

JOSÉ ACOSTA Y LEONARDO TORRIANI

Dos personalidades sobresalientes de la meteorología en tiempos de Felipe II

Fernando De Ory y Manuel Palomares. Instituto Nacional de Meteorología.

LA METEOROLOGIA EN EL SIGLO XVI

A comienzos del siglo XVI las ciencias atmosféricas habían avanzado muy poco desde la época de Aristóteles (384 – 322 a. C.) y su tratado "Meteorologica" se consideraba todavía el mejor existente sobre la atmósfera y el tiempo. La poderosa influencia de los filósofos y científicos árabes en la Alta Edad Media no hizo más que resaltar la asociación entre la Meteorología y la Astronomía -presente ya en la ciencia aristotélica- y la noción más extendida de que la Meteorología podía reducirse en gran medida a fundamentos astronómicos. Los pronósticos del tiempo basados en relaciones astrológicas alcanzaron gran popularidad al final de la Edad Media y mantuvieron una extendida aceptación hasta muy avanzado el siglo XIX. La secular tradición de reglas sobre el tiempo introducidas por los agricultores y refranes populares, como las conocidas "cabañuelas", completaban el breve panorama de conocimientos meteorológicos al inicio del siglo XVI.

La transición que se produjo durante el Renacimiento en muchas ramas de la Física, desde observaciones irregulares y puras hipótesis hasta una "física experimental", tuvo que esperar algo más de tiempo en Meteorología y Climatología. Los esfuerzos aislados para alcanzar bases empíricas mediante la observación chocaban con la ausencia de posibilidades para la comunicación y la inexistencia de instrumental. El termómetro fue introducido por Galileo en 1600, y el barómetro por su discípulo Torricelli en 1643. Sin embargo, algunos hombres guiados por sus observaciones personales y por su intuición, y los marinos, por su necesidad de comprender mejor la evolución del tiempo atmosférico, dieron ya en el siglo XVI el primer ímpetu para emancipar la Meteorología de sus orígenes aristotélicos. Algunos de estos pioneros de la meteorología científica vivieron y trabajaron en el entorno del poderoso imperio gobernado por el Rey Felipe II.

FELIPE II Y LA CIENCIA

Felipe II, hijo único del emperador Carlos V de Alemania y I de España, y de Isabel de Portugal, nació en Valladolid en 1527 y murió en El Escorial en 1598. En 1556 se convirtió en Rey de España gobernando un extenso imperio en Europa, África, América y Asia durante la denominada "Edad de Oro". Sin embargo, su reinado conoció el declinar económico desembocando en dos bancarrotas durante la desastrosa década de 1588 a 1598, cuando se produjo el desastre de la "Armada Invencible", en la cual la Meteorología jugó también un importante papel.



El rey Felipe II, según la pintora italiana Sofonisba Anguisola (Museo del Prado)

Felipe II fue educado esmeradamente en las ciencias y las artes, aprendió francés y latín, aunque nunca habló bien más que el castellano, y mostró igualmente un notable interés por la música y la arquitectura. Era un hombre cultivado que leía ampliamente y un apasionado coleccionista de libros y obras de arte. La gran biblioteca del Monasterio de El Escorial, la residencia favorita de Felipe II durante la segunda mitad de su reinado, llegó a reunir la mayoría de los libros y tratados de ciencia conocidos en su tiempo (aunque muchos se perdieron durante un incendio en 1700) y constituyó un importante centro de estudio para los intelectuales de la época.

En el siglo XVI la Cosmografía era una disciplina poco delimitada de la Geografía. Ambas pretendían describir el mundo y la naturaleza; el movimiento de las estrellas y planetas y también el conocimiento de los vientos y el comportamiento del tiempo. Los cosmógrafos fueron científicos de gran importancia en un reino que dirigía buena parte de sus intereses sobre los nuevos territorios en América. Por esos motivos, Felipe II estableció varios empleos reales dedicados a la Cosmografía. Aunque ya existían dos cosmógrafos oficiales en la Casa de

Contratación de Sevilla (la institución que coordinaba la exploración y el comercio en América) el Rey creó nuevos empleos y en la década de 1580 doce matemáticos servían a la corona como cosmógrafos.

La profesión más importante en la navegación del siglo XVI era la de piloto. Desde que Américo Vespucio fue nombrado Piloto Mayor de la Casa de Contratación, la producción y mejora de mapas para navegar por el Océano Atlántico, y algunos años más tarde, por el Pacífico, fue una de las actividades principales, junto con el desarrollo de instrumentos y técnicas de navegación. La identificación y localización de los vientos dominantes era otra de las grandes preocupaciones y en ese campo los pilotos trabajaron conjuntamente con los cosmógrafos del Reino. A mediados del siglo XVI había en España 180 pilotos titulares y 200 maestros (asistentes) y se había creado una cátedra de Cosmografía en la Universidad de Sevilla. Sin embargo, como sucede a menudo en la ciencia, dos de los más relevantes pioneros de la meteorología no fueron profesionales de la navegación o la cosmografía, sino un fraile jesuita y un ingeniero militar.

JOSÉ DE ACOSTA

Este distinguido religioso y genial antropólogo y naturalista español, nació en Medina del Campo en 1539 y falleció en Valladolid en 1600, siendo entonces rector de la Universidad de Salamanca. Fue por tanto un coetáneo prácticamente simultáneo del rey Felipe II, quien vio la luz en Valladolid en 1527 y murió en El Escorial en 1598.



El Padre José de Acosta

Partió al Perú en 1571 haciendo importantes observaciones científicas en los ámbitos de la Antropología y las Ciencias Naturales. Desempeñó diversas misiones en América regresando a España en 1587. Su celebridad es debida a su monumental obra "Historia natural y moral de las Indias", publicada en Sevilla en 1590 y traducida rápidamente a la lengua inglesa, en el año 1604.

El análisis de la obra José Acosta, en su parte climatológica, merecería un libro por sí solo, por lo que nos limitaremos a señalar únicamente algunas de sus descripciones y explicaciones relativas al clima de las regiones tropicales. A ellas dedica Acosta la mayor atención, aunque sean igualmente interesantes las explicaciones que expone de la climatología de otras latitudes, en las que lo más sorprendente es la corrección de sus observaciones sobre los efectos debidos a las causas astronómicas, esto es, al ritmo de las estaciones y a la duración de los días y las noches.

Lo que sorprendió a Acosta del clima de la región tropical fue su temperatura y pluviosidad, que estaba en contradicción con la escuela de Aristóteles, el cual -en palabras de Acosta- le atribuía «exceso de calor y sequedad; abrasada y seca; falta de agua y de pastos... muy incómoda y contraria a la habitación humana». Acosta, como todos los intelectuales de su época, era extremadamente respetuoso con la filosofía aristotélica; así llega a decir «porque no me determino a contradecir a Aristóteles, sino es en cosa muy cierta». Esa certidumbre, la fundamenta Acosta únicamente en sus propias observaciones, y es así como asegura reiteradamente: «Que la Tórrida tiene abundancia de aguas y pastos, por más que Aristóteles lo niegue ... y es su habitación muy cómoda y apetecible».

También le llamó mucho la atención que el verano en los Trópicos fuera la estación de las lluvias, al contrario de lo que sucedía en España donde «... las lluvias con los fríos andan juntos, y el calor con la sequedad». Acosta se esfuerza por encontrar las causas por las que, en general, las regiones tropicales son muy lluviosas y que corresponda al verano la estación de mayores lluvias. Aunque, lógicamente, la escasez de conocimientos científicos de su época le imposibilitaron cumplir con todo rigor su propósito, no deja de asombrar su agudeza al subrayar la función primordial de la evaporación, señalada en expresiones tan exquisitas como: «Mas cuando en la Tórrida llega el sol a la suma fuerza, y hiere derecho las cabezas, no hay serenidad y sequedad, sino grandes y repentinas lluvias. Porque con la fuerza excesiva de su calor atrae y levanta cuasi súbito grandísima copia de vapores de la tierra y mar Océano; y siendo tan grande la copia de vapores, no las disipando, ni derramando el viento, con facilidades derriten, y causan lluvias mal sazonadas. Porque la vehemencia excesiva del calor puede levantar de pronto tantos vapores, y no puede tan pronto consumirlos y resolverlos; y así levantados y amontonados, con su muchedumbre se derriten y vuelven en agua». Como puede observarse la explicación que Acosta ofrecía para las torrenciales precipitaciones tropicales incluía un proceso fundamental de la termodinámica atmosférica, la condensación convectiva, que no estaba ni mucho menos introducido en el conocimiento de la época, por más que la existencia del vapor de agua y su condensación fueran conceptos aceptados, al menos por los intelectuales más cultivados.

Como cabría esperar, se percata Acosta de que no toda la región tropical es lluviosa y de que en ella existen grandes zonas

desérticas como las del Perú y Norte de Chile. Por supuesto indaga las causas de tan interesante hecho climático «*como es cosa tan extraordinaria que haya tierra donde jamás llueve, ni truena, naturalmente apetecen los hombres saber la causa de tal novedad*». La causa, la encuentra en que «*la altura excesiva de la sierra que corre por toda la costa, abriga aquellos llanos, de suerte que no deja soplar viento de parte de la tierra, sino es tan alto, que excede aquellas cumbres tan levantadas; y así no corre más del viento de mar, el cual no teniendo contrario, no aprieta ni exprime los vapores que se levantan para que haya lluvia. De manera que el abrigo de la sierra estorba el condensarse los vapores, y hace que todos se vayan en nieblas esparcidas*». Si bien la explicación no es totalmente acertada y Acosta no podía lógicamente incluir en ella la influencia del anticiclón subtropical, sus argumentos se dirigían de nuevo al papel de la convección. El intuitivo jesuita tenía muy claro que sin vientos marítimos no hay suficiente aporte de humedad para las precipitaciones convectivas.

También hay sorprendentes aciertos en las explicaciones que Acosta da sobre las causas de que la Zona Tropical no sea en exceso caliente, lo que atribuye a que «*el calor de la Tórrida se templó con la muchedumbre de lluvias y con la brevedad de los días*» de forma que «*las nubes hacen estorbo a los rayos del sol, para que no hieran tanto, y las lluvias que de ellas proceden, también refrescan el aire y la tierra, y la humedecen... y la equinoccial con tener soles más encendidos, tiénelos empero más cortos... por que la equinoccial no tiene tan recios calores como otras regiones, verbigracia, Andalucía por julio y agosto...*».

Como conclusión y generalizando sobre las causas principales de las condiciones climáticas de cualquier región de la Tierra, resume éstas en cuatro: «*la primera, el Océano; la segunda, la postura y sitio de la Tierra; la tercera, la propiedad y naturaleza de diversos vientos... y hay otra cuarta oculta, que es propiedad de la misma tierra que se habita, y particular eficacia e influencia de su cielo*».

Sin desmerecer sus explicaciones sobre las condiciones del clima, las aportaciones más geniales de José de Acosta son indudablemente las que se refieren a los procesos atmosféricos mismos, como es el caso citado anteriormente de la convección tropical, aunque en su obra hay muchos otros ejemplos. Con la sola ayuda de su intuición, Acosta procura comprender la física de la atmósfera y muchas de sus leyes. Así lo demuestra el modo con el que expresa diversos conceptos básicos de la Meteorología. En primer lugar, y en relación con la densidad del aire percibe con claridad que ésta disminuye con la altura, al explicar el mareo que experimenta al ascender a las altiplanicies y sierras andinas «*... el elemento del aire está allí tan sutil y delicado, que no se proporciona a la respiración humana que lo requiere más grueso y templado*». Tal distinción entre sutil y grueso ¿no equivale a aire más y menos denso?

En relación con la radiación solar y la temperatura del aire, al distinguir la sensación de frío y calor que siente el cuerpo humano, muestra un evidente entendimiento de la diferencia entre el efecto directo de los rayos de sol sobre el cuerpo y el debido al contacto con el aire que lo rodea. Así, cuando atribuye a los vientos frescos la causa principal de que la zona tórrida sea mucho más templada de lo que se creía, dice: «*... allí los vientos más ciertos u ordinarios fuesen a maravilla frescos, para que con su frescor se templase el ardor del sol*».

Mediante la consideración del efecto del viento pueden responderse muchas preguntas, que él mismo se formula, y de las cuales extraemos las siguientes: «*¿porqué hiriendo el Sol en la Tórrida, y particularmente en el Perú, muy más recio que por caniculares en España; con todo eso, se defiende de él con mucho menor reparo... ?*»

«*¿porqué en el Perú las noches de verano no son calientes ni congojosas como en España?*»

«*¿porqué en las más altas cumbres de la sierra, aún entre montones de nieves, acaece muchas veces hacer calores intolerables?*»

«*¿porqué en toda la provincia del Callao, estando a la sombra, por flaca que sea, hace frío, y en saliendo de ella al Sol, luego se siente excesivo calor?*».

En sus respuestas a estas y otras preguntas Acosta vino a intuir la disminución vertical de la temperatura en la troposfera. Al explicar por qué las tierras más altas son más frías que las bajas, expone que «*cosa clara es que las cumbres de los montes son más frías que las honduras de los valles; y esto no es solo por haber mayor repercusión de los rayos del Sol en los lugares bajos y cóncavos, aunque esto es mucha causa; sino que hay otra también, y es que la región del aire, que dista más de la tierra, y está más alta, de cierto es más fría*».

Lo que narra de los vientos es realmente asombroso. Además de constituir en su época un alarde de erudición en relación con los nombres designados a los vientos, según su dirección en cada uno de los diferentes países, introduce dos conceptos nuevos de suficiente valor científico, constituyendo esto un motivo más para considerar a Acosta como un adelantado de la Geofísica. El primero de estos conceptos se refiere a las propiedades físicas de los distintos vientos, puesto de manifiesto en las frases siguientes entresacadas de su obra:

«*... que con razón Salomón cuenta y estima el saber la fuerza de los vientos, y sus propiedades, que son cierto maravillosas. Porque unos son lluviosos, otros secos, unos enfermos, y otros sanos; unos calientes, y otros fríos, serenos, y tormentosos, estériles y fructuosos, con otras mil diferencias. Hay vientos que en ciertas regiones corren, y son señores de ellas, sin sufrir competencias de sus contrarios. En otras partes andan a veces: ya vencen éstos, ya sus contrarios: a veces corren diversos, y aun contrarios juntos, y parten el camino entre sí, y acaece ir el uno por lo alto, y el otro por lo bajo... Estas y otras diferencias atribuyen comúnmente a los lugares por donde pasan estos vientos; porque dicen, que de ellos toman sus cualidades de secos, o fríos, o húmedos, o cálidos, o enfermos, o sanos, y aún las demás... De lo cual se arguye bien, que el lugar por donde pasa, le da su cualidad y propiedad*».

Estas últimas puntualizaciones bien parecen una anticipación de lo que hoy día conocemos como masas de aire caracterizadas por sus propiedades físicas originales y por su evolución dinámica, conceptos que no fueron formalizados hasta su estudio riguroso por la escuela noruega, ya bien entrado el siglo XX.

El segundo concepto consiste en una clara muestra de la diferencia entre vientos locales y vientos generales, basado no sólo en el conocimiento de los navegantes acerca del comportamiento del régimen de vientos del Atlántico, tan distinto de el del Mediterráneo, sino también en la agudeza de sus observaciones personales, como cuando dice:

«*Lo que se ha dicho de los vientos que corren de ordinario dentro y fuera de la Tórrida, se ha de entender en la mar, en*

los golfos grandes; porque en tierra es de otra suerte, en la cual se hayan todos los vientos, por las grandes desigualdades que tiene de sierras y valles, y multitud de ríos y lagos, y diversas facciones de País... ».

O cuando se refiere a las brisas de mar y tierra con frases como las siguientes:

«Porque hay terrales que vienen de tierra, y hay mareas que soplan del mar... Comúnmente los terrales soplan después de medianoche hasta que el sol comienza a encumbrar; los de mar, desde que el sol va calentando hasta después de ponerse».

Pero es al comparar los vientos del Océano Atlántico con los del Mediterráneo cuando Acosta más denota su genialidad. Entonces escribe:

«no es el camino de mar como el de tierra, que por donde se va, por allí se vuelve... En el mar no es así, por un camino se va, y por otro diferente se vuelve... no era el navegar por el Océano, como el ir por el Mediterráneo a Italia, donde se van recorriendo a ida y vuelta unos mismos puertos y cabos, y solo se espera el favor del aire, que con el tiempo se muda... Porque en pasando del Trópico, y entrando en la Tórrida señorean la mar siempre los vientos que vienen del movimiento del sol que perpetuamente soplan, sin que jamás den lugar a que los vientos contrarios por allí prevalezcan, ni aún se sientan. En donde hay dos cosas maravillosas: una, que en aquella región, que es la mayor de las cinco, en que se divide el mundo, reinen vientos de oriente, que llaman brisas, sin que los de poniente o mediodía, que llaman vendavales, tengan lugar de correr en ningún tiempo en todo el año... Esta, pues, es la causa de ser mucho más breve, y más fácil, y aún más segura, la navegación que se hace yendo de España a las Indias occidentales, que las de ellas volviendo a España».

Estas brisas «que vienen del movimiento del sol», o sea que soplan del Este en latitudes tropicales, son las que hoy día se conocen como vientos alisios, y los vendavales corresponden a los vientos predominantes del oeste, mucho más irregulares, que soplan a latitudes más altas. Pero Acosta no se limita a la descripción correcta de estos vientos que en su conjunto constituyen una de las características más sobresalientes de lo que hoy llamamos Circulación General de la Atmósfera, sino que se aventura a buscarles una explicación científica, que aun siendo inevitablemente incorrecta, ya que los conocimientos de la época no permitían otra cosa, llama poderosamente la atención por la profundidad de su razonamiento, y por la claridad y belleza de su exposición. Tanto es así, que a pesar de estar totalmente equivocada, la explicación que expone de las causas de los vientos alisios, tiene el enorme mérito de constituir en la Historia de la Meteorología, el primer intento hecho en tal sentido.

De acuerdo con las creencias de la época, Acosta parte del supuesto falso de que la atmósfera no estaba sujeta a la Tierra, por la desconocida entonces fuerza de gravedad, sino que formaba parte de la esfera celeste, participando de su movimiento de Este a Oeste alrededor de una Tierra fija, tanto más veloz cuanto más nos acerquemos al Ecuador, al igual que, como dice Acosta, ocurre con el movimiento de una rueda en el que «es evidente, que la circunferencia mayor se mueve más velozmente que la menor, acabando su vuelta grande en el mismo espacio de tiempo que la menor acaba la suya chica». Claro está que de obrar solo esta causa los vientos soplarían constante y uniformemente del Este a todas latitudes, por lo que era necesario

buscar otros factores que explicasen la enorme complejidad del movimiento del aire, que Acosta cree encontrar en los «vahos y exhalaciones», que según la fantasía de la época, emanaban de la superficie de la tierra y del mar, y que si bien no eran lo suficiente potentes para contrarrestar los vientos del Este donde eran más fuertes, o sea a latitudes tropicales, sí en cambio podían desbaratarlos a latitudes más altas, dando lugar a una atmósfera mucho más revuelta.

Por las alabanzas que Acosta hace del clima de «muchas tierras de Indias», y habida cuenta de la gran difusión que tuvo su libro en Europa, no es aventurado suponer que sirvió en gran medida de acicate a la emigración hacia las tierras del Nuevo Mundo:

«Mirando la gran templanza, y agradable temple de muchas tierras de Indias, donde ni se sabe que es invierno, que apriete con fríos, ni estío que congoje con calores; donde con una estera se reparan de cualquier injurias del tiempo; donde apenas haya que mudar vestido en todo el año, digo cierto, que considerando esto, me ha parecido muchas veces, y me lo parece hoy día, que si acabasen los hombres consigo de desenlazarse de los lazos que la codicia les arma, y si se desengañasen de pretensiones inútiles y pesadas, sin duda podrían vivir en Indias vida muy descansada y agradable...».

Todo lo que acaba de citarse hace a Acosta merecedor del título de climatólogo, por la magnífica descripción que hace del clima de las tierras americanas y las consecuencias que saca de las comparaciones entre las condiciones climáticas de dichas tierras y las de otras europeas y africanas. Ello le llevó a frecuentes conclusiones verdaderas, y al mismo tiempo a la definición de diversos procesos meteorológicos que solo serían confirmados mucho tiempo después, utilizando observaciones instrumentales de las que Acosta no pudo disponer. Es probablemente el primer naturalista que ha ofrecido una visión global de muchas de las características más sobresalientes del clima de nuestro planeta, pero no se limitó a una climatología descriptiva sino que, buscando también fundamentos y argumentos para las variedades climáticas, describió con acierto muchos de los conceptos básicos de la evolución atmosférica.

«En ninguna otra época se había ensanchado repentinamente y de un modo tan maravilloso el círculo de ideas en lo que toca al mundo exterior y a las relaciones del espacio», dijo dos siglos más tarde Alexander von Humboldt en relación con esta obra, llegando a considerar a su autor, José Acosta, como el adelantado de lo que entonces se conocía como Física del Globo y hoy Geofísica.

LEONARDO TORRIANI

Leonardo Torriani fué un ingeniero militar italiano que, al servicio de Felipe II, viajó a Canarias para diseñar fortificaciones y recogió, en 1590, el primer apunte de carácter meteorológico sobre el pico del Teide. La cumbre del volcán del Teide era desde la antigüedad, con sus 3718 metros, una de las cimas más altas del mundo hasta entonces conocido.

Si llegar ni mucho menos a la amplitud y riqueza de las aportaciones científicas de José de Acosta, Torriani coincide con él en la curiosidad científica por fenómenos atmosféricos que no se observaban en las circunstancias acostumbradas. Si el cataizador del interés de Acosta fue la observación de las peculia-



El ingeniero italiano Leonardo Torriani

res características del clima tropical, en el caso de Torriani éste se redujo a la oportunidad puntual de ascender a uno de los puntos más altos del mundo conocido entonces.

Las condiciones atmosféricas encontradas en las alturas del Teide llamaron poderosamente la atención de Torriani, no pudiendo resistirse a describirlas y aventurarse a ofrecer una explicación. Torriani infería que «*en aquella altura es excesiva la sequedad, que apremia de tal modo la cabeza, que considero*

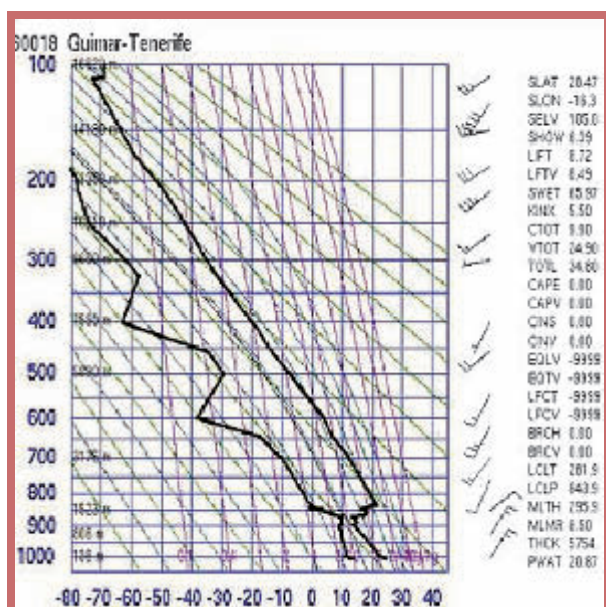


Diagrama termodinámico del sondeo meteorológico del 18-10-2006 sobre Tenerife

(por aquello que yo mismo experimenté), que nadie podría vivir allí veinticuatro horas... Encima hay vientos muy fuertes y muy secos, sin ninguna humedad durante el mes de junio; de lo cual inferí que está en la parte más alta de la primera región del aire, donde las exhalaciones secas andan dando vueltas».

Aún hoy, cuatro siglos después de las observaciones de Torriani, es posible apreciar el acierto de sus intuiciones a la vista de un sondeo termodinámico típico de la atmósfera subtropical sobre Tenerife (ver figura inferior): sequedad, viento y turbulencia, todo ello por encima de la capa de inversión térmica característica de las islas o, dicho en las propias palabras de Torriani, en la parte más elevada de la primera región del aire.

La descripción de Torriani sobre las especiales condiciones atmosféricas de la cima del Teide despertó el interés posterior de otros intelectuales. La importancia para el avance de la ciencia meteorológica de esta cima fue puesta de manifiesto cuando la Royal Society de Londres, que comenzó su andadura en 1645, gracias al patrocinio real de Carlos II de Inglaterra, se mostró interesada en desplazar a la isla de Tenerife a dos de sus miembros para medir en su cumbre «*el peso del aire y la elevación de la atmósfera*». Piénsese que tan solo dos años antes, en 1643, el italiano Evangelista Torricelli comenzaba a realizar los primeros experimentos con el barómetro de mercurio.

Un interminable elenco de científicos continuarían investigando posteriormente las leyes atmosféricas desde la privilegiada atalaya del volcán tinerfeño, pero a Torriani le cabe el reconocimiento de haber sido el primero, del mismo modo que Acosta sentó la primera e importante base para el desarrollo posterior de la climatología y la meteorología planetaria.

NOTA: este artículo es una adaptación de la comunicación "Meteorology in times of Philipp II. Two key personalities: Jose Acosta and Leonardo Torriani" que fue presentada en la Conferencia EMS / ECAM de San Lorenzo de El Escorial, octubre de 2007

Referencias principales

Acosta, J., 1590: Historia Natural y Moral de las Indias. Desde el punto de vista geofísico son especialmente interesantes los tres primeros libros de la vasta obra dedicados respectivamente a:

Libro I: Cuestiones generales sobre la redondez de la Tierra y las características de los hemisferios oriental y occidental;

Libro II: Clima, temperatura y lluvia en "la Tórrida";

Libro III: Propiedades de vientos, océanos y tierras.

Torriani, L., 1590: Descripción de las Islas Canarias. Reedición de Goya eds., Santa Cruz de Tenerife 1978.