



Perspectiva histórica de la predicción meteorológica antes del siglo XX (Cuando la predicción meteorológica no tenía una base científica)

3

DOI: [10.31978/014-18-009-X.03](https://doi.org/10.31978/014-18-009-X.03)

RICARDO GARCÍA HERRERA

*Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera; Instituto de Geociencias UCM-CSIC (DACA+IG),
Universidad Complutense de Madrid (UCM)-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*

La historia de la meteorología como ciencia y como técnica es demasiado amplia para resumirla en unos pocos párrafos. El interés por el tiempo atmosférico se remonta a los comienzos de la humanidad y los intentos por comprenderlo y predecirlo a los primeros tiempos de los que tenemos testimonios escritos. Desde el principio, el conocimiento de los fenómenos atmosféricos estuvo mediatizado por creencias sobrenaturales y asociado al movimiento de los astros. Tardaría mucho tiempo, casi hasta nuestros días, en emanciparse de esas dos influencias. [...] Pero sin duda el estudio más amplio y difundido de aquel entonces corresponde a Aristóteles (384-322 a.C.). Debemos al filósofo macedonio la introducción del término *Meteorología* construido a partir de las palabras griegas Meteoros, “alto en el cielo” y lógica, “conocimiento, tratado”. Además, a él se debe el primer tratado dedicado principalmente a la atmósfera, los cuatro libros conocidos como “los Meteorológicos”, que Aristóteles escribió probablemente hacia 340 a.C. En realidad, Aristóteles entendía el término en un sentido más amplio: “todos los efectos que se pueden llamar comunes al aire y al agua y las formas y partes de la Tierra y los efectos de sus partes”, un programa que no desentona con el enfoque actual de la ciencia atmosférica.

Breve historia de la meteorología – MANUEL PALOMARES CALDERÓN,
http://www.aemet.es/documentos/es/conocenos/nuestra_historia/breve_historia_meteorologia.pdf

Antes de exponer los principios generales y la situación actual de la predicción meteorológica, presentamos en este capítulo una breve historia de la misma. Ofrecemos así una perspectiva, necesaria para entender muchos de sus aspectos. La división entre la meteorología actual y la anterior viene dada por la naturaleza científica de la predicción desde momentos relativamente recientes: la base científica establece un antes y un después. En este capítulo repasamos algunos de los hitos de la trayectoria que permitió llegar al planteamiento científico de la predicción que rige en la actualidad.

Palabras clave: historia de la meteorología, historia de la predicción del tiempo.

Imagen parte superior: *cumulonimbus capillatus*. Cerro San Pedro, Colmenar Viejo (Madrid), hacia el este, 3 de julio de 2009, a las 21:19. Fotografía de JOSÉ ANTONIO QUIRANTES CALVO.

3.1 Introducción

Este volumen está dedicado a presentar los últimos avances y aplicaciones de la predicción meteorológica por conjuntos, la técnica más avanzada de las actualmente existentes para intentar conocer de manera anticipada el comportamiento de la atmósfera. A lo largo de este libro queda claro que ello sólo es posible gracias a una serie de factores. Por una parte tenemos un conocimiento teórico preciso de las ecuaciones que regulan el comportamiento de la atmósfera; éstas son las ecuaciones de la hidrodinámica, capaces de describir el comportamiento de un fluido sobre una esfera en rotación y que se detallan en el capítulo 6 en la página 67, tal y como las planteó V. BJERKNES [3]. En esencia se trata de principios de conservación de magnitudes básicas como el momento o cantidad de movimiento (el producto de la masa por la velocidad), la masa, mediante la ecuación de continuidad, y la energía. A ellas se le añade una ecuación de estado para obtener un sistema con el mismo número de incógnitas que de ecuaciones, por lo que, en principio, se podrían resolver. Sin embargo, en la práctica, aparecen dos problemas. Por una parte se trata de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, de las cuales no se conocen soluciones analíticas exactas, siendo necesario recurrir a métodos numéricos. Además, tal y como demostró LORENZ [14] y se desarrolla en el capítulo 5 en la página 49, se trata de ecuaciones altamente no lineales, cuyas soluciones son extremadamente dependientes de las condiciones iniciales. Es lo que se ha venido en denominar caos determinista; una de sus consecuencias es que los sistemas regidos por este tipo de ecuaciones presentan límites a su predecibilidad, es decir, umbrales más allá de los cuales el sistema no es predecible (capítulo 12 en la página 155). En la atmósfera este límite se encuentra entre 2 y 3 semanas.

Tuvieron que transcurrir alrededor de 50-60 años para que se pudiera dar el paso desde el conocimiento de las ecuaciones a la realización de predicciones rutinarias, acertadas y con valor para la sociedad [16]. Ello fue posible gracias al desarrollo de la observación meteorológica, que ha permitido que podamos monitorizar la atmósfera desde un complejo sistema de estaciones de superficie; radiosondeos, radares, *lidares* o *sodares*, y aviones y satélites geoestacionarios y polares (capítulo 7 en la página 83) que nos informan de la estructura vertical de la atmósfera; así como observaciones marinas procedentes de barcos o boyas (<http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/GOS.html>). Ade-

más, estas observaciones deben ser transmitidas en tiempo real a los diferentes centros de predicción, para que puedan ser asimiladas (sec. 10.3 en la página 133) en los diferentes modelos de predicción. El último paso es la resolución de los propios modelos, que no son sino las ecuaciones básicas junto con un conjunto de parametrizaciones que reflejan el comportamiento de determinados fenómenos no resueltos en el modelo. La resolución de las ecuaciones debe hacerse por métodos numéricos altamente sofisticados, lo que no es posible sin los avances experimentados por la computación (capítulo 11 en la página 145), ya que la complejidad de los procesos a resolver y el volumen de datos, hacen imprescindibles los denominados superordenadores u ordenadores de alto rendimiento [10].

Evidentemente, las cosas no siempre han sido así, pero el interés por la meteorología y la predicción del tiempo son consustanciales al ser humano. En este capítulo se hace un resumen de la evolución de los planteamientos empleados a lo largo de la historia para intentar resolver este problema. En definitiva damos unos trazos de los caminos que, de momento, culminan en los **sistema(s) de predicción por conjuntos (SPC)**.

3.2 Meteorología, astronomía y climatología

Durante todo el periodo que podemos denominar pre-científico (anterior al siglo XX, ya que BJERKNES plantea las ecuaciones de la dinámica atmosférica en su famoso artículo de 1904 [3]), los intentos de predicción del tiempo se abordaban a partir de lo que hoy denominamos observación astronómica y de la climatología. En la medida que el tiempo meteorológico «viene» del cielo, la asociación con la posición de los astros resultó la primera intuición meteorológica. Por otra parte, la repetición del ciclo anual, combinada con diferentes manifestaciones locales fue la otra «herramienta» empleada en este periodo. La primera evidencia escrita de esta forma de actuar proviene de la Biblioteca de ASURBANIPAL en Nínive (unos 700 años A. C.), donde se conservaban tablillas de barro cocido. En ellas existen evidencias de intentos de predicción del tiempo basándose en ciclos astronómicos, en el aspecto de las nubes y la presencia de fenómenos ópticos como los halos (<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WxForecasting/wx2.php>).

Este planteamiento se mantuvo durante muchos siglos a lo largo de la historia. Un ejemplo es el denominado *Libro de las cruces*, una obra astrológica que ALFONSO X EL SABIO mandó traducir del árabe [18]. Los manuscritos originales datan de 916 y 918 y la primera traducción parece ser de 1259. Se denomina así al *Libro de las lluvias y de los precios del reconocido Imán ABU' ABD ALLAH AL-BAQQAR*. Según el autor, «*En el se ha tratado de reunir y extractar lo que se sabe de la ciencia de los antiguos. En el trato acerca de lo que significan las esferas celestes, así como sobre el conocimiento de lo que va a ocurrir a los seres, a lo largo de los meses y del tiempo, de acuerdo con el movimiento del cielo*». Según MUÑOZ [19], el manuscrito comprende tres secciones. La primera trata de conocer el significado de los planetas superiores en lo que ocurre cada año, mientras que la tercera busca conocer los signos de fertilidad, escasez, precios y lluvias con arreglo a las figuras que acerca de ellos levantaron los antiguos. En esta línea de pensamiento destaca una figura como es ABRAHAM ZACUTO, catedrático de la Universidad de Salamanca que elaboró las tablas astronómicas usadas por Colón en sus viajes a las Indias y que escribió un *Tratado breve de las influencias del cielo*. En él incluye una parte dedicada a los *cambios del aire*, es decir, la predicción del tiempo [21].

El desarrollo de la navegación oceánica a partir del siglo XVI, obligó a un escrutinio permanente y más detallado del mar y del cielo [11], lo que aumentó el interés por la observación y la predicción de los fenómenos atmosféricos, todavía aplicando las mismas bases. Los *Nortes* del golfo de México constituyen un buen ejemplo de la combinación entre la climatología y la astronomía para intentar realizar predicciones sobre las condiciones de la navegación de las flotas de Indias. Los Nortes son invasiones de aire frío, con frecuencia de origen polar, asociadas a circulaciones anticiclónicas con un intenso gradiente meridional de presión. Son habituales en el periodo comprendido entre septiembre y mayo, afectan al golfo de México y Mesoamérica y pueden alcanzar intensidades superiores a fuerza 12 en la escala de Beaufort (> 118 km/h, es decir, intensidad similar a los huracanes) mantenidas durante varios días consecutivos. De manera rutinaria son incluidos en el sistema de avisos del Servicio Meteorológico Nacional de México (<http://smn.cna.gov.mx/es/aviso-de-norte>).

[gov.mx/es/aviso-de-norte](http://smn.cna.gov.mx/es/aviso-de-norte), Figura 3.1).



Figura 3.1: Aviso de episodio de Nortes en el sitio web del Servicio Meteorológico Nacional de México <http://smn.cna.gov.mx/es/aviso-de-norte>.

La penetración del aire frío continental sobre las aguas cálidas del golfo da lugar a abundante nubosidad y precipitación en las zonas de barlovento, así como a intenso oleaje, pudiendo superar los 14 m. La ocurrencia de heladas y nevadas no es infrecuente, incluso en zonas bajas, lo que origina importantes impactos en cultivos como el café.

La importancia de la navegación dentro del Golfo y, más aún, de la organización de las flotas anuales hacia la metrópoli, hizo que desde el principio de la colonización se prestase especial atención al estudio de las condiciones meteorológicas, especialmente a los regímenes de viento y a los temporales, claves para la viabilidad de la navegación y su seguridad. En el Archivo General de Indias (A.G.I.¹) se proporciona una descripción sucinta del conocimiento que se tenía en 1577 en Santo Domingo:

«*Los vientos que corren en esta isla Española son los vientos lestes todo el año, excepto por agosto y septiembre que es tiempo de huracanes, que son grandes tormentas, y para ello hay buenos puertos habiendo hombres prácticos, luego se conocen los huracanes dos días antes que vengan. En el mes de noviembre y diciembre, enero y febrero, cursan los nortes, vientos que son tan forzosos en esta isla como en la Nueva España y Honduras, y para ello hay muy buenos puertos y seguros de los vientos nortes*».

A.G.I. INDIFERENTE 2661, DOC. S/N1

¹Las referencias a los documentos indican el archivo AGI: Archivo General de Indias y luego la sección y signatura del legajo donde se halla el documento

Este conocimiento se traduce en la Carta de la Universidad de Mareantes y pilotos de la carrera de Indias. Esta institución era la encargada de formar a los marinos responsables de la navegación a Indias. Sevilla, 6 de febrero de 1577:

«Sebastián de Santander, en nombre de la Universidad de los maestros y pilotos y dueños de naos y mareantes de la carrera y navegación de las Indias del mar océano. Digo que vuestra alteza con grande acuerdo y con mucha deliberación, para que las naos no naveguen en tiempos de huracanes, ni estén en las Indias en tiempo de enfermedad, no vayan a ellas ni vuelvan a España en tiempo de invierno, en que suelen suceder naufragios y grandes daños y pérdidas, dio orden que las flotas para Tierra Firme saliesen de la barra de Sanlúcar por el mes de agosto de cada un año, y que las flotas de Nueva España saliesen por el mes de abril o mayo de cada un año, y todas las flotas que han salido por este orden han tenido próspero viaje y navegación, así a la ida como a la vuelta...»

A.G.I. INDIFERENTE 2674, DOC. S/N.

La transición entre la estación de huracanes (de agosto a noviembre) y el inicio de los nortes en noviembre, limitaba en gran medida la navegación, originando abundante documentación en cuanto a la fecha de salida de la flota o las dificultades de descarga de los barcos en Veracruz, provocada por temporales de norte. A continuación se da un ejemplo donde se ve que este cambio se asociaba con el equinoccio de otoño, y se creía que, cuando estaba asociado a la conjunción de la luna, ocurrían los temporales más violentos, tal y como puede comprobarse en el A.G.I. MÉXICO 2489, DOC. S/N. Junta de almirantes, capitanes y pilotos de la armada que debía de salir de Veracruz hacia España, San Juan de Ulúa, 8 de septiembre de 1678, sobre las 11 del día:

«... de guardarnos de los peligros que tan evidentemente se reconocen, así por ser este mes el paraje donde se ha de ir aconteciendo la conjunción rigurosísima, que es la de este dicho mes de septiembre, la más temida así de los navegantes como de los enemigos, retirándose por estos tiempos a asegurar de sus efectos, y que causa más ruina en las islas de barlovento, demás de las experiencias que se han tenido diferentes años haber sucedido en estos parajes, aún donde pueden correr las naos muchas desgracias así de sumergirse y abrirse las naos con los fuertes temporales, pereciendo todos...»

...y que hallándose estos bajeles surtos en el puerto, siendo hoy el día primero del postrero cuarto de luna, están los vientos por la cabeza, estando tan próxima la conjunción que llevan referida pues la hace a los 6 días y medio ...».

A.G.I. MÉXICO 2489, DOC. S/N

Abundando en la seguridad naval y su relación con los fenómenos atmosféricos, cabe destacar la siguiente declaración de PEDRO DE VILLEGAS, piloto mayor, en San Juan de Ulúa, de 13 de septiembre de 1678:

«... que no conviene al servicio de Dios ni del rey nuestro señor, aunque hubiera buen tiempo, nuestra salida antes de la conjunción por estar tan próxima, pues es el día 15 en la noche, luego que la dicha conjunción es la más tempestuosa que se halla en todos los meses del año, y señalarse más que todas en tormentas, pues esto se ha visto claro en las islas de barlovento y mayormente en esta ensenada... pues mayormente con más razón se puede esperar que sea éste de este año de 1678 más rigurosa, respecto de traer tan inmediato el equinoccio como es el de 22 de septiembre, luego que el quinto de esta conjunción es el día 21, y con la misma razón que se debe temer a la dicha conjunción, se debe mirar los efectos del quinto, por darse la mano con el dicho equinoccio, pues todo junto puede resultar una revolución de tempestad ... pues de todo esto tengo ya referido todos los accidentes que se ofrecen en dicho paraje con la variedad de temporales que causa dicha conjunción, y caso que nos diese un norte procedido de los efectos de dicha luna o de que el tiempo los trae ya consigo, y no pudiendo aguantar a la capa ni de mar en través nos será forzoso arribar a este puerto... y dado caso que la tormenta no sea por el norte sino por otra cualquier parte, como de ordinario sucede andar por todos los rumbos del aguja en este mes, la arribada referida no la podamos hacer sino a la costa... . Y pues he hecho tantas experiencias en los viajes que he hecho desde España a esta ensenada, pues vengo a ella desde el año de 1644 hasta el presente, y haber tenido noticia de muchas desgracias que han sucedido en este mes y en los que se esperan, por la gran rigurosidad de nortes tan continuos ...»

Declaración de PEDRO DE VILLEGAS, piloto mayor,
San Juan de Ulúa, 13 de septiembre de 1678

Esta concepción que podemos denominar *astrometeorológica* predominó hasta el siglo XIX, y fue combinándose con el uso de estadísticas. Así, según HOFMANN [13], el primero en usar estadística fue el abad MORITZ KNAUER, del convento de Langheim en Lichtenfels (Main). Tras la guerra de los 30 años, el abad compiló un calendario entre 1652 y 1659 para la predicción septenal, basándose en el ciclo de los siete astros móviles conocidos en la época. Lo denominó *Calendarium oeconomicum practicum perpetuum*.

HOFMANN también señala que en 1700 un médico de Erfurt llamado CHRISTOPH HELLWIG publicó un *Hundertjähriger Kalender* para todo el siglo XVIII que conoció más de 135 ejemplares en varios países (sic). En España se mantuvo la tradición de los denominados *lunaristas*, que publicaron boletines meteorológicos a partir de la influencia de la luna hasta finales del siglo XIX [20].

3.3 El desarrollo de la observación y las comunicaciones

Mientras todo esto ocurría, se iban construyendo las bases para el enfoque científico de la meteorología. Es interesante señalar que las primeras observaciones meteorológicas estaban también ligadas a la astronomía. Así, el primer diario meteorológico del que se tienen noticias en la península ibérica [8] fue elaborado por ANTONIO DE NÁJERA en Lisboa entre diciembre de 1630 y enero de 1633. Se titula *Observaciones Meteorológicas acerca de los tiempos y las mudancas del Aire, de todas las conjunciones; oppliciones y quartos sol con la luna, de los Años del señor 1631 y 1632*. El objetivo es elaborar unas tablas que permitan *hallaren las mas notables acciones y influxos de los planetas y en particular de la luna, como la mas evidente en las mudancas del aire*. Aunque obviamente son observaciones cualitativas, se ha podido comprobar que describen adecuadamente en ciclo anual de temperatura y precipitación en Lisboa [7].

Otro ejemplo lo podemos encontrar en el diario elaborado por FELIPE ZÚÑIGA Y ONTIVEROS en la Ciudad de México en el periodo 1775-1786. El manuscrito se titula *Ephemérides astronómicas calculadas al meridiano de México, años 1775-1785* y se corresponde con el interés de la Ilustración por el desarrollo de la

ciencia. El objetivo en este caso, ya no es observar para predecir, sino registrar las condiciones meteorológicas en que se realizaba la observación del cielo. La información meteorológica recogida diariamente incluye: temperatura, nubosidad, precipitación, ocurrencia de tormentas, nieblas, granizo, nieve o heladas. Las descripciones son concisas, con anotaciones astronómicas, meteorológicas y notas al margen. Sin embargo, permiten construir índices cuantitativos que han permitido identificar intensas sequías en 1780-1781 y 1785-1786 con importantes impactos en la agricultura y que dieron lugar a hambrunas [7].

Obviamente, estas observaciones cualitativas o narrativas eran insuficientes para poder sentar las bases de una aproximación científica al problema de la predicción meteorológica. Para ello eran necesarios instrumentos que permitieran medir de manera objetiva las variables. Si bien GALILEO inventó el termoscopio (dispositivo que muestra cambios en la temperatura) a principios del siglo XVII, hay que esperar hasta la segunda mitad del siglo XVIII a que comiencen las primeras medidas sistemáticas. Este periodo sirvió para mejorar la precisión y fiabilidad de los instrumentos y, algo fundamental, la adopción de escalas de medida comunes. En 1665 HUYGENS propuso usar los puntos de ebullición y congelación del agua como referencia termométrica. En 1724 FAHRENHEIT propuso una escala que asignaba un valor 32 al punto de congelamiento y 212 al de ebullición y la aplicó a los primeros termómetros de mercurio. En 1742 CELSIUS introdujo una escala que asigna los valores 0 y 100 a dichos puntos y que es la más empleada en la actualidad.

Una vez solventado el problema de medir objetivamente variables con unidades comunes, se pudo llevar a cabo el siguiente paso, que fue la creación de las redes meteorológicas que intercambiaban datos. Se puede considerar que esas fueron las primeras redes sinópticas (del griego *sinopsis*, mirada de conjunto). La primera fue la red Palatina o de Mannheim, que se inició en 1792 y llegó a tener 39 estaciones distribuidas en Francia, Alemania, Italia, Escandinavia, Polonia y Rusia. En EE. UU. las observaciones sistemáticas comienzan en 1816 por iniciativa del Cirujano Jefe del ejército. Gracias a una visión salubrista de la medicina los médicos de los puestos militares debían tomar tres medidas diarias de presión, temperatura, viento y estado del cielo.

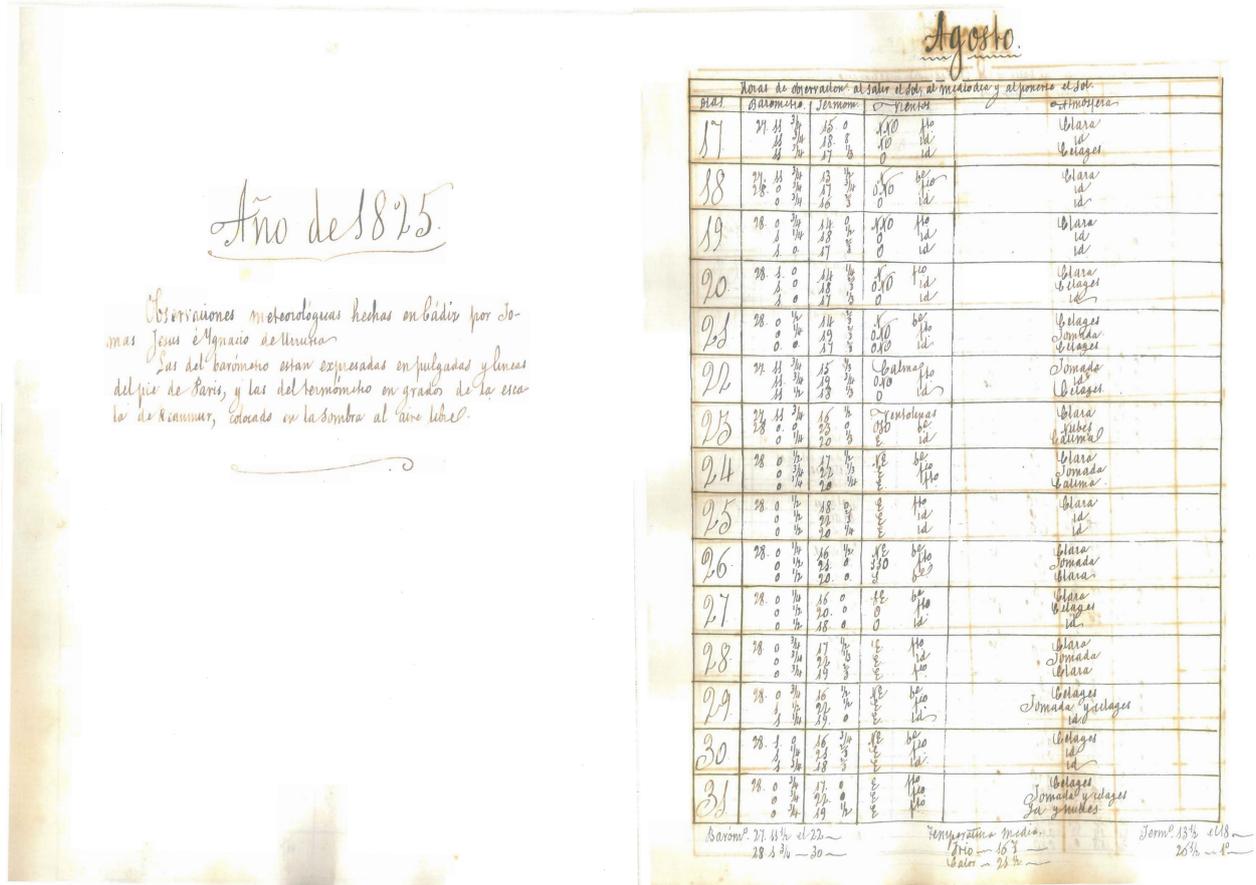


Figura 3.2: Páginas extraídas de los Cuadernos de los hermanos URRUTIA (1820-1882), donde anotaban sus observaciones diarias de precipitación y temperatura.

En España, las observaciones meteorológicas y los estudios derivados de las mismas comenzaron a finales del siglo XVIII, en lugares como el Observatorio Astronómico de Madrid o las instalaciones de la Armada en Cádiz, aunque no se conservan todos los registros [1]. Podemos destacar los *Cuadernos* de los hermanos URRUTIA (1820-1882, Figura 3.2) [1, 24], TOMÁS JESÚS, IGNACIO Y LUIS, en los que reflejaban sus observaciones meteorológicas diarias de precipitación y temperatura del observatorio de Cádiz, así como un resumen anual. Fueron colaboradores altruistas cuya abnegación resulta impagable. En el cuaderno de 1870 LUIS relata el fallecimiento de su hermano TOMÁS sin que esa circunstancia interrumpa la realización de las observaciones:

«D. Tomás Jesús de Urrutia fue atacado de apoplejía a las 2 1/2 de la noche del domingo 6 de noviembre, y murió, a las 3 de la tarde del día 8, a la edad de 70 años. Había sufrido 19 ataques desde el 18 de enero de 1868, de los que se restableció pronto con los remedios apropiados. Al margen de las observaciones van señalados los días y horas en que los padeció».

3.4 De las primeras predicciones al planteamiento científico

En España hay que esperar a 1850 para la aparición de redes experimentales promovidas por el Ministerio de Instrucción Pública [2]. Al compartir los datos, estas redes permitieron realizar los primeros análisis espaciales del estado de la atmósfera. El primer mapa del tiempo se atribuye a H. W. BRANDES [4, 5], elaborado en 1820 para Europa occidental (Figura 3.3 en la página siguiente). Algunos aspectos deben destacarse. Por una parte, corresponde al 6 de marzo de 1783. Se trata, por tanto, de una herramienta para el análisis a posteriori (*hindcast*, en inglés). Por otro lado, aparecen flechas que marcan la dirección del viento e isolíneas que, a diferencia de los mapas actuales, representaban las desviaciones de la presión respecto de las condiciones medias (anomalías de presión). De nuevo la climatología servía como ayuda para la predicción.

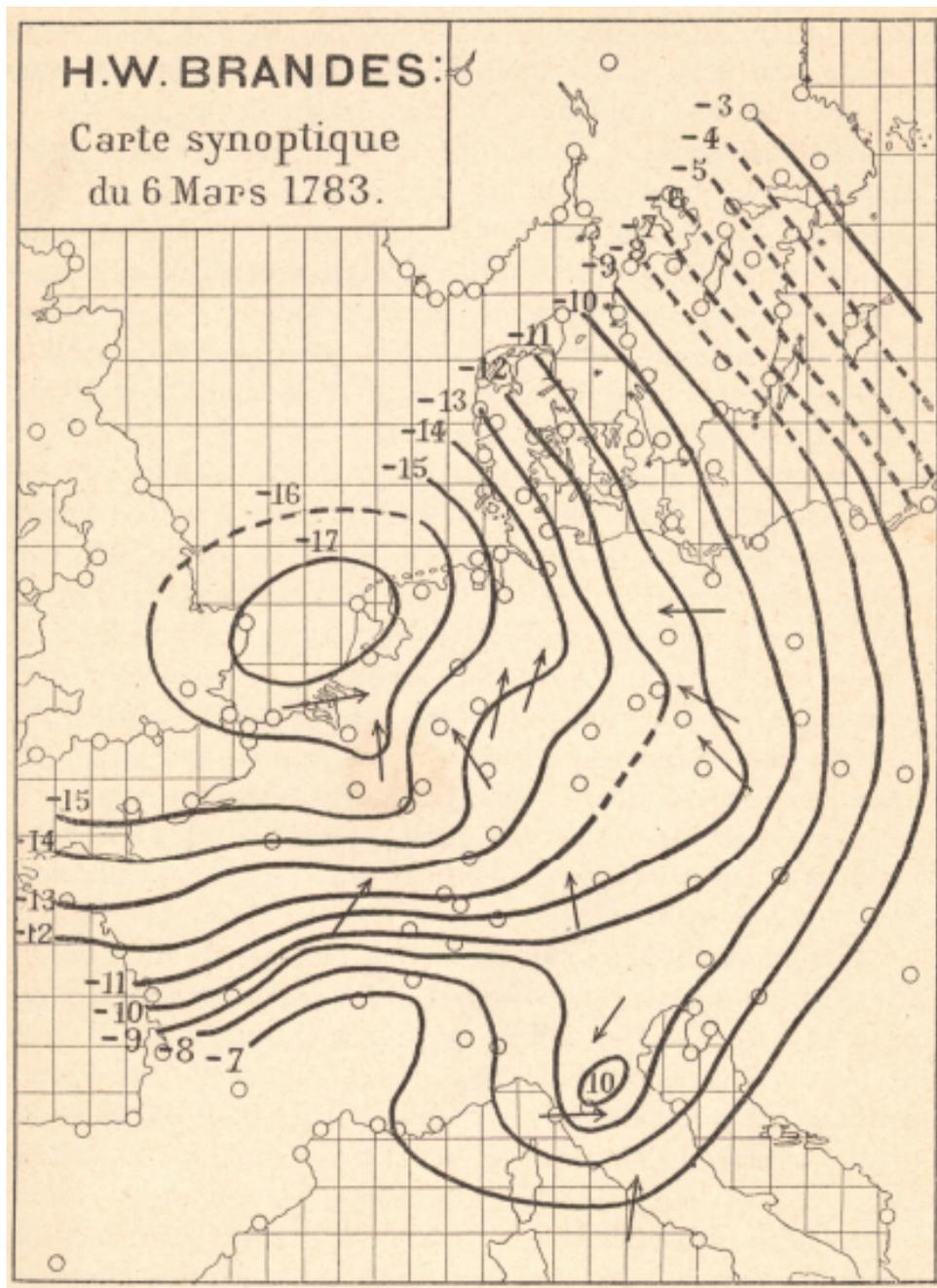


Figura 3.3: El considerado como primer mapa sinóptico de la historia, mostrando las condiciones meteorológicas en Europa occidental correspondientes al 6 de marzo de 1783, construido por HILDEBRANDSSON [12] a partir de los datos, indicaciones y experiencia de BRANDES [4, 5]. Las isolíneas indican anomalías de presión, con flechas que indican la dirección del viento. Puede observarse un centro de baja presión entre las islas británicas y los Países Bajos.

En esta etapa inicial, aunque los datos se compartieran, al no existir un medio de comunicación rápida, los mapas se trazaban con semanas o meses de retraso y las predicciones se realizaban comparando las observaciones locales con análogos previos. No se conservan los mapas originales de BRANDES y, de hecho, no está históricamente contrastado que correspondan a las publicaciones donde se atribuyen. No obstante, los mapas pudieron ser reconstruidos en va-

rias ocasiones, por ejemplo por HILDEBRANDSSON (1887 [12], Figura 3.3) y por TRABERT (1905 [23]).

El siguiente avance está asociado a la guerra de Crimea. El 14 de noviembre de 1854 una tormenta destruyó la flota anglo-francesa que estaba anclada en las proximidades de la Península de Crimea. El desastre fue tan grande que NAPOLEÓN III encargó el análisis de la situación y las medidas que habrían de adoptarse

a fin de mejorar la predicción de este tipo de sucesos al astrónomo LE VERRIER, que había sido capaz de predecir la existencia y posición de Neptuno a partir de las discrepancias entre la órbita de Urano y las leyes de KEPLER y NEWTON. Los incipientes servicios meteorológicos francés e inglés recogieron los datos disponibles y se pudo identificar la estructura de la borrasca que había ocasionado el desastre.

La principal conclusión de estos trabajos fue que la predicción se podría mejorar significativamente si se dispusiera de mapas meteorológicos con las observaciones mucho más rápidamente. De esa manera, los mapas podrían ser verdaderas herramientas para la predicción. Gracias a la existencia del telégrafo se empezó a realizar este intercambio rápido de datos a escala internacional. De hecho en 1849 se había creado en EE. UU. una red telegráfica para la transmisión diaria de un conjunto de observaciones. Durante la Exposición Universal de Londres en 1851 una compañía telegráfica preparó mapas meteorológicos diarios [22]. Finalmente, en 1859, el British Meteorological Department empezó a distribuir información meteorológica de manera rutinaria. Los mapas elaborados con esta información, obtenida casi en tiempo real, permitieron elaborar un nuevo tipo de predicciones basadas sobre todo en la identificación de sistemas de presión y su desplazamiento según la dirección del viento.

La realización de las observaciones, que ya habían empezado a estandarizarse (en 1853 bajo el auspicio de M. MAURY se celebró en Bruselas la Conferencia para la estandarización de observaciones en el mar [17]), la transmisión de las mismas y la posibilidad de realizar las primeras predicciones son las bases que habían ido justificando la creación de los Servicios Meteorológicos en los diferentes países. Así, en 1854, el almirante FITZROY, antiguo capitán del Beagle, el barco de DARWIN, fue nombrado jefe del British Meteorological Service, que en 1861 empezó a emitir predicciones y avisos de tormentas. En 1870 los EE. UU. crearon un servicio meteorológico dentro del cuerpo de señales del ejército, que inició sus predicciones al año siguiente. En España hay que esperar a 1887 para la creación del Servicio Meteorológico Nacional (véase [2] para los detalles que explican este

retraso y las circunstancias de la creación).

Pero el avance no fue lineal. Obviamente, las primeras predicciones eran poco fiables, dado que se basaban en observaciones escasas y en la experiencia y el «arte» del predictor a la hora de elaborar e interpretar los mapas. De hecho, en Inglaterra un comité de la British Royal Society recomendó al Ministerio de Comercio que se interrumpieran los avisos, como finalmente se hizo en 1866. En definitiva, aunque se tenían las bases operativas (observación, comunicaciones y experiencia), los científicos eran escépticos sobre la posibilidad de obtener predicciones fiables. La predicción no era una ciencia todavía.

Sin embargo, el último elemento que faltaba para el abordaje científico de la predicción meteorológica se estaba desarrollando en paralelo. A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX se estaban sentando las bases teóricas de la cinemática, dinámica y termodinámica atmosféricas. Aunque las ecuaciones básicas del movimiento de un sólido sobre una esfera en rotación se conocían desde principios de siglo, W. FERREL [9] fue el primero en formular las ecuaciones dinámicas del movimiento de un fluido sobre una esfera en rotación. Casi simultáneamente, BUYS-BALLOT descubrió la relación entre la velocidad del viento y el gradiente de presión [6], es decir, que *en el Hemisferio Norte el viento siempre sopla dejando las altas presiones a la derecha y las bajas a la izquierda según su dirección*. Por otra parte, entre 1850 y 1870 se dedujo el primer principio de la termodinámica y se demostró el equivalente mecánico del calor.

Por tanto, a principios del siglo XX se dan las condiciones para que BJERKNES plantee la predicción meteorológica como un problema científico, es decir mediante la resolución de ciertas ecuaciones, tal y como se relata más adelante en este libro. Habrá que esperar a la segunda mitad del siglo para que, gracias al desarrollo de la computación y la informática y a la aportación de investigadores como L. F. RICHARDSON, J. CHARNEY o J. VON NEUMANN, ese planteamiento científico sea la base de la predicción operativa [15, 16] (capítulo 4 en la página siguiente). Pero esa parte de la historia ya se narra en otros capítulos de este libro.

3.5 Referencias

- [1] ALMARZA MATA, Carlos. “La Climatología en los organismos oficiales”. En: *La climatología española: pasado, presente y futuro*. Prensas Universitarias de Zaragoza. 2007, páginas 61-102 (citado en página 26).
- [2] ANDUAGA EGAÑA, Aitor. *Meteorología, ideología y sociedad en la España contemporánea*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2012 (citado en páginas 26, 28).
- [3] BJERKNES, Vilhelm. “Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik”. En: *Meteor. Z.* 21 (1904), páginas 1-7 (citado en página 22).
- [4] BRANDES, Heinrich Wilhelm. *Beiträge zur Witterungskunde*. Barth, 1820 (citado en páginas 26, 27).
- [5] BRANDES, Heinrich Wilhelm. *Dissertatio physica de repentinis variationibus in pressione atmosphaerae observatis*. Volumen 1. Staritzius, 1826 (citado en páginas 26, 27).
- [6] BUYS BALLOT, Christophorus Henricus Didericus. “Note sur le rapport de l’intensité et de la direction du vent avec les écarts simultanés du baromètre”. En: (1857) (citado en página 28).
- [7] DOMÍNGUEZ-CASTRO, F., GARCÍA-HERRERA, R. y VAQUERO, J.M. “Zuñiga’s weather diary: dry-spell length from 1775 to 1785 in Mexico”. En: *European Geosciences Union General Assembly (EGU)*. Vienna, 2018 (citado en página 25).
- [8] DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando, GARCÍA-HERRERA, Ricardo y VAQUERO, José M. “An early weather diary from Iberia (Lisbon, 1631-1632)”. En: *Weather* 70.1 (2015), páginas 20-24. DOI: [10.1002/wea.2319](https://doi.org/10.1002/wea.2319) (citado en página 25).
- [9] FERREL, William. “The motions of fluids and solids relative to the Earth’s surface”. En: *American Journal of Science* 91 (1861), páginas 27-50 (citado en página 28).
- [10] GRAMELSBERGER, G. “Circulation of pieces of code in climate models, panel Cultures of prediction”. En: *ESHS 6th conference of the European Society for the History of Science*. 2014 (citado en página 22).
- [11] HERRERA, R G y col. “Climatological Database for the World’s Oceans 1750-1850”. En: *CLIWOC Final Report* (2003) (citado en página 23).
- [12] HILDEBRANDSSON, H Hildebrand. “Remarks concerning the nomenclature of clouds for ordinary use”. En: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 13.62 (1887), páginas 148-154. DOI: [10.1002/qj.4970136211](https://doi.org/10.1002/qj.4970136211) (citado en página 27).
- [13] HOFMANN, Alfred. *Probleme um die Wettervorhersage*. Volumen 207. Kosmos-Gesellschaft der Naturfreunde, 1955 (citado en página 25).
- [14] LORENZ, Edward N. “Deterministic Non-periodic Flow”. En: *Journal of the Atmospheric Sciences* 20.2 (mar. de 1963), páginas 130-141. ISSN: 0022-4928. DOI: [10.1175/1520-0469\(1963\)020<0130:DNF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2) (citado en página 22).
- [15] LYNCH, Peter. *The emergence of numerical weather prediction: Richardson’s dream*. Cambridge University Press, 2006, página 279. ISBN: 9780521857291 (citado en página 28).
- [16] LYNCH, Peter. “The origins of computer weather prediction and climate modeling”. En: *Journal of Computational Physics* 227.7 (2008), páginas 3431-3444 (citado en páginas 22, 28).
- [17] MAURY, Matthew Fontaine. *Explanations and sailing directions to accompany the wind and current charts*. Volumen 2. Harris, 1859 (citado en página 28).
- [18] MUÑOZ JIMÉNEZ, Rafael. “Los orígenes del Libro de las Cruces, de Alfonso X el Sabio (1ª parte)”. En: *Revista de Filología*

- de la Universidad de La Laguna 1 (1982), páginas 153-176 (citado en página 23).
- [19] MUÑOZ, Rafael. *Textos árabes del "Libro de las cruces", de Alfonso X*. Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Filosofía y Letras, 1981 (citado en página 23).
- [20] PASCUAL BLÁZQUEZ, José Luis. "Los lunaristas y la predicción del tiempo en los siglos XVIII-XIX". En: (2012) (citado en página 25).
- [21] PASCUAL BLÁZQUEZ, José Luis. "Un vacío por rellenar en la historia de la Meteorología". En: *Tiempo y Clima* 5.27 (2013) (citado en página 23).
- [22] REYNOLDS, R. "Weather Maps". En: *Encyclopedia of atmospheric sciences*. Editado por NORTH, Gerald R, PYLE, John A y ZHANG, Fuqing. Elsevier, 2003 (citado en página 28).
- [23] TRABERT, Wilhelm. *Meteorologie und Klimatologie*. Volumen 13. F. Deuticke, 1905 (citado en página 27).
- [24] VVAA (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA). *El Instituto Nacional de Meteorología : un reto tecnológico (XXV aniversario del INM)*. Madrid : C. 2004, página 224. ISBN: 84-8320-266-2 (citado en página 26).