

¿El ciclo de actividad solar de 2400 años puede ser causado por el movimiento inercial solar?

Por: **Ivanka Charvatova**

Geophysical Institute AS CR, Bocí nř II, 141 31 Praha 4, Czech Republic
Received: 30 September 1999 / Revised: 14 January 2000 / Accepted: 17 January 2000

Abstracto: Un ciclo de actividad solar de cerca de 2400 años ha sido hasta ahora de un origen incierto. Resultados recientes indican que es causado por el movimiento inercial solar. En primer término describiremos el ciclo solar básico de movimiento de 178.7 años. El ciclo más largo, por sobre un intervalo de 8000 años se halla que promedia 2402.2 años. Éste corresponde a los alineamientos Júpiter/Heliocentro/Baricentro (9.8855 ± 243). Con un segmento excepcional en cada ciclo de 370 años que ha sido hallado se caracteriza por un patrón en rizo de geometría de trifoliar o cuasi trifoliar. La actividad Solar, evidenciada por las relaciones del C_{14} en los anillos de corteza árboles muestran el mismo patrón. El movimiento Solar es computable por adelantado, de modo que esto provée de una base para valoraciones predictivas. El siguiente segmento de 370 años ocurrirá entre el 2240 AD y 2610 AD.
Palabras Clave: Física Solar (mecánica celeste)

Introducción

Hallar una causa de la variabilidad solar es una tarea clave para la física solar. Es una materia importante también para la geofísica debido a la influencia de esta variabilidad en el clima de la Tierra. En los siglos recientes se han hecho enormes esfuerzos sobre este problema. En décadas recientes los satélites han suministrado muchos datos y en particular las observaciones del satélite SOHO que proveen una visión más confiable del interior del Sol. Ahora ya se acepta generalmente que los dos ciclos de largo plazo más prominentes están permanentemente presentes en la actividad solar: un ciclo de cerca de 200 (160 ± 210) años y un ciclo de cerca de 2400 (2200 ± 2600) años, véase e.g. Suess (1980), Sonett y Finney (1991), Damon y Linick (1986), Damon et al. (1989), Damon y Sonett (1990), Hood y Jirikowic (1991), etc. Estos estudios han sido hechos sobre la base de observaciones del C_{14} en los anillos de árboles. La dispersión de los largos de los ciclos observadas se debe probablemente a la calidad mixta de los registros, las partes diferentes procesadas y los varios métodos de los análisis espectrales utilizados, etc.. Es difícil observar la periodicidad de 200 años porque el registro del número de manchas solares cubre solamente 300 años. Es más fácil observar una periodicidad de cerca de 100 años (Ciclo Gleissberg) conectada con la modulación de la amplitud de las series de número de manchas solares. No ha sido establecido aún el origen para el destacado y permanentemente presente período de cerca de 2400 años de actividad solar (i.e., si es solar, geomagnético, or extra-heliosférico) o incluso enigmático; siendo la fuerza que lo impulsa desconocida "el período de 2400 años parece ser estacionario", conforme a Damon and Linick (1986). El movimiento solar inercial (esto es, el movimiento del Sol alrededor del centro de masa del sistema solar) es el fenómeno central del sistema solar causado por las posiciones variables, predominantemente, de los planetas gigantes (Fairbridge y Sanders, 1987). La contribución de los planetas interiores es mínima. Las posiciones variables de los planetas gigantes Júpiter (J), Saturno(S), Urano (U) fuerzan al Sol a moverse dentro de un área circular la cual tiene un diámetro de 0.02 UA (unidades astronómicas) o de 3×10^6 km véase Fig.1 .

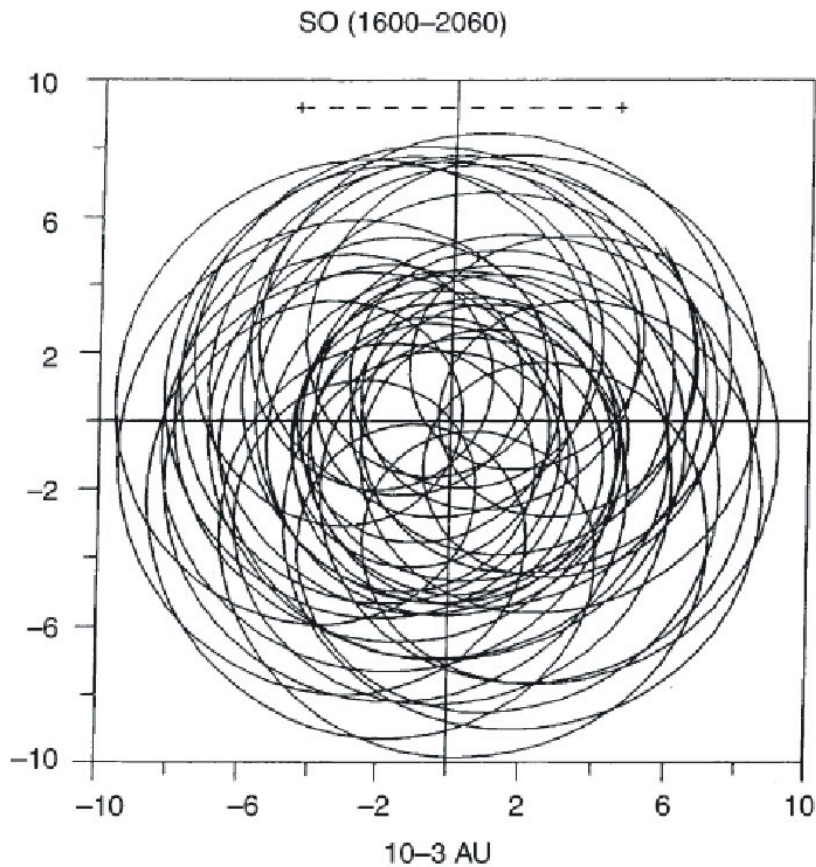


Fig.1. La órbita del centro del Sol alrededor del centro de masa del sistema solar (en unidades de 10^{-3} UA, unidad astronómica = $149 \cdot 10^6$ km), para más detalles Véase la Fig.2. La abscisa horizontal (línea con rayas) en la parte superior Representa el diámetro del Sol.

Esto es despreciable en comparación con el tamaño del sistema solar pero es muy significativo con respecto al tamaño del Sol. El diámetro del área en la cual el Sol se mueve representa 4.4 radios solares. El Sol se mueve con una velocidad entre 9 a $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, esto es de 30 a $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Este movimiento Solar es computable por adelantado, una gran ventaja que nos abre la posibilidad de establecer una valoración predictiva de la actividad solar. Para comprender el ciclo de 2042 años es necesario describir primero y explicar el ciclo básico del movimiento solar, el ciclo de 178.7 años y sus relaciones con la conducta de la actividad solar en los siglos recientes.

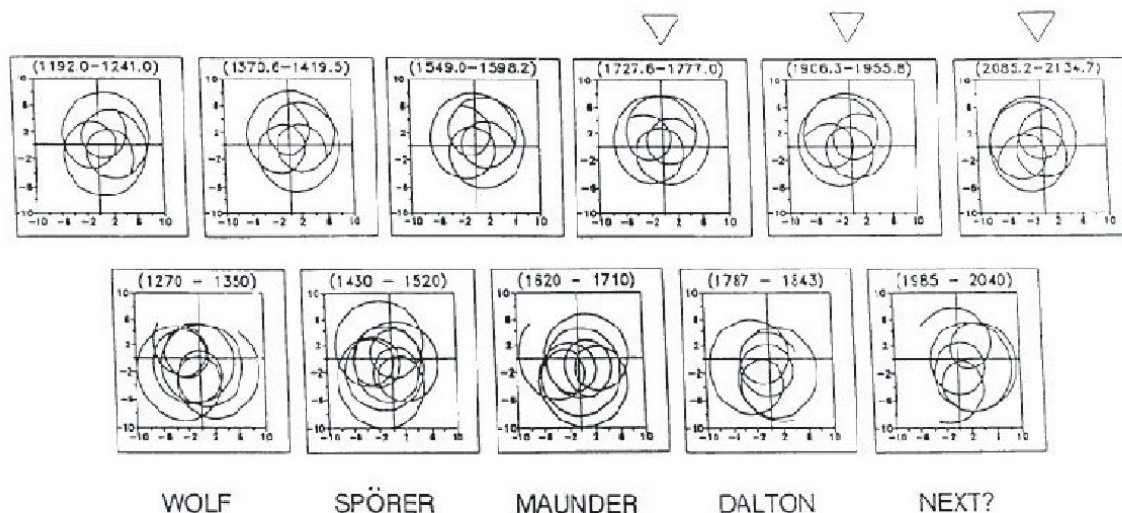


Fig.2 La órbita del centro del Sol alrededor del centro de masa del sistema solar (en unidades de 10^3 UA) separados en dos tipos básicos, los ordenados (en un Trifolío JS) (arriba) y los desordenados (abajo). El área en la cual el Sol se mueve tiene un diámetro de 0.02 UA o $4,4 r_{\odot}$, siendo el radio solar, o 3×10^6 km. Las secciones más desordenadas de los intervalos que quedan entre los trifolios están ploteadas abajo. El Sol ingresa en los trifolios con una periodicidad de 178.7 años, en promedio (véase las fechas en la parte superior de las figuras).

El valor representa el primer ciclo básico de movimiento solar. Mientras los trifolios son casi idénticos (luego de una rotación), las órbitas desordenadas difieren una de la otra. Los mínimos prolongados de actividad solar Wolf, Spörer, Maunder y Dalton coinciden con los intervalos de movimiento solar desordenado. El Sol se mueve a lo largo de un trifolío (a lo largo de uno de los rizos), por 50 (10) años, respectivamente. Los dos últimos y los siguientes trifolios están señalados por triángulos.

Se ha hallado que ambos valores de ciclos corresponden a intervalos entre los patrones de movimiento solar. Los valores representan, en ambos casos, la media de los intervalos de dispersión de los ciclos prominentes hallados en la actividad solar mencionada. Ann. Geophysicae 18, 399±405 (2000) Ó EGS ± Springer-Verlag 2000

2 El primer ciclo básico de 178.7 años en el movimiento solar y su respuesta en términos de actividad solar.

El primer ciclo básico de movimiento inercial solar, el ciclo de 178.7 años fue hallado por Jose (1965) en una repetición de los movimientos solares característicos computados entre 1653 y 2060, y lo que es más importante, se halló la derivada del tiempo del momento angular del Sol. El ciclo fue confirmado Por Fairbridge y Shirley (1987) desde el 760 AD, y por Fairbridge y Sanders (1987) desde el 777 AD.

Jakubcova y Pick (1987) verificaron el ciclo anual de 178.7 como el período básico de las periodicidades del movimiento solar (véase su Fig. 1). Estos períodos han sido hallados como sus armónicas más elevadas. [también Fairbridge, 1997, e.g. $28 \cdot 178.7=5004.5$ (252 ' JS; 24 ' 208.5 año VJU)]

Y mayormente corresponden a los periods orbitales de los planetas gigantes [i.e. los periodos of 80 ± 90 (U), 60, 45 (SN), 35 (SU), 30 (S), 13.8 (JU), 12.8 (JN), 11.9 (J), 10 (JS/2)].

El Sol se mueve en el plano del sistema solar, así que esta acción es esencialmente planar (las coordenadas Z han sido despreciadas para los estudios iniciales). Por tanto además de las características de movimiento, la geometría de la órbita solar debiera ser muy cuidadosamente considerada. Eventualmente esta aproximación geométrica proveyó de hecho una clave para la solución de la relación movimiento solar \pm actividad solar.

Una solución clave consiste en la separación del movimiento solar en dos tipos orbitales básicos (Charvatova, 1988, 1990a, b), véase Fig. 2: Los ordenados (conforme al movimiento JS, 117.3° , 19.8 años en un trifolio) y los desordenados.

El sol entra en los trifolios orbitales con un espaciado, en promedio, de 178.7 años y se mueve a lo largo de un trifolio (en un rizo) en cerca de 50 años (10 años), respectivamente. Mientras las órbitas trifolio son, luego de una rotación casi las mismas, las órbitas desordenadas difieren unas de otras. Luego de la separación, el movimiento solar mismo fue discernible y fijado en el tiempo como base precisa y homogénea adecuada para estudios terrestres.

Luego, ha sido posible observar movimientos solares separados desde un punto de vista particular. Los intervalos de Trifolio que recurren en pasos regulares de 178.7 años pueden ser tomados y empleados como el patrón excepcional y estable del movimiento solar.

Se ha observado una respuesta al movimiento solar en la actividad solar. De hecho, se notó que los intervalos de movimiento solar desordenado coinciden con mínimos prolongados particulares en la actividad solar, tales como los mínimos Wolf, Spörer, Maunder y Dalton de este milenio.

Los resultados obtenidos por las relaciones mutuas entre movimiento solar y actividad solar durante el último ciclo básico de 178.7 años están representados en la figura Fig. 3a±d. Si el movimiento solar es realmente una causa de variabilidad solar, entonces el movimiento a lo largo de la misma órbita (trifolio) debiera crear la misma serie de ciclos de manchas solares.

De hecho el Sol moviéndose a lo largo de las mismas órbitas durante los intervalos trifolio del siglo dieciocho (1734 ± 1785) y el siglo veinte (1913 ± 1964) (tomados de mínimo a mínimo de los ciclos de manchas solares), creó casi los mismos juegos de ciclos de manchas solares (Charvatova, 1990b, 1995a, 1997a, b): ciclos 1 to 3 y ciclos 15 to 19. Las pequeñas desviaciones pueden ser explicadas por la baja calidad de números de manchas solares en el siglo dieciocho. Desafortunadamente la serie de número Wolf no es homogénea. Ella solo puede considerarse confiable solo desde aproximadamente 1850. Antes de esto es calidad más baja y antes de 1749 ni siquiera los datos mensuales están disponibles. Esto no es suficiente para confirmar una respuesta del movimiento trifoliar en la serie Wolf.

El coeficiente más elevado y el único significativo de correlación entre los grupos sucesivos de cinco ciclos de manchas solares desde 1700 y la serie de los intervalos trifoliales es que ($r=0.81$) entre las dos series de cinco ciclos de ambos intervalos trifoliales. El ciclo básico de 179 años. En esos dos fenómenos, se hizo así evidente la relación mutua entre el movimiento solar y la actividad solar (Fig. 3d).

Se demostró (Charvatova, 1995b, c, 1997a) que la longitud de cinco ciclos de manchas solares creados por el Sol moviéndose a lo largo de la órbita trifoliar en donde el movimiento a lo largo de un rizo dura 10 años (véase Fig. 2, arriba), es estable e igual a $10.1 (\sim JS/2)$ años. El largo más preciso de los ciclos 1 al 3 no puede ser calculado principalmente debido a la falta de datos mensuales anteriores a 1749.

Si embargo el largo medio de los cinco ciclos respectivos es también cerca de 10 años. En los intervalos vecinos e intermedios.

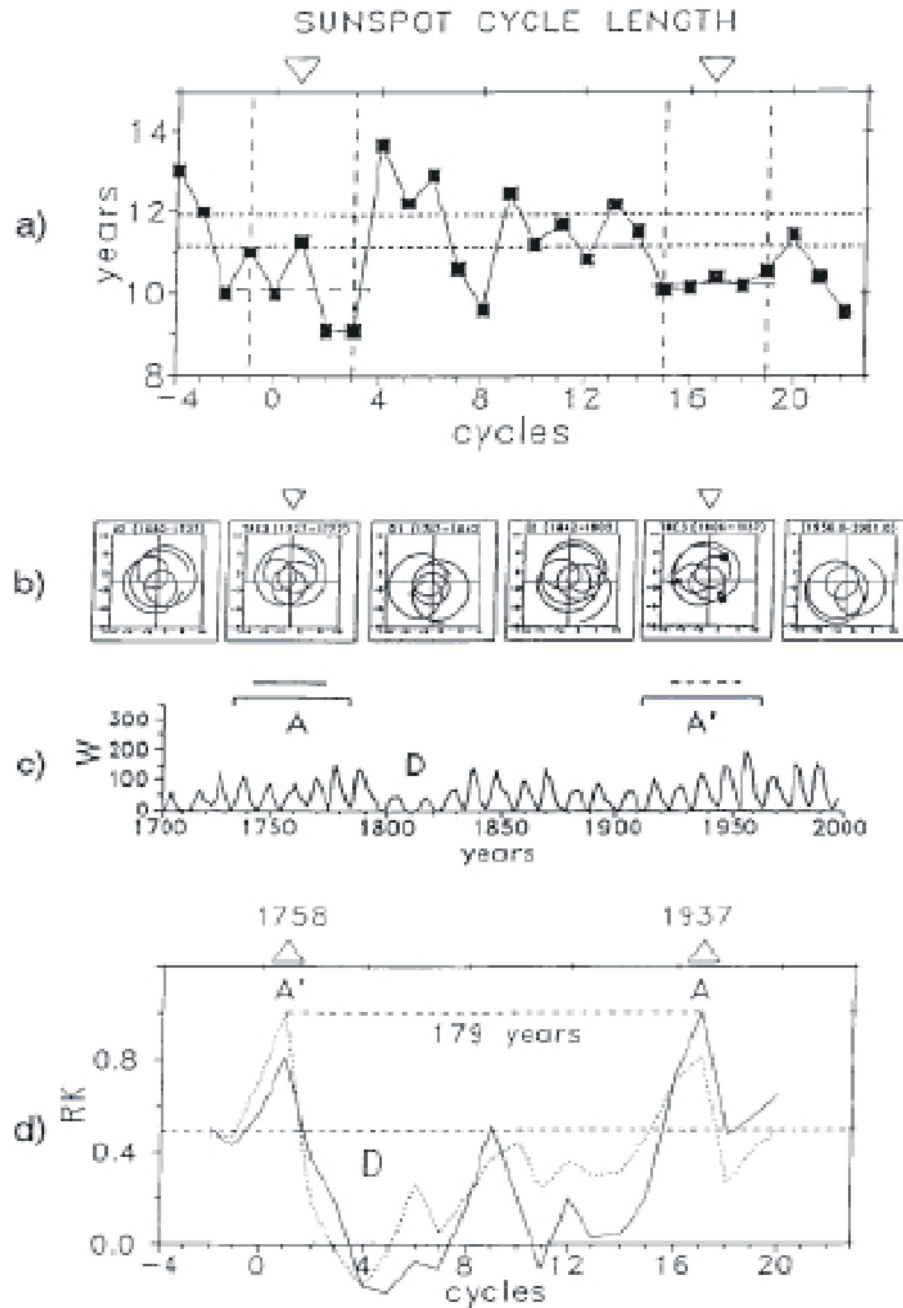


Fig. 3a-d Esta figura resume los resultados obtenidos para el movimiento solar – la actividad Solar alrededor de el último ciclo básico de 178.7 años. **a.** Los largos de los ciclos de manchas Solares desde 1700 DC: nótese un largo de ciclo constante igual a 10 (JS/2) años durante el Intervalo del trifolio 1913-1964 (tomado de mínimo a mínimo) Durante el intervalo trifoliar Previo (1734-1785) los largos de los ciclos no pueden ser calculados más precisamente (véase texto). Sin embargo, el valor medio de largo de ciclo es también 10 años allí. En los intervalos próximos e Intermedio los largos de ciclo son variables y mayormente más grandes. **b.** La orbita solar del 1680 al 2001 en secciones de 50-65 años. Dos intervalos de trifolio son denotados por triángulos. Los círculos negros denotan las posiciones de los ciclos máximos de manchas solares. **c.** Los Números de manchas solares Wolf desde el 1700 DC. La letra A(A') denota el intervalo trifolio del Siglo dieciocho (veinte). **d.** Coeficientes de correlación entre las series de cinco ciclos de manchas Solares que ocurrieron durante los intervalos [1734-1785 (A) y 1913-1964 (A')] y los grupos Sucesivos de cinco ciclos de manchas solares en pasos de un ciclo desde 1700. El único coeficiente Significativo ($r_s = 0.81$) es aquel entre los grupos de cinco ciclos que pertenecen a los intervalos de Trifolio. La letra D denota el mínimo Dalton de actividad solar.

Las longitudes de los ciclos de manchas solares son variables y generalmente más grandes (Fig. 3a). El período dominante de 10.1 (JS/2) años fue detectado en los números de manchas solares de ambos de los intervalos trifoliales (Charvatova , 1990b, Fig. 4), en contraste a los períodos más largos dominantes hallados para los otros intervalos, de hasta 11.9 (J) años detectados para el mínimo Dalton de actividad solar (1790±1843) (Charvatova y Strestik,, 1994). Rabin et al. (1986) y Wilson (1988) hallaron que la actividad solar es bimodal, con modos de 10.1 y 11.9 años.

3 El Segundo ciclo básico en el movimiento solar: 2402 años, y su respuesta en los registros de actividad solar (C_{14} en los anillos de los árboles)

En la escala muy larga de tiempo (milenios) sólo están disponibles los registros indirectos de la actividad solar, los de C_{14} (radiocarbono en los anillos de los árboles). La producción del radiocarbono en la atmósfera y consecuentemente en los anillos de los árboles es debida al flujo de rayos cósmicos

El cual ha sido significativamente variado, siendo inversa su relación respecto a la actividad solar. Los registros de radiocarbono nos suministran un archivo confiable de la actividad solar pasada.

La regularidad de los ciclos de 178.7 años es disturbada a veces: p.ej. entre 158 AC y el 208 DC

.El primer ciclo básico de 178.7 (el intervalo entre dos órbitas trifoliales consecutivas) fue recortado dos veces a 159 años y durante los intervalos intermedio el Sol se movió a lo largo de una órbita que no está muy lejos de un trifolio. Estos segmentos de 370 años de excepcional y casi estable movimiento del Sol (a lo largo de una órbita trifolio a cuasi trifolio) se han hallado que ocurren en pasos de 2402 años, siendo el valor medio 2402.2 años.

La figura 4 muestra los últimos tres de tales segmentos: el primero de 158 AC a 208 DC, el segundo desde el 2561 AC al 2193 AC y el tercero desde 4964 AC al 4596 AC.

Las órbitas son las mismas en todos los tres casos, si las imaginamos luego de una rotación. Más atrás en el tiempo, el Sol se movió a lo largo del mismo patrón orbital entre los años 7366 y 6998 AC. En siguiente segmento igual ocurrirá entre los años 2242 DC y 2610 DC.

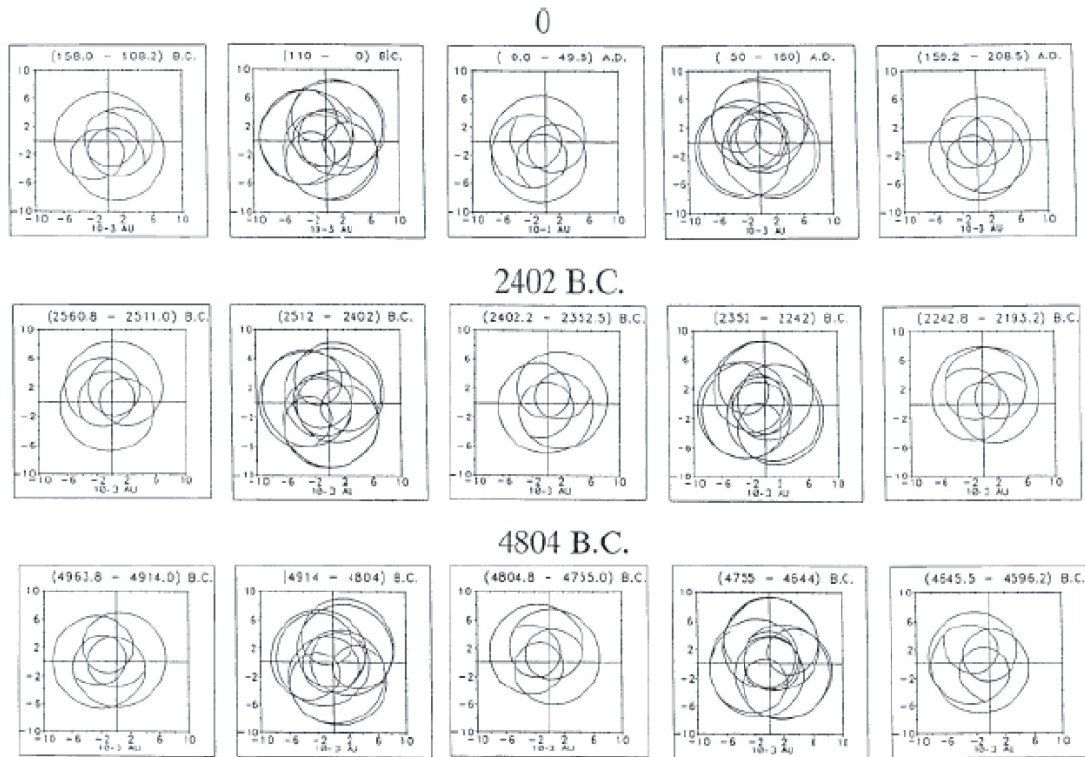


Fig.4. Los segmentos de 370 años de los patrones estables excepcionales de l movimiento solar que se repiten cada 2402 años, obsérvese la distancia doblemente acortada de 159 años entre los trifolios en cada segmento (desde el 158 AC al 208 DC, desde el 2561 AC al 2193 AC y desde el 4964 AC al 4596 AC. Un segmento igual sucederá entre el 2240 DC y el 2610 DC.

Las variaciones más Fuertes en actividad solar ocurrieron durante cada uno de los segundos milenios aproximadamente en donde ocurrieron los mínimos más largos o prolongados del tipo Spörer (S) y Maunder(M) Los patrones de los mínimos S y M han sido siempre observados como diferentes. Hood and Jirikowic (1991) notan que el ciclo de 2400 años modula la amplitud del ciclo en cerca de 200 (160 ± 210) años. Charvatova(1995b, c) señaló la coincidencia de patrones solares orbitales S(M) con los tipos respectivos de ocurrencia de mínimos solares S(M) (véase Damon and Linick, 1986).

Debería anotarse aquí la simetría entre los momentos de entrada en las órbitas trifoliales de 50 años durante el primer milenio (158, 338, 516, 695,AC) y el primer milenio (159, 338, 516, 695., AD). El centro de simetría es el año 25 DC (para detalles véase Charvatova , 1995b, c). En el centro del ciclo de 2402 años, ocurren irregularidades más pequeñas en el ciclo de 178.7- años.

Los segmentos excepcionales de 370 años que recurren regularmente en pasos de 2402 años han servido como una herramienta adicional para buscar una respuesta al movimiento solar inercial en la actividad solar (Charvatova, 1998). Las propiedades del segmento de 370 años (excepcionalidad y aproximada estabilidad) se hallan en los correspondientes intervalos de los registros proxy (radiocarbono) y suministran evidencia de una respuesta de movimiento solar e indican que el movimiento solar podría ser causa de la variabilidad solar también en la escala de milenios.

Una analogía con una respuesta del patrón de órbita trifoliar de 50 años en la actividad solar (ciclos de alta actividad solar con un largo constante de 10 años) sugiere que la conducta de la actividad solar durante el patrón excepcional orbital de 370 años

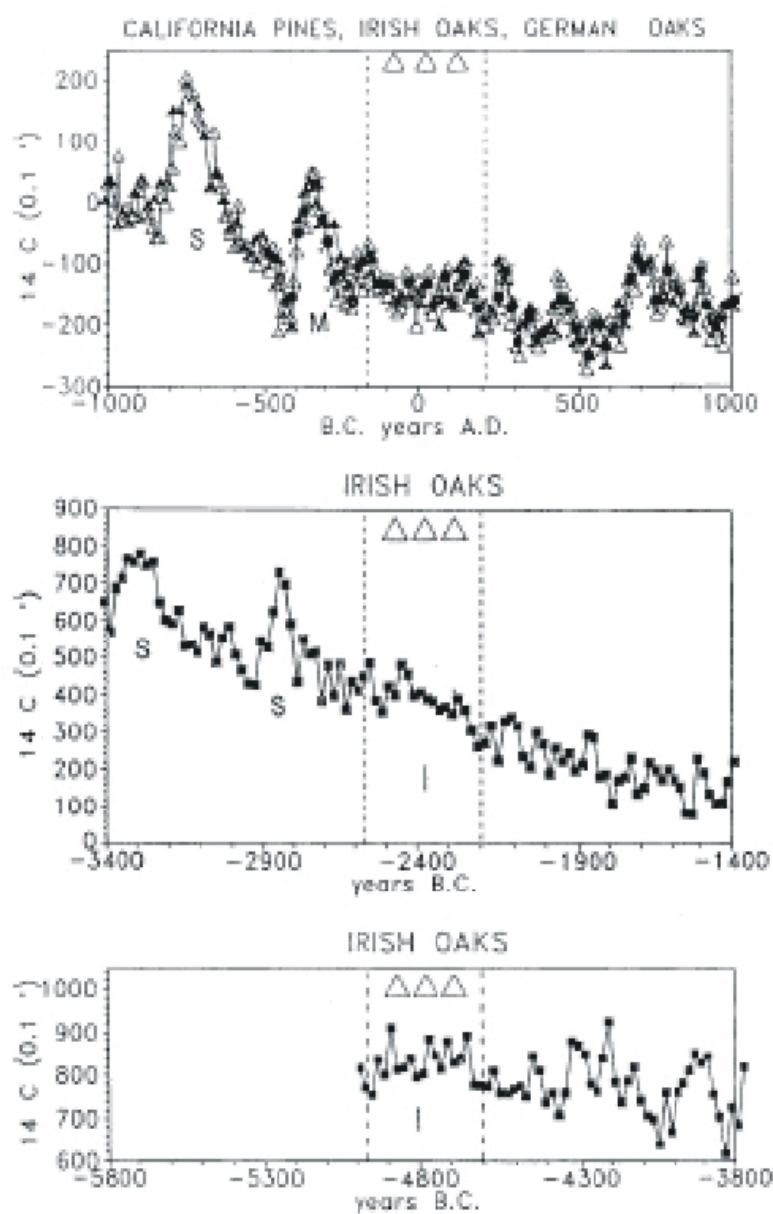


Fig.5. Tres intervalos (1000 años que preceden y siguen los centros de los segmentos excepcionales de 370 años). Los datos de radiocarbono (por década y doble década) de tipo regional y local fue tomada de Stuiver y Becker (1993), Stuiver y Pearson (1993) y Pearson y Quay (1993). Los segmentos excepcionales son señalados por las *líneas Verticales partidas* y *tres triángulos*. Barras de error han sido ploteadas En los centros de los segmentos excepcionales.

Puede ser caracterizada como trifoliar o cuasi trifoliar, o pudiera estar cerca a aquello descrito como trifoliar.

La figura 5 muestra los registros de C_{14} para los tres últimos segmentos excepcionales (las órbitas respectivas están ploteadas en la figura 4) junto con los milenios adyacentes, i.e. de 5800 ac a 3800 ac, del 3400 ac al 1400 ac y del 1000 ac al 1000 dc. En todos los tres casos se aprecia la excepcionalidad y aproximada estabilidad (sin mínimos prolongados). En esta figura se toman datos locales o regionales (Robles Irlandeses o Alemanes así como pinos) se toman de Pearson y Quay (1993), Stuiver and Becker (1993) and Stuiver y Pearson (1993). La parte más estacionaria de los registros es vista durante precisamente los segmentos de 370 años de movimiento solar.

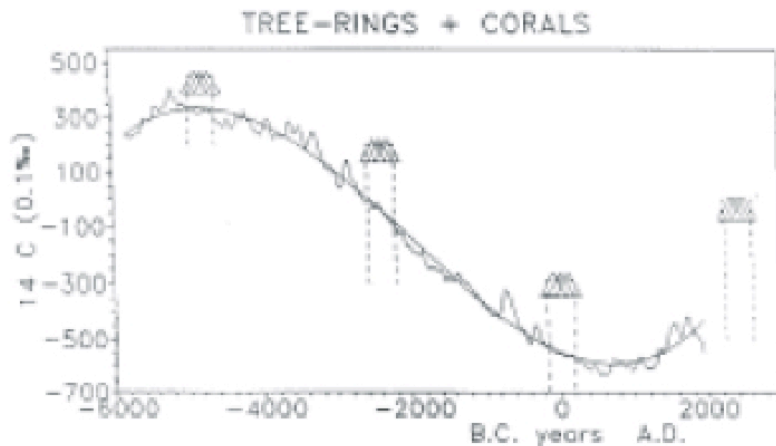


Fig.6. Los datos se plotéan aquí para el periodo completo desde el 6000 AC (el modelo marino de las edades C_{14} calculado de los datos de Anillos de árboles atmosférico bidécada y de datos de corales suavizados, Stuiver y Braziunas, 1993). Las partes más estacionarias de los datos coinciden con los segmentos muy excepcionales del movimiento solar. Estos están señalados por las *líneas rayadas verticales* y por *tres triángulos*. El mismo tipo de datos (de elevada actividad solar, aproximadamente Estacionaria) puede esperarse en el siguiente segmento excepcional el que ocurrirá entre los años 2240 DC y 2610 DC.

La figura 6 representa la totalidad de la serie de datos (modelo marino de edades C_{14} calculadas de datos de anillos de árboles atmosféricos suavizados con datos de corales) tomada de Stuiver y Braziunas (1993) desde 6000 AC. Uno puede ver las partes más estacionarias de los registros que ocurrieron precisamente durante los segmentos excepcionales de 370 años de movimiento solar denotados allí por las líneas verticales de rayas y por los tres triángulos.

4 Valoración predictiva de la actividad solar hasta el año 2610_{DC} basada sobre analogías con los patrones de movimiento solar previos.

Las predicciones de las amplitudes y longitudes de los ciclos solares ha sido mayormente efectuada sobre la base de una amplia gama de datos solares y geomagnéticos sobre la base de relaciones halladas solamente en los últimos ciclos de más alta actividad solar. No conociendo la fuente subyacente de la variabilidad solar tales predicciones pueden ser falsas, como se manifiestan en el caso presente del actual ciclo número 23 cuando se ha predicho desde un ciclo amplio a extremadamente amplio (R_{max} dentro 140 ± 225) (e.g. Wilson, 1992; Schatten et al., 1996; Kane, 1997). Ahluwalia (1999) predijo que el ciclo 23 será un ciclo moderado (más como el ciclo 17). Sin embargo es claro ahora que el ciclo 23 será uno de los ciclos de más baja actividad de este siglo.

El movimiento solar, computable por adelantado, nos ofrece por el contrario posibilidades predictivas, en tanto claro está solamente como analogías con los resultados encontrados en los pasados seis milenios. Las órbitas solares ploteadas en los 2001 (o 2135) como se ven en la Fig. 3b, 2 **La órbita del Sol en los años 1985±2035 es del tipo desordenado (no trifoliar) y similar al de la segunda mitad del siglo diecinueve.** Por analogía ocurrirán ciclos solares mayormente débiles y más largos. Sus longitudes podrían ser de 12.3 años, su R_{max} pueden estar entre 65 y 140. Las predicciones del R_{max} para el ciclo 23 hechos durante la última década varían entre 140 y 225 (un rango inaceptable). Nuestra propia predicción hecha sobre la base del movimiento solar ha sido la única opinión en expresar lo opuesto: i.e. a fue predicho un ciclo solar bajo (Charvatova, 1988, 1990a, b; Charvatova and Strikik, 1991). Charvatova (1990b) escribió: **"El corriente ciclo 22 es probablemente el último de los ciclos altos. Será seguido por una época de 40 años en la cual el movimiento solar será caótico (desordenado) y la actividad solar, por lo tanto, debiera ser baja. Los ciclos serán probablemente más largos irregulares"** Charvatova(1995a, b) Señalaba que los largos de los futuros ciclos serían variables. Como se indicaba para la parte inicial de 3 años del ciclo 23 en comparación con la parte respectiva del ciclo 22 (en forma suavizada, con un $R_{max} 80 \pm 90$ en comparación con el $R_{max} 155$ en el mismo tiempo desde el mínimo, nuestra predicción fue cierta. Luego del 2085_{DC} el Sol se moverá en el trifolio orbital. Se repetirá actividad de las series de ciclos 15 ± 19 El siguiente segmento excepcional de 3 años ocurrirá después del 2240 DC. Hasta el 2610 ocurriría una actividad aproximadamente estacionaria como repetición de la conducta solar durante segmentos excepcionales previos (Figs. 5 y 6). Ciclos de alta actividad solar con largos de 10 años podrían prevalecer, correspondientes a los largos de ocurrencia para el tipo de movimiento solar trifoliar.

5 Conclusiones

Estos resultado muestran que el movimiento solar alrededor del centro de masa del sistema solar puede ser considerado como causa de la variabilidad solar. Debe ser tomado en cuenta no un Sol estático sino dinámico. Parece que el movimiento solar es también la causa del ciclo de 2400-años hallado en la actividad solar proxy. Los resultados indican que el hasta ahora origen no confirmado de actividad solar de 2402 años, algo sorprendentemente, podría hallarse en el movimiento del sol. El descubrimiento de los segmentos excepcionales de 370 años de movimiento solar que recurren en etapas de 2402 años y su huella en los registros de radiocarbono es el resultado principal presentado aquí. El ciclo básico de 178.7 años, siendo el intervalo entre trifolios orbitales consecutivos de 50 años, es dos veces acortado en cerca de 20 (JS) años y durante los intervalos intermedios el Sol se mueve a lo largo de la órbita trifolio a cuasi-trifolio (fig.4). Los trifolios orbitales de 50 años en pasos de 178.7 años y los segmentos excepcionales de 370 años en pasos de 2402 años representan los patrones excepcionales del movimiento solar (Figs. 2, 4). Una respuesta del movimiento trifoliar de 50 años en la actividad del sol es una serie de cinco ciclos altos y de 10 años. Una respuesta de los segmentos de 370 años de movimiento trifolio a cuatrifolio es aproximadamente estacionaria(lineal) con actividad solar más elevada (Figs. 5 and 6). El ciclo de 10 años prevalece allí.

Debido a que el movimiento solar es computable por adelantado esto permite planteamientos predictivos para futuras conductas solares. Moviéndose a lo largo de órbitas desordenadas hasta el 2035 DC (Fig.2 inferior), las cuales son similares a las de la segunda mitad del siglo diecinueve (Fig.3b) el Sol debe desarrollar ciclos más bajos (R_{max} from 65 to 140) de largo muy variable (de 9.6 a 12.3 años). El desarrollo inicial del ciclo 23, ahora en su tercer año confirma esto para el ciclo presente. Entre el 2086 y el 2135 DC una serie de ciclos comparables al 15 al 19 deberán repetirse porque el Sol se moverá nuevamente en una órbita trifoliar.

Los planteamientos predictivos para los siguientes siglos pueden ser basados en los segmentos excepcionales de 370 años y los resultados relacionados. El siguiente tal segmento ocurrirá desde el 2240 al 2610

En correspondencia con la conducta solar durante los previos tres segmentos excepcionales, aproximadamente estacionarios y de gran actividad solar se observarán. Los ciclos de 10 años prevalecerán. Y una época muy larga de máximo de actividad solar comparable a la que fue observada durante la antigüedad clásica ocurrirá en el mencionado intervalo (también véase Stothers, 1979).

El procesado estadístico de los registros de actividad solar en contexto con los dos tipos de movimiento solar es requerido para estimar si el movimiento solar responde en actividad solar y para comprender las relaciones mutuas entre los dos fenómenos.. Conforme a los resultados que se obtengan, el mecanismo apropiado podría ser eventualmente establecido. Una clave para esto está probablemente escondida en el intervalo de trifolio de 50 años. Las relaciones mutuas halladas entre el movimiento solar y la actividad solar y más último conocimiento acerca de la estructura interna del sol (obtenida por SOHO, e.g. Turck-Chieze et al., 1997; Kosowichev et al., 1997) deberá ser considerada para este propósito. Las esferas solares individuales deben seguramente responder al movimiento solar en distintas maneras, provocando en las capas limítrofes un dínamo solar. La delgada capa entre el límite de las zonas radiante y convectivas, en donde se halló una zona de esfuerzo por SOHO y MDI ' es probable sea el lugar en donde el dínamo solar opera'

(Kosowichev et al., 1997). Los resultados indican que el 'dínamo solar' que fue largamente buscada en el interior solar opera más probablemente desde el exterior, por medio de las configuraciones planetarias variables. Como ha sido mostrado en Charvatova (1995a, b, c, 1997a), el movimiento solar podría ayudar en las predicciones también para fenómenos terrestres incluyendo el clima.

Acknowledgements. This research was performed under the support of the Grant Agency of the Czech Republic, grant 97/205/0921. Topical Editor E. Antonucci thanks R.W. Fairbridge and G. Bonino for their help in evaluating this paper. Referentes Ahluwalia, H. S., Present status of our prediction for solar cycle 23 maximum activity, in Proc. 26th Intern. Cosmic Ray Conf. (SALT Lake City, Utah, August 1999), 6, 260±263, 1999. Charvatova, I., The solar motion and the variability of solar activity, Adv. Space Res., 8, (7) 147±150, 1988. Charvatova, I., The relations between solar motion and solar variability, Bull. Astron. Inst. Czech., 41, 56±59, 1990a. Charvatova, I., On the relation between solar motion and solar activity in the years 1730±80 and 1910±60, Bull. Astron. Inst. Czech., 41, 200±204, 1990b. Charvatova, I., Repeating behaviour of solar and volcanic activities in the ordered intervals of solar inertial motion, in Proc. Workshop PAGES; Manifestations of climate at the Herat surface at the end of the Holocene, Eds. E. Ruedíková, and A. Zeman Kolář, October 13±14th, 1994, 26±37, 1995a. Charvatova, I., Solar-terrestrial and climatic variability during the last several millenia in relation to solar inertial motion, J. Coastal Res., Holocene Cycles, Climate, Sea Levels, and Sedimentation (Spec. Iss. 17), 343±354, 1995b. Charvatova, I., Solar-terrestrial variability in relation to solar inertial motion, Research Report of the Center for Theoretical Study at CU and AS CR, CTS-95-04 and CTS-95-08 (2nd Edn), 24pp, 1995c. Charvatova, I., Solar-terrestrial and climatic phenomena in relation to solar inertial motion, Surv Geophys., 18, 131±146, 1997a. Charvatova, I., Solar motion (main article), in: Encyclopedia of planetary sciences, Eds. J. H. Shirley and R. W. Fairbridge, Chapman & Hall, New York, 748±751, 1997b. Charvatova, I., The basic cycles of 178.7 years and 2402 years in solar motion and their response in solar activity. JENAM 98, Solar Phys., Abstr, Prague, September 9±12th, p. 28, 1998. Charvatova, I., and J. Stríesík, Solar variability as a manifestation of the Sun's motion, J. Atmos. Terr. Phys., 53, 1019±1025, 1991. Charvatova, I., and J. Stríesík, The solar systemic features in ST-phenomena and surface air temperature during the last centuries, in: Contemporary climatology, Eds. R. Brašdil, and M. Kolařík, Brno, 136±141, 1994. Damon, P. E., and T. W. Linick, Geomagnetic-heliomagnetic modulation of atmospheric radiocarbon production, Radiocarbon, 28, 266±278, 1986. Damon, P. E., and C. P. Sonett, Solar and terrestrial components of the atmospheric ¹⁴C variation spectrum, in: The Sun in Time, Eds. C. P. Sonett, M. S. Giampapa and M. S. Matthews, The

University of Arizona, Tucson, 360±388, 1991. Damon, P. E., S. Cheng, and T. W. Linick, Fine and hyperfine structure in the spectrum of secular variations of atmospheric ^{14}C , *Radiocarbon*, 31, 704±718, 1989. Fairbridge, R. W., Orbital commensurability and resonance, in: *Encyclopedia of planetary sciences*, Eds. J. H. Shirley and R. W. Fairbridge, Chapman & Hall, London, 564±571, 1997. Fairbridge, R. W., and J. E. Sanders, The Sun's orbit AD 750±2050. Basis for new perspectives on planetary dynamics and Herat-Moon linkage, in: *Climate, history and predictability*, Eds. Rampino, M. R. et al., Van Nostrand-Reinhold New York, 446±471, 1987. Fairbridge, R. W., and J. H. Shirley, Prolonged minima and the 179-yr cycle of the solar inertial motion, *Sol. Phys.*, 110, 191±220, 1987. Hood, L. L., and J. L. Jirikowic, A probable 2400 year solar quasi-cycle in atmospheric ^{14}C . *Holocene*, 12, 98±105, 1991. Jakubcova, I., and M. Pick, Correlation between solar motion, earthquakes and other geophysical phenomena, *Ann. Geophysicae*, 5B, 135±141, 1987. Jose, P. D., Sun's motion and sunspots, *Astron. J.*, 70, 193±200, 1965. Kane, R. P., A preliminary estimate of the size of the coming solar cycle 23, based on Ohl's precursor method, *Geophys. Res. Lett.*, 24, 1899±1902, 1997. Kosowichev, A. G., J. Schou, P. H. Scherer, R. S. Bogart, R. I. Bush, J. T. Hoeksema, J. Aloise, L. Bacon, A. C. Burnette, P. M. De Forest, K. Giles, R. Leibbrand, M. Nigam, M. Rubin, K. Scott, and S. D. Williams, Structure and rotation of the solar interior: Initial results from the MDI Medium-L program, in: *The first results from SOHO*, Eds. B. Fleck and Z. Švestka, Kluwer Dordrecht, 43±61, 1997. Pearson, G. W., and F. Quay, High precision ^{14}C measurement of irish oaks to show ^{14}C variations from AD 1840±5000 BC: a correction, *Radiocarbon*, 35, 105±123, 1993. Rabin, D., M. R. Wilson, and R. L. Moore, Bimodality of the solar cycle, *Geophys. Res. Lett.*, 13, 352±354, 1986. Shatten, K. H., D. J. Myers and S. Sofer, Solar activity forecast for solar cycle 23, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 605±608, 1996. Sonett, C. P., and S. A. Finney, The spectrum of radiocarbon, *Philos Trans. R. Soc. London. A* 330, 413±426, 1990. Stothers, R., Solar activity cycles during classical antiquity. *Astron. Astrophys.*, 77, 121±127, 1979. Stuiver, M., and B. Becker, High precision decadal calibration of the radiocarbon time scale AD 1950±6000 BC, *Radiocarbon*, 35, 35±65, 1993. Stuiver, M., and T. F. Braziunas, Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples to 10 000 BC, *Radiocarbon*, 35, 137±189, 1993. Stuiver, M., and G. W. Pearson, High-precision bidecadal calibration of the radiocarbon time scale AD 1950±500 BC and 2500±6000 BC, *Radiocarbon*, 35, 1±24, 1993. Suess, H. E., The radiocarbon record in tree rings of the last 8000 years, *Radiocarbon*, 22, 200±209, 1980. Turck-Chieze, S., S. Basu, A. S. Brun, J. Christensen-Dalsgaard, A. Eddardarwich, I. Lopez, F. Peñalvez Hernandez, G. Berthomieu, J. Provost, L. K. Ulrich, F. Baudin, P. Boumier, J. Charra, A. H. Gabriel, R. A. Garcia, G. Grec, C. Renaud, J. M. Robillot, and T. Roca Cortes, First view of the solar core from gulf acoustic modes. in: *The first results from SOHO*, Eds., B. Fleck and Z. Švestka, Kluwer, Dordrecht, 247±265, 1997. Wilson, R. M., Bimodality and the Hale cycle, *Sol. Phys.*, 117, 269±278, 1988. Wilson, R. M., An early estimate for the size of cycle 23, *Sol. Phys.*, 140, 181±193, 1992. I. Charvatova : Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? 405