

## EL ARTE DE CONOCER EL TIEMPO

José Amestoy Alonso\*

José Amestoy García

\* Universidad Nacional de Educación a Distancia  
Centro Regional de Cartagena  
C/ Ingeniero de la Cierva s/n

### **Resumen:**

*Pronosticar el tiempo atmosférico es una de las tareas más apasionantes y difíciles que realizan los expertos en climatología y meteorología. Desde los tiempos más remotos se ha estudiado las condiciones de la atmósfera y los “pronosticadores” del tiempo han practicado el arte de conocer el tiempo valiéndose de la mitología, superstición, intuición, de los ciclos celestes y estacionales para tratar de pronosticar los fenómenos naturales atmosféricos. Presagios, proverbios y dichos populares sirvieron para estudiar las condiciones naturales; observaciones naturales de la madre naturaleza estimularon la indagación de los fenómenos climáticos y meteorológicos. Poemas épicos y textos filosóficos de civilizaciones antiguas están impregnados de dichos populares sobre el tiempo. En algunas civilizaciones antiguas el conocimiento de algunos fenómenos naturales es una mezcla de mitología y astrología. Poco a poco se produce una aproximación científica a la meteorología, que imparablemente ha llevado al conocimiento científico del tiempo, entendiendo el cómo y el por qué de los fenómenos meteorológicos y climáticos. Para ello han tenido que transcurrir cientos de años, y en la actualidad las predicciones fiables de pronóstico del tiempo no sobrepasan los siete días y con una mayor fiabilidad dentro de las 72 primeras horas, utilizando todos los medios e instrumentos que proporcionan los satélites espaciales meteorológicos.*

**Palabras clave:** Tiempo, mitología, astrología, meteorología, METEOSAT, satélites espaciales meteorológicos.

### **Introducción:**

No hay un tema más adecuado para iniciar una conversación que el del tiempo y sus caprichos. Es un tema neutral, sin elucubraciones metafísicas, políticas, ni sociales al que siempre se puede recurrir. Todos nos sentimos preocupados a causa de un verano exageradamente caluroso y seco, o un invierno con nieve y rigurosas heladas, o por las torrenciales lluvias de otoño, que destruyen más que construyen, y como no, por la constante sequía.

Junto con la aridez y la indigencia de precipitaciones (sequía) debemos destacar, desde el punto de vista climático, el rigor de las temperaturas. Es tema socorrido por los tertulianos, cobijados en la sombra de una terraza, en la playa bajo la sombrilla, en la ciudad en busca de sombra bajo los árboles o en el pueblo, cuando la canícula veraniega azota. Abrigándose en los fríos días de invierno

En estas situaciones de temperaturas extremas del verano o invierno son frecuentes las informaciones y discusiones sobre el calor o el frío y su efecto sobre el comportamiento y la salud de las personas; en los medios de comunicación se tratan estos temas compareciendo con frecuencia psicólogos, psiquiatras y meteorólogos. Cuando los valores de temperaturas son muy altos y persistentes, son normalmente utilizados en Meteorología para definir o calificar los llamados fenómenos adversos, que pueden aplicarse de igual modo a las olas de frío

En muchas ocasiones hemos experimentado, de acuerdo con [www.eda.etsia.ump.es](http://www.eda.etsia.ump.es), que la sensación de calor o frío no sólo depende de la temperatura sino que intervienen otros factores como la humedad relativa del aire o el viento. De este forma, si hace frío y además sopla viento la sensación de frío es mayor, a su vez la combinación de calor y humedad puede provocar una sensación agobiante de bochorno.

Cuando se habla de precipitaciones todos tenemos el concepto de que son sinónimas de lluvias pues éstas pueden precipitar en forma líquida- lluvia, llovizna o chubasco- sin embargo, conviene matizar que también precipita en forma sólida –nieve, granizo, pedrisco– y que también se puede hablar de precipitación invisible –rocío, niebla– al margen de escarcha. Los valores de precipitaciones que figuran en cada día corresponden a las 24 horas que terminan, bien a las 8 horas, bien a las 7 horas del día siguiente, según la red a que pertenece la estación.

Solemos estar pendientes de las noticias de los telediarios y de los resúmenes del tiempo en los periódicos, diarios, prensa, etc., pero en contadas ocasiones nos paramos a pensar en el trabajo que realizan, antes y ahora, los “hombres y mujeres del tiempo”, pronosticadores a los que algunos, en ocasiones, les “culpan” cuando un día sale gris, lluvioso, tormentoso o insoportable de calor y bochornoso por la elevada humedad. Cómo es su trabajo, qué instrumentos utilizan, son interrogantes que a menudo no nos preguntamos.

Pronosticar el tiempo requiere el conocimiento de la atmósfera y de los caprichos de la dinámica atmosférica; conocer y estudiar las temperaturas, las precipitaciones, los vientos, realizar mapas, utilizar el barómetro, el pluviómetro, los termómetros de máxima y mínima, anotar datos y procesar los enviados por la red de observatorios, por los satélites meteorológicos espaciales, etc., son entre otros, los múltiples trabajos que tienen que realizar. Conocer el tiempo y sus veleidades es una ciencia, la meteorología, a la vez que un arte del que los “hombres y mujeres del tiempo” tienen que hacer gala cada vez que interpretan un mapa sinóptico del tiempo.

Dividimos este artículo en seis apartados: Los inicios, el conocimiento astro meteorológico, la meteorología científica, el conocimiento meteorológico náutico, la meteorología sinóptica y los satélites meteorológicos espaciales; hacemos un breve recorrido desde la intuición climática de la Prehistoria pasando por las civilizaciones de la antigüedad donde se inician las observaciones astronómicas y meteorológicas hasta

los dichos populares, proverbios y presagios antiguos; los filósofos y científicos musulmanes recopilan y enriquecen el conocimiento meteorológico gracias a las observaciones astronómicas; durante la Edad Media el conocimiento meteorológico estuvo bloqueado por la Iglesia, aunque se sigue trabajando en el conocimiento astro meteorológico. Con la revolución científica se inicia en conocimiento moderno de la meteorología, y por defecto de la climatología; es interesante conocer cómo ha evolucionado la meteorología náutica, la que ayudó en parte a un mejor conocimiento del viento, presión, humedad y otros aspectos meteorológicos.

En el primer tercio del siglo XIX con el invento del telégrafo de Samuel Morse se inicia la meteorología sinóptica con la aparición de los primeros mapas sinópticos. En 1957 desde la antigua URSS se lanza el Sputnik I y en 1960 EE.UU. lanza el primer satélite meteorológico equipado, convirtiendo así la idea de obtener una visión global del tiempo desde el espacio en una posibilidad práctica.

## **1.- Los inicios:**

Los pronosticadores y “hombres y mujeres del tiempo” han practicado su arte desde los tiempos más remotos. No vamos a glosar una historia meteorológica, tan sólo referiremos una breve semblanza histórica en la que se refleja, en parte, el desarrollo de las creencias populares, ideas y conocimiento a lo largo de los siglos. El arte de conocer el tiempo y sus variables tiene unos orígenes poco claros e inmersos en la mitología, no se parece en nada a los métodos científicos que emplean la tecnología moderna. Probablemente nunca se sabrá cuándo la humanidad empezó a formular reglas para conocer el tiempo. Según Gribbin, J. (1988), en la Prehistoria la forma de vida recolectora y cazadora dependía fundamentalmente de los caprichos de la climatología; intuitivamente se conocieron los elementos climáticos; en la actualidad se ha perdido la intuición del tiempo atmosférico, sólo quienes siguen dependiendo de las condiciones climáticas la conservan. La antigua sabiduría sobre cuestiones de la naturaleza y concerniente a la regularidad de los ciclos celestes, base de los primeros calendarios, incluía los cambios cíclicos de la Tierra y llegó a correlacionarse con el estudio de los fenómenos naturales.

En Mesopotamia, según Nack, E. (1966), en las tierras altas de Armenia nacen dos ríos a muy poca distancia entre sí: el Éufrates, al Oeste, y el Tigris, al este. Ambos fluyen hermanados en dirección sudoriental, por la árida estepa pardo-amarillenta que, a lo largo de uno 700 km., y con una anchura que oscila entre 200 y 300 m., se extiende entre la meseta de Irán y el desierto arábigo. Desde los días de Alejandro Magno, esta llanura se conoce con el nombre griego de Mesopotamia, es decir, “país entre ríos”, por su situación en medio de las dos corrientes fluviales; en estas tierras el ciclo estacional estaba definido por observaciones astronómicas y meteorológicas.

En Egipto las estaciones estaban definidas y dependían de las crecidas y bajadas del Nilo. Cinco mil años atrás, los moradores del angosto valle del Nilo en su tramo egipcio, de una longitud de 1.100 km.-el mayor oasis fluvial del Globo-, esperaban, lo mismo que hoy, anhelantes, la crecida anual del río. Pues el agua del río es alimento, es vida para el hombre, el animal y la planta; sin ella, el valle estaría condenado a morir. La veneración de que era objeto el río creció en la antigüedad hasta convertirse en

auténtico éxtasis; fue transformado en un ser superior, santo y benéfico, el Hapi, como lo llamaban los egipcios, a quienes llevaba la negra tierra fértil que dio nombre a su vieja patria: Kemet, es decir, “la tierra negra”, por contraste con el desierto, la “tierra roja”. Todavía hoy, el mar lindante con ésta sigue llamándose Mar Rojo. Pero lo griegos cambiaron el nombre del país por el de Aigypptos, apelativo que se difundió por todo el mundo y que ha conservado hasta hoy.

La aparición periódica de estrellas en determinadas constelaciones, como el nacimiento de Sirio, la Canícula, indicaba las fases cíclicas de inundación y sequía. El milagro de la crecida se inicia con gran regularidad a comienzos de junio en Asuán, y un mes más tarde, en el Bajo Egipto, es decir, en un tiempo en el que el nivel de los ríos europeos empieza a decrecer. Durante más de tres meses, las fangosas aguas corren hacia el mar, y alcanzan su nivel máximo en el Bajo Egipto a principios de octubre. El nivel mínimo del Nilo se registra en los meses de mayo y junio. La diferencia entre los niveles máximo y mínimo era en promedio, cerca del El Cairo, de 8 metros. Si quedaba sólo 1 metro por debajo del nivel normal, el resultado era la sequía y el hambre; si ascendía por encima del nivel habitual, eran de esperar roturas de diques y asolación de campos. Por eso se hacían rogativas, pidiendo que se alcanzase sólo los 16 codos que era la justa medida. Esto mismo significan los 16 niños del grupo escultórico en mármol que se conserva en el museo del Vaticano y que representa el Nilo. Plinio el Viejo expresó así la escala pluviométrica de trascendental valor: a 12 codos, hambre; a 13, suficiencia; a 14, alegría; a 15, seguridad; a 16, superabundancia.

Ante la importancia del nivel de las aguas, no se tardó en efectuar mediciones por medio del nilómetro. De estas medidas milenarias se han encontrado 20 desde Asuán hasta El Cairo. Se sabe de un nilómetro que había en la fortaleza de Semme, en la segunda catarata. Gracias a él era posible conocer muy pronto el nivel del agua y comunicarlo al Bajo Egipto. Los valores fluviométricos se han conservado grabados en las rocas hasta nuestros días. Los más conocidos, existentes aún, se hallan en la isla de Roda. Se trata de pozos en el que el agua del Nilo sube exactamente a la misma altura que el lecho fluvial. El pozo en gradas de Elefantina se conserva exactamente tal y como lo describió Estrabón, quién bajó sus escalones. La fijación del nivel del agua tenía también importancia en la Antigüedad por el hecho de que el establecimiento de los impuestos resultaba de la altura alcanzada por el Nilo en los diferentes períodos. Tan pronto como se producía la primera subida, era comunicada a toda la población, por medio de emisarios o señales de humo, la proximidad de la avenida. La mayor parte de los nilómetros deben encontrarse actualmente sumergidos en el lago Nasser. No obstante, los nilómetros localizados hasta la fecha y los registros conservados de estos y otros nilómetros están mostrando ser excepcionalmente útiles incluso en nuestros días. Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) están utilizando las antiguas mediciones egipcias de los nilómetros para establecer la periodicidad del fenómeno climático del Nilo.

También en la Antigüedad se atendía a los riegos de lugares más elevados por medio de otros dispositivos como eran el “schaduf” y el “sakiye”, norias muy primitivas. A los egipcios también se debe la invención del calendario en relación con las crecidas del Nilo sobre el año 2772, año en que coincidió el año civil con la salida de Sotis (Sirio), es decir, durante la I o II dinastía. El calendario se basó en las necesidades agrícolas del pueblo campesino egipcio. El año se dividió en tres períodos de cuatro meses cada uno: la estación de la inundación, desde mediados de junio hasta mediados de octubre; la de

la siembra (invierno), desde mediados de octubre hasta mediados de febrero, y la de la recolección (verano), desde mediados de febrero hasta mediados de junio. El mes tenía 30 días; añadiendo 5, los epagómenos, primero al principio y más tarde a final del año, se obtuvieron los 365 días. Al correr el tiempo se vio que el año civil nilótico era un cuarto de día más corto que el de Sotis, que es igual a nuestro año solar (Nack, E. 1966).

Fue en Egipto cuando se hizo uno de los primeros y más famosos pronósticos a largo plazo cuando según el Génesis, José interpretó un sueño del faraón como la llegada de siete años de hambre que serían seguidos por siete de prosperidad, una profecía que posiblemente se basó en el ciclo de 14 años descubierto por sacerdotes-astrónomos egipcios para las crecidas del Nilo.

De acuerdo con [www.directemar.cl/meteo](http://www.directemar.cl/meteo), el conocimiento de las fluctuaciones del tiempo a más corto plazo, así como períodos extemporáneos de frío, calor, lluvia o sequía se hizo necesario. Uno de los primeros avances de la meteorología fue comprender que ciertos tipos de tiempo solían seguir a la aparición de determinados fenómenos. El primer indicio meteorológico parece ser que se desarrolló independientemente en distintas partes del mundo antiguo, ello ocurrió en los valles del Éufrates y Tigris, el valle del Nilo, del Indo, del Amarillo y en las costas mediterráneas. Del conjunto de presagios, proverbios y dichos populares, se extrajeron una serie de signos que se consideraban indicativos de acontecimientos futuros: algunos basados en la mitología y superstición, otros a base de cuidadosas observaciones del fenómeno natural, como aspecto del cielo, vientos, migración de las aves, foliación de los árboles, etc. Los poemas épicos y textos filosóficos de las civilizaciones antiguas están impregnados de dichos populares acerca del tiempo; así, los poemas épicos babilónicos del 2.000 a de C. contienen explicaciones gráficas de la creación y del diluvio, “que evocan el poder de los dioses sobre los fenómenos atmosféricos”.

“El episodio del Diluvio universal, que encontramos en el Antiguo Testamento, aparece ya en la literatura sumeria aunque en forma distinta. Esta versión, la más antigua de las crónicas sobre dicho diluvio, se descubrió en una tabla de arcilla en Nippur; constaba, completa, de 300 líneas como mínimo; 37 del principio se han perdido: Los dioses habían resuelto exterminar a la humanidad por medio de una espantosa inundación. Pero varias divinidades consideraban la decisión excesivamente dura y quisieron salvar al género humano de la destrucción total. Ziusudra era entonces rey y sumo sacerdote. Un dios le anunció el próximo diluvio, y él, siguiendo su consejo, construyó un barco, provisto de un buen tejado, en el que Ziusudra, con sus familiares y animales de toda especie, resistieron los siete días con sus noches de lluvias torrenciales. El arca estuvo flotando a merced de las olas hasta que apareció el dios solar Utu e iluminó el cielo y la tierra. Ziusudra abrió una escotilla, y la luz del cielo encendió su rostro. Entonces el príncipe, con todos los seres humanos y animales, abandonaron la casa de madera. Prosternándose ante Utu, el sacerdote sacrificó al dios un buey y le entregó valiosas ofrendas. Las plantas volvieron a brotar del seno de la tierra. Pero el rey, cual un dios, recibió una vida en el remoto occidente. Allí sería visitado un día por su descendiente Gilgamesh, el <<buscador de la vida>>. Gilgamesh fue un rey de Uruk que, según la leyenda, levantó la gigantesca muralla de esta ciudad, de 9,5 km. de longitud. Convirtiéndose en el héroe mítico de la máxima epopeya del Oriente antiguo”, según Nack, E. (1966).

La época de Hammurabi fue uno de los períodos más venturosos que vivió Mesopotamia. Durante su gobierno se redactaron en forma clásica, en lengua acadia, las dos obras magnas de la literatura mesopotámica: la epopeya de la creación del mundo y la de Gilgamesh, cuyo núcleo esencial y primera versión en cantos yuxtapuestos, un tanto incoherentes, se retrotraen, sin duda, a los sumerios. Constituyen el preludio remoto de la literatura occidental, según el mismo autor. “La epopeya del Gilgamesh, incluye referencias a una violenta tormenta y descripciones de vientos huracanados, lluvia torrencial y las desastrosas inundaciones fechadas unos 1.000 años antes que la versión bíblica”. Gilgamesh buscaba el secreto de la vida eterna; dándose cuenta de su imposibilidad se abrió en él la consoladora idea de que, si bien le sería negado vivir en juventud eterna, su obra, las gigantes murallas, con sus monumentales puertas y poderosas torres, desafiarían los siglos; de que el hombre se inmortaliza únicamente en su obra. Así, pues, ya en esta remota narración de la literatura universal, resuena el acorde sordo, característico de la epopeya, del destino mortal de todas las criaturas, acorde que se percibe también en la épica homérica y germánica.

Los babilonios guardaban sus documentos en tablillas de arcilla. Los astrólogos caldeos y babilonios se encargaban de predecir fenómenos terrestres y astronómicos, para ello se basaban en observaciones del movimiento de la Tierra, fenómenos ópticos y aspectos del cielo. Utilizaban, generalmente, los halos lunar y solar y distinguían dos tipos diferentes, el pequeño de 22 grados (tarbasu) y el mayor de 46 grados (supuru). Esta ciencia popular incluía la experiencia de generaciones pasadas de las gentes que vivían al aire libre, llegó a ser parte constituyente de las tradiciones orales en las sociedades primitivas, que empezó a conservarse por escrito en torno al año 3.000 a. de C.

En las civilizaciones antiguas, poemas épicos y textos filosóficos son ricos en dichos populares acerca de la climatología, así los babilónicos guardan poemas épicos en los que explican numerosos fenómenos atmosféricos; los chinos vaticinaban la llegada de las estaciones mediante las estrellas, de eso hace ya más de 3.000 años; en el siglo III a. de C. habían establecido un calendario agrícola basado en acontecimientos fenológicos y meteorológicos, dividiendo el año en 24 “festividades”. “En general los pueblos antiguos consideraban los fenómenos naturales como manifestaciones del poder divino. Los sacerdotes rezaban ritos para obtener la benevolencia de los dioses y en épocas de malas cosechas y hambre, se les ofrecían sacrificios para aplacar su cólera. Entre las entidades divinas que se creían que controlaban el mundo físico se encontraban: los dioses védicos de los indios, el Morduk de los babilonios, Osiris de los egipcios, el Yahvé de los hebreos y muchas de las deidades del Olimpo, como Zeus y Poseidón. Cualquier intento de explicar los fenómenos atmosféricos por causas naturales estaba condenado y provocaba enfrentamientos entre la religión y la ciencia, que continuaron durante muchos siglos” ([www.directemar.cl/meteo](http://www.directemar.cl/meteo)).

Cuando surge la antigua civilización griega, el conocimiento de algunos fenómenos atmosféricos era una mezcla de mitología y astrología, junto al conocimiento empírico basado en observaciones correctas de los fenómenos naturales. Con los poemas épicos (La Odisea y La Ilíada, que datan del siglo IX a de C.) evidenciaban residuos de actitud primitiva, Zeus estaría a cargo del aire y Poseidón del mar, pero poco a poco se abordó el tema de forma más racional, primando la observación práctica y en los textos filosóficos de los antiguos griegos se produce una aproximación más racional y de sentido común de los fenómenos naturales. En tiempos de Aristóteles, siglo IV a de C., se produjo una aproximación científica a la meteorología. En su “Meteorología”,

objetivamente se discutían muchos elementos del clima; sin embargo, en aquellos tiempos al igual que hoy, la gente estaba más interesada en conocer el tiempo que iba a hacer, que en entender el cómo y el por qué; en esta época, se confeccionaban calendarios meteorológicos (“parapegmata” o calendarios “de colgar” que se exhibían en los edificios públicos), precursores de las modernas estadísticas climáticas.

Con los romanos continuo el interés por las cuestiones meteorológicas, compilando enciclopedias de ciencias naturales; las más conocidas son la *Naturalis Historia*, de Plinio (recopilación de unos dos mil trabajos de autores griegos y romanos), y el *Tetrabiblos*, de Claudio Tolomeo (previsto de un resumen de los signos meteorológicos que se convirtió en la autoridad básica para la predicción del tiempo en la Edad Media). Por su importancia para el estudio de la meteorología y geografía, sintetizamos algunos aspectos de la obra de Tolomeo: Científico helenístico que cultivo casi todas las ramas del saber, pero que es principalmente conocido por su gran obra astronómica, el *Almagesto*. Es un tratado de astronomía matemática en trece libros. En él, a partir de todas las observaciones que pudo conocer – las más antiguas, babilónicas de principios del primer milenio a. de C., y las más recientes, las suyas propias-, estableció que la Tierra se encontraba en el centro del universo y que a su alrededor giraban, en orden creciente de distancias, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y las estrellas. Este sistema geocéntrico estuvo vigente hasta que a partir del s. XVI se fue imponiendo, progresivamente, el de Copérnico. Entre sus obras destacan también las Tablas manuales, resumen práctico, para el cálculo, del *Almagesto*; sus Hipótesis planetarias, simplificación de cómo concebía la constitución de los cielos; Las fases astronómicas- astronomía popular de tipo calendario-; el Analema, en que explica la construcción de aparatos como los relojes de sol; el Planisferio, en que da las reglas para la fabricación del astrolabio plano y, como hemos señalado, una obra astrológica, el *Tetrabiblos*, que tuvo tanta audiencia como el propio *Almagesto* entre los eruditos medievales. Pero la gran obra de Tolomeo fue su Geografía, conjunto de ocho libros en que da las coordenadas geográficas de todo los topónimos de que tiene conocimiento, fijando el principio de las longitudes en las Islas Afortunadas (Canarias) y el de las latitudes en el Ecuador. Como quiera que también estableciera las normas de algunas proyecciones geográficas, sus datos pudieron- y pueden- representarse gráficamente. Y esto facilita, sin duda, la comparación visual de los continentes y océanos tal y como él los concebía y como son en realidad.

## **2.- El conocimiento astro meteorológico:**

Con el Islam, después de la muerte de Mahoma en el 632 d. de C., el conocimiento griego, romano, persa e indio se recopiló y enriqueció, gracias a numerosos filósofos y científicos musulmanes, que hicieron del Islam el centro de la civilización en los siglos VIII y IX, donde la meteorología se basó en las observaciones astronómicas. Con los musulmanes se fomentó la creencia popular y tradicional de que el tiempo se pronosticaba con el estudio de los cuerpos celestes. Ideas contrarias fueron las de Roger Bacon en el siglo XIII que defendió la experimentación de la ciencia basada en la observación de los fenómenos naturales; Según Aguirre y Respaldiza, A., (1935), R. Bacon, religioso franciscano, sabio y científico inglés, conocido por Doctor Mirabilis; su interés se dirigió desde el primer momento hacia la ciencia experimental, en la que habría de conquistar su mayor gloria. Después de 1268 escribió en Oxford sobre ciencias naturales, filosofía teología, lógica y matemáticas. Su creencia en la Astrología

y Alquimia era compartida por los sabios de su época. Dominó todo el campo de la ciencia y pseudo ciencia de su época, comprendida la fabricación de la pólvora y la construcción y empleo de lentes. Sus escritos contienen visiones anticipadas del telescopio y microscopio, las máquinas de vapor, los aviones y la circunvalación de la Tierra. Sus conocimientos astronómicos le permitieron descubrir algunos errores en el calendario juliano.

A pesar de estas ideas prevaleció la teoría aristotélica como verdad infalible e indiscutible incorporándose a la doctrina de la Iglesia romana, lo que bloqueó el progreso de la meteorología. Es la época de las profecías basadas en el movimiento de las estrellas y de los planetas; así surgió la “Carta de Toledo” de 1185 del astrónomo Johannes de Toledo que predijo que todos los planetas entrarían en conjunción trayendo consigo hambre y destrucción. Esta predicción fue falsa, lo que no fue óbice para que en los dos siglos siguientes se hicieran más “cartas toledanas” con predicciones y calamidades parecidas.

Durante la Edad Media y hasta el siglo XVII, el saber climático y meteorológico, al igual que la ciencia, estuvo dominado por la Iglesia, lo que originó un absoluto bloqueo de todo progreso meteorológico; no obstante, el saber popular continuó y prueba de ello, es la abundancia de observaciones meteorológicas diarias puestas a disposición de los meteorólogos por muchos individuos de la Europa medieval. El auge de la astro meteorología empezó en los últimos años de la Edad Media y duró hasta el nacimiento de la meteorología científica en el siglo XVII.

N. Oresme en el siglo XIV creía que el pronóstico del tiempo sería posible sólo conociendo sus reglas exactas. El principal corpus de meteorología medieval es la obra del meteorólogo inglés, William Merle, autor del primer registro meteorológico sistemático conocido desde enero de 1337 a enero de 1344.

Con la imprenta en la primera mitad del siglo XV aparecieron panfletos en latín denominados “pronostica” con predicciones del tiempo para un año. En el siglo XVI se conocieron 3.000 publicaciones de este tipo; una causó la alarma en la población pues vaticinaba lluvias muy copiosas para el mes de febrero de 1542, hasta tal punto llegó el pánico que muchas personas se refugiaron en lo alto de colinas, pero nada de ello ocurrió, fue la “pronostica” de J. Stöjjer. En 1508 se publicó en Alemania el compendio *Die Bauern-Praktik*, que posteriormente se publicó en varios idiomas europeos destacando la versión inglesa titulada *The Husbandman's practice* (El trabajo del agricultor).

J. Kepler, T. Brahe, y otros astrólogos publicaron predicciones meteorológicas. T. Brahe, astrónomo danés; durante su época de estudiante en la Universidad de Copenhague, un eclipse de Sol atrajo su atención hacia la astronomía. Estudió en otras universidades alemanas al tiempo que se adiestraba en la construcción de instrumentos que facilitaran observaciones más exactas del firmamento. Con su cuadrante especial descubrió y midió en 1572 la posición de una estrella brillante (supernova) en Casiopaea, que hoy se conoce por estrella de Tycho. En 1599 se estableció en Praga como astrónomo de Rodolfo II y realiza parte de sus trabajos ayudado por Johannes Kepler. [Kepler fue un astrónomo alemán que estudió en la Universidad de Tubinga. En 1600 se trasladó a Praga como ayudante de Tycho Brahe, al que sucedió un año más tarde como astrónomo imperial. Su *Astronomia Nova* (1609) contenían sus leyes sobre el

movimiento de los cuerpos celestes como resultado de las observaciones sobre los planetas llevadas a cabo por Brahe, según las cuales los planetas describen órbitas elípticas en las que el Sol ocupa uno de sus focos, los radios vectores barren áreas iguales en tiempos iguales y los cuadrados de los tiempos empleados por los planetas en recorrer sus órbitas son directamente proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol]. Se distinguió en particular por su teoría llamada “sistema de Tycho”, que presenta a la Tierra como el centro del universo, negando de esta manera, en parte, la doctrina expuesta años antes por Nicolás Copérnico. Fue el primer astrónomo que asignó a los cometas una posición distante en el espacio interplanetario. Obtuvo informes más exactos respecto de las desigualdades de movimiento de la Luna, investigó la precesión de los equinoccios e introdujo correcciones relativas a la refracción, que averiguó que era causada por la atmósfera terrestre.

Los almanaques de bolsillo aparecieron en los siglos XVIII y XIX en los que se evitaba afirmaciones tajantes en lo referente al lugar y momento de los fenómenos. Benjamín Franklin vaticinó el tiempo durante 25 años desde 1732 en su *Almanaque del pobre Richard*. Patrick Murphy en su Almanaque del tiempo de 1838, publicado en Londres, pronosticó para el 20 de enero de ese año temperaturas muy bajas; ese día no sólo fue el más frío del año, sino que se calificó como el más frío del siglo en Londres, asombrando a todos por su acierto.

Desde la antigüedad se ha pensado que la Luna controlaba los fenómenos atmosféricos. Basándose en datos lunares el francés Lamarck publicó desde 1800 a 1811 su Anuario Meteorológico; Falb en Alemania fue conocido como el profeta lunar, al que mucho público seguía sus vaticinios; no obstante, ambos fueron duramente atacados y criticados por meteorología oficial de la época.

“Hacia finales del siglo XIX los profetas astrológicos se aventuraron en especulaciones todavía más insólitas. Se decía que la atmósfera estaba a merced de las fuerzas ejercidas por ciertos cuerpos celestes como una luna invisible que giraría alrededor de la Tierra, o una serie de anillos semejantes a los de Saturno o hasta un escurridizo planeta llamado Vulcano, dentro de la órbita de Mercurio”([www.directemar.cl/meteo/](http://www.directemar.cl/meteo/)).

### **3.- La meteorología científica:**

La revolución científica liberó a la ciencia de sus repercusiones medievales. En 1543 se publica la teoría heliocéntrica del sistema solar de Nicolás Copérnico. Según Vernet, J., (1974) Copérnico, astrónomo, médico y graduado en derecho canónico, de nacionalidad incierta, se la disputan los polacos y los alemanes, estudió en la Universidad de Cracovia en un momento en que la obra de Averroes, no sólo filosófica, sino también científica, impregnaba profundamente el pensamiento de sus profesores. Su afición por esta “dialéctica” hizo que al ir a ampliar estudios a Italia se inscribiera en las universidades más arabizantes de la época, como eran Bolonia, y sobre todo, Padua. A partir de 1497 consta que se dedicaba ya a la observación astronómica, afición que probablemente le venía de su época de estudiante en Cracovia. Desde el punto de vista astronómico fue consultado por el Papa León X acerca de la reforma del calendario. Alrededor de 1530 tenía ya concluida su obra fundamental, el *De revolutionibus orbium caelestium*, que sólo se atrevió a publicar ante la insistencia de su único discípulo, Rético. La leyenda quiere que pocas horas antes de morir –el 25 de mayo de 1543-

recibiera el primer ejemplar de la misma. Pero, en rigor, cabe suponer que lo había recibido varias semanas antes, ya que Sebastián Kurz remitía el 21 de marzo un volumen del mismo a Carlos I de España. El origen de sus ideas cabe buscarlo en las críticas que hicieron los filósofos arábigo españoles, desde Avempace hasta Averroes, del sistema de Tolomeo, ya que según ellos, Tolomeo violaba uno de los principios básicos del aristotelismo: el movimiento circular de las esferas celestes, y aquí radica lo substancial de la originalidad de Copérnico, de que no era la Tierra la que se encontraba en el centro del universo, sino el Sol, en torno al cual giraban todos los planetas, siendo la Tierra uno más, y quedando la Luna relegada a la categoría de satélite.

Poco a poco se fue aceptando que el ciclo anual de las estaciones no lo controlaban las estrellas, sino el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. Los astrónomos del siglo XVI y comienzos XVII y los hombres de ciencia impusieron la fundación de la meteorología como ciencia exacta al hacer observaciones meteorológicas sistemáticas, para ello se sirvieron de los inventos del termómetro de Galileo Galilei en 1600 y del barómetro de Torricelli en 1643 (Evangelista Torricelli, físico y matemático italiano. A la muerte de Galileo fue nombrado matemático del gran duque y profesor de la Academia de Florencia en 1641. Sus cuidadosos experimentos le llevaron al descubrimiento del fundamento del barómetro –que permite determinar la presión atmosférica mediante la altura de las columnas líquidas capaces de equilibrarla– y a construir el primer barómetro de mercurio. A él se debe también la formulación de los principios de la hidrodinámica y varios importantes perfeccionamientos en la construcción de telescopios y microscopios. Su obra principal se titula *Opera geométrica* escrita en 1644).

Estos instrumentos (termómetro y barómetro) eran un medio excelente para predecir el tiempo según los principios del método científico defendidos entre 1620 y 1630 por los filósofos Francis Bacon, y René Descartes. De acuerdo con Varios Autores (1976), Francis Bacon fue filósofo, político y escritor inglés. Abogó por la reorganización de las ciencias naturales mediante el uso del método inductivo: compilación de hechos de los que se extraen conclusiones. Proyectó la exposición de su sistema que había de titularse *Instauratio magna*, pero nunca la terminó. Según Artigas, J, (1955), René Descartes, filósofo francés, enriqueció las matemáticas, la física, la metafísica, la medicina, la tecnología y creó la geometría analítica. Pero sobre todo, imprimió en la sociedad moderna una nueva necesidad: la de hacer de la investigación científica organizada parte esencial de su modo de vida. Y puede decirse que a él debe el mundo occidental su conciencia clara en tal esfera de actividad. Singularmente dotado para la geometría, perfeccionó este campo de la ciencia, inventó las coordenadas de su nombre y descubrió que su geometría analítica podía resolver un ilimitado número de problemas con sólo partir del supuesto de que la solución era ya conocida. En los primeros años de Descartes un enorme escepticismo minaba las tradiciones medievales basadas en la ciencia puramente teórica de Aristóteles. En las postrimerías de su vida el teoretismo de la ciencia aristotélica y el crudo empirismo de sus adversarios cedían paso al regulado progreso de las ciencias: 1) una teoría (concebida en su mayor parte matemáticamente); 2) unos experimentos encaminados a comprobar esa teoría; 3) una corrección de la teoría y de los experimentos hasta hacerlos congruentes; 4) una aplicación técnica de la nueva armonía).

Los científicos comprendieron que el valor de las observaciones meteorológicas aumentaría si se comparasen resultados tomados en distintas zonas del mundo, así

surgen las primeras observaciones meteorológicas realizadas en equipo en Francia y Suecia, entre 1649 y 1651. Se establece, por primera vez, una red internacional europea de observatorios meteorológicos en 1653 patrocinada por el duque de Toscana, fundador de la Academia de Cimento cuatro años después; en ella uniformemente se realizan observaciones de presión, temperatura, humedad, dirección del viento y estado del cielo. Los resultados se enviaban a la Academia para ser comparados. La actividad cesó con el cierre de la Academia en 1667, pero estos intentos fueron la base para posteriores pronósticos en los siglos XVIII y XIX. Antes de iniciarse los mapas del tiempo el barómetro fue decisivo en el pronóstico del tiempo. En 1660 Otto von Guericke, de Magdeburgo, fue el primero que realizó un pronóstico del tiempo basado en el comportamiento del barómetro, quién predijo una gran tormenta a causa de la caída de presión rápida e intensa en su barómetro dos horas antes del fenómeno.

Durante el siglo XVIII surgen nuevos intentos para establecer redes internacionales de estaciones de observación meteorológica; a pesar de los prometedores inicios y de la enorme cantidad de datos recogidos desde la introducción del termómetro y el barómetro a comienzos de la revolución científica, el progreso para establecer un método satisfactorio para realizar pronósticos climáticos fue sumamente lento. En 1723, el secretario de la Royal Society de Londres, James Jurin, invitó a todas las estaciones para que anualmente se le enviaran a la Sociedad observaciones meteorológicas; se recibieron respuestas desde Inglaterra y el continente, de Norteamérica e India. Del estudio de estos registros, los científicos William Derham y Georges Hadley comprendieron que los campos de presión no tenían lugar siempre en diferentes lugares a la vez. Más tarde, J. de Borda constató que los cambios de presión se propagaban con una dirección y velocidad íntimamente relacionadas a la velocidad del viento. De este modo aparecen los primeros pasos hacia el reconocimiento del concepto de sistemas móviles de presión. El primer estudio sinóptico de América lo realiza Benjamín Franklin el 21 de octubre de 1743 cuando se produjo una tormenta en Filadelfia y con la ayuda de su hermano siguió el fenómeno concluyendo que la tormenta, la lluvia y los vientos asociados con dirección nordeste se habían desplazado desde Georgia a Nueva Inglaterra. El francés Antoine Lavoisier trató de conectar una red de estaciones que cubriera Europa y todo el planeta para pronosticar el tiempo con uno o dos días de anticipación, pero la transmisión de información no era lo suficientemente rápida; esto sólo ocurrió con el desarrollo de las comunicaciones en los siglos XIX y XX, analizándose entonces los datos de manera más significativa.

Durante el siglo XVIII, en Mannheim (Alemania) Kart Theodor funda en 1780 la Siocietas Meteorológica Palatina realizándose tres observaciones diarias que eran remitidas a Mannheim para hacer comparaciones y posteriormente publicarlos en el *Ephemerides* anual de la Sociedad. En sus publicaciones, Mannheim utilizaba un sistema de símbolos de los que aún hoy quedan vestigios en el código meteorológico sinóptico internacional.

#### **4.- El conocimiento meteorológico náutico:**

Desde el 2000 a. de C., la ciencia del tiempo náutico basada en el comportamiento del mar, los vientos y el estado del cielo ha sido transmitida por marineros desde la utilización de las velas en las embarcaciones de altura, constituyendo una rama del conocimiento empírico bastante fiable. Hesíodo escribió en el año 800 a. de C. “Los

trabajos y los días” dando información sobre el mejor momento para navegar, advirtiéndolo de las crueles intervenciones de los dioses del tiempo (Después de Homero, el más famoso de los antiguos poetas griegos. Aunque los antiguos le consideraban contemporáneo de aquél, lo cierto es que vivió en época muy posterior, [ss. IX-VIII a. de C.]. Hesíodo dejó solamente dos poemas que pueden considerarse genuinos: Los trabajos y los días y la Teogonía, aunque se duda, por algunos críticos, de la autenticidad de esta última obra. Los trabajos y los días es el primer poema didáctico griego que llega hasta nosotros. La obra trata de los métodos de labranza y de la debida observancia de las estaciones; contiene, además, una especie de calendario y numerosos preceptos para la administración casera, comercio, elección de esposa, navegación y educación de los niños. Se encuentra, sin embargo, verdadera poesía en varios episodios de la obra; por ejemplo, en la fábula de Prometeo y Pandora, la relación de las diferentes edades del mundo y la descripción del invierno. La Teogonía trata de la creación del mundo, del océano, la tierra, el cielo, las estrellas y los dioses). En los viajes más prolongados de fenicios, vikingos y árabes comenzaron a reconocer y sistematizar el conocimiento adquirido sobre los modelos meteorológicos a gran escala, así como los sistemas de vientos como el monzón y el océano Índico.

En los siglos XV y XVI, Cristóbal Colón, Vasco de Gama y Fernando de Magallanes en la búsqueda de las rutas marinas a la India y Catay, así como los navegantes Edmund Halley y James Cook en sus largos viajes de descubrimiento obtuvieron un conocimiento más amplio de la distribución geográfica de los vientos, de los modelos de circulación de las corrientes marinas y de las condiciones meteorológicas de la superficie de la tierra. Robert Hooke ideó un barómetro marino que no fue muy confiado por los navegantes. Es en el siglo XIX cuando se encuentra un método satisfactorio para las observaciones de presión.

A finales del siglo XVIII, alemanes y franceses redoblan sus esfuerzos para reunir a gran escala observaciones meteorológicas; de este modo surge en 1778 en Francia la Real Sociedad de Medicina para establecer, entre otras cosas, una relación entre el tiempo y las enfermedades, lo que dio lugar a la proliferación de correspondencia detallada y regular sobre asuntos meteorológicos y médicos entre los docentes del reino francés; ahora se detallan instrucciones de manejo de los instrumentos para que se realicen tres veces al día y mensualmente mediciones de presión, temperatura, viento, humedad, precipitación, evaporación, estado del cielo, etc.

## **5.- La meteorología sinóptica:**

En el período 1830-1840 los meteorólogos no se sentían satisfechos, porque seguían sin pronosticar el tiempo con un día o menos de adelanto. Seguía sin haber medios para reunir las observaciones con rapidez como para poder producir un cuadro sinóptico de la situación atmosférica en un momento determinado y analizarlo después. H. W. Brandes fue el primero en desarrollar la idea de una cartografía meteorológica sinóptica, mediante la comparación de observaciones meteorológicas realizadas simultáneamente a lo largo de una amplia zona. Pero fue gracias a un importante avance tecnológico que se potenciarían esos adelantos teóricos, nos referimos al telégrafo de Samuel Morse. El norteamericano Samuel Morse al volver de un viaje por Europa en 1832, concibió la idea del telégrafo de registro electromagnético. En su libro de apuntes artísticos, (no olvidemos que fue pintor que alcanzó fama como retratista), del que existe una copia

certificada en el Museo Nacional de Washington, dibujó los diagramas de un aparato emisor y otro receptor y el sistema de puntos y rayas que, perfeccionado, se convirtió en el código Morse. La falta de medios impidió al descubridor dedicar mucho tiempo al perfeccionamiento de su invento. En 1843 el Congreso aprobó una subvención de 30.000 dólares para la línea experimental que Ezra Cornell tendió entre Washington y Baltimore. A través de esta línea, pudo el inventor enviar desde la Corte Suprema el histórico mensaje “What have God wrought!” (¡Lo que ha hecho Dios!), el 24 de mayo de 1844. Fue condecorado por varios gobiernos europeos y en 1871 honrado por los telegrafistas de América con una estatua en el Central Park de Nueva York.

En el primer tercio del siglo XIX se inicia la meteorología sinóptica con el invento del telégrafo de Samuel Morse, utilizado como sistema de transmisión de registros y datos meteorológicos, provocando una autentica revolución en la aplicación climática y meteorológica; de este modo el *Daily News*, en Inglaterra, publica por primera vez el 31 de Agosto de 1848 “Informes Meteorológicos Diarios”. A mediados de siglo, en el Reino Unido, se creó el primer cargo meteorológico oficial al nombrar al almirante de la Marina Real, Robert Fitzroy, Director del Departamento Meteorológico del Ministerio de Comercio (R. Fitzroy fue almirante, hidrógrafo y meteorólogo; tras un viaje de exploración por las costas de Patagonia y Tierra del Fuego (1823-30), recibió el encargo de proseguirlo al mando del *Beagle* (1831). El nuevo viaje sería famoso por la participación de Darwin y las consecuencias de orden científico que tuvo la publicación por ambos de *Narrative of the Surveying Voyage of H.M.S Beagle*. Posteriormente fue gobernador de Nueva Zelanda y en 1854 director del servicio meteorológico de la Cámara de Comercio); el Departamento preparó mapas meteorológicos diarios basados en las observaciones simultáneas realizadas en distintas estaciones terrestres y marítimas. Le Verrier, del observatorio de París, inventó el telégrafo meteorológico internacional y comenzó a publicar pronósticos climáticos regulares desde 1863 basados en los más antiguos mapas sinópticos de Europa Occidental, empleando para ello isobaras para representar los campos de presión, mapas de isobaras que se han seguido empleando desde entonces. En Europa y América desde 1890 se realizaron los primeros sondeos de las capas altas del aire utilizando los meteorógrafos elevados por globos. Miller, del Observatorio de San Petersburgo, en Rusia introdujo un nuevo tipo de mapa sinóptico en 1864 en los que se representaban los cambios de presión con el tiempo.

El físico y meteorólogo noruego Bjerknes, estudió en la Universidad de Oslo. Su teoría de la resonancia eléctrica, aparecida hacia 1895, fue decisiva en el desarrollo de la telegrafía sin hilo. Fue sucesivamente profesor de física en las universidades de Estocolmo y Cristianía, y de geofísica en la universidad de Leipzig y en el Instituto de Geofísica de Bergen, así como de la universidad de Oslo. Trabajó como investigador ayudado por el Instituto Carnegie de Washington. A partir de 1917 fue director del Instituto de Geofísica de Bergen donde continuó ampliando sus ideas sobre la dinámica y física de la meteorología. Hacia 1918 revolucionó la ciencia de la meteorología con su teoría de las masas de aire, a la que la aviación comercial debe algunos de sus primeros grandes avances. En el Instituto de Geofísica de Bergen realizó análisis de los mapas meteorológicos sinópticos, revelando la estructura fina del tiempo; ideó modelos sinópticos de los frentes de las bajas presiones, identificando un ciclo vital de las mismas, desde su juventud, pasando por la madurez hasta llegar a la vejez, prediciendo con ello la actividad ciclónica.

Bergeron de la Escuela de Bergen identificó y clasificó las masas de aire según sus propiedades térmicas y sus condiciones de humedad. En los años veinte, por medio de globos se realizaron sondeos del aire superior. A finales de la década de 1930, se utilizó por primera vez instrumentos radiosondas transportados por globos, que transmitieron medidas de presión, temperatura y humedad a una estación receptora en la superficie. A partir de la segunda guerra mundial se establecieron redes de estaciones en las capas superiores del aire, que permiten la confección de mapas de los niveles superiores de la atmósfera en el hemisferio norte. En los años cincuenta, los pronósticos del tiempo se realizaban mediante métodos sinópticos; desde estos años, son tal el número de datos proporcionados que no había capacidad de asimilar e interpretar al mismo paso que el tiempo; gracias a la llegada de los computadores electrónicos de alta velocidad se pudo almacenar grandes cantidades de datos, de esta manera, los servicios meteorológicos pueden hacer cálculos complejos a gran velocidad haciendo más objetiva la medición del tiempo atmosférico.

La historia de los pronósticos a largo plazo se inició en 1784 con Benjamín Franklin (Estadista y científico norteamericano, nacido en Boston en 1706 y fallecido en Filadelfia en 1790; dedicó parte de su vida a la profesión de impresor, que con su laboriosidad y habilidad en el negocio prosperó rápidamente y en 1728 fundó la *Pennsylvania Gazette*, influyente periódico que conservó la propiedad hasta 1748. Su vida política activa comenzó en 1776, en el que fue elegido oficial de la Asamblea General de Pensilvania, empleo que conservó en elecciones sucesivas hasta 1750, en que pasó a ser miembro de la Asamblea. Su incansable energía le llevó a la fundación de la Sociedad Filosófica Americana y una escuela que, en 1779, se convertiría en la Universidad de Pensilvania. En 1742 ideó la estufa Franklin o “cocina de Pensilvania”. Sus experimentos realizados en el terreno de la electricidad, hacia la cual dirigió su atención por el 1746, le valieron el extraordinario honor de ingresar en la Royal Society, que previamente se había mofado de sus descubrimientos. Su famoso descubrimiento de la cometa, por ejemplo, le llevó al descubrimiento de la naturaleza del rayo y después a la invención del pararrayos. Concibió la idea de las cargas eléctricas y desarrolló la teoría del fluido eléctrico. Su último acto público fue la firma de una petición antiesclavista en el Congreso, en calidad de presidente de la Sociedad de Pensilvania, promotora de la abolición de la esclavitud.); posteriormente se avanzó en estas predicciones, así el Instituto de Tecnología de Massachussets y el US Weather Bureau iniciaron en 1935, bajo la dirección de C. G. Rossby, la tarea conjunta de establecer una base más científica para el pronóstico del tiempo.

Mientras tanto, en la antigua Unión Soviética se había hecho una nueva tentativa, así en 1912 se fundaba el Instituto de Pronósticos Meteorológicos a Largo Plazo en el Observatorio Geofísico Central de San Petersburgo, con Multanovsky como director, que inició un estudio de predicción a largo plazo utilizando métodos sinópticos; los métodos establecidos por la escuela de Multanovsky se han seguido utilizando de forma más o menos continua para el pronóstico a largo plazo en Rusia hasta la actualidad.

En Alemania, Baur fundó en 1929 el Instituto de Investigación de los Pronósticos del Tiempo a Largo Plazo. Además de emitir pronósticos para un plazo de 10 días durante los meses de verano de los años 30, el Instituto formulaba pronósticos experimentales mensuales y estacionales; su principal objetivo era establecer una conexión entre la circulación atmosférica sobre el Atlántico y las condiciones meteorológicas ulteriores en Europa central. En el Reino Unido después del duro invierno de 1962-63, la Oficina

Meteorológica del Reino Unido se decidió a emitir su primer pronóstico mensual; para dicho pronóstico se utilizaron los mapas termales del mes anterior; estos mapas representaban las isotermas medias entre los niveles de presión de 1.000 y 500 milibares junto con mapas de modelos de presión media a nivel del mar; sin embargo, a finales de los años setenta el pronóstico mensual de la Oficina Meteorológica había llegado a un callejón sin salida. El servicio se suspendió a finales de 1980 por motivos económicos, pero resultó muy útil la experiencia práctica y el conocimiento teórico adquirido durante los 17 años de operaciones.

Uno de los principales objetivos del Programa de Investigación Atmosférico Mundial (GARP) y del centro Europeo para los Pronósticos del Tiempo a Medio Plazo establecido en el Reino Unido es el de producir pronósticos a plazo medio para los próximos cuatro a diez días. El Centro se inauguró el 15 de junio de 1979, y los pronósticos funcionales empezaron el mismo año. La programación de las computadoras es más compleja y exige medios de cálculo más eficaces que para los pronósticos a corto plazo. Esto se debe a que el modelo de predicción ha de incluir información sobre los procesos físicos y dinámicos que determinan la formación y el ciclo vital de los sistemas de bajas presiones y los anticiclones si se quiere aparecer en la escena sinóptica. En 1969, Bjerknes inició la investigación de las interacciones aire-mar en la Universidad de California (Los Ángeles). Demostró que los cambios a gran escala de la circulación atmosférica sobre la zona ecuatorial del océano Pacífico están asociados con una corriente local de agua cálida –El Niño– que aparece a la altura de la costa sudamericana ciertos años, causando efectos desastrosos en la marina peruana y en la vida de los pájaros. Puesto que permanece durante un largo período de tiempo, las irregularidades de la temperatura de la superficie del mar pueden considerarse como parte de un “memoria” a largo plazo del sistema combinado océano-atmósfera; es necesario, por tanto, integrarlas en modelos de predicción numéricos para realizar pronósticos a largo plazo – períodos mensuales o estacionales– más precisos. En cuanto al Fenómeno del Niño, señalar que se trata de una de las corrientes marinas que en la actualidad está cobrando mayor importancia, por su influencia en el clima, es la denominada corriente de El Niño y su opuesta La Niña. Según algunos autores, El Niño es un comportamiento anormal del clima del Pacífico que ha puesto en alerta a la comunidad de científicos del mundo. Se trata de una anomalía en el sistema Atmósfera-Océano en el Pacífico subtropical, que provoca consecuencias en la meteorología mundial del orden de inmensas precipitaciones en algunas áreas y sequías en otras. De este modo años lluviosos se alternan con años secos, a la vez que años fríos con calurosos. Se le puede definir siguiendo a Capel Molina, J. J. (1999) “como el calentamiento anormal de la superficie del mar (+ 2 °C) sobre los valores normales durante un período por lo menos de cuatro meses, a lo largo de la línea ecuatorial en los sectores central y oriental del Pacífico tropical”. Hoy día – según el mismo autor– “asigna a un fenómeno oceánico-atmosférico que altera las condiciones normales del Dominio Intertropical y cada vez más, se entiende por la comunidad científica como fenómeno más complejo y de gran escala, que si bien se configura en el Pacífico Ecuatorial los impactos asociados le dan la vuelta al globo, especialmente en los trópicos y es una de las causas de variabilidad climática interanual del planeta” (Amestoy Alonso, J., 1999).

## 6.- Satélites meteorológicos espaciales:

El lanzamiento del Sputnik I en 1957 desde la antigua URSS (Sputnik, nombre que significa en ruso “compañero de viaje”, aplicado a los primeros satélites artificiales y en especial al primero de ellos, lanzado el 4 de octubre de 1957. En el Sputnik II fue puesta en órbita la perra Laika. A partir del Sputnik IV [15-5-60] estos satélites se denominaron naves espaciales). En él convirtió la idea de obtener una visión global del tiempo desde el espacio en una posibilidad práctica, y en 1960 Estados Unidos lanzaba el primer satélite meteorológico completamente equipado. En respuesta a la propuesta hecha por el presidente Kennedy en 1961 de un programa internacional de predicción del tiempo, los Estados Unidos solicitaron el desarrollo de un sistema meteorológico mundial a la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y al Consejo Internacional de las Asociaciones Científicas (ICSU). En 1963 el nuevo sistema meteorológico global, al que se incorporarían los satélites disponibles y aquellos en fase de desarrollo, computadoras, estaciones meteorológicas automáticas y técnicas de comunicación, fue aprobado por el 4º Congreso del WMO, celebrado en Ginebra bajo el nombre de Vigilancia Meteorológica Mundial (WWW). En 1968 se inició la puesta en práctica del programa. Las observaciones globales desde el espacio las hacen cinco satélites geoestacionarios y cinco satélites en órbitas circumpolares. Los Centros Meteorológicos Mundiales localizados en Moscú y Washington, en el hemisferio norte, y en Melbourne, en el hemisferio sur, recogen, procesan y distribuyen estas observaciones y preparan análisis y pronósticos sobre una base mundial. Los centros regionales preparan predicciones para áreas más limitadas, mientras que los centros nacionales son responsables de los servicios meteorológicos de sus propios países. Los datos insuficientes del hemisferio sur, y la compresión incompleta de los sistemas meteorológicos tropicales; en respuesta a estas deficiencias se han hecho programas experimentales de investigación global. Así, el *Global Atmospheric Research Programme* (GARP), acometido conjuntamente por el WMO y el ICSU fue el primer proyecto internacional centrado completamente en meteorología. En la década de los ochenta, a través de las predicciones numéricas se pudieron hacer análisis perfeccionados de la superficie y de la corriente en chorro.

El avance más notable en la observación meteorológica ha sido la introducción de satélites meteorológicos para investigar la atmósfera a gran escala. Las fotografías de las nubes enviadas a la Tierra tanto de día como de noche muestran la posición y la estructura de una amplia gama de sistemas meteorológicos; un ejemplo de satélite fue el TIROS, que era un satélite en órbita alrededor de los polos, girando alrededor de la Tierra una cada dos horas a alturas que variaban entre 700 y 1.500 Km. Envío a la tierra fotografías de alta definición que revelaron la formación y distribución de las nubes y la extensión de la capa de nieve. Las fotografías de los satélites son particularmente útiles porque proporcionan información de áreas que cuentan con pocas observaciones convencionales, por ejemplo, detectando huracanes sobre los océanos tropicales. También se analizan sinópticamente los datos de las capas de aire superiores obtenidos de los radiosondas, trazando los mapas en los niveles de presión estándar -850, 700, 500, 300, 200 y 100 milibares-, uno de los más utilizados es el Mapa Topográfico de 500 milibares (aproximadamente a 5.000 metros de altura). Puesto que hay menos estaciones radiosonda que de superficie, la información proporcionada es menos completa y se amplifica mediante computadoras.

Un modelo de pronóstico ulterior propende a predecir el tiempo con más detalle sobre las Islas Británicas y Europa occidental para las próximas 36 horas. Los mapas meteorológicos dibujados a mano y por computadora se utilizan juntos para preparar los pronósticos meteorológicos que serán distribuidos nacional e internacionalmente por las oficinas centrales de los pronósticos. Se emiten pronósticos para 24 horas, y se preparan también para los períodos de 24 a 72 horas, aunque no tan detallados. Estos constituyen la base de los servicios de pronóstico para la aviación, la navegación, la agricultura, la industria y el público en general. Las oficinas de pronóstico centrales también emiten advertencias acerca de las condiciones meteorológicas peligrosas (vientos fuertes, niebla, nieve, lluvia densa, heladas, carreteras cubiertas de hielo, deshielo y tormentas) que se distribuyen a los medios de comunicación.

El avance más importante en la observación del clima y del tiempo, durante los últimos años del Siglo XX y primeros del Siglo XXI ha sido la introducción de satélites meteorológicos, como el TIROS-N, el METEOSAT, el GEOS, el GMS-5, etc., para investigar la atmósfera a gran escala y la utilización de Modelos matemáticos aplicados a la Meteorología y Climatología en numerosas Universidades, Centros meteorológicos, Institutos de Meteorología de Europa, la antigua Unión Soviética y Estados Unidos. En cuanto al satélite TIROS, según Llasat M<sup>a</sup>. C. (2002), captó las imágenes de “las inundaciones del 25 de Septiembre de 1962 en Cataluña; lo que ocurrió ese día se recuerda como la mayor catástrofe hidrológica de España. Desgraciadamente fue una catástrofe record en víctimas, 815 muertos incluidos los desaparecidos y 2.650 millones de pérdidas en menos de dos horas a causa de una avenida súbita de los ríos Llobregat y Besós, y sus afluentes en su parte baja. Se registraron 212 mm. en menos de tres horas, con una intensidad máxima de 6 mm. /minuto. Este episodio tuvo lugar después de una larga sequía (hacia cuatro meses que no llovía en algunas zonas de España)”.

Las imágenes enviadas por el TIROS sobre las inundaciones del 25 de septiembre de 1962 son interpretadas por Martín León, F. (2004), señalando que en los días previos al 25 de septiembre en la vertical de Cataluña se formó una dorsal de la corriente en chorro que estabilizaba el ambiente, pero el 24-25 del mismo mes dicha dorsal se desplazó hacia el este dejando “entrar” sobre la vertical, en altura, de Cataluña una vaguada de la corriente en chorro con temperaturas entre 12-16 ° C bajo cero a unos 5000 m. de altura, lo que provocó una inestabilización del tiempo, formándose nubes de desarrollo vertical, convectivas y de gota fría ( enormes cúmulos y nimbos, que en las fotografía enviadas por el satélite se aprecian en blanco y negro, lo que dificulta la interpretación), que elevaron el aire caliente y húmedo procedente del Mar Mediterráneo y en su ascenso se originó el enfriamiento adiabático, condensándose el vapor de agua, saturándose y precipitando intensamente. Según el mismo autor (2004), las características básicas de los primeros satélites meteorológicos de la serie TIROS, creados en EE.UU., eran sumamente primarias, ya que la calidad y propiedades de las fotos que enviaban distaban mucho de las que se disponen en la actualidad: eran los albores de meteorología satelital. A principios de los años 60 ya se habían lanzado varios satélites pero no eran estrictamente medioambientales. Los primeros de estas características fueron los satélites polares americanos de la serie TIROS. No se recibían imágenes en tiempo real.

El primer satélite, genuinamente meteorológico, fue lanzado el 1 de abril de 1960 y fue el TIROS 1 (*Television and Infrared Observational Satellite*). Su forma era el de una caja de sombrero de unos 57 cm. de alto y 107 de diámetro. Pesaba 120 Kg. Estaba

dotado de una cámara de vídeo, muy parecida a las de la época. En sus 79 días de vida tomó más de 23.000 imágenes de las nubes y la tierra. Este satélite abrió el camino de sus “hermanos” mejorados, no obstante, hasta el TIROS 8 lanzado el 21 de diciembre de 1963, cuando se introdujo la transmisión a los usuarios de imágenes de forma automática mediante el sistema APT: *Automatic Picture Transmisión*. Los satélites meteorológicos de los años 60 eran polares, que orbitaban a unos 800-1000 Km. de altitud e iban de polo a polo en su órbita. El satélite transmitía a tierra las imágenes tal cual las sacaba, previamente almacenadas, y las volcaba al pasar sobre una estación terrestre receptora, especialmente dedicada a ello. No existían receptores adaptados en muchos sitios como los hay hoy en día para recibir imágenes en tiempo real. Los resultados alcanzados en los 60 con el satélite meteorológico TIROS, convencieron a los meteorólogos europeos de la utilidad de la adquisición de datos a través del espacio. La primera propuesta para un satélite nacional geoestacionario meteorológico fue hecha por la agencia espacial (CNES) en 1969. En 1971 CNES propuso a ESRO (que posteriormente se convertiría en ESA (Agencia Espacial Europea) que el concepto METEOSAT se ampliara a toda Europa. La propuesta fue aceptada en 1972 y 8 estados miembros decidieron financiar este programa (Bélgica, Dinamarca, Francia, Italia, Reino Unido, Alemania, Suecia y Suiza).

METEOSAT es una serie de satélites geoestacionarios controlados por EUMETSAT (*European Organization for the Exploration of Meteorological Satellites*). El 23 de septiembre de 1977 METEOSAT 1 fue lanzado desde Florida, de una altura de 3.20 m., un diámetro de 2,10 m. y un peso de 320 Kg. El METEOSAT 2 se lanzó el 19 de junio de 1981 por Ariane desde Kourou (Guayana Francesa), así como todos los siguientes. Los satélites METEOSAT envían imágenes y datos meteorológicos. Todos los satélites METEOSAT giran en órbitas elípticas o circulares alrededor de la Tierra. A una cierta altura por encima del Ecuador el período orbital es exactamente de 24 horas y se iguala al período de la Tierra, así que el satélite siempre está sobre el mismo punto de la superficie terrestre. Esta se llama órbita geoestacionaria que está a 36.000 Km. por encima del Ecuador. Los satélites geoestacionarios siempre ven la misma parte del globo terrestre (aproximadamente un 42 % de la superficie de la Tierra). Estos son especialmente apropiados para monitorizar rápidamente las condiciones de la atmósfera, variaciones diurnas o cambios en las condiciones climáticas. Los llamados satélites de órbitas polares vuelan a altitudes mucho más bajas, a 850 Km. de altura. Cada vuelta completa a la Tierra le lleva 100 minutos, así que dan unas 14 vueltas al día. Las órbitas polares proporcionan a los meteorólogos imágenes de gran calidad de todas las partes de la Tierra incluyendo las regiones polares, pero debido a sus características orbitales no sirven para monitorizar variaciones a corto plazo.

La principal carga útil del METEOSAT es el “radiómetro”, que es un instrumento sensible a las radiaciones térmicas y visibles de distintas bandas espectrales. El radiómetro escanea la superficie de la Tierra, línea a línea; cada línea consiste en una serie de dibujos de elementos individuales o píxeles. Para cada píxel, el radiómetro mide la energía radiada de las diferentes bandas espectrales y esta medida es codificada digitalmente y transmitida a la estación terrestre. Las imágenes del METEOSAT son tomadas en intervalos de media hora. En la recepción terrestre los píxeles de cada canal se componen de forma que se simula una imagen fotográfica de la Tierra para una mejor percepción visual. Las medidas de estas intensidades de radiación dan un cierto tono grisáceo que le confiere a las imágenes del METEOSAT la apariencia de fotografías en blanco y negro. Después de la recepción en la Tierra y el procesamiento de imágenes, estos

datos son transmitidos vía METEOSAT y pueden ser recibidos por estaciones de usuarios especiales. Muchos pronosticadores del tiempo, dependen totalmente de la recepción en tiempo real de estas imágenes. Otros canales de comunicación a bordo del METEOSAT son usados para la transmisión de datos meteorológicos, como por ejemplo mapas del tiempo (MDD). Las plataformas de recogida de datos (DCP) son usadas en zonas remotas o desiertas para recoger datos del tiempo o medioambientales o bien datos oceanográficos ([www.upv.es/satelite/](http://www.upv.es/satelite/)).

Los organismos europeos meteorológicos trabajaron a partir del año 2000 en los MSG (Meteosat de Segunda Generación) que enviarán imágenes cada 15 minutos en lugar de cada 30 minutos como lo hacían la serie METEOSAT. En este sentido, según Alcatel Alenia Space España (2005), el satélite MSG ha sido lanzado en Agosto de 2005 a bordo del Ariane 5 desde Kourou en la Guayana Francesa, llevando a bordo del satélite Equipos Moduladores de Datos. El Satélite METEOSAT SEGUNDA GENERACIÓN es un proyecto conjunto entre la Agencia Europea del Espacio (ESA) y la Organización para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) con sede en Darmstadt (Alemania). Los 2,4 metros de altura y dos toneladas de peso del satélite geoestacionario MSG-2 para la monitorización de la predicción meteorológica y climática, abrirá una serie de nuevas oportunidades e innovadoras aplicaciones.

Diseñado para alcanzar una vida útil de al menos 7 años, el MSG-2 transporta un radiómetro de imágenes, instrumentos para el estudio de la radiación de la Tierra, un potente transmisor de datos para el envío de datos de predicción meteorológica e imágenes de forma continua. Desde su posición a 36.000 Km. sobre el Ecuador, el nuevo satélite meteorológico MSG-2 tiene una visibilidad de un cuarto de la circunferencia de la Tierra. La enorme fotografía que obtiene es esencial para una correcta predicción meteorológica, debido a los constantes desplazamientos de masas de aire entre el Ecuador y los Polos. Las enormes áreas de bajas presiones podrían no ser detectadas correctamente sin las imágenes de los satélites. Los satélites METEOSAT llevan funcionando ya veintiocho años, proporcionando información visual y sobre el tiempo terrestre, hasta ahora, cada 30 minutos. Dicha información es seguida por millones de europeos a través de los espacios televisivos de noticias.

Según la Página Web, ([www.belt.es/noticias/2002/](http://www.belt.es/noticias/2002/)), el 27 de agosto de 2005 se puso en órbita el primero de los tres MSG que se mandarán al espacio para sustituir a los viejos METEOSAT, que son un total de siete. Los nuevos satélites se situarán en órbita geoestacionaria sobre el Golfo de Guinea, en la costa occidental de África. Desde su posición, el ingenio mandará imágenes de Europa, África, parte del Océano Índico y del Océano Atlántico. La mejora, comparada con el viejo METEOSAT, será notable. La puesta en funcionamiento de los MSG abre una nueva era en la predicción meteorológica ya que multiplicará por diez el rendimiento. Transmitirán veinte veces más información e imágenes con una resolución tres veces superior a las del METEOSAT-7, el último puesto en órbita. Las imágenes son retransmitidas a la Tierra cada quince minutos, punto clave para predecir y seguir la evolución de los fenómenos meteorológicos extremos, como los huracanes o las severas tormentas de Europa. La calidad de fotografía pasa de filmar tormentas de 2,5 km. a hacerlo con nubes de un kilómetro de extensión. El coste de la puesta en funcionamiento de este programa, la puesta en órbita del primer MSG es de 475 millones de euros, mientras que se prevé un coste final de la operación en el año 2012 cercano a los 1.300 millones de euros.

En cuanto a los satélites GMS (*Geoestationary Meteorological Satellites*) destacar la serie: GMS, GMS- 1, GMS-2, GMS-3, GMS-4, GMS-5. Los satélites GMS facilitan datos sobre tifones, sistemas de bajas presiones, dirección y velocidad de los vientos, y temperatura superficial. Además se encarga de facilitar datos sobre medidas en superficie realizadas en boyas, barcos, aviones, etc. Mediante el VISSR (*Visible and Infrared Spin Scan Radiometer*)- que consiste en un sistema de detección por medio de lentes, reflectores y espejo, que convierte la intensidad luminosa en pulsos eléctricos- se pueden obtener imágenes del total del disco terrestre en intervalos de 30 minutos, en ambas bandas del espectro (visible e infrarrojo). Los próximos satélites GMS tienen previsto utilizar diversas bandas del infrarrojo y una de vapor de agua (<http://158.227.232.134/fisica/teledec/gms.htm>).

Mencionar, también, los satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*); estas siglas se le dio a una serie de satélites para fines meteorológicos lanzados desde los EE.UU. para reforzar la vigilancia de las condiciones del tiempo realizada por satélites Nimbus. Cinco satélites de tipo NOAA fueron lanzados entre diciembre de 1970 y julio de 1976. Se trataba de satélites que se movían en órbitas casi polares a 1.500 Km. de altura, realizando una vuelta completa alrededor de la Tierra en 115 minutos ([www.astronomia.com](http://www.astronomia.com)). El satélite NOAA-15 lanzado el 15-05-1998 llevaba a bordo el sensor AVHRR que proporcionaba imágenes de cinco bandas del espectro electromagnético. Los dos primeros canales medían la radiación solar reflejada por el suelo en longitudes de onda visible (canal 1) e infrarrojo cercano (canal 2) y los otros tres la radiación emitida por la superficie en el infrarrojo media (canal 3) y térmico (canales 4 y 5), según [www.latuv.uva.es/noaa/noaa/html](http://www.latuv.uva.es/noaa/noaa/html). El 11 de mayo de 2005 se lanzó el satélite NOAA-N. NOAA y NASA han desarrollado conjuntamente desde 1978 satélites de órbita polar dedicados a la observación de la Tierra. Estos satélites proporcionan datos globales a los sistemas de pronóstico meteorológico NOAA. El sistema NOAA consiste en una constelación de dos satélites principales en órbita. Funcionando como una pareja, aseguran que los datos, de cualquier región de la Tierra, nunca tengan más de 6 horas de antigüedad. NOAA-N reemplazará a NOAA-16, operativo desde septiembre de 2000 y trabajará junto a NOAA-17. Tras el lanzamiento es renombrado como NOAA-18 ([www.mdsccl.blogspot.com](http://www.mdsccl.blogspot.com))

## 7.- Conclusiones:

El conocimiento del tiempo ha pasado desde los orígenes de la Humanidad hasta la actualidad por una serie de etapas: desde la intuición climática de la Prehistoria pasando por las civilizaciones de la antigüedad donde se inician las observaciones astronómicas y meteorológicas hasta los dichos populares, proverbios y presagios antiguos; los filósofos y científicos musulmanes recopilan y enriquecen el conocimiento meteorológico gracias a las observaciones astronómicas; durante la Edad Media el conocimiento meteorológico estuvo bloqueado por la Iglesia, aunque se sigue trabajando en el conocimiento astro meteorológico. Con la revolución científica se inicia en conocimiento moderno de la meteorología, y por defecto de la climatología, tratando de realizar los pronósticos del tiempo en el menor número de días posible; es interesante conocer cómo ha evolucionado la meteorología náutica, la que ayudó en parte a un mejor conocimiento del viento, presión, humedad, modelos de circulación de las corrientes marinas, la aplicación de barómetro marino al conocimiento de las presiones.

En el primer tercio del siglo XIX con el invento del telégrafo de Samuel Morse se inicia la meteorología sinóptica con la aparición de los primeros mapas sinópticos; así los pronósticos pueden realizarse con mayor fiabilidad en un período de 2-3 días. En 1957 desde la antigua URSS se lanza el Sputnik I y en 1960 EE.UU. lanza el primer satélite meteorológico equipado, convirtiendo así la idea de obtener una visión global del tiempo desde el espacio en una posibilidad práctica.

Es en el siglo XX y primeros años del siglo XXI cuando se produce un mayor desarrollo de la meteorología lanzándose al espacio satélites meteorológicos de gran precisión como las series TIROS, METEOSAT, GEOS, GMS-5, NOAA que permiten conocer el tiempo con precisión casi matemática con una fiabilidad mayor para un período de 7 días. Con estos satélites se puede predecir con imágenes reales tifones, huracanes, sistemas de bajas presiones, velocidad del viento, etc. Los resultados de la puesta en funcionamiento de las series de satélites meteorológicos son espectaculares, consiguiendo un avance muy importante y rápido tanto de la meteorología como de la climatología.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ALCATEL ALENIA SPACE ESPAÑA (2005): “Satélite Meteosat Segunda Generación MSG-2”. [www.alcatel.es/espacio/noticias/sateliteMSG2.jhtml](http://www.alcatel.es/espacio/noticias/sateliteMSG2.jhtml)

AGUIRRE y RESPALDIZA, A., (1935): Rogelio Bacon. Editorial Labor. Barcelona.

AMESTOY ALONSO, J., (1999): “Aproximación al estudio de las corrientes oceánicas y su influencia en el clima. El fenómeno del El Niño”. Revista Nimbus, nº 3, Enero-Junio. Universidad de Almería.

ARTIGAS, J., (1955): Descartes y la formación del hombre moderno. C. S. I. C. Madrid.

CAPEL MOLINA, J. J., (199): <El Niño> y el sistema climático terrestre. Ariel Geografía. Barcelona.

GRIBBIN, J., (1988): “El Libro del Clima. El tiempo en España”. Ed. Folio. Madrid, p. 97 y ss.

LLASAT, M<sup>a</sup>. C., (2002): RAM. [www.meteored.com/ram](http://www.meteored.com/ram)

MARTÍN LEÓN, F., (2004): “Las inundaciones del 25 de septiembre de 1962 en Cataluña”. Meteorólogo del INM. RAM. [www.meteored.com/ram](http://www.meteored.com/ram)

NACK, E. (1966): “Egipto y el Próximo Oriente en la Antigüedad”. Ed. Labor. Barcelona, p, 299 y ss

VV.AA., (1976): Francis Bacon. Fund. Juan March. Madrid

VERNET, J., (1974): Astrología y Astronomía en el Renacimiento: La revolución copernicana. Barcelona.

## WEBGRAFÍA

[www.belt.es/noticias/2002/02](http://www.belt.es/noticias/2002/02): La segunda generación del Meteosat mejorará sensiblemente la predicción de desastres naturales. Martes 20 de agosto de 2002.

[www.upv.es/satelite/](http://www.upv.es/satelite/)

<http://www.astronomia.com/>

[www.latuv.uva.es/meteoro/educacion/meteoeduca.html](http://www.latuv.uva.es/meteoro/educacion/meteoeduca.html)

<http://www.mdsccl.blogspot.com/>

<http://158.227.232.134/fisica/teledec/gms.htm>

[www.directemar.cl/meteo](http://www.directemar.cl/meteo)

<http://www.eda.etsia.ump.es/>

[www.latuv.uva.es/noaa/noaa/html](http://www.latuv.uva.es/noaa/noaa/html)