

Vilhelm Bjerknes y los inicios de la meteorología moderna

(I)

Manuel Palomares Calderón

macalderon@mi.madritel.es

Instituto Nacional de Meteorología, INM



"Si es cierto, como cree todo científico, que las situaciones atmosféricas sucesivas se desarrollan a partir de las precedentes de acuerdo a leyes físicas, es entonces obvio que las condiciones necesarias y suficientes para la solución racional del problema de predecir el tiempo son las siguientes:

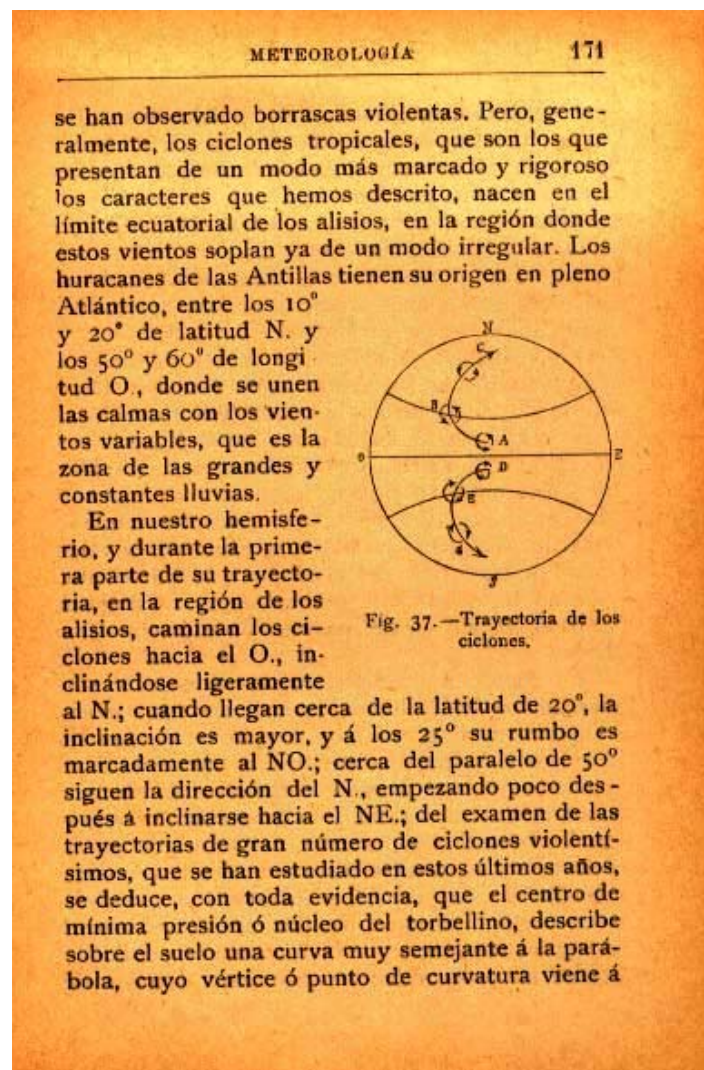
- 1. Un conocimiento lo suficientemente preciso del estado de la atmósfera en el momento inicial,*
- 2. Un conocimiento suficientemente preciso de las leyes de acuerdo con las cuales un estado de la atmósfera se desarrolla a partir de otro."*

(Vilhelm Bjerknes, 1904)

En el corto enunciado anterior se encierra el fundamento de la simulación de la evolución atmosférica mediante modelos que es la base de la predicción meteorológica en nuestros días. Han pasado casi cien años desde que Bjerknes escribió esas líneas. Ahora su afirmación parece obvia a cualquiera con un mínimo de conocimientos meteorológicos, pero no estaba tan claro para los propios meteorólogos profesionales en 1904.

La meteorología se había desarrollado hasta entonces como una ciencia principalmente empírica basada en la observación de los fenómenos y básicamente de las variables observadas en la superficie de la tierra. Se trazaban los mapas de presión en superficie y se seguía el movimiento de las depresiones y anticiclones. Si con una cierta situación la evolución había sido de tal modo, había que confiar en que con una disposición similar de las isobaras la evolución se repetiría. Por supuesto se suponía que la evolución atmosférica dependía de leyes físicas, pero no se había profundizado demasiado en su interpretación. Los meteorólogos confiaban principalmente en la observación y la experiencia.

Pero Vilhelm Friman Koren Bjerknes, nacido en Christiania (la actual Oslo) el 14 de Marzo de 1862, se propuso transformar la predicción meteorológica en una aplicación efectiva de la física del aire llevando a la práctica el programa antes mencionado. Había que observar más y mejor lo que sucedía en una atmósfera tridimensional cuyas variables en superficie ofrecen sólo una manifestación parcial de su estado; Después había que encontrar las fórmulas y ecuaciones que pudieran describir su evolución. El éxito que alcanzó en esas tareas hace que sea considerado por muchos como el padre de la meteorología moderna.



A comienzos del siglo XX la predicción meteorológica se basaba fundamentalmente en la observación y el seguimiento de las evoluciones más frecuentes. La figura recoge una página sobre el movimiento de las depresiones del manual de meteorología de D. Augusto Arcimis, primer director del Instituto Nacional de Meteorología, publicado a principios del siglo.

A menudo Bjerknes es más recordado como el fundador de la "Escuela de Bergen" que a principio de los años veinte del pasado siglo desarrolló y dio a conocer la teoría de masas de aire y frentes ligada a la estructura y evolución de las depresiones de latitudes medias, lo que supuso una revolución sin precedentes en el conocimiento de la meteorología. Pero eso fue sólo una de las culminaciones del trabajo que había iniciado veinte años antes y fruto de una época en que estaba ya cediendo el testigo a sus colaboradores en aquella ciudad noruega, entre ellos varios nombres que han pasado también a la historia de la meteorología como su hijo Jacob Bjerknes, Halvor Solberg, Tor Bergeron o Carl Gustav Rossby.

La meteorología moderna debe muchas otras contribuciones a Vilhelm Bjerknes y no son sólo sus investigaciones y descubrimientos teóricos, sino también su esfuerzo por difundirlos entre la comunidad meteorológica mundial y sus campañas para que los meteorólogos adaptasen sus actividades y procedimientos a las necesidades justificadas por la teoría. No es tan conocido, por ejemplo, que Bjerknes fuese el principal impulsor de las medidas de los niveles atmosféricos superiores mediante globos sonda o quien convenció a la comunidad meteorológica de la necesidad de usar el milibar y la altitud geopotencial en meteorología operativa. Aparte de un físico de talla excepcional, Bjerknes fue un científico eminentemente práctico y profundamente preocupado por la utilización y aprovechamiento de sus descubrimientos.

Todo ello es aún más notable teniendo en cuenta que Bjerknes inició su carrera brillantemente en otros campos de la física y que no se interesó por la meteorología hasta principios del siglo XX cuando tenía ya cuarenta años. Este artículo pretende relatar esos primeros tiempos de su carrera científica y el giro que esta dio llevándole, casi sin pretenderlo, hacia las ciencias atmosféricas y la meteorología. Si los editores de la RAM son generosos este trabajo continuará en otro número describiendo la etapa de creciente implicación de Bjerknes en la meteorología teórica y práctica, y en una tercera entrega con el descubrimiento del frente polar y las demás aportaciones fundamentales de la Escuela de Bergen en los años veinte.

Una carrera marcada por la lealtad filial



El joven Vilhelm Bjerknes

En la Exposición Internacional de Electricidad de París, en 1881, de los once Diplomas de Honor, siete fueron concedidos a concursantes extranjeros, entre ellos Thomas Edison, Alexander Graham Bell, Werner Siemens, William Thomson (Lord Kelvin) y junto a esos famosos inventores y científicos, a una pareja de desconocidos noruegos: Anton Bjerknes y su hijo Vilhelm. El joven Vilhelm, un estudiante de la universidad de Oslo, fue quien personalmente explicó y demostró el funcionamiento de un sistema de esferas pulsantes y otros artilugios que reproducían fenómenos eléctricos y magnéticos conocidos.

Vilhelm había tenido una intervención destacada en el diseño y construcción de esos aparatos caseros que en realidad pretendían apoyar experimentalmente la investigación en que su padre estaba inmerso desde hacía años. Carl Anton Bjerknes (1825-1903), profesor de matemática aplicada en la universidad de Oslo llevaba mucho tiempo obsesionado con demostrar que las fuerzas newtonianas ejercidas en un espacio vacío eran en realidad fuerzas que se producían y propagaban a través de un fluido contenido en el espacio, una idea ya sugerida por Euler. Si la inercia y los principios de las fuerzas gravitatorias y los de otras como las magnéticas y eléctricas podían aplicarse al movimiento de cuerpos dentro de un fluido podría probarse que tales fuerzas se ejercían a través del éter, un medio desconocido. Los instrumentos que los Bjerknes presentaron en la exposición de París mostraban interesantes analogías hidrodinámicas con las fuerzas ejercidas a distancia.

Pero Bjerknes, padre, trabajaba bastante aislado y escasamente conectado con los principales físicos de final del siglo XIX. En cambio su hijo Vilhelm obtuvo después de licenciarse una beca para ampliar estudios en París y durante 1889-90 asistió a las clases de matemáticas de Hermite y Picard y a las de mecánica y física matemática de Mascart, Poincaré y otros de los mejores profesionales de la época. Al tiempo que iniciaba su propia carrera en la física teórica, se proponía continuar colaborando en el programa de investigación de su padre. Sus perspectivas para ambos objetivos no pudieron hacerse más prometedoras durante el año 1890: el célebre físico alemán Heinrich Hertz acababa de demostrar la existencia de ondas electromagnéticas propagadas a través del espacio y algunos físicos empezaron a pensar que dichas ondas se propagaban mediante el mismo medio a través del cual actuaban las fuerzas ejercidas a distancia. Desde París Vilhelm Bjerknes escribió a Hertz pidiéndole estudiar en su laboratorio de la universidad de Bonn y con veintiocho años se convirtió en el ayudante del científico que estaba realizando algunos de los experimentos más novedosos en la historia de la física.



Heinrich Rudolf Hertz, nacido en Hamburgo en 1854, puso de manifiesto la existencia de las ondas electromagnéticas, que ya había predicho James Maxwell. En una serie de célebres experimentos durante 1886-90, fue el primero en detectarlas y emitirlos probando que viajaban a la velocidad de la luz y que podían transmitir la electricidad. Los inventos de la radio, la televisión y el radar tienen su origen en dicho descubrimiento y en honor de Hertz se llamó Herzio a la unidad de frecuencia eléctrica. En el curso de sus investigaciones descubrió también el efecto fotoeléctrico. Desgraciadamente el gran físico alemán murió antes de cumplir 37 años. Vilhelm Bjerknes fue su íntimo colaborador en Bonn entre 1890 y 1892

La colaboración de Bjerknes con Hertz durante los dos años siguientes fue fructífera especialmente en el estudio y experimentos de fenómenos de resonancia, que tuvieron después bastante influencia en el desarrollo comercial de la radio. Sin embargo el joven físico dedicó mucho esfuerzo al trabajo de laboratorio, casi sin ayuda, sintiendo que eso le impedía dedicarse a investigaciones más generales y por otra parte conocía el deseo de su padre para que continuara ayudándole en la investigación sobre las analogías hidrodinámicas. Hertz había depositado una enorme confianza en su colaborador y esperaba que se quedase en Alemania, pero Bjerknes regresó a Noruega en 1892.

En Oslo Vilhelm Bjerknes se doctoró con una tesis sobre las ondas hertzianas y en 1893 obtuvo un puesto de profesor e investigador en la Höghskola (Escuela Técnica Superior) de Estocolmo (Noruega formaba en esa época parte del reino de Suecia). Se trataba de una reciente institución científica que pretendía competir con las más tradicionales universidades de Upsala y Lund. Allí continuó las investigaciones que había iniciado con Hertz y publicó algunos trabajos con notable éxito internacional. Pero bajo la cercana insistencia de su padre volvió a dedicar frecuentes esfuerzos a la relación de la hidrodinámica con las fuerzas a distancia.

De hecho había surgido en Vilhelm una inquietud relacionada con ese trabajo, pero aún más ambiciosa: la idea de ampliar los fundamentos de la mecánica de forma que pudieran aplicarse también a la electricidad y el magnetismo. Las fronteras que limitaban esos campos de la física desaparecerían si demostraba la naturaleza mecánica de los campos eléctricos y magnéticos. Lográndolo el propio Vilhelm obtendría un reconocimiento imperecedero en la historia de la ciencia, además de reivindicar el trabajo de su padre sobre las analogías hidrodinámicas. En 1895 decidió consagrarse enteramente a ese programa y abandonó para siempre su trabajo sobre las ondas electromagnéticas. Algunos de los últimos estudios sobre los principios de la mecánica de Hertz, que había muerto prematuramente en 1894, apuntaban en la misma dirección, lo que hizo que Bjerknes se sintiera aún más motivado.

Años de frustración

Durante los últimos años del siglo Bjerknes llevó a cabo un trabajo agotador encaminado principalmente a reunir las investigaciones de su padre y las suyas propias en un libro que marcara un hito en la física teórica y en 1899 solicitó la excedencia temporal en la höghskola para supervisar la publicación en Alemania. Pero justo entonces Bjerknes empezó a comprobar que su trabajo llegaba en mal momento. La física estaba ya iniciando el vuelco fundamental que experimentaría durante el siglo XX y la capacidad de la mecánica para explicar el electromagnetismo se estaba poniendo en cuestión a favor de las teorías que atribuían a los intercambios de energía un papel fundamental en los fenómenos físicos. Esa visión no materialista se había reforzado con el descubrimiento de partículas elementales, los electrones, y los estudios al respecto del gran físico holandés H. A. Lorentz.



Hendrik Antoon Lorentz nació en Arnhem, Holanda, el 16 de Julio de 1853. Investigó las cargas eléctricas en los átomos y desarrolló la teoría matemática de los electrones, por lo que recibió el premio Nóbel de 1902 junto con Zeeman que verificó experimentalmente dicha teoría. En esa época trató detalladamente con Vilhelm Bjerknes las cuestiones relativas a los fundamentos mecánicos de la física.

Tras discusiones con Max Planck y Otto Wiener en Alemania, Bjerknes ya había aceptado redactar su libro en un tono conciliatorio con las nuevas teorías, pero desde el momento de publicarse los dos volúmenes (1900 y 1902) comprendió que no tendrían el impacto que esperaba. Se reconocía que había dado el tratamiento más completo hasta la fecha a las analogías hidrodinámicas con las fuerzas a distancia, pero era el propio enfoque básico lo que se cuestionaba. No era un rechazo completo, y el propio Lorentz animó a Bjerknes a seguir investigando sobre los fundamentos mecánicos de la física, pero, cada vez más, Bjerknes sintió el aislamiento y la falta de interés de sus colegas. Otras circunstancias aumentaron su frustración. Tras instituirse en 1900 el premio Nóbel de física Bjerknes pensaba que Estocolmo se convertiría en un centro líder en investigación, ofreciéndole mayor influencia y difusión para su trabajo, pero nada de eso sucedió y, a pesar del apoyo del premio Nóbel de química Svante Arrhenius, su amigo y colega en la universidad de Estocolmo, ni siquiera fue elegido miembro del Comité del Premio. A principios del siglo XX el físico que había iniciado tan prometedoramente su carrera se encontraba abocado a permanecer largo tiempo en la oscuridad científica.

Una puerta imprevista hacia la atmósfera. El teorema de la circulación.

Entre las importantes aportaciones de Vilhelm Bjerknes estaba un nuevo enfoque que superaba uno de los postulados de la hidrodinámica de fluidos clásica según el cual la distribución de densidad de un fluido dependía sólo de la presión. Bjerknes consideró, de acuerdo con el mundo real, que la densidad depende también de otras variables como la temperatura y la composición del fluido. Aplicando esa noción llegó a resultados muy diferentes de los teoremas de Helmholtz y Kelvin sobre conservación de vórtices: Del hecho de que la densidad puede variar para un mismo valor de presión (distribución "baroclina") se deriva la formación y desaparición de los movimientos circulares. Bjerknes presentó por primera vez en 1897 sus resultados sobre vórtices y movimientos circulares, entre ellos la versión inicial del famoso "teorema de la circulación". Ni siquiera mencionó su posible aplicación al movimiento de la atmósfera. Su interés por la meteorología era prácticamente nulo y, como siempre, su obsesión era utilizarlos para demostrar el fundamento mecánico del electromagnetismo y las fuerzas a distancia.

Por fortuna otras personas lograron atraer el interés de Bjerknes hacia las aplicaciones atmosféricas de sus resultados teóricos. En particular Nils Ekholm un meteorólogo del servicio sueco, formado en la universidad de Upsala, y muy implicado en los proyectos de expediciones al Polo Norte en globo. Era, como Bjerknes, gran amigo de Arrhenius y a través de éste no tardó en contactar con Vilhelm y hacerle ver la importante utilidad del teorema de la circulación para estudiar los movimientos tridimensionales de la atmósfera y entender la naturaleza y evolución de las depresiones.

A partir de 1898, y aunque seguía absorbido por su trabajo sobre los fundamentos de la física, Vilhelm Bjerknes empezó a mostrar cierto interés por la geofísica y las aplicaciones meteorológicas y oceanográficas de sus teorías hidrodinámicas. La posibilidad de realizar observaciones de la atmósfera superior mediante globos y aparatos registradores, según las sugerencias de Ekholm, podía servir para experimentar y ampliar esos resultados. En la misma época la Sociedad de Física sueca aprobó un proyecto para diseñar y fabricar instrumentos de observación a bordo de globos ofreciendo a Bjerknes la disponibilidad futura de los datos.

Aunque se sentía reacio a implicarse más en esas investigaciones, a Bjerknes le costaba también permanecer ajeno a las mismas. Y durante los años siguientes, casi sin pretenderlo empezó a gestarse el cambio de orientación de su carrera. Al tiempo que comprobaba el desinterés de sus colegas por su obra sobre los fundamentos mecánicos de la física, su todavía modesta implicación en las ciencias atmosféricas era objeto de un interés creciente. En cuanto su trabajo fue conocido fuera de Suecia, meteorólogos prestigiosos como el norteamericano Cleveland Abbe o el austriaco Julius Haan solicitaron sus artículos para las revistas que dirigían y empezó a recibir atención y apoyo de otros países. Veía además que en este nuevo campo le resultaba mucho más fácil crear escuela y reunir colaboradores. En 1901 Bjerknes publicó "Circulación relativa a la Tierra" un trabajo donde desarrollaba la formulación clásica del teorema de la circulación aplicado a la atmósfera, incluyendo ya los efectos de la rotación de la tierra y del rozamiento con la superficie. En esa época dividía ya su tiempo a partes iguales entre la geofísica y su trabajo teórico anterior. Había comenzado a reunir a algunos colaboradores de valía y fue entrando en contacto más estrecho con los investigadores geofísicos y los servicios meteorológicos de otras partes del mundo.

Todo parecía haberse confabulado para hacerle recapitular. Cuanto más dificultoso encontraba el camino que había emprendido con su padre, fallecido en 1903, más se abría esa nueva puerta hacia la física del aire y la meteorología. En 1905, poco después de anunciar el programa que encabeza este artículo, fue invitado a dar unas conferencias en Estados Unidos y la institución Carnegie, impresionada, le otorgó una generosa beca para continuar sus investigaciones, una ayuda que siguió renovándole hasta que tuvo 79 años. Por fin, a principios de 1906, Vilhelm Bjerknes anunció su propósito de dedicarse enteramente a las ciencias atmosféricas y la meteorología.

Manuel Palomares Calderón
Febrero 2003
macalderon@mi.madridtel.es

Referencias.- Este trabajo es fundamentalmente una adaptación y resumen del clásico "Appropriating the Weather" de Robert Marc Friedman, un apasionante libro sobre Vilhelm Bjerknes y la construcción de la meteorología moderna. También he recurrido a diversas publicaciones sobre historia de la ciencia.

ram@meteored.com