre ellos. El efecto fue un gran máximo de manchas solares comparable al extraordinario máximo de alrededor del 1120. El cambio de fase hacia 1976 invirtió el patrón creado por la inversión de fase del 1120. El máximo Gleissberg de 1984 es el primero de una larga secuencia de máximas que van junto a fases cero en el ciclo de 166 años. Los próximos máximos deberían ocurrir para el 2069, 2159, y 2235. Después de 1976, los mínimos Gleissberg irán nuevamente junto a los extremos en el ciclo de 166 años. El próximo mínimo secular, indicado por un triángulo vacío, es esperado para el 2030. Los próximos mínimos deberían ocurrir hacia el 2122 y 2201. La figura muestra que el ciclo Gleissberg se comporta como un oscilador biestable. La fase actual debería durar por lo menos hasta el 2500. A causa del vínculo entre los ciclos Gleissberg y el clima, se pueden predecir los futuros períodos de climas fríos y cálidos para cientos de años hacia el futuro. La próxima fase fría es esperada para el 2030.

Después de la inversión de fase de 1976, se espera que las mínimas seculares coincidan con extremos en el ciclo de 166 años. De modo que el próximo mínimo Gleissberg debería ocurrir hacia el 2030, como lo indica el triángulo vacío. Los siguientes mínimos seculares se esperan para el 2122 y el 2201. El pronóstico de un mínimo para el 2030 está corroborado por un acercamiento diferente. Sýkora et al. (2000) encontraron que las variaciones en el brillo de la línea verde de la corona son una indicación a largo plazo para la actividad del Sol. Ellos afirman que *"estamos en las vísperas de un profundo mínimo de la actividad solar similar al del Siglo 19."*

8. Predicciones de inversión de fases en el ciclo de 166 años

Los resultados presentados indican que el ciclo Gleissberg es un oscilador biestable capaz de asumir cualquiera de los dos estados. La transición entre estos estados parece estar gatillado por fases especiales en el ciclo de 166 años que indica las inversiones de fase. Atrae la atención que las inversiones de fase mostradas en la figura 10 ocurren justo antes del profundo extremo negativo relativo al respectivo ambiente. Esto apunta a umbrales cuantitativos que son confirmados por un caso adicional. El extraordinario extremo negativo que precede al Máximo Medieval cae hacia el año 50. Justo alrededor de esta fecha ocurrió el clímax del tercer gran máximo de manchas solares en los pasados 2.000 años, como lo indica una fuerte disminución del ^{14}C (Eddy, 1977). De manera reveladora, este período coincide con el Óptimo Climático Romano, tanto o más caliente que el Óptimo Climático Medieval (Schönwiese, 1979). hay argumentos adicionales de una naturaleza más técnica sobre cómo predecir inversiones de fase en el ciclo dT/dt (Landscheidt, 1983). Todos los indicadores muestran que la nueva inversión de fase no ocurrirá antes del 2500. De manera que el actual patrón debería continuar durante cientos de años, y el próximo Mínimo Gleissberg debería estar ligado a la próxima fase cero en el

dT/dt -cycle in 2030.

9. Pronóstico de profundos mínimos Gleissberg y clima frío alrededor del 2030 y el 2200

Una pregunta aún más difícil es si los futuros Mínimos Gleissberg serán del tipo regular con actividad solar moderadamente reducida como en 1895, o del tipo de muy baja actividad como el Mínimo Dalton hacia 1810, o del tipo de gran mínimo que casi extinguió toda actividad solar, como durante el nadir del Mínimo Maunder hacia 1670, el Mínimo Spörer hacia el 1490, el Mínimo Wolf hacia el 1320, y el Mínimo Norman hacia el 1010 (Stuiver and Quay, 1981). La Fig. 11 ofrece una solución heruística. Muestra a la serie de tiempo de extremos dT/dt sin suavizado para el intervalo 1000 - 2250. La consistente regularidad atrae nuestra atención. Se observa que cada vez que la amplitud de un extremo negativo pasa por debajo de un umbral bajo, indicado por la línea de rayas horizontal, esto coincide con un período de actividad solar excepcionalmente débil.

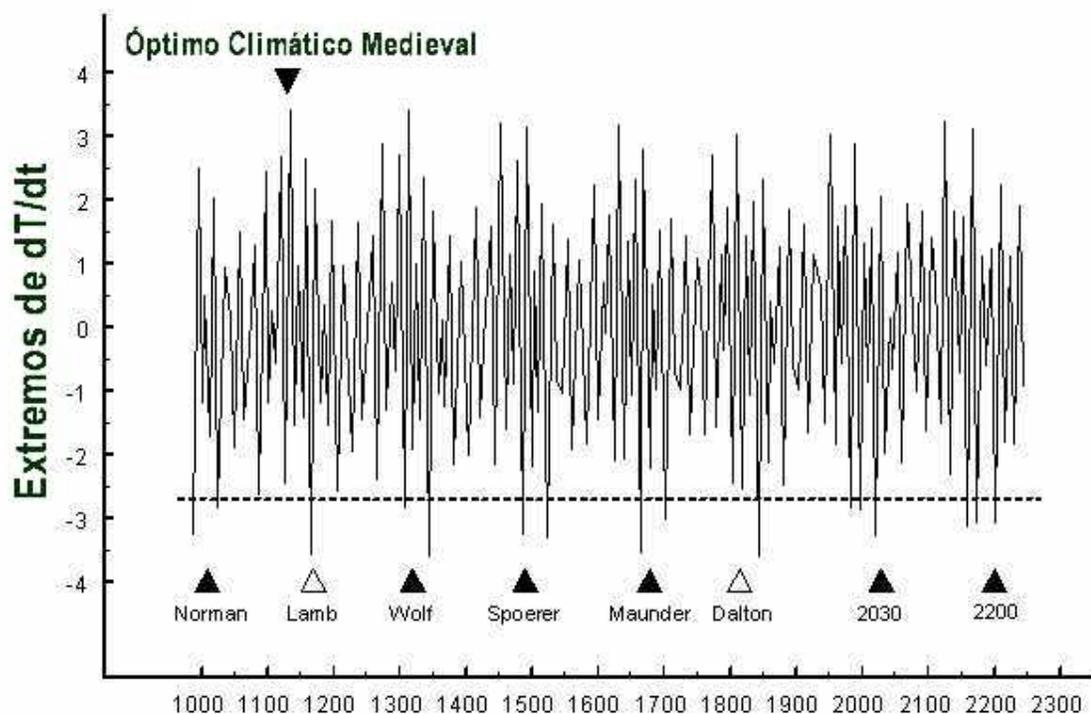


Fig. 11: Serie de tiempos de los extremos sin suavizar de los cambios en la fuerza rotatoria orbital del Sol dT/dt para los años 1.000 - 2250. Se observa que cada vez que la amplitud de un extremo negativo pasa por debajo del umbral inferior, indicado por la línea horizontal de rayas, esto coincide con un período de actividad solar excepcionalmente débil. Dos extremos negativos consecutivos que trasponen el umbral indican un Gran Mínimo, como los Mínimos Maunder (hacia 1670), Spörer (1490), Wolf (1320), y Norman (1010), mientras que un único extremo por debajo del umbral va junto a eventos del tipo del Mínimo Dalton (1810 y 1170), no tan severos como los Grandes

Mínimos. De manera que los Mínimos Gleissberg del 2030 y 2200 deberían ser del tipo Mínimo Maunder. Como el clima está estrechamente ligado a la actividad solar, las condiciones hacia el 2030 y 2200 deberían acercarse a las del nadir de la Pequeña Edad de Hielo del 1670. Como se explica en el texto, la hipótesis del IPCC de un calentamiento global inducido por el hombre no está en la línea de esta predicción basada exclusivamente en la actividad eruptiva del Sol. Los extraordinarios extremos positivos tienen una función similar en relación a períodos excepcionalmente calientes como el Óptimo Medieval y el período cálido moderno.

Dos extremos negativos consecutivos traspasando el umbral inferior indican un Gran Mínimo del tipo Maunder, mientras que un único extremo por debajo del umbral va junto a eventos del tipo Mínimo Dalton. Los Grandes Mínimos de la figura 11 están indicados por sus nombres. El único extremo mínimo alrededor del 1170 es del tipo Dalton. Durante este tiempo, la actividad solar se amortiguó, pero esta disminución no fue duradera. De acuerdo a Lamb (1977), que se fijó en el registro de isótopos de oxígeno del norte de Groenlandia provisto por Dansgaard, ocurrió un período de súbito enfriamiento al final del Siglo 12. De manera que he llamado a este profundo Mínimo Gleissberg en su honor.

La figura 11 muestra que la actividad solar de notable intensidad y también los correspondientes períodos cálidos en la Tierra, están indicados por los extremos de dT/dt . Como un ejemplo, el Óptimo Medieval está indicado por una flecha. Debe notarse que la extraordinaria amplitud positiva hacia el 1200 es mayor que la amplitud hacia 1952 y 1984, indicando a los modernos máximos Gleissberg ligados a un calentamiento no tan elevado como el del 1120 (Schönwiese, 1979). Más detalles de esta relación serán presentados próximamente en otros lugares.

Sin excepción, los extraordinarios extremos negativos coinciden con períodos de actividad solar excepcionalmente débiles y vice versa. De manera hay buenas razones para esperar que el próximo Mínimo Gleissberg del 2030 será uno profundo. Como hay tres extremos consecutivos por debajo del umbral cuantitativo, hay una gran probabilidad de que el evento será del tipo Maunder. Esto también es cierto para el mínimo del 2201, mientras que el del 2122 deberá ser del tipo regular como se ve en la figura 11.

Se ha demostrado que existe una estrecha relación entre los profundos Mínimos Gleissberg y el clima frío. De manera que la probabilidad es muy elevada de que el Mínimo Gleissberg del 2030 y 2201 irán acompañados de períodos de clima frío comparables al nadir de la Pequeña Edad de Hielo. En cuanto al mínimo del 2030, hay indicaciones adicionales de que se espera un enfriamiento global en vez de un calentamiento global. La Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) mostrará valores negativos hasta quizás el 2016 (Landscheidt, 2001), y Las Niñas serán más frecuentes y fuertes que los El Niño hasta el 2018 (Landscheidt, 2000).

Los resultados heurísticos derivados del ciclo de 166 años no están aún

corroborados por una detallada cadena de causa y efecto. El progreso al respecto será dificultoso ya que las teorías de la actividad solar y las del cambio climático están todavía en una etapa rudimentaria de su desarrollo, aunque hay progresos en cuanto a la explicación física de especiales relaciones Sol-Tierra (Haig, 1996; Tinsley y Yu, 2002). A pesar de ello, la conexión con la dinámica del sistema solar, el largo de la información involucrada que cubre miles de años, y los habilidosos pronósticos de la actividad solar y eventos climáticos construidos sobre los mismo cimientos, hablan de la confiabilidad del pronóstico de los próximos Mínimos Gleissberg y su impacto sobre el clima.

10. Hipótesis del IPCC del calentamiento antropogénico no está en el camino del enfriamiento global.

No espero que los efectos de los gases de invernadero antropogénicos eliminarán la predominancia del Sol. Si esos efectos fuesen tan fuertes como pretende el IPCC, mis diversos pronósticos climáticos, basados exclusivamente en la actividad solar, no habrían tenido ninguna probabilidad de haber resultado correctos. Más aún, ya que mis pronósticos cubren años y décadas recientes del calentamiento que, de acuerdo al IPCC no pueden ser explicados por el forzamiento natural.

Las "historias" del IPCC, lejos de las predicciones que se practican en otros campos de la ciencia, son casi exclusivamente apoyados por corridas de *Modelos de Circulación General* (MCG). Estos modelos están basados en el mismo tipo de ecuaciones diferenciales no lineales que llevó a Lorenz a reconocer en 1961 que las predicciones del tiempo a largo plazo son imposibles por la extremada sensibilidad de la atmósfera a las condiciones iniciales. No es concebible que el "Efecto Mariposa" deba desaparecer cuando el rango de la predicción de unos pocos días es extendida a décadas y siglos.

Algunos climatólogos conceden que hay un problema. Schönwiese (1994) hace notar: *"Consecuentemente, deberíamos llegar a la conclusión de que el cambio climático no puede ser predicho (por los MCG). Es correcto que los variados y complejos procesos en la atmósfera no pueden ser predichos más allá del límite teórico de un mes a través de cálculos paso a paso en los modelos de circulación, ni ahora ni tampoco en el futuro. Sin embargo existe la posibilidad de una predicción condicional. La condición es que un factor especial dentro de la compleja relación causa-efecto es tan fuerte que claramente domina a todos los otros factores. Además, el comportamiento de ese único y dominante factor causal tiene que ser predecible con certeza, o a un alto grado de probabilidad."* Una mirada a la literatura muestra que estas condiciones no se cumplen. Más aún, existen dificultades técnicas y matemáticas. Peixoto y Oort (1992) comentan apropiadamente: *"La integración de un modelo totalmente acoplado que incluya a la atmósfera, océano, tierras y criosfera con escalas de tiempo internos muy diferentes imponen dificultades casi insuperables para alcanzar la solución final, aún cuando todos los procesos fuesen completamente comprendidos."*

De manera que no resulta sorprendente que los pronósticos válidos de MCG sean una *especie rara*. Las hipótesis del IPCC sobre el calentamiento global requieren que la radiación de onda larga al espacio se reduzca a causa de la acumulación de gases de invernadero. En realidad, los satélites han observado una tendencia al incremento de la radiación de onda larga en los trópicos durante las últimas dos décadas (Wielicki et al., 2002). Los MCG predicen mayores aumentos de temperatura con el aumento de la distancia desde el Ecuador, pero las observaciones no muestran un cambio neto en las regiones polares durante las últimas cuatro décadas (Comiso, 2000; Przybylak, 2000; Venegas and Mysak, 2000). De acuerdo a los datos más reciente, la Antártida se ha enfriado de manera considerable (Doran et al., 2002) en vez de haberse calentado.

De fundamental importancia es la discrepancia entre los pronósticos de los MCG y observaciones como la evaporación. Aún si las consideraciones teóricas del IPCC fuesen correctas, el CO₂ podría manejar sólo 0.88°C de calentamiento para dentro de más de un siglo. Esta pequeña cantidad de calentamiento, sin embargo, aumentaría la evaporación en la superficie y elevaría la concentración de vapor de agua, por lejos el más poderoso gas de invernadero en la atmósfera. De acuerdo a los modelos climáticos, esta realimentación positiva causaría un calentamiento mucho más grande que sólo el CO₂ y otros débiles gases de invernadero. De manera que es crucial para las hipótesis de calentamiento del IPCC que la observación muestre una disminución de la evaporación en el Hemisferio Norte durante los últimos 50 años, en lugar de su pronosticado aumento (Roderick and Farquhar (2002). Hay muchos otros puntos, pero irían mucho más allá del marco de este estudio.

11. Perspectiva

No necesitamos esperar hasta el 2030 para ver si la predicción del próximo Mínimo Gleissberg es correcta. Mucho antes de alcanzar el punto más bajo del desarrollo, debería hacerse manifiesta una tendencia declinante en la actividad solar y las temperaturas globales. El actual ciclo 23 de manchas solares, con su actividad considerablemente más débil, parece ser la primera indicación de la nueva tendencia, especialmente porque fue pronosticada en base a los ciclos de movimientos del Sol hacen ya dos décadas. En cuanto a la temperatura, sólo los períodos de El Niño deberían interrumpir la tendencia hacia abajo, pero hasta los Niños podrían hacerse menos frecuentes y fuertes. El resultado de este ulterior pronóstico climático a largo plazo, basado únicamente en la actividad solar puede considerarse como una lápida para las hipótesis del IPC sobre el calentamiento inducido por el hombre.

Referencias

Adler, N. O. de and Elías, A. G. (2000): Solar variability associated to ionospheric, stratospheric, and tropospheric parameters. In: Vázquez, M. and Schmieder, B, ed.: The solar cycle and

terrestrial climate. European Space Agency, Special Publication 463, 509-512.

Balachandran, N. K., Rind, D., and Shindell, D. T. (1999): Effects of solar cycle variability on the lower stratosphere. *J. Geophys. Res.* 104, 27321-27339.

Baliunas, S. und Soon, W. (1995): Are variations in the length of the activity cycle related to changes in brightness in solar-type stars? *Astrophys. J.* 450, 896.

Beer, J. (2000): Polar ice as an archive for solar cycles and the terrestrial climate. In: Vázquez, M. and Schmieder, B, ed.: *The solar cycle and terrestrial climate*. European Space Agency, Special Publication 463, 671-680.

Beer, J. and Joos, C. F. (1994): ^{10}Be as an indicator of solar variability and climate. In: E. Nesme-Ribes, ed.: *The solar engine and its influence on terrestrial atmosphere and climate*. Berlin, Springer-Verlag, 221-233.

Berner, U. and Streif, H. J., ed. (2000): *Klimafakten: Der Rückblick – Ein Schlüssel für die Zukunft*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Blizard, J. B. (1987): Long-range prediction of solar activity. In: Rampino, M. R., Sanders, J. E., Newman, W. S. und Königsson, L. K., eds.: *Climate. History, Periodicity, and predictability*. New York, van Nostrand Reinhold, 415-420.

Bossolasco, M., Dagnino, I., Elena, A. und Flocchini, G. (1973): Thunderstorm activity and interplanetary magnetic field. *Riv. Italiana Geofis.* 22, 293.

Brier, G. W. (1979): Use of the difference equation methods for predicting sunspot numbers. In: B. M. McCormac und T. A. Seliga, ed.: *Solar-terrestrial influences on weather and climate*. Dordrecht, Reidel, 209-214.

Brooks, C. E. P. (1926): *The relations of solar and meteorological phenomena – A summary of the literature from 1914 to 1924*. Paris, First Report of the Commission for the Study of Solar and Terrestrial Relationships, ICSU, 66-100.

Bucha, V. (1983): Direct relations between solar activity and atmospheric circulation. *Studia geophysica et geodaetica* 27, 19-45.

Butler, C. J. (1996): A two-century comparison of sunspot cycle length and temperature change – the evidence from Northern Ireland. In: ESEF *The Global Warming Debate*. Cambridge, European Science and Environment Forum, 215-223.

Cliver, E. W., Boriakoff, V., Feynman, J. (1998): Solar variability and climate change: Geomagnetic aa index and global surface temperature. *Geophys. Res. Lett.* 25, 1035-1038.

Cole, T. W. (1973): Periodicities in solar activity. *Solar Phys.* 30, 103-110.

Comiso, J. C. (2000): Variability and trends in Antarctic surface temperatures from in situ and satellite infrared measurements. *J. Climate* 13, 1674-1696.

Dicke, R. H.: The sun's rotation and relativity. *Nature* 202 (1964), 432.

Doran, P. D., Prisco, J. C., Lyons, W. B., Walsh, J. E., Fountain, A. G., McKnight, D. M., Moorhead, D. L., Virginia, R. A., Wall, D. H., Clow, G. D., Fritsen, C. H., McKay, C. P., and Parsons, A. N. (2002): Antarctic climate cooling and terrestrial ecosystem response. *Nature* 415, 517-520.

Eddy, J. A. (1977): Climate and the changing sun. *Clim. Change* 1, 173-190.

Egorova, L. Y., Vovk, V. Ya., and Troshichev, O. A. (2000): Influence of variations of cosmic rays on atmospheric pressure and temperature in the Southern pole region. *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 62, 955-966.

Fairbridge, R. W. and Shirley, J. H. (1987): Prolonged minima and the 179-year cycle of the solar inertial motion. *Solar Physics* 110, 191-220.

Friis-Christensen, E. and Lassen, K. (1991): Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science* 254, 698-700.

Gleissberg, W. (1958): The 80-year sunspot cycle. *J. Brit. Astron. Ass.* 68, 150.

Haigh, J. D. (1996): On the impact of solar variability on climate. *Nature* 272, 981-984.

Hartmann, R. (1972): Vorläufige Epochen der Maxima und Minima des 80-jährigen Sonnenfleckenzyklus. *Veröff. Astr. Inst. Univ. Frankfurt* 50, 118.

Herman, J. R. and Goldberg (1978): *Sun, weather, and climate*. New York, Dover Publications.

Hodell, D. A., Brenner, M., Curtis, J. H., and Guilderson, T. (2001): Solar forcing of drought frequency in the Maya lowlands. *Science* 292, 1367-1370.

Hoyt, D. V. (1979): Variations in sunspot structure and climate. *Clim. Change* 2, 79-92.

Hoyt, D. V. and Schatten, K. H. (1997): *The role of the sun in climate change*. New York-Oxford, Oxford University Press, 1997.

Joselyn, J. A. (1997): *EOS. Trans. Geophys. Union* 78, 210.

Juckett, D. A. (2000): Solar activity cycles, north/south asymmetries, and differential rotation associated with spin-orbit variations. *Solar Phys.* 191, 201.

Labitzke, K. und van Loon, H. (1993): Some recent studies of probable connection between solar and atmospheric variability. *Ann. Geophysicae* 11, 1084.

Lamb, H. H. (1977): *Climate: Present, past, and future. Vol. 2: Climatic history and the future*. London, Methuen, p. 430.

- Landscheidt, T.(1976): Beziehungen zwischen der Sonnenaktivität und dem Massenzentrum des Sonnensystems. Nachr. D. Olbersgesellschaft Bremen 100, 3-19.
- Landscheidt, T. (1981): Swinging sun, 79-year cycle, and climatic change. J. interdiscipl. Cycle Res. 12, 3-19.
- Landscheidt, T. (1983): Solar oscillations, sunspot cycles, and climatic change. In: McCormac, B. M., ed.: Weather and climate responses to solar variations. Boulder, Associated University Press, 293-308.
- Landscheidt, T. (1984): Cycles of solar flares and weather. In: Moerner, N.A. und Karlén, W., eds.: Climatic changes on a yearly to millennial basis. Dordrecht, D. Reidel, 475, 476.
- Landscheidt, T. (1986 a): Long-range forecast of energetic x-ray bursts based on cycles of flares. In: Simon, P. A., Heckman, G., and Shea, M. A., eds.: Solar-terrestrial predictions. Proceedings of a workshop at Meudon, 18.-22. Juni 1984. Boulder, National Oceanic and Atmospheric Administration, 81-89.
- Landscheidt, T. (1986 b): Long-range forecast of sunspot cycles. In: Simon, P. A., Heckman, G. and Shea, M. A., eds.: Solar-terrestrial predictions. Proceedings of a workshop at Meudon, 18.-22. Juni 1984. Boulder, National Oceanic and Atmospheric Administration, 48-57.
- Landscheidt, T. (1987): Long-range forecasts of solar cycles and climate change. In: Rampino, M. R., Sanders, J. E., Newman, W. S. and Königsson, L. K., eds.: Climate. History, Periodicity, and predictability. New York, van Nostrand Reinhold, 421-445.
- Landscheidt, T. (1988): Solar rotation, impulses of the torque in the Sun's motion, and climatic variation. Clim. Change 12, 265-295.
- Landscheidt, T.(1990): Relationship between rainfall in the northern hemisphere and impulses of the torque in the Sun's motion. In: K. H. Schatten and A. Arking, eds.: Climate impact of solar variability. Greenbelt, NASA, 259-266.
- Landscheidt, T.(1995a): Global warming or Little Ice Age? In: Finkl, C. W., ed.: Holocene cycles. A Jubilee volume in celebration of the 80th birthday of Rhodes W. Fairbridge. Fort Lauderdale, The Coastal Education and Research Foundation (CERF), 371-382.
- Landscheidt, T. (1995b): Die kosmische Funktion des Goldenen Schnitts. In: Richter, P. H., ed.: Sterne, Mond und Kometen. Bremen, Hauschild, 240-276.
- Landscheidt, T. (1998 a): Forecast of global temperature, El Niño, and cloud coverage by astronomical means. In: Bate, R., ed.: Global Warming. The continuing debate. Cambridge, The European Science and Environment Forum (ESEF), 172-183.
- Landscheidt, T. (1998 b): Solar activity - A dominant factor in climate dynamics.
<http://www.john-daly.com/solar/solar.htm>.
- Landscheidt, T. (1999 a): Solar activity controls El Niño and La Niña.

<http://www.john-daly.com/sun-enso/sun-enso.htm>.

Landscheidt, T. (1999 b): Extrema in sunspot cycle linked to Sun's motion. *Solar Physics* 189, 413-424.

Landscheidt, T. (2000 a): Solar forcing of El Niño and La Niña. In: Vázquez, M. and Schmieder, B, ed.: *The solar cycle and terrestrial climate*. European Space Agency, Special Publication 463, 135-140.

Landscheidt, T. (2000 b): Solar wind near Earth: Indicator of variations in global temperature. In: Vázquez, M. and Schmieder, B, ed.: *The solar cycle and terrestrial climate*. European Space Agency, Special Publication 463, 497-500.

Landscheidt, T. (2000 c): River Po discharges and cycles of solar activity. *Hydrol. Sci. J.* 45, 491-493.

Landscheidt, T. (2000 d): Sun's role in the satellite-balloon-surface issue.
<http://www.john-daly.com/solar/temps.htm>.

Landscheidt, T. (2000 e): New confirmation of strong solar forcing of climate.
<http://www.john-daly.com/po.htm>.

Landscheidt, T. (2001 a): Solar eruptions linked to North Atlantic Oscillation.
<http://www.john-daly.com/theodor/solarnao.htm>.

Landscheidt, T. (2001 b): Trends in Pacific Decadal Oscillation subjected to solar forcing.
<http://www.john-daly.com/theodor/pdotrend.htm>.

Landscheidt, T. (2002): El Niño forecast revisited. <http://www.john-daly.com/sun-enso/revisited.htm>.

Landscheidt, T. und Wöhl, H. (1986): Solares Aktivitätsminimum erst 1989/90? *Sterne und Weltraum*, 584.

Lassen, K. and Friis-Christensen, E. (1995): Variability of the solar cycle length during the past five centuries and the apparent association with terrestrial climate. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, 835.

Lau, K. M. and Weng, H. (1995): Climate signal detection using wavelet transform. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 76, 2391-2402.

Lean, J., Beer, J., and Bradley, R. (1995): Reconstruction of solar irradiance since 1610: implications for climate change. *Geophys. Res. Lett.* 22, 3195-3198.

Lockwood, R., Stamper, R., and Wild, M. N. (1999): A doubling of the Sun's coronal magnetic field during the past 100 years. *Nature* 399, 437-439.

Neubauer, L. (1983): Sudden stratospheric warmings correlated with sudden commencements

and solar proton events. In: McCormac, B. M. (ed.), *Weather and Climate Responses to Solar Variations*. Colorado Associated University Press, Boulder, 395-397.

Markson, R. und Muir, M. (1980): Solar wind control of the earth's electric field. *Science* 208, 979.

Neff, U., Burns, S. J., Mangini, A., Mudelsee, M., Fleitmann, D., and Matter, A. (2001): Strong coherence between solar variability and the monsoon in Oman between 9 and 6 kyr ago. *Nature* 411, 290-293.

Pallé Bagó, E. and Butler, C. J. (2000): The influence of cosmic rays on terrestrial clouds and global warming. *Astron. Geophys.* 41, 4.18-4.22.

Pang, K. D. and Yau, K. K. (2002): Ancient observations link changes in the sun's brightness and earth's climate. *EOS, Transactions, American Geophysical Union* 83, 481, 489-490.

Peixoto, J. P. and Oort, A. H. (1992): *Physics of climate*. New York, American Institute of Physics.

Prohaska, J. T., Willett, H. C. (1983): Dominant modes of relationships between temperature and geomagnetic activity. In: McCormac, B. M. (ed.), *Weather and Climate Responses to Solar Variations*. Colorado Associated University Press, Boulder, 489-494.

Przybylak, R. (2000): Temporal and spatial variation of surface air temperature over the period of instrumental observations in the Arctic. *Intern. J. Climatology* 20, 587-614.

Reid, G. C. (1997): Solar forcing of global climate change since the mid-17th century. *Clim. Change* 37, 391-405.

Reiter, R. (1983): Modification of the stratospheric ozone profile after acute solar events. In: McCormac, B. M., ed.: *Weather and climate responses to solar variations*. Boulder, Associated University Press, 95-116.

Roderick, M.L. and Farquhar, G. D. (2002): The cause of decreased pan evaporation over the past 50 years. *Science* 298, 1410.

Rozelot, J. P. (2001): Possible links between the solar radius variations and the Earth's climate evolution over the past four centuries. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.* 63, 375-386.

Scherhag, R., 1952: Die explosionsartigen Stratosphärenwärmungen des Spätwinters 1951/52. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes der US-Zone* Nr. 38,51.

Schönwiese, C. D. (1979): *Klimaschwankungen*. Berlin, Springer-Verlag, p. 79.

Schönwiese, C. D. (1994): *Klima im Wandel*. Hamburg, Rowohlt Taschenbuch Verlag, p.99.

Schove, J. D. (1955): The sunspot cycle 649 BC to AD 2000. *J. Geophys. Res.* 60, 127.

Schuermans, C. J. E (1979).: Effects of solar flares on the atmospheric circulation. In: B. M. McCormac und T. A. Seliga, ed.: Solar-terrestrial influences on weather and climate. Dordrecht, Reidel, 105.

Science editor's comment, 2002: Areas to watch in 2003. *Science* 298, 2298.

Shindell, D., Rind, D., Balachandran, N., Lean, J., and Loneragan, P. (1999). Solar cycle variability, ozone, and climate. *Science* 284, 305-309.

Simkin, T., Siebert., L., McClelland, L. Bridge, D., Newhall, C., and Latter, J. H. (1981): Volcanoes of the world. Stroudsburg, Hutchinson Ross.

Siscoe, G. L. (1978): Solar-terrestrial influences on weather and climate. *Nature* 276, 348-351.

Soon, W. H., Posmentier, E. S., and Baliunas, S. L. (1996): Inference of solar irradiance variability from terrestrial temperature changes, 1880-1993. *Astrophys. J.* 472, 891-902.
Stuiver, M. and Quay, P. D. (1981): a 1600-year long record of solar change derived from ¹⁴C levels. *Solar Phys.* 74, 479-481.

Svensmark, H. and Friis-Christensen, E. (1997): Variation of cosmic ray flux and cloud coverage. *J. Atmos. Terr. Phys.* 59,1225-1232.

Sýkora, J., Badalyan, O. G., and Obridko, V. N. (2000): Coronal holes, recorded from 1943 – A source of solar-induced terrestrial responses? In: Vázquez, M. and Schmieder, B, ed.: The solar cycle and terrestrial climate. European Space Agency, Special Publication 463, 95-100.

Thejll, P. and Lassen, K. (2000): Solar Forcing of the Northern Hemisphere land air temperature: New data. *J. Atm. Sol. Terr. Phys.* 62, 1207-1213.

Tinsley, B. A. (2000): Influence of the solar wind on the global electric circuit, and inferred effects on cloud microphysics, temperature, and the dynamics of the troposphere. *Space Sci. Rev.* 94, 231-258.

Tinsley, B. A. and Yu, F. (2002): Atmospheric ionisation and clouds as links between solar activity and climate. In: AGU-monograph: Solar variability and its effects on the earth's atmosphere and climate system. In press.

Udelhofen, P. M. and Cess, R. (2001): Cloud cover variations over the United States: An influence of cosmic rays, or solar variability? *Geophys. Res. Lett.* 28, 2617-2620.

Van Geel, B., Raspopov, O. M., Rennsen, H., van der Plicht, J., Dergachev, V. A., and Meijer, H. A. J. (1999): The role of solar forcing upon climate change. *Quaternary Science Rev.* 18, 331-338.

Venegas, S. A. and Mysak, L. A. (2000): Is there a dominant timescale of natural climate variability in the Arctic? *J. Climate* 13, 3412-3434.

White, W. B., Lean, J., Cayan, D. R., and Dettinger, M. D. (1997): Response of global upper

ocean temperature to changing solar irradiance. *J. Geophys. Res.* 102, 3255-3266.

Wielicki, B. A., Wong, T., Allan, R. P., Slingo, A., Kiehl, J. T., Soden, B. J., Gordon, C. T., Miller, A. J., Yang, S. K., Randall, D. A., Robertson, F., Susskind, J., and Jacobowitz, H. (2002): Evidence of large decadal variability in the tropical mean radiative energy budget. *Science* 295, 841-844.

Wigley, T. M. L. (1988): The climate of the past 10,000 years and the role of the sun. In: Stephenson, F. R., Wolfendale, A. W. (eds.), *Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10,000 Years*. Kluwer, Dordrecht.

Yu, F. (2002): Altitude variations of cosmic ray induced production of aerosols: Implications for global cloudiness and climate. *Geophys. Res. Lett.* 107, in press.

