

Historia

De las termas a los termómetros

por José I. Prieto Fernández

DICE el libro de Job que el buen tiempo viene del norte. La comprobación requiere algo de su legendaria paciencia, pues no siempre cuadra tal dictamen. Pero es un punto de partida. Aún con la experiencia del diluvio a sus espaldas, no era mucho lo que el hombre antiguo intuía del mundo aéreo. El estudio de las cosas suspendidas, que eso significa en griego meteorología, ha sido desde los orígenes de la humanidad hasta el siglo XVII materia para la especulación. Luego la observación fue su timón hasta el siglo XX. Y hoy, saturados como estamos de mediciones, para la modelación, un intento de simular y absorber el caudal de temperaturas, presiones y humedades que se miden cada segundo.

Para el hombre primitivo, el mundo era un lugar muy animado, y no sólo por los animales de que se alimentaba. Cualquier suceso natural iba ligado a una intención o a una motivación. Es el modo de entender la naturaleza, corroborado por Umberto Eco, ilustre entendido en semiología. En su libro *Kant y el Ornitorrinco* explica: *La percepción surge cuando el fenómeno se contempla como signo*. En el principio era el fenómeno, y el fenómeno era señal, pues. Los astros, el Sol y la Luna manifestaban con su movimiento aparente y coincidencias el comienzo de sequías, inundaciones, plagas, guerras o crisis de gobierno. Cuatro milenios atrás, escribían los



Euro volátil anterior a la Unión Europea.

babilonios en tablillas constelaciones planetarias junto a acontecimientos terrestres, en su esfuerzo protocientífico por averiguar los designios de los dioses. Halos lunares, lluvia. Nubes oscuras, viento. Truenos sin Luna, cosechas. Eran las primitivas ecuaciones de la meteorología. La ciencia busca finalidad o autor para esos fenómenos, del mismo

modo que un niño inquiera con porqués. Que las fuerzas naturales sean manejadas por personas más o menos divinas es un pensamiento confortante para quien sufre a diario el rigor de los meteoros. Aunque a menudo iracundos, los dioses también se conmueven y dejan una puerta a la esperanza de un tiempo más benigno. La primera visión de la meteorología en la antigua Grecia era paternal. Por ejemplo, el poeta Aratus describe la providencia de los dioses:

"Y Zeus, en su bondad hacia los hombres, da signos favorables y anima a las gentes a trabajar por su sustento. El dicta qué tiempo es mejor para roturar el suelo con el buey o el azadón. Bastan los doce signos del zodiaco para mostrar la duración de las noches y las estaciones de labranza, siembra y plantación"

La lluvia, huérfana de sujeto en muchas lenguas modernas, era en época de Homero una ocupación de Zeus:

"La tarde cayó tormentosa con una luna ciega y Zeus llovió toda la noche, mientras soplaban el magnífico Viento Oeste" (Libro XIV de Odisea).

El dominio directo de lo natural por los dioses en las antiguas religiones es recogido por la tradición hebrea, como muestran numerosos pasajes del Antiguo Testamento...

"El Señor aquieta la tormenta, calma sus embates" (Salmos, 107).

...y del Nuevo, por ejemplo cuando Jesucristo interviene en el lago de Galilea para aplacar los elementos:

"Qué poca fe tenéis." Entonces se levantó e increpó a los vientos y al mar. Siguió la calma completa. Los hombres estaban estupefactos. "¿Qué clase de persona es ésta, que hasta los vientos y el mar le obedecen?" (Evangelio de Mateo, cap. 8).

Un primer apunte

El saber meteorológico se cimenta en proverbios más o menos afortunados durante milenios de historia, sin que los sabios acierten a formular reglas más fiables.

Se conocen explicaciones alambicadas de las crecidas del Nilo a cargo de Tales de Mileto (hacia 650 a.C.) y Demócrito (hacia 400 a.C.), que no pasan de conjeturas, pero que ponen en alborotada danza

Aristófanes, entre el V y el IV a.de C., anti-cipa en el diálogo cómico de un paisano y Sócrates el paulatino cambio de paradigma, cuando lo físico reemplaza a los dioses en la explicación de los cielos:

Strepsiades: Primero me explicas quién envía la lluvia, si no pensaré que te equivocas.

Sócrates: Las nubes la mandan de por sí. Lo puedo reforzar con argumentos. ¿Sabes de algún chaparrón que cayera de un cielo azul y claro en el plazo de una hora? Y según me dices, [Zeus] puede enviar un chaparrón.

Strepsiades: ¿Que no es de Zeus tal exigencia?

Sócrates: No hay Zeus, sino un vórtice de aire.

Strepsiades: ¿Qué? ¿Un vórtice? Comprame uno de esos. No sabía que hubiera un vórtice en el trono de Zeus. Pero no me has dicho aún la causa del rugido majestuoso del trueno.

Sócrates: Sí, cuando las nubes vuelan llenas de agua, y chocan empujadas por compresión, arman inevitablemente un estrépito terrible.

(Las Nubes, Aristófanes)

nieves, humedad, nubes y viento. Anaximandro propuso que los fenómenos eléctricos resultaran del chocar del aire con las nubes.

Anaxágoras, considerado primer científico, presentó el éter, principio ígneo, superpuesto al aire. En su ensayo por explicar el granizo en aire cálido por medio de la convección, explica que el reflejo solar decrece con la altura, por lo que las capas superiores están más frías. Acertadamente intuye el papel de la radiación solar. Más arriba, el éter caliente reemplaza el aire, y la temperatura crece con la altura. Cuando el éter se deja caer sobre las nubes hay relámpagos, acompañados de truenos, los silbidos del fuego al extinguirse contra su humedad. Ya casi estaba puesto el andamio de la meteorología.

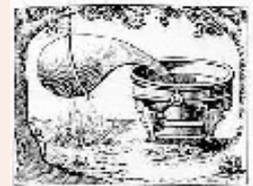
Mil millones de relámpagos

Entrado el siglo IV a. C., otra vez Demócrito quiso explicar el desfase de rayo y trueno por las diferentes velocidades en su propagación. No convenció. Considerado abuelo del átomo, concepto al que llegó especulativamente, creía que una concentración de ellos originaba el viento, como en un mercado el agolpamiento de las personas genera discusiones. Tal disquisición antrópica queda algo apartada de la teoría moderna de anticiclones.



Anaximenes retratado en un momento de abatimiento

Para Anaximenes, viento era el flujo de aire. Tan estrafalaria definición no fue del gusto de Aristóteles, quien la ridiculizó. El Peripatético consiguió que no volviera a sugerirse en veinte siglos. Anaximenes también relacionó, esta vez mal, la rarificación del aire con el calentamiento y su densificación con el enfriamiento, tras fijarse en la respiración humana y en el aliento cálido. Era un segundo acercamiento al concepto de presión, que culminaría muchos siglos después con la invención del barómetro. Inspirado en la espiración, habló del pneuma como principio vital del universo, con función análoga al aire en la vida animal.



Termómetro en fase embrionaria

El público seguía con atención estos debates. Parapegmata eran calendarios que anunciaban la sucesión de tiempos dentro del año, que se exhibían

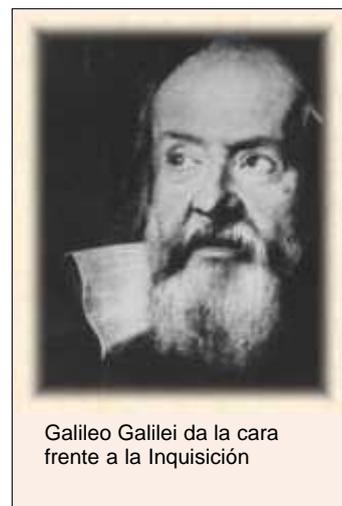
en los edificios públicos. Sus fuentes eran diversas, y mezclaban la experiencia térmica en la montaña con la de costa, por lo que su valor de pronóstico era limitado. Ya en el siglo IV, Aristóteles compendia a su manera el saber meteorológico en cuatro libros. Siguiendo a Empédocles y su teoría de los cuatro elementos, arranca del fuego solar para generar, según que éste choque con *exhalaciones* húmedas o secas, nubes o relámpagos. Las nubes se forman lejos del suelo, pero por debajo de los picos montañosos, pues por encima circula el fuego. Lo más llamativo del compendio *Meteorologica* es su conjetura sobre la formación de granizo en primavera y otoño, y menos frecuentemente en verano. Al contrario que la nieve, que se forma lejos del suelo, el granizo delata en la irregularidad de sus cristales y en la ausencia de truenos que se forma próximo al suelo por efecto *del frío concentrado en el seno del aire caliente*. Por si esto fuera difícil de digerir añade que su corto recorrido *de caída hace más intenso el enfriamiento*, de igual forma que el agua precalentada al sol se enfría más rápidamente, según creían algunos pueblos de aquella época. Esta idea, aún debatida en nuestros días, reposa en la intuición de que el calor sale o entra con cierto ritmo que bien pudiera depender de la evolución de los cuerpos. Sería como si la piedra que cae de arriba pudiera alcanzar a la que arranca desde más abajo. En cambio, Aristóteles renuncia a servirse de inercias en la explicación del movimiento uniforme, mantenido por el horror natural al vacío. El Estagirita tuerce la interpretación directa de las observaciones para ajustarlas a sus teorías, en un esfuerzo que bien puede llamarse filosófico, pero poco impregnado del espíritu inductivo de la ciencia. Gusta de refutar teorías de sabios que le precedieron. Si Anaxágoras afirma que la condensación se produce cuando la nube entra en aire frío, él dice que ocurre cuando desciende en aire caliente. Si se sabía ya que el relámpago precede al trueno, él lo posterga, pues *la exhalación seca expulsada de la condensación choca con otras nubes con estrépito (trueno) y luego se consume en suave fuego como relámpago*. Según otro ejemplo de *Meteorologica*, el huracán debe su violencia a la velocidad con que se separa la exhalación ventosa de una masa densa.

Quizá el principal mérito de tal tratado sea el de separar el mundo sublunar del mundo celeste, un primer paso en la emancipación meteorológica de la tutela astronómica. La insistencia en sus ideas a lo largo de la historia se reconoce en la célebre explicación de las brisas por la *tendencia de lo cálido a ascender* y en el esfuerzo del aire circundante por llenar el hueco. Otras ideas erróneas, como que el aire no pesa o que el viento no es una corriente de aire, le fueron perdonadas por la posteridad.

Aire autopropulsado

Poco después de Aristóteles, Teofrasto colecciona signos del cielo y de la conducta animal. Ptolomeo

introduce las zonas climáticas desde un ángulo astronómico, es decir, las zonas ecuatoriales reciben más energía del sol que las polares. En la época de dominio de Roma la historia natural de Plinio y el Tetrabiblos de Ptolomeo se constituyeron en instrumentos básicos de previsión, y así siguieron considerándose también durante la Edad Media. Posidonius, con el espíritu práctico del mundo romano, pone límite vertical a vientos y nubes, unas cinco millas. Séneca ve en los relámpagos avisos del destino, que liga a los hombres con el cielo. Telegramas del Olimpo. Aunque el sur de España siempre ha gozado de un clima benévolo y ajeno a galernas, de él han surgido contribuyentes señeros a la comprensión del aire. Isidoro de Sevilla, arzobispo en su ciudad, fundó una escuela de teología, historia y ciencia en que se formó Adelardo de Bath. Isidoro añadió comentarios perspicaces en su compendio cosmológico *De natura rerum* que marcan la aurora de un tiempo nuevo en ciencia. Su alumno Adelardo sacudió el concepto de viento, que él describía como aire en movimiento con fuerza propulsante. La intriga sobre el origen causal del viento persiste hasta hoy, demostrando la deficiencia del pensamiento basado en antecedentes y consecuencias, que compara variables sólo dos a dos.



Galileo Galilei da la cara frente a la Inquisición

Cuando el interés europeo por la atmósfera se inclinaba hacia la averiguación de por dónde saldrían los vientos, el centro de la ciencia entre los siglos VIII y IX basculó hacia los países musulmanes, donde por su tradición astronómica pensaban que las claves del tiempo atmosférico habían de buscarse en los cuerpos celestes y en los eclipses. Este enfoque favoreció las tesis astrológicas en los siglos siguientes, que fascinaban al pueblo llano por su aparato matemático y su terminología pseudocientífica. Es célebre el pronóstico de Johannes de Toledo ya en el siglo XII, que auguraba que la conjunción inminente de unos cuantos planetas causaría vendavales que arrasarían los edificios y traerían hambrunas. Nada notable ocurrió en el periodo de los presuntos rigores, sin que tal fracaso sirviera de escarmiento a las almas crédulas que siempre han abundado. Tal interés por el porvenir, aunque supersticioso entonces, iba abriendo las puertas de una previsión del tiempo basada en criterios, y desinteresada de la comprensión mecanicista del aire. El pronóstico cobraba fuerza como un saber técnico, aunque mal fundado. El giro hacia lo copernicano en los diversos campos de la ciencia, con el Sol como centro de las órbitas planetarias, restó atención a la creencia ptolemaica en el influjo de la

Luna. Por ejemplo, si aparecía fina y roja, era causa de los vientos.

Metódicas y ordenadas

Determinante en el inminente cambio de curso de la meteorología fue René Descartes, nacido a finales del XVI, al publicar un Método de discurso científico que sentaba las bases para entender el universo con independencia de las personas. El primer principio en tal método pide no aceptar nunca nada como cierto a menos que uno vea claramente que es así. René debía ser de buen paladar, pues veía claramente que las partículas de agua eran como angulas, *largas, suaves y resbaladizas*, y entreveradas de una *materia sutil* que las agita. Las partículas sólidas eran más irregulares y engarzadas. Las de aire eran pequeñas, y se dejaban sacudir vigorosamente por la materia sutil. O sea, que hay que distinguir los principios de las hipótesis. Lo demás era como en Aristóteles, si bien Descartes entendía mejor que las gotas de nube se forman por coalescencia del vapor y son redonditas. Lluvia forman las más grandes, que el aire no consigue sostener. En un arranque de humildad confesaba, que su física no es más que geometría. Y coordenadas cartesianas, cabe añadir, de no poca importancia para la meteorología.

Mira qué calor

En este ambiente sembrado de conjeturas nació Galileo Galilei, inventor del termoscopio aéreo o termómetro, y manitas de la física moderna. Aunque ya Filo de Bizancio y Herón de Alejandría, tres siglos a. de C., habían demostrado la expansión térmica del aire con sifones, vasos y vejigas, Galileo trabajó en la calibración de un tubo de vidrio terminado en un bulbo, que metió invertido en agua. El enfriamiento del aire hacía subir el agua por su interior. Ferdinando II de Toscana, cincuenta años después, lo selló herméticamente para hacer sus medidas independientemente de la presión atmosférica. Otto von Guericke cayó en la cuenta de que doblándolo tendría registros de máxima y mínima temperaturas. Varios sabios exportaron la invención a otros terrenos. Santorio Santorre, y no Sanatorio, diseñó el termómetro clínico para avanzar en la yatrofísica médica, que contempla el cuerpo en cuanto máquina. En otro orden de cosas, y tras 30 años de detallado balance de entradas y excreciones corporales, consiguió demostrar el aserto de Galeno de que el organismo también respira por la piel. Qué sudores.

Robert Hooke llenó su particular modelo de termómetro con alcohol de vino *teñido del color*

seductor de la cochinilla, según propia receta. Hooke era empleado de otro conocido Robert, Boyle, al tiempo de descubrir la ley sobre la fuerza elástica, que aplicó a la disposición de muelles en el interior de los relojes. Con ayuda de un telescopio reflectante que él mismo construyó propuso que Júpiter gira sobre su eje. La posibilidad de evolución de las especies, la dilatación de todos los cuerpos y la ley del cuadrado de la distancia para la atracción gravitatoria, que le llevó a disputas de autoría y acusaciones de plagio por parte de un gruñón Newton, fueron otras de sus conocidas contribuciones al saber. En meteorología descubrió Hooke que las moléculas de aire están, relativamente a su tamaño, muy distantes unas de otras, y dedicó estudios a la estructura cristalina de los copos de nieve.

Autores como Marin Mersenne o el mismo Boyle se empeñaron en *fijar una medida de frío como las que usamos de tiempo, distancia o peso*. Boyle, pensando que el punto de fusión del hielo dependía de la latitud, pringó el bulbo con aceite de anís, en vez de agua, y lo marcó cuando empezaba a cuajar el aceite por el frío. Por muchos años el problema de la comparación universal se consideró resuelto con un solo punto fijo. Y el mundo tan contento. Huygens vino a complicar las cosas con la conveniencia de una segunda referencia para el calor, ahora que el frío era pan comido para las cochinillas. Aunque presentó la temperatura de ebullición del agua sólo como marca alternativa a la fría, pasa a la historia como ideador de los termómetros de doble referencia. Carlo Renaldini construyó un termómetro con los puntos de fusión y ebullición del agua como referencias de frío, calor o cualquier estado intermedio.

Un frío que pela manzanas

También Newton contribuyó a la magnitud física en boga definiendo seis grados de calor, desde el de una hoguera no atizada con fuelles hasta el calor del aire invernal cuando el agua comienza a helarse. Como era persona despierta, postuló que el ritmo de enfriamiento de cuerpos más calientes depende de la diferencia de temperatura entre el cuerpo caliente y el ambiente, por lo que bastaría medir su enfriamiento en una unidad de tiempo y recurrir a una *simple tabla de logaritmos* para determinar su temperatura inicial. Newton murió a los 84 años después de pasar los últimos 25 polemizando con Leibniz sobre los méritos del descubrimiento del cálculo y persiguiendo falsificadores de moneda en tiempos de reacuñación. Su carácter hurraño, y exasperado en defensa de sus escritos, engarza con el



Galileo explica ante el senado de Venecia lo que vale su telescopio



Robert Hooke ensaya un higrómetro de peluca

desapego de su madre en su infancia. Ella le dejó en manos de una abuela, gracias a quien acabó matriculándose en el Trinity College de Cambridge. Allí, aunque Aristóteles seguía mandando en los temarios, conoció los tres saberes herméticos, astrología, alquimia y magia, y conoció al platonista Henry More, influjos que marcaron su manera de operar en ciencia. El cálculo diferencial e integral, la óptica y la gravitación son los principios que hicieron de él la figura más relevante de la revolución científica del XVII.

Fahrenheit, usando mercurio, Réaumur, con alcohol, y Celsius, con una escala de cero para la ebullición del agua y cien para el hielo en fusión, son los tres científicos que más intensamente contribuyeron a la comparación de climas e intemperies en los siglos venideros. También al desarrollo de la meteorología como ciencia inductiva, que progresa de los datos particulares a las ecuaciones. El termómetro introdujo el número en la ciencia del aire, y con él la objetividad. El frío dejó de medirse en abrigos o días de hielo para expresarse en dígitos. Nacía también la climatología científica para describir exactamente la condición esperada de los aires en las épocas del año, e incluso la recurrencia de fenómenos atípicos. En regiones en que los fenómenos intempestivos tienen carácter más aleatorio, como en las latitudes medias expuestas a borrascas atlánticas, la coordinación o sinóptica de medidas de temperatura y precipitación permitió el esclarecimiento de la dinámica de tales temporales. En otras regiones, la estadística auxilia la identificación de fases en los desarrollos más o menos habituales. Tal es el caso de las crecidas de ríos, los monzones o el Niño.

En pos de otras metas

La invención de la temperatura sugiere que el talento humano y su progreso reposan en el uso de datos comparables y en su comunicación. Aunque es mucho lo que resta por descubrir, la base es el análisis matemático de los cambios atmosféricos, medidos

por instrumentos. La apoteosis de la ciencia llegará algo después en el siglo XVIII, a medida que las figuras académicas del momento creen conceptos para fundar un saber de fuste. Serán Dalton, Lavoisier, Laplace (el Newton francés) y Lagrange, entre otros, quienes aporten los principios de conservación, el concepto de equilibrio y estabilidad, la función potencial y la teoría de perturbaciones, hoy apellidada caos, casi en las antípodas del razonamiento de causas a efectos típico del periodo de esplendor griego. Pero sobre eso hay mucho que hablar.

Queda tal vez con el lector la sensación que expresó en 1832 un joven J. D. Forbes, escocés curioso del calor y de los glaciares, sobre las aportaciones de los hombres de ciencia a la meteorología:

A las leyes más importantes de esta ciencia se ha llegado por contribuciones de filósofos que, en pos de otras metas, se han separado por un momento de sus estudios sistemáticos para otorgar a la meteorología alguna percepción sobre un tema que nunca tuvieron intención de analizar, y del que pronto se apartarían por seguir caminos de indagación más favorables.

Bibliografía

El material gráfico ha sido recopilado de los siguientes sitios web:

www.drawrm.com
www.resourceroom.net
www.eb.com
www.amuseum.de

Fuentes de texto:

H. Howard Frisinger. The History of Meteorology: to 1800. Science History Publications, 1977.

Joachim Herrmann. dtv-Atlas zur Astronomie. Deutscher Taschenbuch Verlag, 1973.

Napier Shaw, Manual of Meteorology, Cambridge University Press, 1932.

Gary Lockhart, The Weather Companion. Wiley Science Eds. 1988.