

## Actividad Solar y Posible Impacto Climático

Mariana del Carmen Rodríguez Galván (1), Klaus Peter-Schröder (2)

1 [Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [marianardgzg@outlook.es]

2 [Departamento de Astronomía, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [kps@astro.ugto.mx]

### Resumen

Presentamos El Mínimo de Maunder en la actividad solar y sus efectos al clima en la época 1645-1715, haciendo referencia a de qué tan perjudicial son los daños a la Tierra, o bien que tanto podría afectar a futuro los eventos de esta clase. Para realizar ésta investigación hicimos observaciones del Sol desde el telescopio y se revisaron datos proporcionados por la NASA, igualmente para acercarnos a las características de la actividad solar. Para caracterizar el clima histórico, estudiamos publicaciones presentando indicadores como el crecimiento de anillos en los troncos de los árboles. Al recopilar la información se hizo comparación con algunos gases de efecto invernadero, cambios en el agua, y aire. Los efectos del Sol y su variable nivel de actividad sobre la Tierra son a largo plazo y además, la tecnología de hoy en día es aún insuficiente para una obtención de datos de él cien por ciento verídica, es por esto que no se puede saber si este proyecto se puede considerar un éxito, pero se espera crear interés para tomar en cuenta que no somos sólo los humanos quienes dañamos el planeta, sino también procesos naturales.

### Abstract

We present the Maunder Minimum of the solar activity and its climate effects in the period of 1645 to 1715, commenting on the kind of environmental damages were suffered, and how such type of event could affect us in future. In order to carry out this study, we observed the Sun with a telescope and by means of NASA data in order to comprehend the characteristics of solar activity. To characterize the historic climate, we studied publications presenting indicators like the tree growth rings. In the compilation of this information we make a comparison with Green house gas levels, as well as changes in water and air quality. The effects of the Sun and its varying activity level are on a long-term timescale, on which it is difficult to collect consistent data. Despite these difficulties, we hope to inspire interest in this topic, considering that not only human factors are currently shaping climate change but natural processes as well.

### Palabras Clave

Machas solares. Atmósfera. Agua. Dendrogeomorfología. Ambiente.

## INTRODUCCIÓN

El Sol es un factor sumamente importante para la vida de nuestro planeta, la forma en que se comportó repercute a la Tierra. El crecimiento de los árboles, la abundancia de comida, las temperaturas, los gases en nuestra atmósfera, las lluvias y demás se ven afectadas por esta estrella.

El Mínimo de Maunder (MM) es el periodo en el que las manchas solares desaparecieron de la superficie del Sol. (1645 a 1715). Recibe el nombre del astrónomo solar E.W. Maunder. Durante un periodo de 30 años dentro del Mínimo de Maunder, los astrónomos observaron aproximadamente 50 manchas solares, mientras que lo típico sería observar entre unas 40.000 y 50.000 manchas.

El MM fue un evento, que mediante su periodo provocó que las temperaturas descendieran, una abundancia de lluvias, ausencia de auroras boreales, aumento de actividad volcánica, emisiones más altas de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, entre otros. También se asocia a la poca radiación solar en los años 1980 a 1986[1].

Sí bien la Pequeña Edad de Hielo, como también se le conoce, no es el único evento de esta clase, es sobre el que se tienen quizás más referencias y quizás el más impactante también. Sólo por mencionar otros mínimos solares, tenemos: el de Spörer y el de Wolf, más recientemente en Nueva York (1921) y el Día de La Bastilla (2001)[2].

A continuación se describe con mayor precisión, cómo es que el MM afectó y afecta al planeta.

### La atmósfera

Durante la Pequeña Edad de Hielo, la atmósfera se vio sumamente afectada por en la Tierra, hablamos temperaturas extremadamente bajas y de incrementos de CO<sub>2</sub> y aumento de otros gases como el SO<sub>2</sub> a causa de actividades volcánicas y condensación en las nubes [1]. Las actividades volcánicas, aún no se sabe si fueron causadas por falta de radiación solar.

## Las lluvias

La abundancia de lluvias que se dio durante éste periodo no es mera coincidencia, sino que éstas se debieron a que a la condensación típica que se presenta cuando los gases emitidos a la atmósfera, se elevan y saturan las nubes, creando Cumulus (Cu) que al sobre cargarse dejan caer la lluvia; por otro lado está la condensación por irradiación que ocurre cuando el suelo se enfría, creando una inversión térmica, esto, porque la temperatura del suelo se vuelve menor a la del aire que está por encima.

Las temperaturas bajas van altamente relacionadas con la escasez de manchas, como se muestra en la siguiente gráfica donde se observa la correlación de la actividad magnética del sol, representada por la duración del ciclo de manchas, y la variación de la temperatura [3].

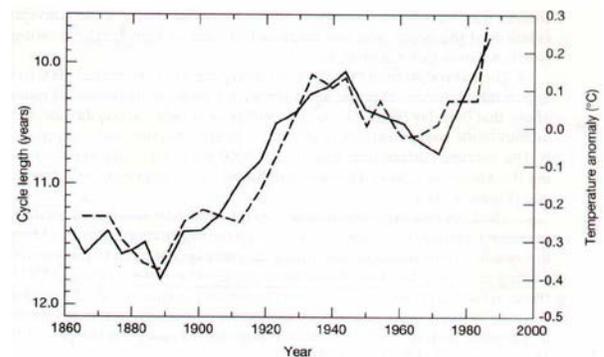


IMAGEN 1: Longitud del ciclo de manchas solares en años (eje vertical izquierdo y gráfico de línea sólida) y variación de la temperatura promedio sobre la superficie de la tierra (eje vertical derecho y gráfico de línea punteada) en función del tiempo en años (eje horizontal) [4].

### Otras repercusiones

Tanto por lluvias, cambios de temperaturas e incluso gases en la atmósfera, las condiciones en **el suelo** se modificaron; para algunas partes del mundo estos factores resultaron favorables, sin embargo, en especial para Europa y zonas Norte, esto fue sumamente perjudicial. En cuanto al Centro y Sur América, se dieron temperaturas favorables que hacían que el **crecimiento vegetación** fuese mayor en ese entonces.

Utilizando el  $^{14}\text{C}$  y el grosor de los anillos de los árboles para medir su crecimiento, se notó un crecimiento más lento de árboles en Sierra Nevada. Aunque el punto más bajo se dio alrededor de este periodo, no es un dato 100% fiable ya que hubo variaciones bajas unos cuantos años atrás.

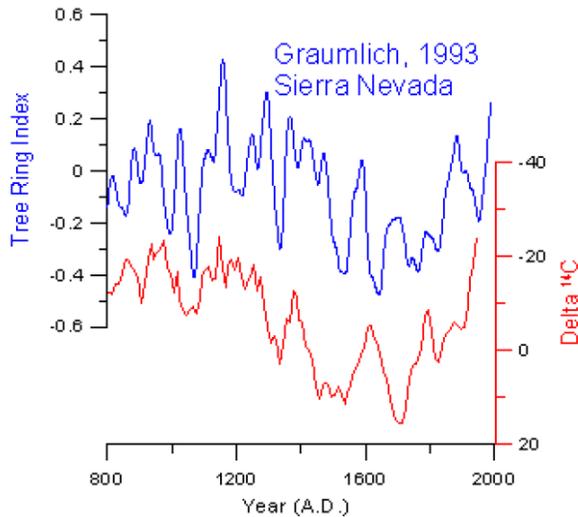


IMAGEN 3:(a) La curva blanca representa el número promedio anual de manchas solares, mientras que la curva negra representa las auroras en el Lejano Oriente de 1550 a 1750. (b) Reporte por década a una latitud de  $0^\circ$  a  $66^\circ\text{N}$ . El MM se muestra con una línea horizontal en cada gráfica. [6].

Otro evento que ocurrió de manera distinta durante el Mínimo de Maunder fueron las **auroras boreales**.

Las auroras boreales hablan también sobre la actividad solar, a mayor actividad solar, son más fáciles de percibir. La medición de la intensidad de una aurora boreal se define a través de los años o incluso siglos.

A lo largo de la Pequeña Edad de Hielo existieron auroras, pero no se percibían con tanta facilidad como en condiciones normales.

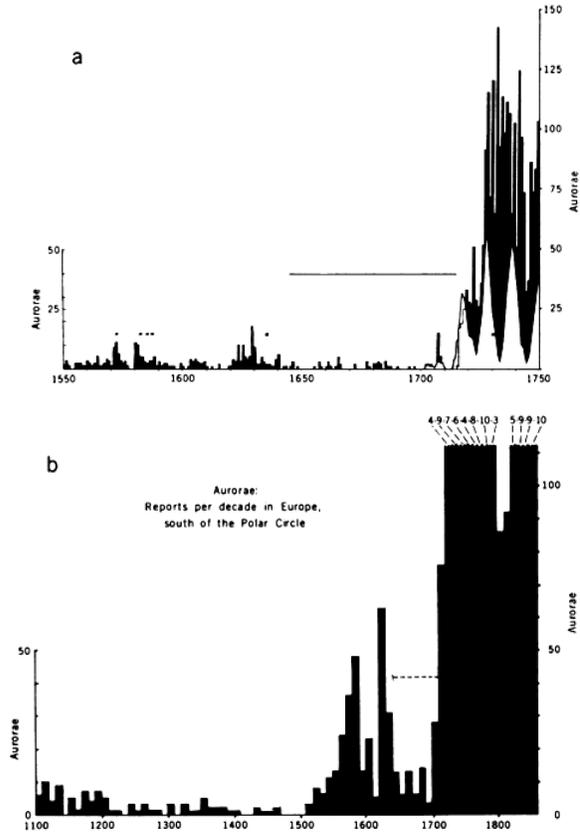


IMAGEN 2: Variación del grosor de los anillos de los árboles en Sierra Nevada comparado con la abundancia atmosférica del isótopo radioactivo carbono-14 (Delta  $^{14}\text{C}$ ) en la zona. A mayor abundancia de  $^{14}\text{C}$  (menor actividad magnética del sol) menor es el grosor de los anillos de los árboles, esto da malas condiciones climáticas para el crecimiento. El eje horizontal indica la época de observación en años D.C. [4] [5] [6].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizan observaciones del Sol día con día desde el telescopio del Departamento de Astronomía de la Universidad de Guanajuato en Guanajuato Capital, y para corroborar que el enfoque fuese el correcto, se hace una comparativa con imágenes tomadas por la SOHO de la NASA, esta página se utiliza para días nublados en los que es imposible observar el Sol. El conteo de las manchas no puede ser posible ya que aunque el enfoque del telescopio no es suficientemente bueno, y el de la NASA, a pesar de ser muy bueno,

el conteo es imposible, ya que se habla de miles de manchas solares.

Se hicieron también comparaciones de algunos gases de invernadero, tomando principalmente el CO<sub>2</sub> en cuenta, esto, mediante estudios realizados con modelos de simulación de actividad solar, estos con datos bibliográficos.

Por último, se realizaron observaciones de troncos en la zona El Chorro en San Miguel de Allende, Gto. para ver si su crecimiento había sido normal o ha sufrido algún cambio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar de manera periódica el Sol, se presenció día con día manchas solares, que estaban en su rango normal.

Mientras que al comparar la concentración de CO<sub>2</sub> y otros gases invernaderos actuales contra las concentraciones durante el Mínimo de Maunder, se observa que el CO<sub>2</sub> ha aumentado más pero sin embargo, esto por actividades humanas, aunque para el periodo del MM el CO<sub>2</sub> es alto en comparación a años anteriores y los años próximos a este periodo. La tabla que a continuación se muestra es de un estudio realizado en Argentina durante los años 1960 al 2000.

Tabla 1: Concentraciones de los gases invernadero y constante solar de cada simulación [2].

Corrida de 100 años	Condiciones iniciales		
	CO <sub>2</sub> (ppm)	CH <sub>4</sub> (ppm)	N <sub>2</sub> O (ppm)
1. Mínimo de Maunder (MM)	276.41	0.7354	0.2851
2. Actual (CA)	352.6	1.6825	0.3059
3. Mínimo con CO <sub>2</sub> actual (MM_CO <sub>2</sub> )	352.6	0.7354	0.2851
4. Mínimo con Cte. Solar actual (MM_Sol)	276.41	0.7354	0.2851
5. MM: irradiancia 1680 (MM_Shin)	276.4	0.7355	0.2851
6. PostMM: irradiancia de 1780 (Post_Shin)	276.4	0.7355	0.2851

Tabla 2: Continuación de Tabla 1 en referencia a concentraciones de los gases invernadero y constante solar de cada simulación [2].

Corrida de 100 años	Condiciones iniciales		
	CFC11 (ppm)	CFC12 (ppm)	Cte. Solar (W/m <sup>2</sup> )
1. Mínimo de Maunder (MM)	0	0	1363.4394
2. Actual (CA)	0.2362	0.4442	1366.1676
3. Mínimo con CO <sub>2</sub> actual (MM_CO <sub>2</sub> )	0	0	1363.4394
4. Mínimo con Cte. Solar actual (MM_Sol)	0	0	1366.1676
5. MM: irradiancia 1680 (MM_Shin)	0	0	1363.4401
6. PostMM: irradiancia de 1780 (Post_Shin)	0	0	1365.2184

Y al realizar mediciones entre anillo y anillo de los árboles, no se pudo encontrar uno que llegara a la edad siquiera de 1715, más sin embargo, se nota pequeñas variaciones entre anillo y anillo en árboles provenientes de los 80's y los 90's, estos árboles fueron observados en la zona llamada El Chorro, en San Miguel de Allende, Guanajuato, México. Estas variaciones se pueden deber a las épocas en las que ocurrió poca actividad solar, pero no se puede dar como dato verídico ya que ocurrieron eventos de poca actividad solar, pero muy pequeños, sólo un día o dos, mientras que los anillos se muestran por años, aproximadamente.

Se estima que la próxima Pequeña Edad de Hielo pudiese presentarse en 15 años según la revista SCIENCE, más sin embargo otras fuentes dicen que este factor es aún impredecible y que podría repetirse nuevamente hasta 300 años o más después del año presente.

## CONCLUSIONES

Los efectos del sol se perciben a largo plazo y son difíciles de apreciar aún, ya que los modelos de simulación con los que contamos actualmente no cuentan con tecnología suficiente para detectar toda la problemática que pudiese causar el Sol.

Sí bien es importante tomar en cuenta los actos humanos que dañan nuestros ecosistemas, también es importante ver más allá de nuestros actos, involucrarse más con la naturaleza, con una naturaleza más allá de nuestro planeta, podría ser una nueva respuesta al calentamiento global o a una futura Edad de Hielo; podría llevarnos a salvar a nuestro planeta Tierra.

## REFERENCIAS

- [1] McGuffi K. & Sellers H. A. (1997). Climate. En Wiley J. & Ltd Sons (Ed.) A Climate Modelling Primer (21-32). Inglaterra: Ediciones Wiley.
- [2] Compagnucci R. H. & Maenza R. A. (2010). Simulación de La Pequeña Edad de Hielo usando el modelo de EdGCM. *Geoacta, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*, 35(1), 78-91.
- [3] Caballero I. G. & Vargas P. (2014). "Mínimo solar de Maunder", cómo prevenir, 1 (1). 1 Recuperado de <http://www.nuevatribuna.es/articulo/ciencia/minimo-solar-maunder-prevenir/20131127132549098659.html>
- [4] Pedreros M. A. (2000). Manchas en el Sol: ¿Lluvias en la Tierra?. Departamento de Física - Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, 1(1), 29-35.
- [5] Martínez J. J., Miranda R. A. & Puy M. J. (2007). El árbol: Fuente de información en las ciencias de la Tierra. Universidad de Guanajuato, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología. 67 (1), 41-43.
- [6] Eddy J. A. (1976) The Maunder Minium: The reign of Louis XIV appears to have been a time of real anomaly in the behavior of the sun. *SCIENCE*. 192 (4245), 1189-1197.