

## “METEOETIMOLOGÍA”



«El clima es lo percibido y vivido por el ser humano más la explicación de sus causas»

PIERRE PEDELABORDE

# Un paseo etimológico por la climatología (y II)

ALEJANDRO MÉNDEZ FRADES, AEMET.

*De entre las numerosas definiciones que existen del concepto clima, la que encabeza esta sección –una de las favoritas de Jorge Olcina Cantos [1]– bien podría resumir la inquietud científica que siempre ha existido por lograr comprender la fenomenología observada en el sistema climático. En esta sección se darán a conocer tres de gran importancia:*

**EFECTO INVERNADERO:** El interés de la comunidad científica por esta evidencia atmosférica se sitúa en los albores del siglo XIX, cuando el físico y matemático francés Joseph Fourier (1768-1830) se planteó la siguiente pregunta: «¿qué determina la temperatura media de un planeta?» Prosiguiendo, además: «si la luz incide en la superficie de la Tierra y la calienta, ¿por qué el planeta no sigue caldeándose hasta llegar a una temperatura cercana a la del Sol?».

Utilizando las herramientas que tenía a su alcance, obtuvo un valor numérico de temperatura bastante inferior a la del punto de congelación del agua (-18 °C), muy lejos de lo que se correspondiente con la realidad (15 °C).

En este sentido, Fourier reconoció que podría deberse a que la atmósfera terrestre tiene, de algún modo, la capacidad de retener parte de la radiación térmica terrestre emitida por la superficie. Para ello, propuso, en el año 1827, un modelo conceptual en el que comparaba la Tierra y su cubierta atmosférica con una bóveda acristalada. Afirmaba que el interior de la caja se calentaba cuando la luz del Sol se introduce en ella, a la vez que el calor no podría escapar. Ello podría impedir que la Tierra llegase a alcanzar esa temperatura tan baja.

Tal explicación parecía plausible y fácil de entender. De hecho estuvo experimentalmente refrendada por la construcción de un dispositivo denominado *heliotermómetro* (también conocido por *Hot-box*), ideado por el físico francés Edme Mariotte (1620-1684), el cual se basaba en el comportamiento que experimenta la luz cuando atraviesa fácilmente el vidrio pero no así el calor radiante [2]. Para Fourier, «la atmósfera atrapa el calor emitido por la superficie como si éste estuviera debajo de una vidriera de cristal».

Como afirma Javier Martín Chivelet en su obra “Cambios Climáticos”, la idea de Fourier podría resumirse como sigue: «la atmósfera hace que en la Tierra existan temperaturas aptas para la vida, al igual que un invernadero permite el crecimiento de plantas fuera de su ámbito climático».

Ahora bien, esta concepción es *errónea*. Hay que resaltar que el calentamiento que se produce en el interior de un invernadero se debe al aislamiento de la masa de aire atrapada en su interior. El interior de un invernadero se mantiene ca-

liente por razones propias: el vidrio impide la salida del aire calentado por la superficie caldeada por el Sol, no habiendo intercambio energético entre el medio exterior y el interior del invernadero y por consiguiente, sin posibilidad de convección (figura 1).

Desde un punto de vista histórico, Fourier es un personaje interesante. Además de su reconocido prestigio científico (considerado como el «Isaac Newton del calor»), fue Barón, amigo personal de Napoleón Bonaparte y un prestigioso egiptólogo. Huérfano a los 9 años, el destino quiso que precisamente el calor lo matase: murió asfixiado debido a una mala combustión de su calefacción en París en el año 1830. [3]

Habría que esperar casi tres décadas para que se descubriera esa misteriosa capacidad que tenía la atmósfera terrestre, gracias a los estudios llevados a cabo por el científico británico John Tyndall (1820-1893). Corría el año 1859 cuando en su laboratorio observó que los gases atmosféricos mayoritarios (nitrógeno y oxígeno) eran transparentes a la radiación terrestre mientras que, en cambio, el metano y el dióxido de carbono mostraban una acusada opacidad a ésta, gracias a la experimentación con gas hulla (muy empleado por entonces, como combustible en calefacciones y para el alumbrado público).

Tyndall señalaba que, a pesar de que había una escasa concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, era la suficiente como para provocar unas condiciones térmicas adecuadas ya que, de toda la radiación de onda larga que escapa de la superficie terrestre, una parte es absorbida por el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano –entre otros– y la otra se irradia hacia la superficie terrestre y hacia capas superiores. Lo argumentaba de esta manera:

«De la misma manera que una presa construida en un río crea una profundización del curso del agua, nuestra atmósfera colocada como una barrera para los rayos infrarrojos produce una elevación local de la temperatura superficial». [4]

A la vez que advertía que el vapor de agua era el más importante de entre los gases opacos:

«Para la vida vegetal de Inglaterra, el vapor de agua es tan necesario como la ropa para los seres humanos».



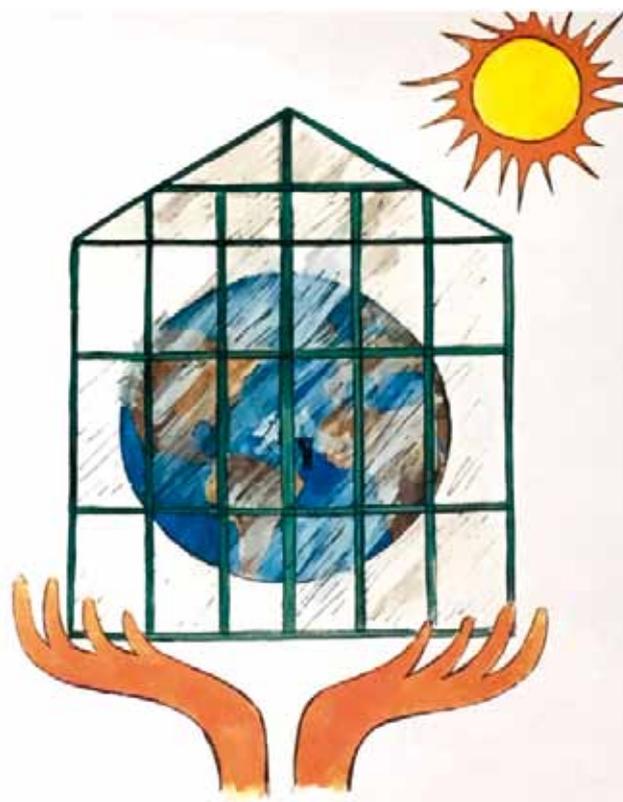
Aparte de trabajar como perito en empresas ferroviarias inglesas, Tyndall colaboró con Michael Faraday (1791-1867) en numerosos proyectos de experimentación con el campo magnético. Fue el primer científico en explicar por qué el cielo es azul. Era un estajanovista científico. Tenía la costumbre de trabajar por las noches a fin de cumplir escrupulosamente con sus obligaciones profesionales. Con el paso de los años, su salud lo acusó, llegando a tener graves problemas de insomnio. Se casó a los 56 años y el destino quiso que su mujer, Louisa Charlotte Hamilton (1845-1940) fuera la que accidentalmente acabara con su vida, ya que se equivocó involuntariamente con la dosis de una droga hipnótica que solía tomar su marido todas las noches, con el fin de amortiguar los problemas de descanso nocturno.

Años más tarde, en 1896, el científico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) determinó cuantitativamente el efecto que se produce como consecuencia de la variación de dióxido de carbono en la atmósfera. Este hallazgo se produjo a lo largo de sus investigaciones por dar una explicación a la Edad de Hielo de la época prehistórica. Sus cálculos se efectuaron con papel y lápiz a lo largo de un año, dedicando doce horas diarias, lo que le permitió evadirse de su depresión a causa de su ruptura matrimonial.

A día de hoy, la comprensión del efecto invernadero está prácticamente superada. Como bien sabemos, éste es el resultado de la interacción que existe entre las capas atmosféricas. Cada una de ellas absorbe radiación infrarroja en su parte inferior y la reemiten en su parte superior hacia arriba y hacia abajo. El ritmo al cual el planeta se enfría está determinado por la temperatura media de la capa superior de la atmósfera cuya emisión se escapa al espacio exterior. En pocas palabras, *el efecto invernadero consiste en la absorción y en la reemisión de la radiación infrarroja por gases atmosféricos y nubes*. En este sentido, resulta oportuno el siguiente comentario del citado Javier Martín-Chivelet: «este proceso se aproxima más bien al efecto de una manta sobre nuestro cuerpo caliente en una noche in-

*vernal que al de un invernadero sobre las plantas que se desarrollan en su interior».*

La historia ha demostrado que el efecto invernadero es una denominación desafortunada. Más bien constituye una bella metáfora de cómo la atmósfera pone trabas a la radiación terrestre saliente, con el fin de que la temperatura media superficial de la Tierra adquiera valores aceptables para el desarrollo de la vida.



**Figura 1: La idea primigenia que se tenía del Efecto invernadero (bien ilustrada por este dibujo de Gabriela Cuevas) no deja de ser una visión romántica que trata de explicar la interacción entre la atmósfera y la radiación terrestre, de la que hoy sólo nos queda su denominación. (Dibujo extraído de la Agenda “El Tiempo” de AEMET. Año 2017).**

Tres nombres propios, que comparten destinos vitales desdichados (Fourier, Tyndall y Arrhenius), son los que expresaron su intelecto para dar una explicación racional a este fenómeno atmosférico, aunque fue el astrofísico británico Henry Poynting (1852-1914) quien, de forma involuntaria, acuñó por primera vez la denominación «efecto invernadero». [5]

**CAMBIO CLIMÁTICO:**

A pesar de la sencilla etimología de «cambio» (según el Diccionario de la Real Academia Española procede del latín tardío «cambium»: *hacer trueque, dar una cosa por otra*), se trata un concepto que reviste gran interés en la climatología. Como ya se ha demostrado científicamente, el sistema climático es de naturaleza cambiante, tiene «appeal». Así pues, *cambio climático podría definirse como «el intercambio o trueque que se produce entre dos estados del sistema cli-*

*mático que produce efectos observables».*

Este concepto fue señalado por el americano Wallace Broecker, en su trabajo: “*Cambio Climático: ¿Estamos al borde de un acusado calentamiento global?*”, publicado en la revista *Nature*, en la que advertía que las temperaturas subirían a causa de las emisiones de dióxido de carbono de procedencia antropogénica.

El Quinto Informe del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) define el Cambio Climático como «una variación del estado del clima que puede ser identificada mediante pruebas estadísticas a través de cambios en la media y/o variabilidad de sus propiedades, a lo largo de un periodo de tiempo considerado». Por otra parte, la Conven-

ción Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, considera el cambio climático atribuible a las actividades socio-económicas: «*el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, diferenciando además, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (cambios en el ciclo solar y parámetros astronómicos, erupciones volcánicas, fluctuación en la circulación termohalina, ENSO, etc.)*».

La siguiente cita de Broecker podría resumir de forma elegante la física que se esconde tras este concepto: «*Los datos del paleoclima nos proclaman a gritos que el sistema climático, lejos de estabilizarse, es una bestia con malas pulgas que reacciona de manera exagerada a la menor provocación*». [6]

**MONZÓN:** En el Quinto Informe del IPCC, el monzón consiste en la inversión estacional de los vientos de superficie y de la precipitación asociada, por efecto de las diferencias entre el calentamiento de la masa terrestre y del océano adyacente, que se produce en las regiones tropical y subtropical.

Augusto Arcimis (1844-1910) señalaba a finales del siglo XIX: «*monzón parece provenir del árabe maucín, maussim o moussim, que significa estación o cambio y es corrupción de la voz malaya mu-san. El nombre indica que dicho meteoro está sujeto a una inversión en el curso del año, manifestándose en dos modos contrarios, según las estaciones*». Añade además: «*pertenecen a la clase de los vientos llamados periódicos, y, aunque soplan en muchas partes del globo [...] los que casi únicamente da este nombre son los de la India*» [7].

La definición clásica de Ramage, del año 1971, considera el monzón como una inversión estacional de los vientos dominantes en superficie en las regiones de Asia meridional y del océano Índico, acompañada por un cambio en el régimen de precipitación; lluvias con un flujo hacia tierra en verano: **monzón de verano** (los alisios del SE –sureste- se desplazan hacia el norte, convirtiéndose en vientos del SO –suroeste-); tiempo seco con flujo hacia el mar en invierno: **monzón de invierno** (los alisios del NE –noreste- se convierten en vientos del NO –noroeste-). Para los climatólogos indios, el monzón por excelencia es el de verano. Por otra parte, para cuantificar la eficacia de un monzón, suele aludirse a la pluviometría asociada y no a la velocidad del viento [8].

Este fenómeno tiene un gran impacto en la vida de millones de campesinos de la India. Hay que tener en cuenta que las tres cuartas partes de la población activa de este país viven del sector primario y, si a eso añadimos que el 75 % de la precipitación total anual del país es aportada por las lluvias monzónicas, podemos afirmar que estamos ante una economía «**monzón-dependiente**» [9].

Aunque su existencia ya fue advertida por el aventurero y geógrafo griego Eudoxo de Cícico, alrededor del año 115 d. C.,

no fue hasta los siglos XVII y XVIII cuando aparecieron los primeros estudios científicos, realizados por los ingleses Edmund Halley (1656-1742) (notó la importancia del calentamiento diferencial, considerando el monzón como una brisa de mar/tierra de escala planetaria) y George Hadley (1685-1768) (señaló la trascendencia de la rotación planetaria como causante del cambio de la dirección de los vientos) [10].

## Referencias:

### Bibliografía consultada:

Spencer Weart. *El Calentamiento Global*. Editorial Laetoli. ISBN: 9788493369897. 272 páginas. Año 2009.

Manuel Vázquez Abeledo. *La Historia del Sol y el cambio climático*. Editorial McGraw-Hill, Interamericana de España. ISBN: 9788448120580. 488 páginas. Año 1998.

Javier Martín Chivelet. *Cambios Climáticos. Una aproximación al sistema Tierra*. Editorial: Libertarias- Prodhufi. ISBN: 9788479545420. 328 páginas. Año 1999.

Federico Velázquez de Castro. *25 preguntas sobre Cambio Climático*. Editorial: Libertarias- Prodhufi. ISBN: 9788479546526. 268 páginas. Año 2005.

Brian Fagan. *La corriente de El Niño y el destino de las civilizaciones*. Editorial: GEDISA, Barcelona. ISBN: 8497843045. 352 páginas. Año 2010.

IPCC 5th Assessment Report, WG I Glossary.

### Otras referencias:

[1] Entrevista Jorge Olcina por la RAM (Revista aficionado a la Meteorología): <https://www.tiempo.com/ram/204222/entrevista-del-mes-jorge-olcina-cantos/>

[2] Blog de divulgación científica: <http://naukas.com/2016/01/05/descubrimiento-las-eras-glaciales-efecto-vernadero-ii/>

[3] Hay varias versiones que apuntan a esta causa, a pesar de que algún trabajo que apuntan a que falleció de una enfermedad contraída durante su estancia en Egipto.

[4] John Tyndall: *Further Researchs on the Absorption and Radiation of Heat by Gaseous Matter*. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, 64. Año 1938.

[5] Who first coined the term "Greenhouse Effect"?: <http://www.easterbrook.ca/steve/2015/08/who-first-coined-the-term-greenhouse-effect/>

[6] Wallace Broecker: *Cooling the Tropics*. Revista Nature. Año 1995. Esta cita también aparece en el libro "*La Amenaza del Cambio climático*", encabezando el capítulo 5. Autor: Tim Flannery. Editorial Taurus. ISBN: 9788430606092. Año 2005. 456 páginas.

[7] Augusto Arcimis: *Las Monzones*. Revista semanal "La Ilustración Española y Americana". Número 20, (año XL). 30 de mayo 1896. Obtenido de la página web de Divulgameteo.

[8] Antonio Gil Olcina y Jorge Olcina Cantos: *Tratado de Climatología*. ISBN: 978-84-9717-519-7. Instituto Interuniversitario de Geografía. Publicacions de la Universitat d'Alacant. Página 441. Año 2017.

[9], [10] Carlos David Hoyos Ortiz: *Diagnóstico, modelación y predicción del monzón sur-asiático y su variabilidad intraestacional*. Máster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. 142 páginas. Año 2003.