



*Calentamiento Global y Cambio Climático .  
Mitos y Realidades*

**ACADEMIA DE INGENIERÍA** de la Provincia De Buenos Aires  
La Plata 21 de Noviembre de 2014

*El Calentamiento Global  
y  
Las tormentas solares*

*Silvia Duhau*

# Introducción

- Se denomina '*Calentamiento Global*' al aumento sostenido de la temperatura global a partir de los años 60. Su sincronía con un aumento exponencial del contenido de **CO2** en la atmósfera se considera una evidencia contundente de su naturaleza antropogénica .
- Sin embargo el *Calentamiento Global* es también sincrónico con el  
*Gran Máximo Solar del Siglo XX.*
- En el año 2008 se produjo una '*transición del dínamo solar*' hacia un estado de *actividad solar moderada* (Duhau y De Jager, 2008) que se mantendrá a lo largo del presente *milenio* (De Jager y Duhau, 2011) .

- De las distintas formas de energía que emite el sol , los modelos de clima tienen en cuenta solamente la *energía de radiación*, la que solo puede explicar un **tercio** del calentamiento global
- Existen otras formas de energía solar cuyo efecto conjunto sobre la atmósfera se denomina *tormenta solar*.
- Aquí resumiremos cual es el efecto de las mismas en la atmósfera y como su variabilidad debida a las 'transiciones solares' podría explicar el calentamiento global.

# Indice

1. El campo magnético del Sol y de la Tierra. El ciclo solar de 11 años
2. El Sistema Sol-Tierra, las tormentas solares y su efecto sobre el Clima
3. Las transiciones solares, la pequeña edad del Hielo y los óptimos climáticos.
4. Estado actual del problema y conclusiones

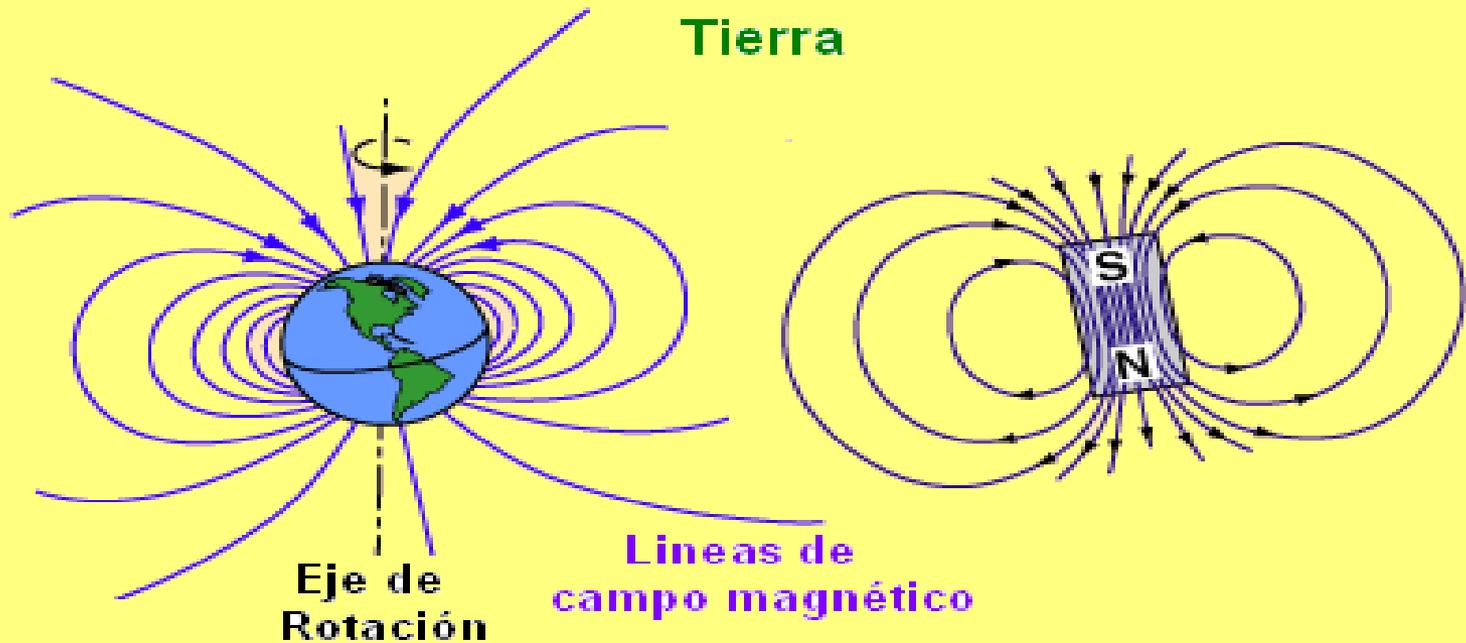
1

El campo magnético del Sol  
y de la Tierra.

El ciclo solar de 11 años

La componente polar de los campos magnéticos del Sol y de la Tierra son similares al de una barra imantada

El campo geomagnético  
no está alineado con el eje de rotación de la  
Tierra



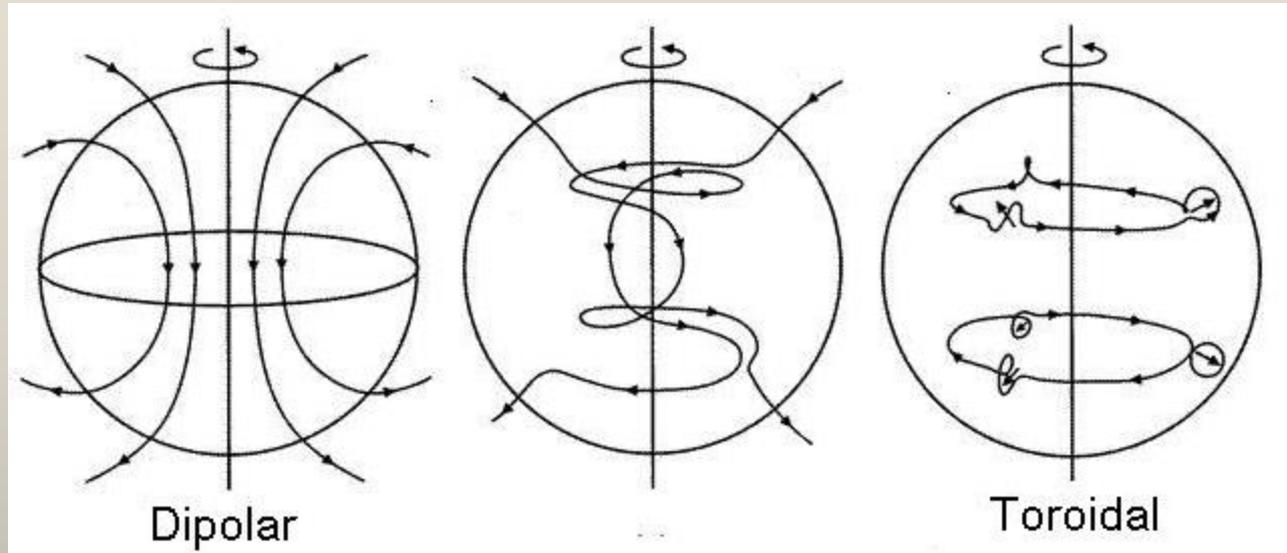
# **El viento solar, una manifestación de la componente polar del campo magnético del Sol**



## **Foto de la corona solar**

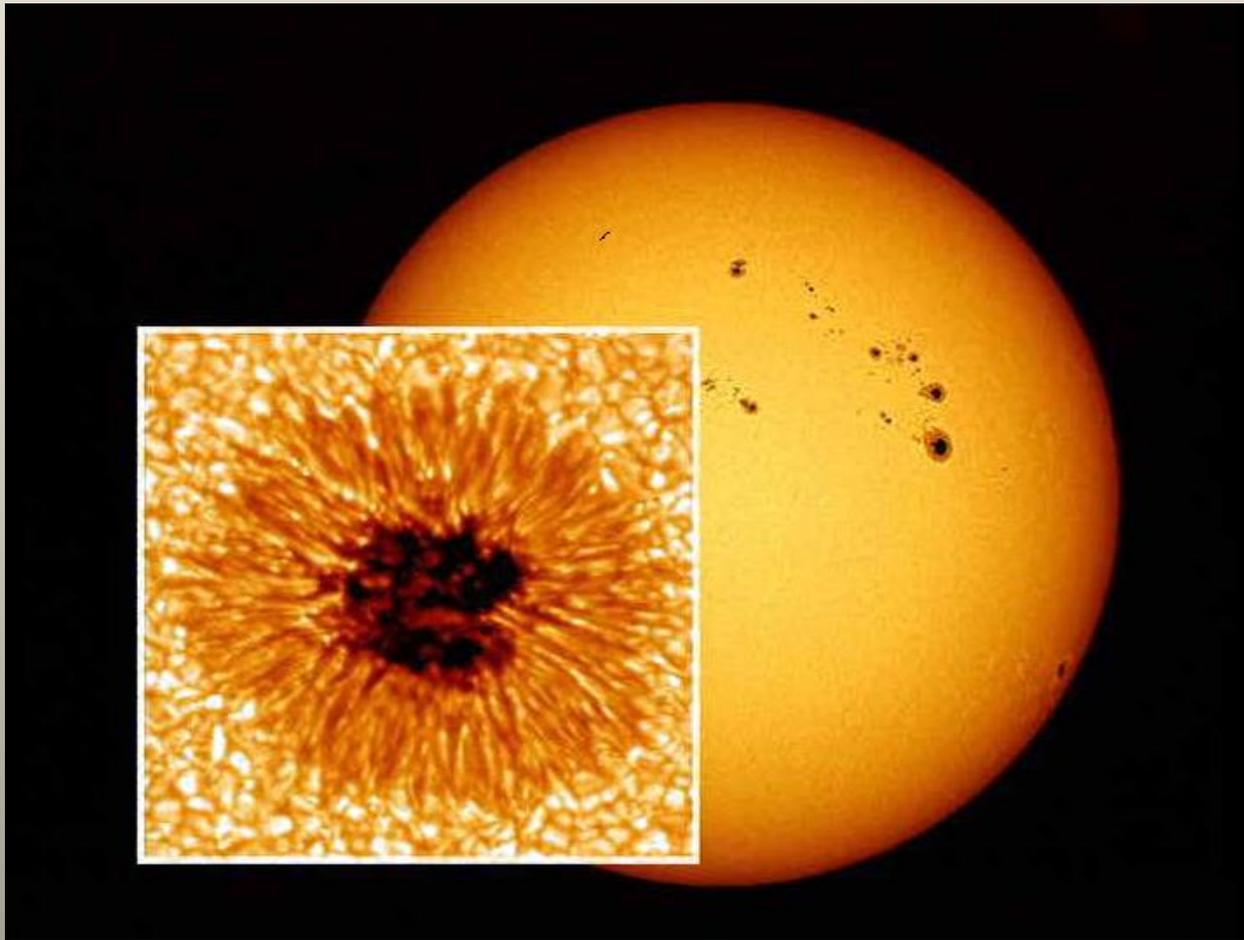
Obtenida durante el eclipse del 10 de marzo de 2010

## Conversión cíclica del campo polar en toroidal por la rotación diferencial del interior del Sol.

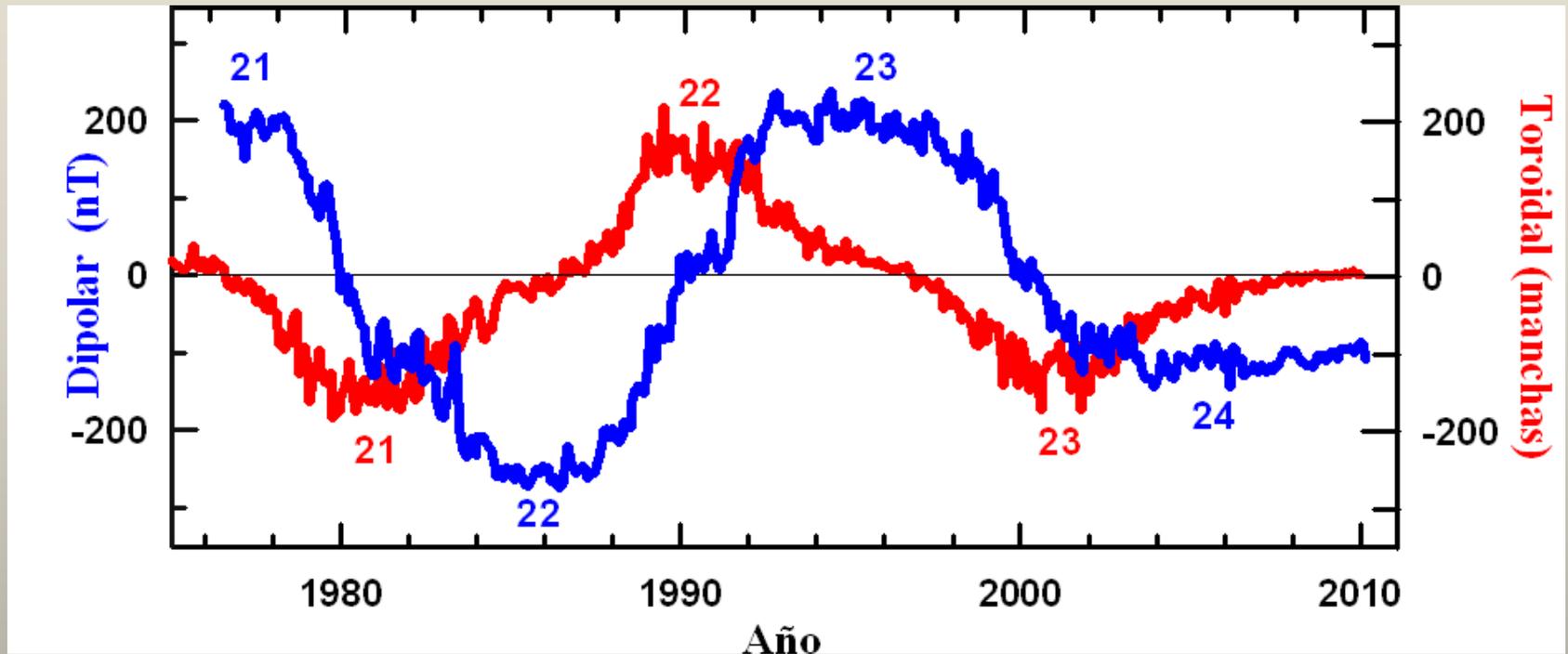


- El campo polar se convierte en toroidal y este nuevamente en polar con una dirección inversa a la anterior en aproximadamente 11 años.

# Las manchas solares: una manifestación del campo toroidal



# El ciclo de Hale de ~22 años en las dos componentes del campo magnético solar



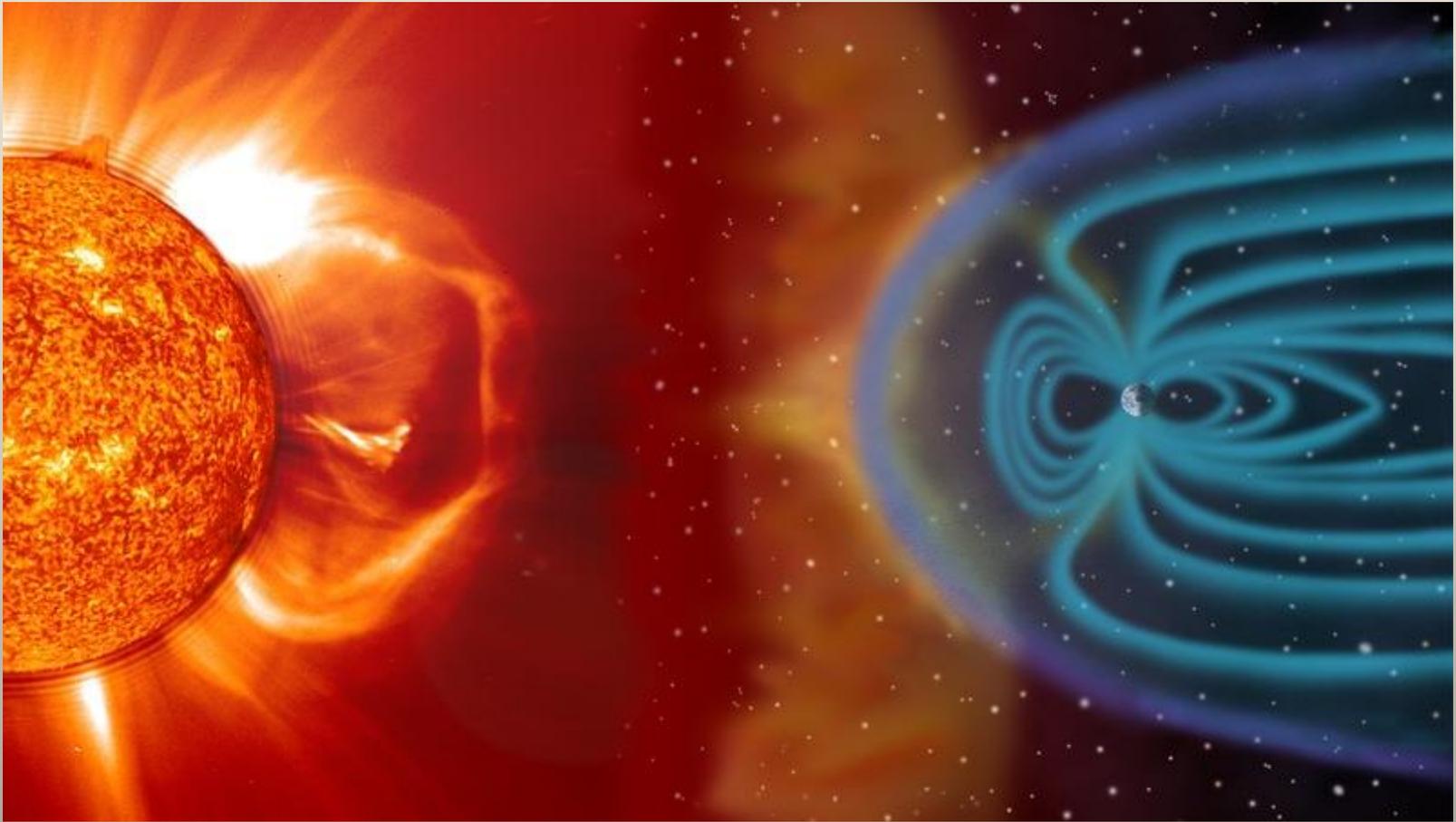
Período 1976-2010

- La intensidad del viento solar está modulada por la componente polar
- La intensidad de la radiación y de las tormentas solares está modulada por la componente toroidal.

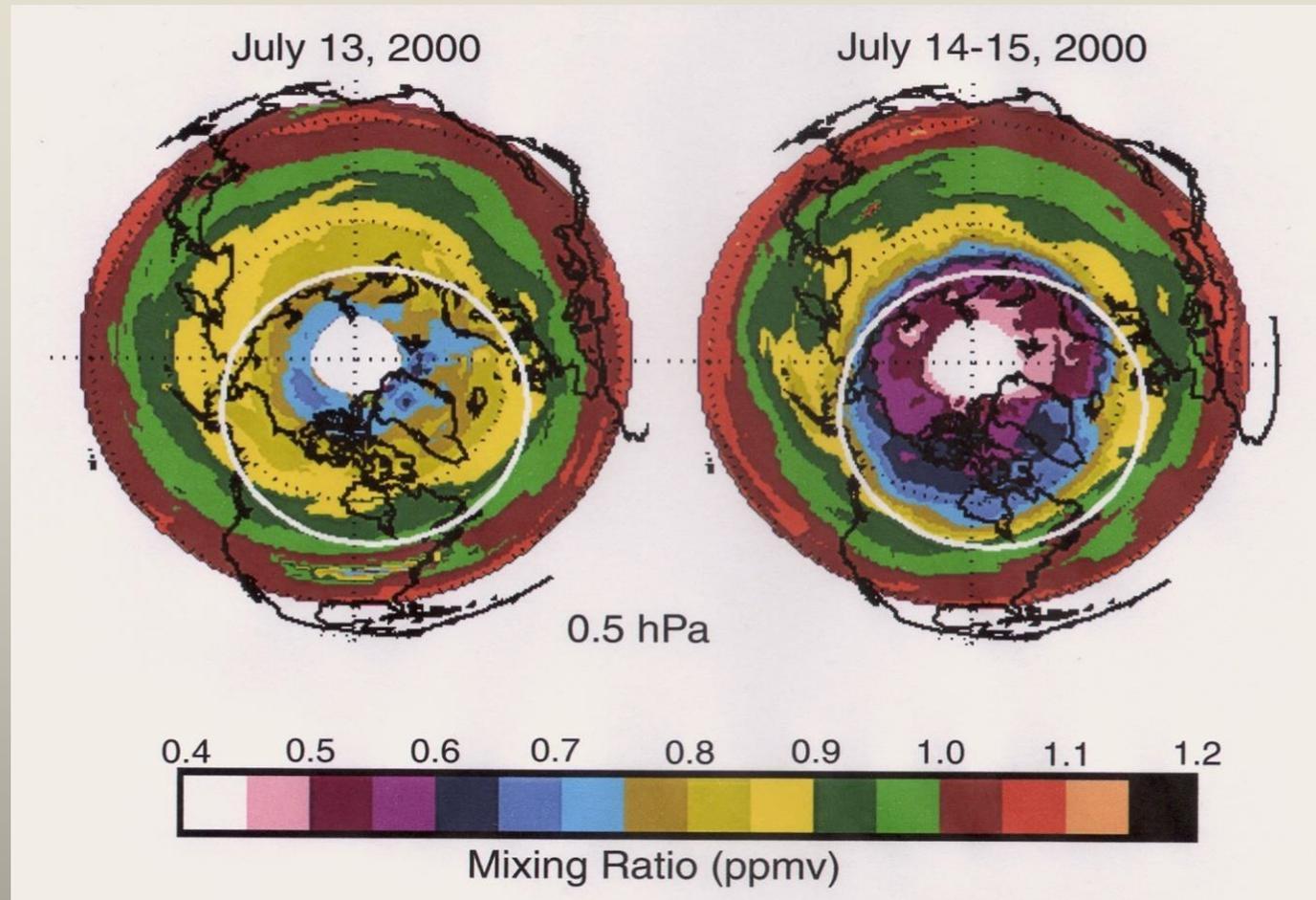
2

El Sistema sol-Tierra ,  
las Tormentas Solares  
Y  
Su efecto sobre el Clima

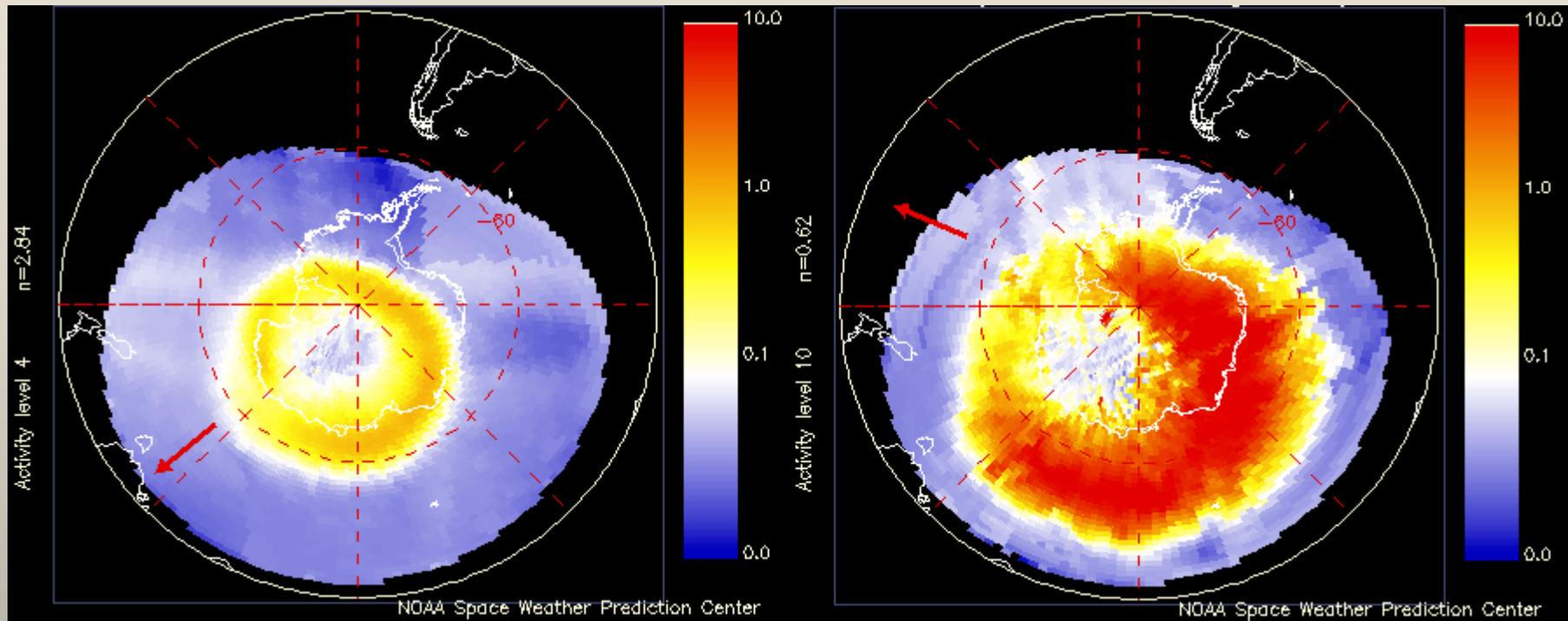
# El sistema Sol-Tierra



# Contenido de ozono antes y después de una tormenta solar



# energía depositada a 6 radios terrestres de altura por una tormenta solar



- Dos días (derecha) y una semana después de la tormenta solar del 24 de Mayo de 2013.

# Impacto de una tormenta solar en el óvalo auroral

La energía que entregan las tormentas magnéticas calienta la atmósfera en el óvalo auroral desde unos 10°C en la superficie, hasta unos 100°C a 300 Km de altura (Bucha 1988)



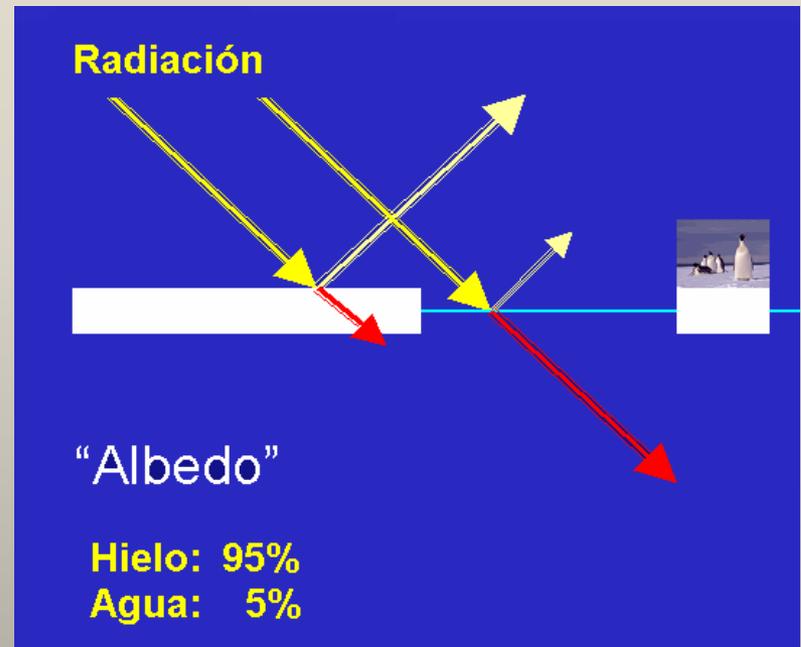
# Las tormentas solares contribuyen a la ‘Retroalimentación Hielo-Albedo’ de la radiación solar

(Duhau y Martínez, 2012)

Se denomina **albedo** de una superficie a la fracción del flujo de radiación incidente que la misma refleja.

La radiación reflejada es devuelta al espacio exterior, la absorbida es devuelta a la atmósfera como radiación **infrarroja** y la calienta.

Las tormentas solares contribuyen al derretimiento de los hielos, produciendo así una amplificación de la absorción de la energía de radiación solar



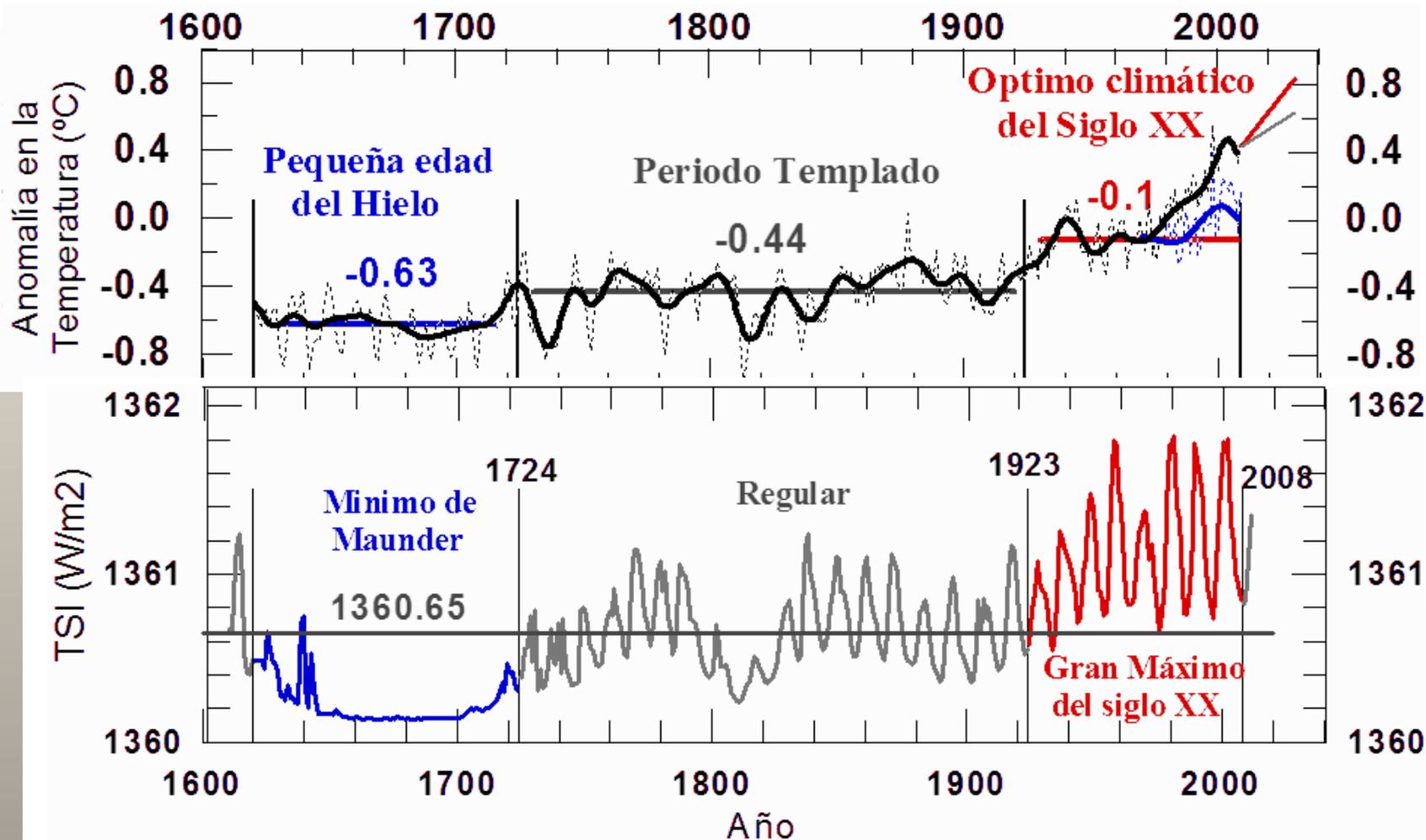
La contribución a la variabilidad climática de la energía depositada en la atmósfera por las tormentas solares, permite explicar, además del Calentamiento Global, porqué:

- *Un cambio en el régimen de **vientos** y **precipitaciones** acompaña a cambios en la **temperatura global***

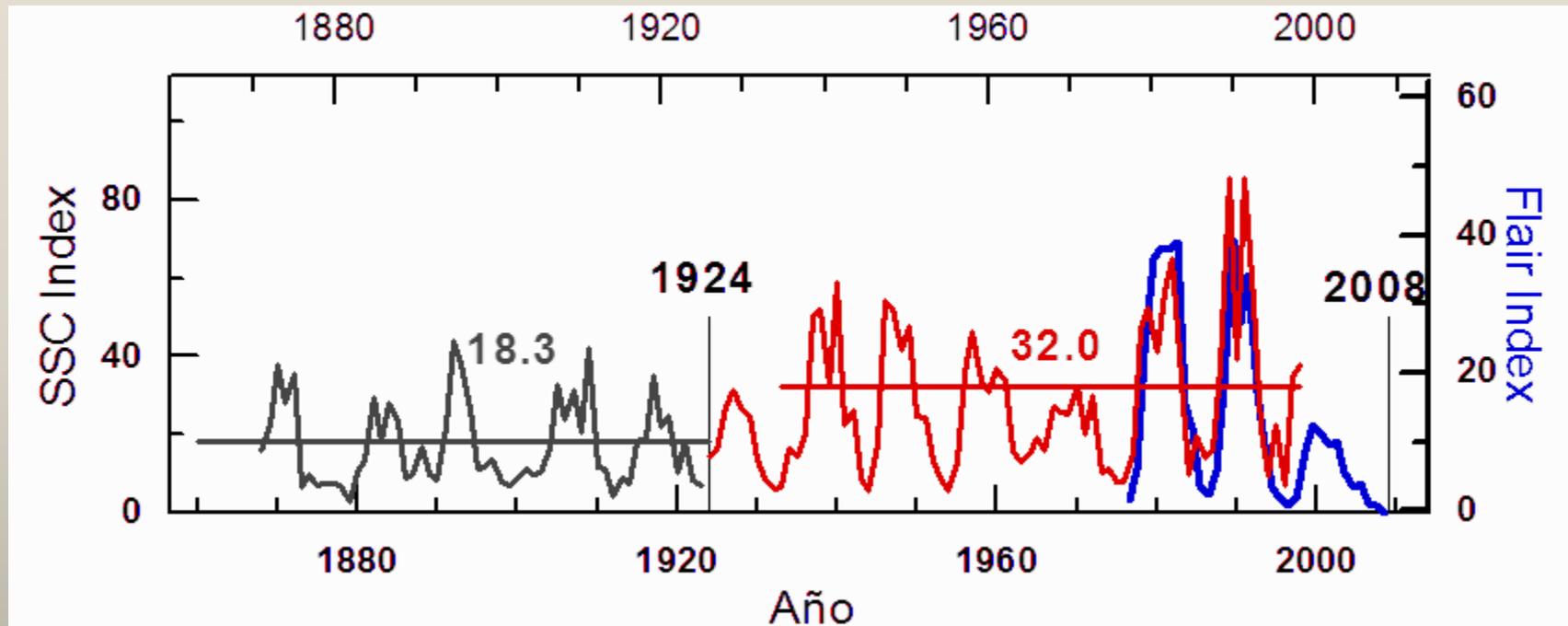
3

Las transiciones solares,  
la pequeña edad del Hielo  
y  
los óptimos climáticos

# La manifestación de las transiciones solares en la temperatura global y en la irradiancia solar total

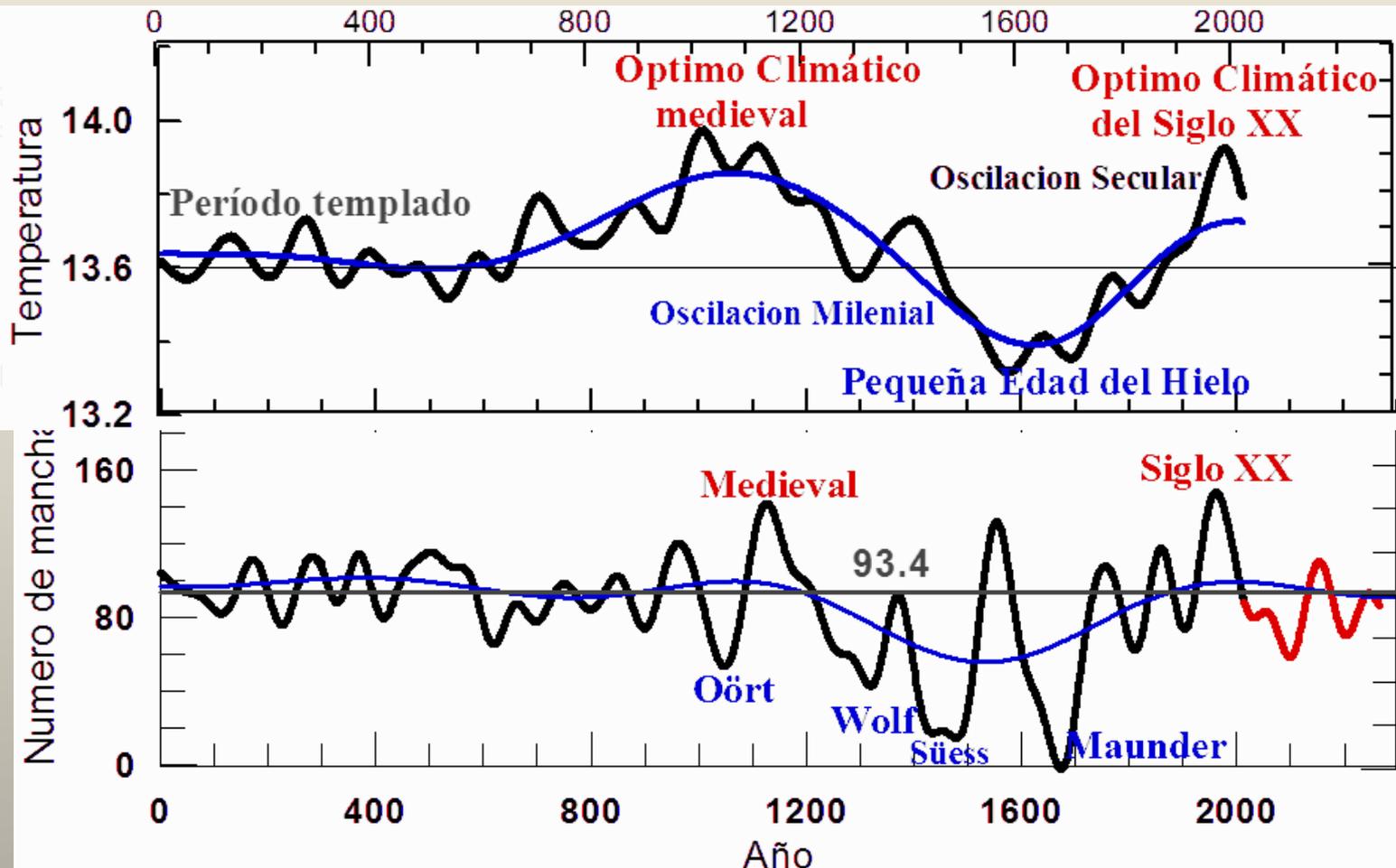


Los Índices de la figura dan una medida de la energía total depositada en atmósfera por las tormentas solares



- Luego de la transición solar de 1924 la energía de las tormentas solares aumentó en un 80% . Actualmente ya volvió a un nivel similar al previo.

# La serie de máximos en las manchas solares y de la temperatura inferida del C14 en anillos de árboles



- La **curva roja** es la *predicción* (Duhau and De Jager, 2014) de la oscilación secular en la actividad solar hasta el año 2264

4

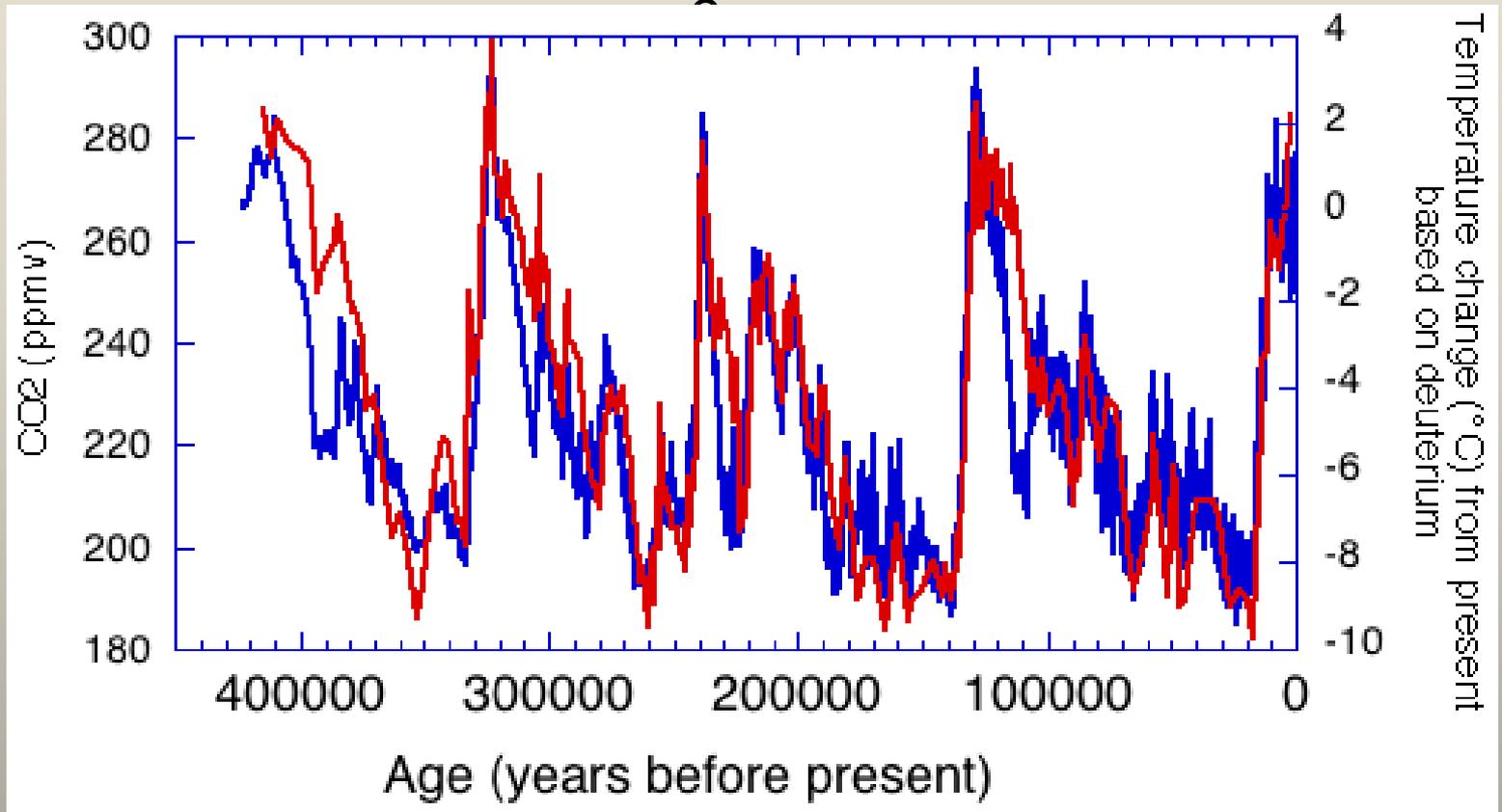
Estado actual del problema  
y  
conclusiones

# La falla de los modelos de Clima

- Los modelos del sistema climático han *fallado* en predecir la aceleración del *derretimiento* de los *hielos* , la que al presente esta ocurriendo a una velocidad *cuatro* veces mayor que la predicha por los mismos, (*Rampal y otros, 2011*).

Nosotros (*Duhau y Martínez, 2012*) sugerimos que la aceleración del derretimiento de los hielos se debe al incremento en un 80% en promedio que , a partir de 1924, sufrió la energía de las *tormentas solares* , lo que dio lugar a una fuerte *retroalimentación hielo-albedo de la absorción de la radición solar por la atmósfera*

El contenido de CO<sub>2</sub> sigue también las grandes fluctuaciones climáticas . Un modelo de clima debe explicar esta relación.



## Posible Evolución futura de la temperatura global

- Si el calentamiento global se debiera al aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico, al establecerse el Sol en un estado de actividad moderada se desacelerará por un lapso no mayor de 20 años.
- Si la fuente principal del calentamiento global fuera exclusivamente de origen solar la temperatura global descenderá paulatinamente alcanzando su valor medio histórico de  $13.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0.8^{\circ}\text{C}$  menos que el actual) a lo largo de los próximos 200 años,

• .

## Necesidad de un enfoque multidisciplinario

- Para poder arribar a conclusiones definitivas es necesario contar con un modelo climático que incluya todas las fuentes naturales de energía externas al mismo.

- *Se requiere en consecuencia un trabajo interdisciplinario entre la Geofísica, la Meteorología, la Climatología, la Física Solar - Terrestre, la Física Espacial y la Astronomía*