

CLASIFICACIÓN DE LAS NUBES: DE LAMARCK Y HOWARD AL ATLAS INTERNACIONAL DE NUBES

Jorge Olcina Cantos
Universidad de Alicante

1. NUBES: SU NATURALEZA FÍSICA

El término nube, del latín *nubes, bis*, procede del vocablo griego *νεφος*, que hace alusión a la oscuridad; la nube se entendía en la Antigüedad, como una zona de oscuridad en el cielo cuya razón de ser encuentra explicaciones diversas, desde lo mitológico a lo filosófico-científico. Y así ocurre en los géneros nubosos que «oscurecen» el cielo como preludio de una tormenta. Pero esas tonalidades oscuras contrastan con otros géneros donde las nubes adquieren un color blanco algodonoso organizándose a modo de copos o de madejas de hilo en el cielo. Y en otras ocasiones, la gama de colores grises da paso a los rojos dependiendo de las condiciones de luz y de las partículas que permiten la condensación del vapor de agua en su interior.

Tal es la naturaleza de las nubes, una formación acuosa suspendida en el aire y que adquiere formas y colores variados en función de las condiciones atmosféricas y de luz existentes y de los núcleos de condensación que se contienen en su interior dentro de una columna atmosférica. La Organización Meteorológica Mundial, en su glosario internacional de términos atmosféricos,¹ define la nube como el hidrometeoro consistente en una suspensión en la atmósfera de partículas minúsculas de agua líquida o de hielo, o de ambas a la vez, que en general no tocan el suelo. Este conjunto puede también contener partículas de agua líquida o de hielo de mayores dimensiones y partículas no acuosas o partículas sólidas procedentes, por ejemplo, de gases industriales, humo o polvo.

NOTA: Este trabajo reúne aportaciones del autor realizadas en el marco del proyecto de investigación «Riesgo y desastre natural en la España del siglo XVIII. Episodios meteorológicos extremos y sus efectos a través de la documentación oficial, la religiosidad popular y la reflexión científica» (HAR2009-11928).

1. OMM, Nota técnica, n.º 182 (1992).

Pese a la aparente simplicidad de sus formas y colores, el proceso de formación de una nube es muy complejo y requiere unas condiciones específicas de humedad, temperatura y presión en el aire. Estas condiciones cambian en relación con la masa de aire existente sobre un área geográfica, con el valor de las variables atmosféricas que participan en su formación y de las propias condiciones geográficas del lugar donde puede generarse.

Desde la Antigüedad ha habido una fascinación del ser humano por las nubes y no han faltado, en época contemporánea, intentos para «crear» nubes que, sin embargo, han quedado en experiencia de laboratorio. De manera que el hombre —afortunadamente— no puede «fabricar» nubes; a lo sumo, ha conseguido modificar la estructura interna de algunos géneros nubosos (nubes de desarrollo vertical) con el objetivo de alterar su trayectoria de desplazamiento en el aire y así evitar lluvias intensas o granizadas en un área geográfica.

La génesis de una nube requiere de la participación de los siguientes elementos: en primer lugar, unas condiciones de humedad atmosférica que favorezcan la existencia de vapor de agua en el aire, materia prima básica para la generación de una nube. La formación de nubes depende también de la temperatura ambiente. Se requiere que dicha temperatura esté por debajo del punto de rocío. Como el aire puede contener mayor cantidad de vapor de agua cuanto mayor sea su temperatura, la circunstancia más favorable para su saturación es que se enfríe. El vapor de agua puede alcanzar el punto de rocío bien por mezcla de masas de aire a distintas temperaturas, por enfriamiento debido a contacto sobre una superficie más fría, o por enfriamiento dinámico de la atmósfera. Al no ser lineal la relación entre temperatura y la humedad, la mezcla de ambas puede llegar al punto de saturación. Por último, la formación de una nube requiere de la existencia de núcleos de condensación como partículas higroscópicas u otras superficies (polvo, humo en suspensión, partículas existentes en el aire como aerosoles de origen natural o antrópico, sal marina, superficies existentes en tierra como hojas y tallos de plantas, cables eléctricos, etc.). Los núcleos de condensación son esenciales para activar el proceso de condensación del vapor de agua; en una atmósfera, con aire limpio, la condensación de nubes es muy difícil. El tamaño de estos núcleos de condensación es variado y en los géneros nubosos conocidos oscila entre 0,001 micras y 10 micras.²

La condensación constituye, pues, la primera fase del mecanismo de la precipitación (formación de nubes); con posterioridad, las gotitas incrementan su tamaño hasta que precipitan y caen por su propio peso. Junto a los núcleos de condensación, la presencia de iones acelera el proceso de condensación, que puede comenzar incluso antes de que el aire esté saturado. Algunos elementos procedentes de la contaminación industrial poseen un gran poder de atracción sobre las moléculas de agua, lo que explica la formación de nieblas en zonas industriales y urbanas por la abundancia de polvo y sustancias de desecho. La ausencia de estos núcleos puede provocar que el aire sobrepase el grado de saturación sin producirse el cambio de estado.

2. Una micra es la millonésima parte de un metro.

En el proceso de formación de una nube, el paso de vapor de agua (gas) a gota de agua (líquido) en una nube libera calor; es el llamado «calor latente de condensación», cuyo principio físico se emplea en teledetección meteorológica para distinguir tipos de nubes en las imágenes de satélite. Por su parte, cuando el agua de lluvia ha caído al suelo y se evapora se produce una absorción de calor del ambiente atmosférico próximo y ello da lugar a un enfriamiento momentáneo de dicho entorno atmosférico; es la sensación de «frescor» que sigue, por ejemplo, al desarrollo de una tormenta estival.

Son dos los procesos que explican el crecimiento de una gota de agua en una nube:

A) la *condensación* que se da normalmente en nubes bajas y altas y que se origina en una partícula higroscópica (núcleo de condensación) en la que el vapor de agua que ha alcanzado su punto de rocío se deposita. Después, en función de las condiciones ambientales las gotitas se evaporarán o crecerán. Las gotitas pequeñas crecen muy rápido al principio y luego lentamente. Y llega un momento en que dejan de crecer. Es, por otra parte, normal que la velocidad de crecimiento de una gota disminuya al aumentar su tamaño, puesto que con cada incremento de su radio la superficie a añadir es cada vez mayor.

B) la *coalescencia*, más común en nubes de desarrollo vertical o nubes medias en las que las gotas deben tener un radio mayor a 19 micras. En este caso las corrientes de viento internas dentro de la nube contribuyen al choque entre las gotas formadas, que se llegan a fusionar dando lugar a gotas de gran tamaño. Debe recordarse que, en una nube de desarrollo vertical, formada en un entorno atmosférico de elevada inestabilidad, las corrientes de viento ascendentes pueden alcanzar a los 300 km/h. Son éstas condiciones favorables para la formación de precipitación de tipo sólido (granizo) que puede alcanzar, dentro de la nube de desarrollo vertical, grandes dimensiones.

Un dato importante es que las gotitas que forman una nube no son necesariamente la fuente inmediata de las gotitas de lluvia. La precipitación vertical puede producirse, o no, en función de las condiciones atmosféricas existentes en un ambiente dado. Además, si se produce dicha precipitación las gotas de lluvia al caer de la nube experimentan evaporación debido a la ganancia de temperatura que se adquiere con el descenso. Así, por ejemplo, una gota de 0,1 mm. de radio se evapora después de caer tan sólo 150 m. si las condiciones ambientales de temperaturas alcanzan 5 °C con una humedad relativa del aire del 90%. Además, no precipitan todas las gotas de agua que hay en una nube, tan sólo aquellas que han alcanzado un tamaño y un peso determinado y no encuentran corrientes ascendentes que eviten su caída hacia el suelo.

Los procesos que explican la formación de una nube en un ambiente atmosférico favorable son los siguientes:

1. *Convección*. El caldeoamiento del aire provocado por el Sol favorece su ascenso; en este proceso el aire se enfría y si alcanza el punto de rocío condensa y da lugar a la formación de una nube.

3. Vid. G. Vicuña: *Manual de meteorología popular*, Madrid, Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada, 1880, 232 pp.

2. *Forzamientos orográficos*. Las nubes también se pueden formar cuando el aire asciende por una ladera; en este ascenso se enfría y alcanza el punto de rocío, de manera que se genera una formación nubosa sobre la ladera o en la culminación de un relieve. Son las denominadas «nubes orográficas».

3. *Encuentro de masas de aire de temperatura distinta*. Cuando una masa de aire cálido entra en contacto con una masa de aire más frío y pesado, el aire se ve obligado a ascender, sobre una superficie frontal que establece la frontera entre las masas de aire de naturaleza diversa. Son las nubes frontales, generadas por procesos dinámicos, que forman la tipología de nubes más frecuente en la atmósfera terrestre.

4. *Efectos topográficos*. Cuando una masa de aire caliente y húmedo se sitúa sobre una superficie más fría se enfría y alcanza el punto de saturación. Entonces el vapor de agua se condensa y da lugar a la formación de una capa baja de nubes (niebla). Este mecanismo es frecuente en áreas costeras con aguas de corrientes marinas frías, en humedales y lagos.

En relación con la formación de nubes, los tratados de meteorología, hasta bien entrado el s. XX, entendían este proceso como un fase avanzada de la génesis de nieblas y se consideraba a la nube como «una niebla situada a mayor altura».³ En este sentido, Augusto Arcimis, Director del Instituto Central Meteorológico (1888-1910), señala en su manual de *Meteorología*⁴ que «las nubes son nieblas vistas desde fuera y a distancia; por lo tanto, la constitución de ambos fenómenos es la misma, pero difiere mucho su proceso de formación; la diferencia que existe, pues alguna hay, entre las nieblas y las nubes, estriba, únicamente, en la magnitud de las gotas de agua, más considerable en las últimas, que en las primeras». El astrónomo francés Camille Flammarion, en su opúsculo sobre *La Atmósfera*,⁵ afirmará, sin reparo, que «aún cuando no hay diferencia esencial entre las nieblas y las nubes, hay, sin embargo, una de origen: una niebla es el espacio en que el vapor de agua pasa del estado invisible al estado visible, mientras que una nube es un objeto individual, una agrupación de vapores que presenta una forma determinada. La primera es inmóvil, la segunda móvil.» Y ya en las primeras décadas del siglo XX, José María Lorente, meteorólogo del entonces Servicio Meteorológico Nacional, señalará, al respecto, en su manual de *Meteorología*⁶ que «si la condensación del vapor de agua se realiza en las capas bajas de la atmósfera, se forma la niebla, y si en las altas, las nubes. Ambas no se distinguen en su esencia, pero sí en su origen». En la actualidad, se entiende que la niebla es un tipo nuboso con una base sobre el suelo o próxima a él y escaso desarrollo vertical; forma parte de las nubes bajas del género estratiforme.

4. Vid. A. Arcimis: *Meteorología*, Manuales Soler n.º XVIII, Barcelona, 1902, 198 pp.

5. Vid. C. Flammarion: *La Atmósfera: descripción de los grandes fenómenos de la naturaleza*, trad. de Luis Barinaga y Corradi, Madrid, Imprenta y Librería de Gaspar Editores, 1875, 428 p.

6. J. M. Lorente: *Meteorología*, Barcelona, Editorial Labor, 1930, 192 pp.

2. FASCINACIÓN HISTÓRICA DEL SER HUMANO POR LAS NUBES. EL PAISAJE Y LAS NUBES: APROXIMACIÓN DESDE LA PINTURA

Desde la Antigüedad ha habido una fascinación del ser humano por los fenómenos atmosféricos y entre ellos las nubes y sus fenómenos asociados (lluvia, rayos, arco iris) han tenido explicaciones cargadas, en no pocas ocasiones, de cierto misterio debido a la dificultad de encontrar una explicación racional a su origen. En el caso de las nubes, la falta de comprensión de su origen último, justifica que este hidrometeoro se explique, en los textos clásicos, asociándolo a un tipo de viento o con el desarrollo de una temperie (pronóstico).

Diferentes autores han incluido referencias a las nubes en sus trabajos destacando la originalidad de sus formas o su vinculación con otros fenómenos que ocurren en el aire.

Uno de los autores que aborda, con criterio, la explicación de los fenómenos atmosféricos es Aristóteles en los *Meteorológicos*⁷ (s. IV a. de C.). En relación con las nubes, nos habla de la existencia de una «región de las nubes» en la atmósfera que se encontraría entre una capa cálida y húmeda inferior y una capa cálida y seca –«un como fuego» (*sic*)– superior. Al respecto, señala:

Y es que la naturaleza del vapor es lo húmedo y lo frío, más la de la exhalación es lo caliente y lo seco; además, el vapor es en potencia una como agua, más la exhalación es en potencia un como fuego. Por consiguiente, hay que suponer que la causa de que no se formen nubes en la región superior es ésta, que no hay allí solamente aire, sino más bien un como fuego;

y añade una explicación muy significativa para justificar la diferencia entre nube y niebla:

la exhalación procedente del agua es vapor, y la condensación de aire en agua, nube; la niebla es un residuo de la condensación en agua de una nube, por lo que es, más bien, signo de cielo despejado que de lluvias. Pues es la niebla como una nube estéril.

En la «región de las nubes» se generarían, para Aristóteles, los diferentes tipos de precipitación: «la propia agua no se hiela igual que lo hace en la región de las nubes. Pues de allí suelen venir tres cuerpos que se forman por causa del enfriamiento: agua, nieve y granizo». Y completa la explicación de los diferentes tipos de precipitación del siguiente modo:

nieve y escarcha son los mismo –y también lluvia y rocío– pero el uno se da en grande y el otro en pequeña cantidad. Y es que la lluvia se origina a partir del vapor cuando éste se enfría en cantidad: y la razón de ello es que son amplios tanto en el espacio como en el tiempo. En pequeña cantidad, en cambio, se da el rocío porque la concentración se produce en un solo día y el espacio es pequeño.

7. Aristóteles: *Los meteorológicos*, Madrid, Alianza Editorial, 1997, 160 pp.

En la obra de Aristófanes *Las nubes*⁸ (423 a. de C.) se ofrece una explicación sobre el origen de este hidrometeoro. Se trata de una obra de teatro de juventud, donde el comediógrafo griego hace una fuerte crítica a los sofistas y sus enseñanzas con humor y donde no falta el repaso a los temas y personajes de moda de la Atenas de finales del siglo V a. de C. Se trata de un texto destacable por ser, al tiempo, la referencia histórica más antigua sobre la figura de Sócrates, que recibe en la obra una crítica feroz. En la obra, Sócrates es llamado «él mismo» (αὐτός) y está colgando de un cesto observando el cielo. Para Aristófanes las enseñanzas de Sócrates y de los Sofistas mal forman a la juventud de su época. En la escena adjunta de la obra de Aristófanes, Estrepsíades recibe las enseñanzas de Sócrates que le habla del cielo y demuestra que Zeus no existe y que las nubes también son diosas y muy importantes, y quien junta las nubes no es Zeus sino el «Torbellino»:

SÓCRATES. ¿Qué Zeus? No digas tonterías. Zeus ni siquiera existe.

ESTREPSÍADES. Pero, ¿tú qué dices? Pues, ¿quién hace llover? Esto, acláramelo antes de nada.

SÓCRATES. ¡Ésas, claro! Y te lo demostraré con pruebas de gran peso. A ver: ¿dónde has visto tú que alguna vez llueva sin nubes? Sin embargo, lo que tendría que ser es que él hiciera llover con el cielo despejado y que éstas estuvieran ausentes.

ESTREPSÍADES. ¡Por Apolo!, con lo que acabas de decir le has dado un buen apoyo al asunto éste. Y la cosa es que yo antes creía a pies juntillas que Zeus orinaba a través de una criba. Pero explícame quién es el que produce los truenos, eso que me hace a mí temblar de miedo.

SÓCRATES. Éstas producen los truenos al ser empujadas por todas partes.

ESTREPSÍADES. A ver, a ti que no se te pone nada por delante: ¿cómo?

SÓCRATES. Cuando se saturan de agua y por necesidad son forzadas a moverse, como están llenas de lluvia necesariamente son impulsadas hacia abajo; entonces, chocan unas contra otras y, como pesan mucho, se rompen con gran estrépito.

ESTREPSÍADES. Pero el que las obliga a moverse, ¿quién es? ¿No es Zeus?

56. La expresión atropellada del personaje es fiel reflejo de su sorpresa.

SÓCRATES. Ni mucho menos; es un torbellino etéreo.

ESTREPSÍADES. ¿Torbellino? No me había dado cuenta de eso, de que Zeus no existe y de que en su lugar reina

el estruendo y el ruido.

SÓCRATES. ¿No me has oído? Las nubes, al estar llenas de agua, te digo que chocan unas con otras y hacen ruido porque son muy densas.

ESTREPSÍADES. Vamos a ver: eso, ¿quién se lo va a creer?

SÓCRATES. Te lo voy a explicar poniéndote a ti como ejemplo. En las Panateneas⁸, cuando ya estás harto de sopa de carne, ¿no se te revuelven las tripas y de pronto se produce un movimiento en ellas que empieza a producir borborismos?

ESTREPSÍADES. Sí, por Apolo, y al momento provoca un jaleo horrible y un alboroto; y la dichosa sopa produce un ruido y un estruendo tremendo, como un trueno; primero flojito, «papax, papax», después más fuerte «papapapax», y cuando cago, talmente un trueno, «papapapax», como hacen ellas.

8. Aristófanes: *Las nubes*, Madrid, Alianza Editorial, 2004, *Las Nubes, Lisistrata, Dinero*, 248 pp.

El escritor helenista Arato de Solos (310-240 a. de C.) incluye varias referencias a las nubes en su obra poética *Fenómenos*.⁹ Se trata de alusiones a este fenómeno como signo de estados del tiempo o de cambios que pueden ocurrir (pronóstico). Así, por ejemplo, indica: «si una nube oscura se recuesta en la falda de una alta montaña y aparece la cima despejada, en tal caso podrás gozar de buen tiempo»; o también, «el tiempo será también bueno cuando aparezca sobre la superficie del mar una nube baja y no se eleve, sino que esté allí enclavada como un escollo»; y por el contrario, las nubes son signo de mal tiempo «cuando la luz de las estrellas pierda su pureza, y las nubes amontonadas no la eclipsen sin se interponga ninguna otra bruma ni la luna, pero sin más, las estrellas palidezcan de pronto, nunca reconocerás esto como un signo de buen tiempo, sino prepárate para la tormenta»; «Lo mismo sucederá cuando algunas nubes se amontonen en un mismo lugar, mientras otras avanzan contra ellas, unas sobrepasándolas y otras acumulándose detrás».

En el siglo I a de C. el astrónomo Gémino de Rodas rechazará la idea de que los cambios en el tiempo atmosférico se deben a signos astronómicos y los relacionará con fenómenos que ocurren en las proximidades del suelo, entre ellos las nubes. En su *Introducción a los Fenómenos*¹⁰ señala, al respecto,

La teoría acerca de los pronósticos meteorológicos obedece, entre el pueblo llano, a la extraña concepción de que los cambios atmosféricos se deben a los ortos y a los ocasos de las estrellas. El matemático o el físico tienen otra opinión. En primer lugar hay que señalar que los signos precursores de lluvias y de vientos se manifiestan a ras de tierra y no se levantan a mucha altura: las exhalaciones a ras de tierra son de varias clases e irregulares, de tal manera que les es imposible llegar hasta la esfera de las estrellas fijas, antes bien, las nubes no llegan a una altura de diez estadios.

Y concluye: «Así pues, todas las nubes, como hemos dicho forman exhalaciones a ras de suelo y se quedan cerca de la tierra».

Se encuentran referencias a la nubes en la obra del jesuita y cronista de Indias, José de Acosta (1540-1600). En su *Historia Natural y Moral de las Indias*¹¹ (1590) las nubes son elemento necesario para explicar la abundante humedad y el calor moderado de la zona Tórrida. De manera que José de Acosta rechazará las ideas de Aristóteles sobre la falta de ocupación de esta zona Tórrida por el ser humano debido a su excesivo calor. En el Libro II, capítulo X de la *Historia*, donde aborda la cuestión de «Que el calor de la Tórrida se templará con la muchedumbre de lluvias y con la brevedad de los días», hace notar lo siguiente:

9. Arato: *Fenómenos*, Madrid, Gredos, 1993. Arato/ Gémino, *Fenómenos/ Introducción a los fenómenos*, traducción e introducción de E. Calderón Dorda, Madrid.

10. Gémino: *Introducción a los fenómenos*, Madrid, Gredos. Arato/Gémino (1993). *Fenómenos/ Introducción a los fenómenos*, op. cit.

11. José de Acosta: *Historia Natural y Moral de las Indias* (ed. Historia 16, Crónicas de América, Madrid, 1987).

Ser así verdad, como éstos dijeron, después que se halló el nuevo mundo quedó averiguado y sin duda. Mas es muy natural, cuando por experiencia se averigua alguna cosa que era fuera de nuestra opinión, querer luego inquirir y saber la causa de tal secreto. Así, deseamos entender por qué la región que tiene al sol más cercano y sobre sí, no sólo es más templada, pero en muchas partes es fría. Mirándolo ahora en común, dos causas son generales para hacer templada aquesta región.

La una es la que está arriba declarada, de ser región más húmeda y sujeta a lluvias, y no hay duda, sino que la lluvia refresca. Porque el elemento del agua es de su naturaleza frío, y aunque el agua por la fuerza del fuego se calienta, pero no deja de templar el ardor, que se causará de los rayos del sol puro. Pruébese bien esto por lo que refieren de la Arabia interior, que está abrasadísima del sol porque no tiene lluvias que templen la furia del sol. 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; por más caliente que parezca el agua que llueve, en fin, se bebe y apaga la sed y el ardor, como lo han probado los nuestros, habiendo penuria de agua para beber. De suerte que, así la razón como la experiencia, nos muestran que la lluvia de suyo mitiga el calor, y pues hemos ha asentado que la tórrida es muy lluviosa, queda probado que en ella misma hay causa para templarse su calor.

En el siglo XVII, Varenio en la *Geografía General* (1650) incluirá referencias a las nubes como elemento para el pronóstico del tiempo. Ya en el siglo XVIII, uno de los escritores que más ha manifestado en sus obras su admiración por los cielos de nubes es el polímata alemán Johann Wolfgang von Goethe que en varias novelas incluye referencias a este hidrometeoro. Así, en un pasaje de *Werther* (1774) se anota al respecto: «...el arroyo apacible que se deslizaba adormecido con el murmullo de los cañaverales, reflejando las matizadas nubes que la brisa suave de la tarde mecía en el cielo...»; «Me había ido a pasear a la orilla del río, a la hora de comer, porque no tenía ningún apetito. No había nadie. El oeste frío y húmedo soplabla de la montaña; algunas nubes grises rodeaban el valle...». Goethe contribuiría decisivamente a la difusión del catálogo de nubes que elaboró Luke Howard a comienzos del siglo XIX (*vid. infra*). En sus viajes no dejaba de anotar lo que veía en el cielo y a las anotaciones atmosféricas acompañaba dibujos manuscritos de los distintos géneros de nubes. Fruto de ello fue la edición de un *Diario de anotaciones meteorológicas* realizadas por el escritor en sus viajes realizados entre 1820 y 1825 a Karlsbad, Marienbad y Franzensbad. Entre estas anotaciones sobre los estados del cielo de Goethe se puede leer la siguiente descripción de la presencia de «cúmulos de buen tiempo» en el cielo: «*Sábado, 27 de mayo*: Mullidos cúmulos disueltos en cirros, que se disponen en filas y suben, volviéndose a inflar y después a bajar. Creíamos ver pasar estas formaciones en tres niveles, unas sobre otras. Las nubes tendiendo cada vez más a disolverse y a despejarse...». O, asimismo, estas líneas donde se relata una jornada de tormentas en primavera: «*Miércoles, 17 de mayo*: Por la noche, fuertes aguaceros, la mañana nublada, de vez en cuando chubascos. Franjas de nubes dirigiéndose hacia al Este. Todo el día continuaron los chubascos».

Goethe jugó también un papel fundamental para la consolidación de la primera red de mediciones meteorológicas en el Gran Ducado de Sajonia, merced a la tutela del duque Carlos Augusto que intentaba convertir su ducado en el centro científico más importante de la época. En este contexto, Goethe no sólo llevo a cabo las mencionadas anotaciones sino que, por encargo del duque Carlos Augusto, redactó unas instrucciones, a modo de manual de meteorología, para su aplicación en los observatorios meteorológicos del Gran Ducado.¹²

En los últimos años, ha habido un reflujo de la afición por el fenómeno de las nubes que se ha manifestado en la edición de divulgación y literarias sobre la cuestión, y en la creación de asociaciones de aficionados a las nubes, de ámbito mundial. Entre las primeras destacan los trabajos de Richard Hamblyn,¹³ Stéphane Audeguy¹⁴ o Chloe Aridjis.¹⁵ Por su parte, en 2004, Gavin Pretor-Pinney crea la Sociedad de Observación de Nubes (Cloud Appreciation Society) y difunde el Manifiesto de la Observación de Nubes (fig. 1). Esta asociación, con soporte en una página web¹⁶ de amplia difusión, ofrece reconocimiento a aquellas personas que den correctamente nombre a las nubes que se explican en la obra editada por Pretor-Pinney.¹⁷

La fascinación por las nubes se ha plasmado, asimismo, en la obra de los grandes artistas desde la Edad Media hasta el siglo XX.¹⁸ En la historia de la pintura las nubes han sido utilizadas en las representaciones pictóricas:

- como fondo de escena (paisaje).
- como argumento religioso de «bienestar» (cielo) o «malestar» (castigo).
- como fuente de estudio en sí misma, donde los lienzos representan sus formas y variedades.

Desde las manifestaciones tempranas con un cielo de cúmulos, amenazando tormenta, de *La Crucifixión*, Jan van Eyck, 1430, o los altocúmulos lenticularis de *El bautismo de Cristo* de Piero de la Francesca, 1450, el fondo de cúmulos en crecimiento de *La agonía en el Jardín* de Giovanni Bellini (1460) la tenebrosa y amenazante nube sobre *La Crucifixión* de Lucas Cranach, 1503 o la cúpula nubosa que se abre por su, el centro de *La batalla de Alexander*, Albrecht Altdorfer, 1529 hasta los cielos azules tan característicos del paisajismo holandés del renacimiento pleno con Joaquim Patinir (1480-1524) como representante principal, que tienen buena muestra en su *Paisaje con*

12. Vid. J. W. Goethe: *El juego de las nubes*, estudio epilodal de Isabel Hernández, ilustraciones de Fernando Vicente, Madrid, Nordica Libros, 2011, 122 pp.

13. Vid. R. Hamblyn: *L'invention des nuages*, París, J. C. Lattes, 2003, 321 pp.

14. Vid. S. Audeguy: *La teoría de las nubes*, Barcelona, El Aleph editores, 2006, 285 pp.

15. Vid. Ch. Aridjis: *El libro de las nubes*, Ed. Funambulista, 2011, 277 pp.

16. Vid. <<http://cloudappreciationsociety.org/>>.

17. Vid. G. Pretor-Pinney: *Guía del observador de nubes*, Madrid, Ed. Salamandra, Madrid, 2007, 320 pp.

18. Una magnífica explicación de cielos y nubes en cuadros representativos de la historia universal de la pintura se encuentran en la excelente web «divulgameteo» (<<http://www.divulgameteo.es/>>) del meteorólogo y brillante divulgador científico José Miguel Viñas, que dedica un completo apartado al respecto en su sección «pinacoteca meteorológica».

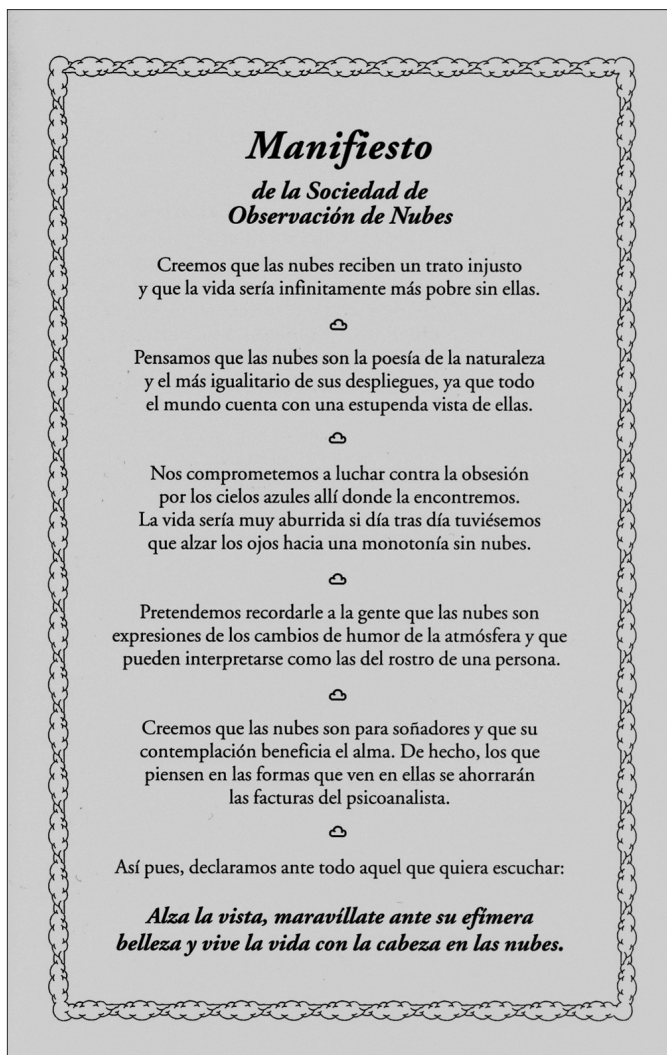


Figura 1. Manifiesto de la Sociedad de Observación de Nubes. Fuente: G. Pretor-Pinney: *Guía del observador de nubes*, 2007.

San Cristóbal o en el *San Jerónimo* (fig. 2), donde se refleja además una virga de agua que acompaña a una nube de tormenta (cumulonimbo).



Figura 2. Joaquim Patinir: *Paisaje con San Jerónimo* (1524).

Leonardo da Vinci nos deja un fondo de alto-cúmulos en la delicada representación de la *Madonna con el Niño Jesús* (hacia 1490) y Tiziano (1480-1576) nos regalará unos cielos abigarrados, repletos de nubes de desarrollo vertical en su *Baco y Ariadna* y, especialmente, en *David y Goliat* (fig. 3); o los altoestratos en el cielo del retrato ecuestre de *Carlos V*.

Un cuadro que siempre ha fascinado a los estudiosos del tiempo y clima es *La tempestad* de Giorgione (hacia 1508), con todo su simbolismo encerrado en una escena que preside un cielo de tormenta de donde surge un misterioso relámpago (fig. 4).



Figura 3.
Tiziano: *David y Goliat*, 1542-1544.

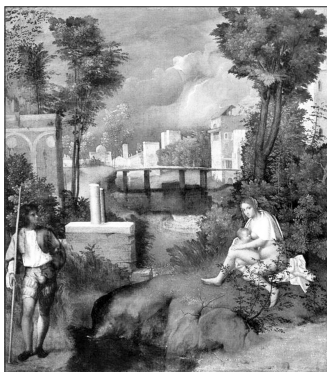


Figura 4.
Giorgione: *La tempestad*, hacia 1508.

Peter Brueghel el Viejo, el denominado «pintor de la nieve», nos deja en *El censo de Belén* (1566) un cielo oscuro que anuncia la llegada de más precipitación de nieve. Su hijo Jan Brueghel (1568-1625) representa un cielo de invierno en un paisaje nevado con nubes de desarrollo y su base de *nimbus* en el *Paisaje invernal*. Cumulos congestus y cumulonimbos encierran la *Vista sobre Toledo* (hacia 1604-1614) del genial Doménikos Theotokópoulos, El Greco. También son cumulonimbos los que presiden el fondo montañoso de la escena del *Paisaje con Polifemo* (1649) de Nicolás Poussin. Nuestro genial Velázquez pinta unos fondos de paisaje de azul cielo, real, turquesa, cian, añil, con nubes medias y de desarrollo;



Figura 5. Diego de Velázquez: *La rendición de Breda* (1634-1635).

así puede verse, por ejemplo, en *La rendición de Breda*, donde se refleja una auténtica recopilación de géneros nubosos (fig. 5), o en el *retrato del príncipe Baltasar Carlos*. En el barroco español, la *Inmaculada Concepción de El Escorial*, (hacia 1660-1665) de Murillo, está suspendida en el cumulo que alberga un coro de ángeles.

Los cielos en los paisajes de Claude Lorrain (1600-1682) sorprenden por los colores rojizos de sus atardeceres o los azules claros del amanecer; las nubes medias (altocumulos y altoestratos) favorecen las tonalidades que

envuelven sus representaciones de ambientación mitológica.

De la escuela holandesa de pintura barroca, Rembrandt Harmensz van Rijn representa un cielo de nubes de desarrollo cargadas de lluvia en su *Paisaje bajo la tormenta* (1637/1638). Johannes Vermeer (1632-1675) fue un delicioso pintor de interiores, pero dos vistas de su localidad natal (Delft) incluyen un interesante fondo sobre nubes medias (alto cumulos). Son la *Vista de Delft* y su magistral *Una callejuela de Delft* (fig. 6). De esta escuela los *Paisajes* (hacia 1653/55) de Philips Koninck y de Jacob van Ruisdael (1628-1682) gustan de la representación de nubes de desarrollo vertical como fondo de sus visiones.

Pocas ocasiones la representación de un cielo nocturno ha alcanzado tanta belleza y exactitud como en los *Nocturnos* (hacia 1770/71) de Claude Joseph Vernet, con la luz de la luna reflejando en los blancos altocúmulos. O con unos nimbos descargando fuerte precipitación en la serie de *Naufragios* de este pintor en la frontera de romanticismo.

Cielos con nubes de desarrollo vertical adornan muchos de *cartones* para tapices realizados por Goya, entre 1775 y 1792, o preside, de forma contundente el *Duelo a garrotazos* (1819-23). Un fenómeno óptico, estrechamente vinculado a la presencia de nubes de tormenta se puede observar en el *Paisaje con arco iris* (1815) de Joseph Anton Kock.

Enigmática, sin duda, resulta la escena de *El caminante ante el mar de niebla* (1818) de Caspar David Friedrich (fig. 7). La capa de nubes bajas que oculta los relieves que observa el caminante desde lo alto es tal vez la mejor representación pictórica de una formación nubosa orográfica.

Eugene Delacroix (1798-1863) pintó varias escenas de cielos y nubes al atardecer; y el impresionista Claude Monet (1840-1926), nos regala cielos con deliciosas nubes medias en *Amapolas en Argenteuil* (fig. 8) o en el *Puerto de Argenteuil*. Un sol naciente se abre paso entre nubes medias en su *Impresión* (1872).



Figura 6. Johannes Vermeer: *Una callejuela de Delft* (hacia 1657-1658).



Figura 7. Caspar David Friedrich: *El caminante ante el mar de niebla* (1818).



Figura 8. Claude Monet: *Amapolas en Argenteuil*, 1873.

Vincent van Gogh (1853-1890) nos ha dejado escenas con cielos nublados en sus paisajes holandeses de juventud hasta los de su etapa de estancia en la Provenza y en sus famosas representaciones expresionistas, *Campo de trigo con ciprés* (1889). Por su parte, Paul Gauguin (1848-1903) pinta nubes medias y de desarrollo vertical en el trópico en sus Paisajes franceses y tahitianos.

Hay cielos nublados de gran plasticidad en las representaciones surrealistas de Dalí (p. e. *Spectre du Soir sur la Plage*, 1935; *La tentación de San Antonio*, 1946) (fig. 9); Joan Miró nos deja su particular visión de los cielos mediterráneos, con sus tonalidades azules y sus blancas nubes de formas diversas en los paisajes de su etapa fauvista.

Es ésta una breve muestra de la importancia que ha tenido la representación de cielos y nubes por parte de los grandes maestros de la pintura universal. En estas representaciones las nubes se tienen como objeto que completa los paisajes que aderezan una escena o como representación de simbología religiosa.

Pero en la historia de la pintura encontramos también a autores que utilizan las nubes como objeto principal de estudio y a la representación de las formas de las nubes dedican diversas láminas. El más destacado de éstos es John Constable (1776-1837), paisajista inglés y pintor de nubes, que estuvo directamente influido por el trabajo de clasificación de las nubes de Luke Howard. En sus escenas de paisajes ingleses las nubes juegan ya un papel destacado (*El caballo blanco*, 1819; *El carro de heno*, 1821), pero en 1821-



Figura 9. Salvador Dalí: *Spectre du Soir sur la Plage*, 1935.

1822, realizó su serie de estudios sobre nubes *Study of Clouds* (fig. 10), compuesta por acuarelas y óleos dedicados, monográficamente, a la representación de las nubes. Este estudio lo realizó en la localidad de Hampstead (cerca de Londres). Junto a las láminas, Constable anotaba la hora y la fecha exacta de la realización y el tiempo que hacía, así como las comparaciones con formas de la naturaleza que le inspiraban las nubes. El propio Constable se llegó a denominar «pintor de las nubes» («I am the man of clouds», Constable, 1823).¹⁹



Figura 10. John Constable: *Estudio de nubes* (1821-1822).

Una década después de los trabajos de Constable el paisajista noruego John Christian Clausen Dahl pintará su *Estudio de nube* (1832), que representa el tránsito de un altocúmulo a cumulo *mediocris*. Por su parte, en este contexto, deben mencionarse los trabajos del inglés Joseph Mallord William Turner (1775-1851), pintor de la naturaleza que tiene varias representaciones, de enorme originalidad, sobre fenómenos atmosféricos (cielos nublados, lluvia, tempestades, tormentas de nieve, arcoíris). Enormemente sugerente es su *Lluvia, vapor y velocidad* (1844) o *Aníbal cruzando los Alpes* (1810-1812), con su amenazador cielo negro de tormenta (fig. 11).



Figura 11. Joseph Mallord William Turner: *Aníbal cruzando los Alpes* (1810-1812).

19. Vid. el riguroso y detallado trabajo realizado por J. E. Thormes: *John Constable's Skies: A Fusion of Art and Science*, Londres, Continuum International Publishing Group, 1999, 288 pp.

3. PRIMEROS CATÁLOGOS DE NUBES: LAMARCK Y HOWARD

En los primeros años del siglo XIX tiene lugar el desarrollo de una serie de propuestas de clasificación de los tipos de nubes. Dos autores son los principales protagonistas de estas clasificaciones Lamarck y Howard. En el momento en que se desarrollan cumplen una serie de características en relación con su época:

- Son herederas del contexto histórico ilustrado (cientifismo).
- Reciben la influencia de Linneo y su clasificación científica binomial en latín (*Systema naturae per Regna tria Natura*, 1758).
- Se producen en un entorno favorable, donde pintores y escritores aficionados a la meteorología (y, especialmente a los estados del cielo) como Constable o Goethe se hacen eco de esta novedad y la difunden en sus campos artísticos.

En este contexto histórico –segunda mitad del siglo XVIII y primeras décadas del siglo XIX–, debe recordarse, se producen los avances en el descubrimiento y caracterización de la electricidad atmosférica por parte de erudito norteamericano Benjamin Franklin, quien durante su estancia en Francia, en 1752, llevaría a cabo el famoso experimento de la cometa, que le permitió demostrar que las nubes de desarrollo están cargadas de electricidad y que, por lo tanto, los rayos son esencialmente descargas de tipo eléctrico. Ello fue clave para la invención del pararrayos un año después. El físico y químico inglés Michel Faraday llevaría a cabo, por su parte, en las primeras décadas del siglo XIX, experiencias esenciales para la caracterización de la electricidad estática, demostrando que la carga eléctrica se acumula en la superficie exterior del conductor eléctrico.

Sin embargo, y pese a la transcendencia de sus descubrimientos para la ciencia meteorológica ni Franklin ni Faraday tuvieron en las nubes un objeto de estudio principal ni llevaron a cabo propuestas de clasificación de sus formas. El primero intento de clasificación de las nubes se debe a Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet de Lamarck quien en 1801, idearía un sistema de clasificación manejando nombres en francés. Lamarck fue empleado del Museo Nacional de Historia Natural de París y por tanto estaba familiarizado con las distintas clasificaciones de especies. Su propuesta de clasificación se publicó en 1802 en el trabajo *Sur la forme des nuages*, como aportación al *Annuaire Météorologique pour l'an X de la République Française*.²⁰ En palabras del naturalista francés se trataba de «una clasificación practica de las nubes basada en el hecho de que la nubes poseen ciertas formas generales que no son casuales sino que dependen del estado atmosférico y que podría ser útil su reconocimiento y determinación». Lamarck propondrá 11 tipos de nubes con denominaciones que atienden a su estructura formal (fig. 12).

20. N.º 3, París, 1802, pp. 149-164.

Leur détermination se trouve dans l'*Annuaire mét. de l'an XIII*, p. 112 et suiv. En voici la nomenclature.

- 1°. Nuages brumeux.
- 2°. Nuages en voile.
- 3°. Nuages en lambeaux.
- 4°. Nuages boursoufflés.
- 5°. Nuages en barres,
- 6°. Nuages en balayures.
- 7°. Nuages pommelés.
- 8°. Nuages attroupés.
- 9°. Nuages coureurs.
- 10°. Nuages groupés.
- 11°. Nuages de tonnerre.

Généralités sur les influences du soleil.

XXV.

Le soleil agit sur l'atmosphère terrestre par deux sortes d'influences très-distinctes l'une de l'autre.

1°. Il agit sur cette atmosphère par le principe ou les résultats de l'attraction universelle ; c'est-à-dire qu'il exerce sur cette atmosphère, comme sur toutes les autres parties de notre globe, une action quelconque par l'effet de sa masse.

2°. Il y agit en outre par l'influence très-puissante de la lumière qu'il y envoie directement et continuellement.

Figura 12. Sistema de clasificación de nubes de Lamarck. *Annuaire Météorologique pour l'an X de la République Française*, 1802.

El sistema de clasificación de nubes de Lamarck apenas tendría reconocimiento en la comunidad científica de su época. Tres son las razones principales del fracaso de la propuesta del naturalista francés: en primer lugar, los tipos nubosos que propuso carecían de especificidad y de precisión. No resulta razonable, científicamente, proponer un número pequeño de familias de nubes y conseguir que toda nube observada en todo lugar y época del año encaje en alguna de las diferentes categorías. En segundo lugar, los nombres utilizados por Lamarck, además de estar en francés, eran unos términos relacionados con la vida en el campo, reminiscencia del lenguaje del calendario revolu-

cionario francés, lo que limitaba seriamente su difusión y aceptación (la *lingua franca* del corpus científico de aquella época era el latín). Además, en el contexto de las guerras napoleónicas, tanto Inglaterra como Alemania difícilmente aceptarían una clasificación científica que manejase la lengua francesa. Así, pues, el sistema de clasificación de nubes de Lamarck no pasó de ser un interesante intento.

Mucho más éxito, y a la postre sería la base del actual sistema de clasificación de nubes seguido por la Organización Meteorológica Mundial en su Atlas Internacional de Nubes, tuvo el sistema propuesto por el farmacéutico inglés Luke Howard, (1772-1864). La vida de este reputado inglés está llena de avatares y de querencias hacia la ciencia y su verdadera pasión, la meteorología. En sus notas biográficas se destaca que la erupción (o erupciones continuadas) del volcán Laki, a partir de 1783, influyeron decisivamente en su afición y formación en meteorología posterior. Los efectos de esta gran erupción volcánica se manifestaron en las condiciones climáticas (cielos) y económicas (frío, sequías, tiempo severo, hambrunas) de la época, hasta el punto de clasificar este fenómeno natural como verdadera «revolución francesa» de aquella época; esto es, una de las causas últimas del estallido de dicha revuelta social. Howard cultivó además una gran amistad con William Allen, fundador de la denominada Sociedad Askesiana, muy influyente y activa en el Londres de la época. En 1802 imparte una conferencia en la mencionada Sociedad Askesiana de Londres sobre las nubes y la justificaría del siguiente modo: «Mi charla de esta tarde se refiere a lo que podría considerarse como un tema poco práctico: las modificaciones de las nubes. Puesto que ha aumentado el interés por la meteorología, los estudios de las diferentes apariencias del agua suspendida en la atmosfera se está convirtiendo en una rama interesante e incluso necesaria de este campo...». Un año más tarde, en 1803, publicará su trabajo *Ensayo sobre las modificaciones de las nubes* (fig. 13).

Howard empleó en su clasificación nombres latinos realmente expresivos (*stratus*, empedrado; *cirrus*, mechón de pelo; *cumulus*, montón; *nimbus*, chaparrón). De la definición de estos nombres o de la combinación de algunos de ellas se forman las 7 categorías de nubes de la clasificación de Howard: cirrus, cumulus, stratus, cirro-cumulus, cirro-stratus, cumulo-stratus y cumulo-cirro-stratus (fig. 14).

En el *Ensayo*, Howard expuso además sus ideas sobre la formación de las nubes, y señaló que dependía de las condiciones de temperatura, humedad y presión del aire en el cual el vapor de agua estaba presente. Cuanto más caliente estaba el aire más vapor de agua podía contener. Por el contrario, a medida que se enfriaba el agua menos vapor podía contener pudiendo dar lugar por debajo de una cierta temperatura, la del punto de rocío, a la condensación del vapor de agua en forma de pequeñas gotitas visibles de agua. Una vez que las pequeñas gotitas se forman alrededor de los núcleos de condensación, tienen un tamaño lo suficientemente pequeño como para permanecer suspendidas en el aire o caer a una velocidad lo suficientemente pequeña como para que apenas sea apreciable. A su vez, cuando las gotas crecían suficientemente como para que su velocidad de caída compensase claramente el efecto de las corrientes ascendentes, caían en forma de lluvia.

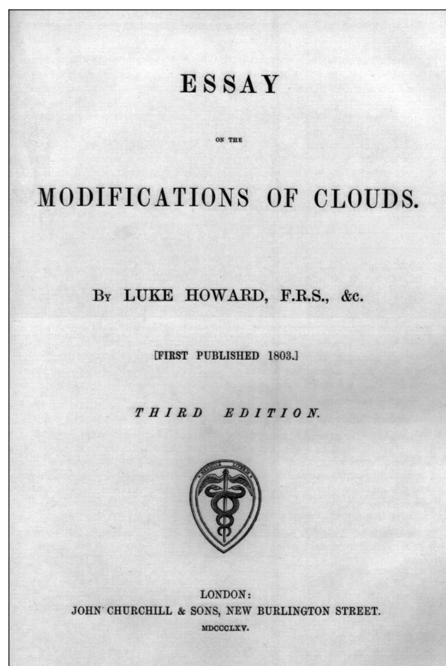


Figura 13. Portada de la tercera edición del trabajo de Luke Howard *Ensayo sobre la modificación de las nubes*, editado por vez primera en 1803.

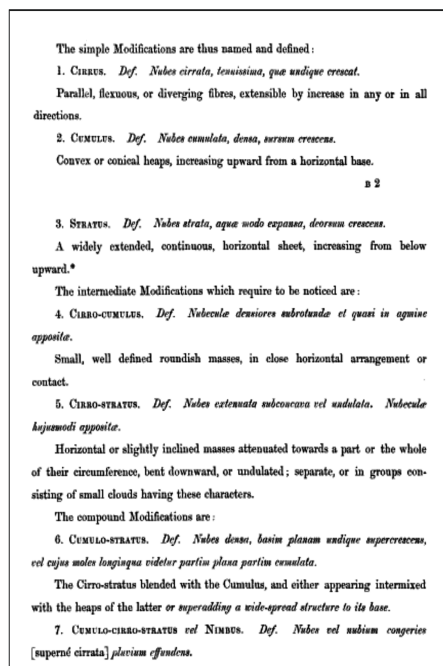


Figura 14. Descripción de los siete géneros de nubes incluidas en la clasificación de Luke Howard *Ensayo sobre la modificación de las nubes* (1803).

Howard incluyó una serie de dibujos sobre los géneros nubosos en las diferentes ediciones de su *Ensayo* elaborados por pintores de la época (Lewis en la primera; R. M. Williams en la tercera edición) (figs. 15 y 16). El propio Howard llegó a incluir algún dibujo manuscrito (fig. 17).

Howard diseñó además un sistema de símbolos apropiados para una anotación rápida, que todavía permanece hoy, en una versión modificada y ampliada, y que son los que se utilizan cuando se transcriben las observaciones procedentes de los partes cifrados de observación a un mapa.

La clasificación de Howard tuvo un eco muy favorable en los círculos científicos y culturales de la época. Como se ha señalado entre 1821-1822, el pintor inglés John Constable realizaría su *Estudio de nubes* basándose en la clasificación de Howard. Y el genial polímata alemán J. W. Goethe manifestaría las excelencias del sistema de Howard en su *Ensayo sobre Meteorología*. Al respecto, en 1815 se había traducido ya el trabajo del Howard al alemán. Goethe recopiló en 1820 en su artículo «Wolkengestalt nach Howard» («Las formas de las nubes según Howard») y en el poema «Howards Ehrengedächtniß» («Memorial en honor de Howard») las bondades de la propuesta de Howard. E incluso en 1816 Goethe contactaría con el genial pintor alemán Caspar David Friedrich para pedirle que realiza obras donde incluya nubes según la clasificación de Howard.



Figura 15. Grabado de Lewis, ilustrando el artículo de Luke Howard publicado en *el Philosophical Magazine*. Las letras *a*, *b* y *c* del grabado significan: *a*) representan diferentes apariencias de los *Cirrus*, *b*) «un *Cumulus* común», *c*) «un *Stratus* ocupando el fondo de un valle a la caída de la tarde, por encima del cual sobresale el bosque de una zona de terreno más elevada».

Figura 16. Ilustración de R. M. Williams incluida en la tercera edición del *Ensayo* de Luke Howard.

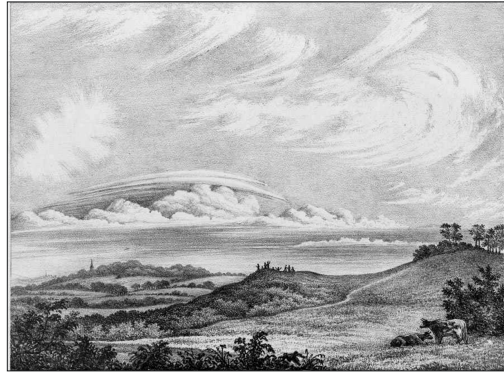


Figura 17. Dibujo manuscrito de Luke Howard sobre las estructuras en forma de yunque de las nubes de desarrollo vertical.

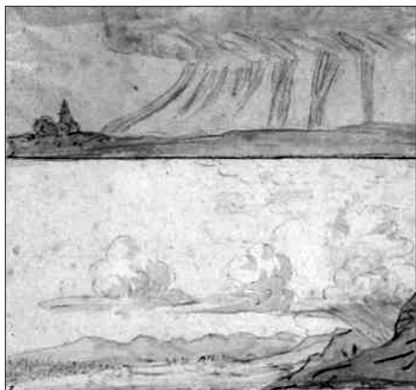


Figura 18. Ilustración sobre nubes y estados del cielo elaborada por J. W. Goethe. Se conservan más de 2.500 láminas pintadas por el escritor alemán sobre aspectos de la naturaleza, donde el cielo y las nubes tienen un protagonismo destacado.

Como se ha señalado (*vid. supra*) Goethe realizaría 2 obras de filiación meteorológica: un diario de viajes con anotaciones constantes sobre los estados del cielo y un breve tratado sobre meteorología escrito por Goethe, en cumplimiento del encargo recibido por el duque Carlos Augusto de Sajonia. En estas obras se incluyeron dibujos sobre nubes y estados del cielo elaborados por el propio escritor alemán. Se conservan más de 2.500 láminas sobre aspectos de la naturaleza y paisajes realizadas por Goethe (fig. 18).

La clasificación de nubes de Howard, como se ha señalado, tuvo rápido éxito en su época. Así, los manuales de meteorología editados en el siglo XIX hacen mención a la clasificación de Howard en el apartado dedi-

cado a las nubes. Así, en el libro de meteorología popular *La lluvia y el buen tiempo* (ca. 1880), de Pablo Laurencin y Paul Adolphe Laurencin-Chapelle, traducido en España por D. Eduardo Sánchez Pardo, se refiere a la clasificación del sabio inglés en los siguientes términos: «Sería imposible distinguir con exactitud las nubes, según sus distintas formas, si un sabio meteorólogo inglés, el Sr. Howard, no las hubiera clasificado en cuatro series principales: los cirri, los strati, los nimbi y los cumuli». Tras la descripción de cada uno de estos géneros, se señala «además de estas formas no siempre fáciles de distinguir entre sí, tan variable es el aspecto de las nubes, se han dado también a las diversas modificaciones que experimenta la forma de los vapores aéreos los nombres de de cumulo-strati, cirro-cumuli, cirro-strati, cirro-nimbi, etc, según que participen a la vez del cumulus y de stratus, cirrus y cumulus, cirrus y nimbus, etc.». Dos manuales de referencia sobre el medio físico, editados en Francia, en los prolegómenos del siglo XX, *La atmósfera: descripción de los grandes fenómenos de la naturaleza* (1905) de Camille Flammarion y el *Tratado de Geografía Física* (1909) de Emmanuel de Martonne, manejan la clasificación de nubes de Howard en la explicación de las formas de la nubosidad. El astrónomo Flammarion señalará que «las formas de las nubes varían hasta el infinito... Sin embargo la necesidad de una clasificación científica ha hecho nacer la idea de distinguir, para introducir alguna claridad en este estudio tan frecuentemente nebuloso, formas generales, tipos, a los que puedan referirse la mayoría de las formas que se presentan. El meteorólogo Howard es el primer que ha dado nombre a estos tipos principales para reconocerlos y su clasificación se ha adoptado generalmente en cuanto al principio de tal manera que sus figuras se han hecho por decirlo así, clásicas y se ven hoy en casi todos los tratados de físicas» (fig. 19). De Martonne, aunque maneja

la actualización realizada por Teisserenc de Bort (1886) y el propio Atlas Internacional de Nubes (1896), y añade una clasificación genética de nubes elaborada por Wegener en 1911, señala, atendiendo a los tipos principales de Howard, que «según su forma, se distinguen: los cirros, los cúmulos, los estratos y los nimbos».

En España, el *Manual de Meteorología Popular* (1880) de D. Gumersindo Vicuña, se dedica un apartado a la explicación de las nubes como «nieblas situadas a mayor altura» y se incluye la clasificación de nubes de Howard, aunque sin citar su autoría (cirrus, cumulus, stratus y nimbus). También el manual de *Meteorología* (1902) de D. Augusto Arcimis, Director del Instituto Central Meteorológico, incluye un apartado detallado a la explicación del fenómenos atmosférico de las nubes y a su clasificación; obviando el intento de Lamarck, semana que «el primero que acometió esta empresa –su clasificación– fue el inglés Howard, que vivió en el primer tercio del siglo XIX, y su clasificación, en lo fundamental, es la que se sigue hoy en día, según acuerdo tomado en el Congreso Meteorológico Internacional, celebrado en Munich en 1891». Arcimis señala que Howard estableció tres tipos principales de nubes (cirros, cúmulos y estratos) «que solos o combinados, permitían representar casi todas las formas observadas; luego se agregaron los nimbos». A comienzos del siglo XX, el que fuera también director del Servicio Meteorológico Nacional, D. José María Lorente, publica un manual de Meteorología (1930) y en el capítulo dedicado a la explicación de las nubes y sus formas se muestra, curiosamente, crítico con la clasificación de Howard: «La clasificación de la variedad inagotable de formas de nubes es muy difícil si se ha de realizar atendiendo a su génesis. Cuando esa clasificación se intentó a fines del pasado siglo, se desconocía en gran parte el origen de las nubes –aun ahora contiene muchos misterios. Y hubo que aceptar la arbitraria que en 1802 había propuesto el astrónomo inglés Luke Howard y que popularizó Goethe. Admitía Howard cuatro formas fundamentales (cirros, cúmulos, estratos y nimbos)». Y añade: «combinando estos tipos se obtienen otros seis, que con los anteriores forman las diez clases internacionales admitidas y representadas en el Atlas que publicaron Hildebrandsson y Teisserenc de Bort en 1910» (fig. 20).

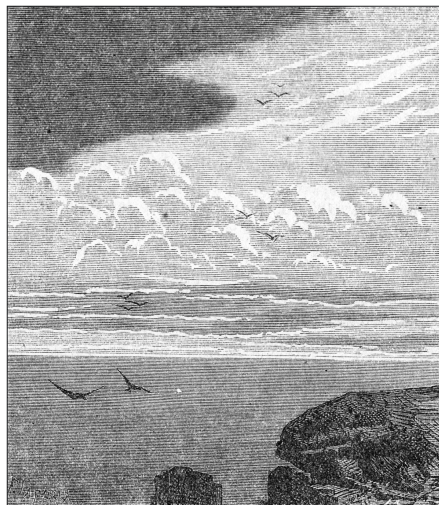


Figura 19. Ilustración de los tipos nubosos principales incluida en la obra *La atmósfera*, de Camille Flammarion (1875).

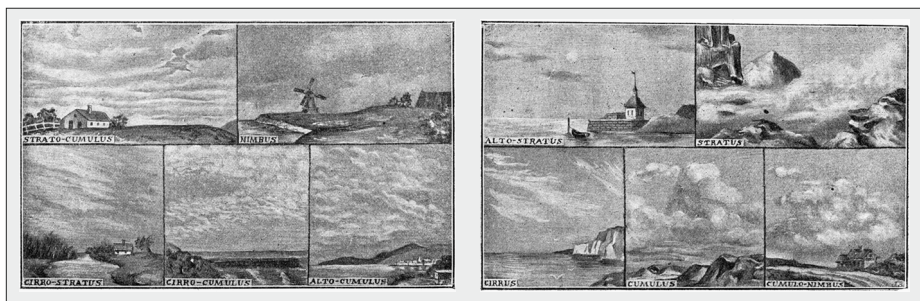


Figura 20. Representación de los diez géneros nubosos incluida en la *Meteorología* de Lorente (1930).

4. MODIFICACIONES POSTERIORES A LA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE NUBES DE LUKE HOWARD Y PUBLICACIÓN DEL ATLAS INTERNACIONAL DE NUBES

Howard siguió observando las nubes y sus evoluciones para mejorar su catálogo inicial; fruto de ello fue otra conferencia que dio en 1817 en la que se incluyeron unas últimas adiciones a su primera clasificación. Se asociaba a cada tipo particular de nube una altura en el cielo. Los pilotos de globos aerostáticos, cuyo número en aquellos años empezaban a ser notable, le ayudaron a relacionar los tipos de nubes con sus alturas típicas, así como a comprender la relación entre altura y presión del aire.

A medida que el uso de la clasificación de Howard empezó a generalizarse, se vio la necesidad de nuevas enmiendas (tabla 1). El meteorólogo alemán Ludwig Kaemtz propuso en 1840 la introducción de los strato-cúmulus dentro de la familia de las nubes estratiformes en sustitución de los cumulo-stratus propuestos originariamente por Howard dentro de la familia de las nubes de tipo convectivo.

La siguiente revisión se debió a Emilien Renou, director del Parque Saint-Maur y del observatorio Montsouris, en 1855. El meteorólogo francés añadió un nuevo tipo al grupo de nubes medias: los alto-cúmulus; años después, en 1877, el propio Renou propondría otro nuevo tipo en esta categoría de las nubes medias: los alto-stratus. Se consolidaba así la idea que había señalado Lamarck a comienzos de esa centuria de clasificar las nubes inicialmente por su altura en bajas, medias y altas.

En 1863, Andrés Poey, Director del observatorio físico-meteorológico de la Habana, definió el fractocumulus, algunas variedades adicionales (bajo el nombre de fracto) y las variedades mammatus (bajo el nombre de globo); en 1870, publicaría esta propuesta en la revista *Nature* (fig. 21). Por su parte, Philip Weilbach, secretario y bibliotecario de la Academia de Artes de Copenhagen propondrá, en 1881 en su obra *Nordeuropas Sky-former* (Copenhagen, 1881), un nuevo género nuboso: los cumulonimbos, como nube singular y autónoma de la familia de los cúmulos.

TABLA 1
Fechas clave en la descripción y clasificación de las nubes

1801-1802	J. B. Lamarck propone su sistema de clasificación de nubes, con nombres en francés. Publica sus resultados en el <i>Annuaire Météorologique pour l'an X de la République Française</i> , n.º 3, París 1802, pp. 149-164.
1802-1803	L. Howard imparte una conferencia en la Sociedad Askesiana de Londres sobre las nubes. Y en 1803 publica la primera versión de su trabajo <i>Ensayo sobre las modificaciones de las nubes</i> . Propone 7 clases de nubes: cirrus, cumulus, stratus, cirro-cumulus, cirro-stratus, cumulo-stratus y cumulo-cirro-stratus.
1817	L. Howard mejora su propuesta inicial y asocia tipos de nubes con altura de las mismas en el cielo.
1840	Kaemtz define los estratocúmulos.
1855	Emilien Renou añadió un tipo nuevo al grupo de nubes medias: los alto-cúmulus.
1863	Poeey definió el fractocumulus, algunas variedades adicionales (bajo el nombre de fracto) y las variedades mammatus.
1865-1878	Propuestas de mejora de la clasificación de Howard del meteorólogo británico W. Clement Ley. En 1894, reunirá sus ideas en el libro <i>Cloudland</i> .
1877	Emilien Renou añade otro tipo nuevo al grupo de nubes medias: los altostratos.
1880-81	Philip Weilbach propone un nuevo grupo: los cumulonimbos.
1896	Se publica la primera edición del <i>Atlas Internacional de Nubes</i> .
1976	La NASA propone una nueva categoría nubosa: «cumulonimbiform», en reconocimiento a la importancia de los cumulonimbos y sus formas asociadas, a partir del estudio mediante imágenes de satélite.

Elaboración propia.

También se añadieron en muchos observatorios nombres de carácter local y en algunos países se empezó a abandonar el uso del latín en favor de las lenguas propias, poniendo en grave riesgo el trabajo de sistematización y homogeneización de Howard. Afortunadamente, el trabajo de integración del director del observatorio de Upsala (Suecia) Hildebrand Hildebrandsson y del inglés Ralph Abercromby pusieron fin a esta lenta disgregación de las ideas originales de Howard. Y este trabajo será la base para la elaboración del *Atlas Internacional de Nubes* que se editaría, por vez primera, en París el año 1896.

SCIENTIFIC INSTRUCTION AT THE IOWA STATE UNIVERSITY

THE *American Scientific Monthly* states that the faculty of the State University of Iowa have, with marked unanimity, resolved to recommend to the Board of Regents a new course of study for the first three years, in order to adapt the internal organisation of the institution to the spirit of the new organic law passed by the late General Assembly.

According to this plan, the students have four regular hours of work, lecture, or recitation each school day. This time is equally divided between the *letters* (language, history, &c.), and the *sciences* (mathematics, physical and natural science). The direction of these two classes of studies is to be respectively under the Faculty of Letters and the Faculty of Science, each to have complete control over one-half of the students' time.

Of the two hours spent in the different sciences, one hour is devoted to mathematics, the other, in the two first years to physical, in the third year to natural science. This order might, perhaps, with advantage to the student, be changed so as to have the second year in physical science succeed instead of precede the year in natural science; the student would thereby profit from his greater proficiency in mathematics.

After having completed this three-years' course—which is the same for all students in the sciences, but permits the student, under certain wholesome restrictions, to substitute the different languages one for the other—the student can intelligently decide whether he desires to graduate in the sciences, the letters, or in pedagogics. In the last case, he needs not to have studied any foreign language, but will have spent a great amount of time in the study of his vernacular and its literature; he may then enter the Normal Department, and, at the close of one year, receive the degree of B.D. (Bachelor of Didactics). If, however, he has studied foreign languages, especially Latin and German, he can, after two years of studies, selected according to his own pleasure from among the higher branches taught at the University, obtain either the degree of B.Ph. (Bachelor of Philosophy) or B.A. (Bachelor of Arts). To obtain the former, at least two-thirds of the studies selected by him must have been in the department of Science, while to obtain the latter degree the same fraction should have been studied in the department of Letters.

Facilities for part-graduate courses are also offered, and have, indeed, already been improved by several gentlemen in the past year. We abstain from giving forth details concerning this plan until the Board of Regents shall have taken action thereon. We believe, however, that this plan, in a judicious manner, combines the best features of the American College system with the German University system. It will equally prevent one-sidedness and class-drudgery; while securing familiarity with the *elements* of the principal branches of human culture, it will, at the same time, not only permit each mind to follow its own bend, but also give every individual a fair chance to ascertain correctly in what direction his mind leads him.

This new organisation is especially important to those interested in science. Hitherto, most students commenced the study of science after having spent several years in book studies, especially the dead languages. It seemed they had been imbued with the absurd notion that such studies form a proper preparation for the study of physical and natural science. Experience has, however, abundantly confirmed the common-sense view, that the exclusive pursuit of such literary branches, by permitting the faculties of observation and logical reasoning to slumber, does unfit students for the successful study of nature. For the sake of the student, we are glad that this system, at last, has been thoroughly abandoned. The

students will hereafter commence the study of physical science immediately upon entering the University, and, in regular succession, become familiar with the elements and principles of the same. They will take up the natural sciences only after they have become familiar with the elements of physical science. Hereby the professors of physical and natural sciences will, at last, have an opportunity given to teach science in such a manner and at such a time as they deem necessary. We are glad to state that this great reform has the cordial support of each member of the faculty.

NEW CLASSIFICATION OF CLOUDS*

NO one is ignorant that the study of clouds is, from the point of view of our practical needs, one of the most important questions meteorology can present us. Indeed, there is no other meteorological manifestation can so fix the attention of the yeoman in the city, of the agriculturist in the country, of the tourist on the mountain's summit, of the soldier in war, of the sailor in continual strife with the disturbances of atmosphere and sea, and, in fine, of the savant in general.

We everywhere see these different social elements continually watching the diverse appearances which the clouds offer us, and casting upon them a look of interrogation, of disquietude, of desire, of a wish constantly renewed to grasp their forms, in order to predict good or bad weather, according to our social needs.

It is especially when the atmosphere threatens some perturbation, rain, storm, tempest, that the common people examine the character of the clouds. But how often, at every moment of the day, do they ask each other about the temperature, hot, cold, or wet, which sensibly exists, while just as often do they pass by unheedingly the clouds, which exert a no less direct or indirect action upon atmospheric variations, as well in the abnormal state as in the normal.

Moreover each country, according to its geographical position, topography, &c., has its own type of clouds. Here the *Cirrus* predominates, there the *Cumulus*, elsewhere such and such form of clouds which do not exist in other places. All these different appearances of clouds are everywhere intimately connected with some particular condition of climate, and these climatological conditions powerfully influence, in their turn, the health, agriculture, navigation, and the thousand other social concerns of humanity. We may say that the clouds are a great book of nature, constantly open for the perusal of all classes of society. Like a compass, the clouds show us at every instant the direction, the velocity, and the altitude of the superior currents which afterward determine the inferior winds at the surface of the earth. There is, therefore, a permanent weathercock as long as the sky contains a single cloud, however small it may be.

There is necessity, therefore, for undertaking a profound study of clouds in their diverse scientific and social applications; for making researches upon the *nature, form, quantity, direction, velocity, and azimuthal rotation* of clouds, corresponding to each stratum perfectly characterised by the origin, intimate constitution, and meteoric products of the vesicular vapours and congealed particles which constitute them. For, in the intimate nature of clouds there is a fundamental condition to be established, which results from the physical force acting immediately after gravitation, upon their constitution. This is the element of *heat*.

Despite this scientific interest, despite this practical need which each feels, and which is so universally acknowledged, despite all this, the study of clouds is yet unhappily in its infancy. It is rarely one sees "clouds" inscribed in the meteorological registers of observatories, and when they are, the registrar has wholly neglected to note their form, their quantity, their direction, their velocity, and their azimuthal rotation. Some say simply, "clouds," others mention the form or the quantity, may be the direction, or exceptionally these three elements, but assuredly they neglect the velocity, and especially the azimuthal rotation which I have first signalised in clouds, and which is not yet understood. In fine, not a single register gives these five elements for one stratum of cloud, much less for each distinct stratum of those which very often appear superposed in the atmosphere.

* Contributed by Prof. Poey, of Havana, to the Semi-Annual Session of the National Academy of Sciences, held at Washington.

Figura 21. Publicación de la propuesta de clasificación de nubes de Andrés Poey en la revista *Nature* (septiembre, 1870).

No obstante, todavía en 1894, el meteorólogo británico W. Clement Ley propondrá una serie de mejoras en el sistema de clasificación de Howard, en su libro *Cloudland*. Se trata de la recopilación de ideas que había ido madurando este científico entre 1865 y 1878 y que publicaría en el citado ensayo pocos años antes de su muerte. En esencia sigue las mismas directrices de Luke Howard pero las variedades y géneros son algo diferentes. Llama la atención la importancia que dio a las nubes que, de una forma u otra, producen precipitaciones. Clement Ley las ordena en función de las corrientes aéreas (ascendentes, descendentes y horizontales) que desarrollan, forman, alteran y limitan a las estructuras nubosas. Las agrupa de la siguiente forma:

- Nubes de radiación, formadas por las nieblas, o *nebula* en latín. El autor distingue dos tipos de nieblas: las clásicas y las de polvo (*dust*).
- Nubes «interfret», equivalentes a las de tipo estratiforme aunque en su clasificación aparecen mezcladas en su origen y altitudes; son causadas por la interacción de los movimientos horizontales de diferente dirección e intensidad.
- Nubes de inversión, originadas por la condensación del vapor de agua por los movimientos verticales, aunque la forma final también está condicionada, en parte, por el flujo aéreo horizontal. En este grupo entran las nubes cumuliformes y los nimbus.
- Nubes de inclinación, formadas mayoritariamente por los actuales cirros. Como dice el autor: «...he querido diferenciar a estas nubes que se caracterizan principalmente por estar generadas por corrientes de niveles altos...» (fig. 22).

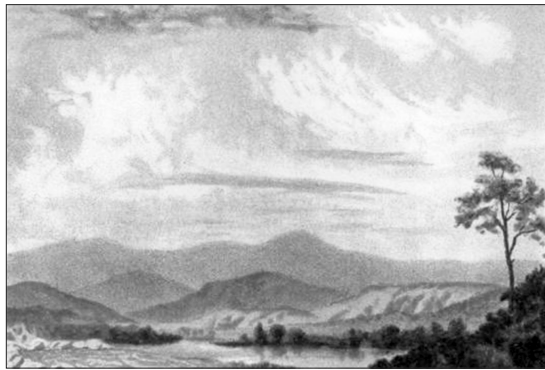


Figura 22. Representación de las nubes del género cirrus y stratus incluida en la obra *Cloudland*, de W. Clement Ley (1894).

Clement Ley propondrá, asimismo, un esquema tipos nubosos en una borrasca extratropical, representado en tonalidades de color verde, tanto más oscuras cuanto mayor sea su potencial para generar precipitación. En él, la parte delantera de la borrasca estaba formada por *cirros filamentosos* y el borde de ataque principal por *cirrus velum*,



Figura 23. Esquema de géneros nubosos que integran un ciclón extratropical del meteorólogo británico W. Clement Ley: *Cloudland* (1894).

Esta edición se publicó en París y corrió a cargo de los meteorólogos Hildebrandsson, Riggenbach y Teisserenc de Bort.

Desde su edición original, el Atlas Internacional de Nubes ha sido publicado en 1921, 1932, 1939, 1956, 1975 y 1995. Se han añadido más fichas de variedades de nubes y de otros fenómenos atmosféricos. La edición más importante ha sido la de 1956, que se mantiene con algunas incorporaciones (fenómenos eléctricos y ópticos) hasta la actualidad. El *Atlas* consta de 2 volúmenes: el primero, que contiene la guía para la observación de nubes con los criterios de clasificación; el segundo, que integra las fichas donde se incluyen ejemplos de los tipos nubosos y otros fenómenos atmosféricos relacionados (fig. 25).

Por último, en 1976, Barrett, y Grant, de la NASA, en su trabajo *The identification of cloud types in LANDSAT MSS images* propondrán una nueva categoría

más espesos y continuos que los primeros. Los cirros eran la avanzadilla del anuncio de mal tiempo. La gran parte de la nubosidad precipitante la conformaba las nubes de tipo *nimbus*, para dejar pasos al dentro de la baja en su flanco posterior con chubascos y masas de nubes que dejaban entrever el cielo. Los *estratos*, *cúmulos* y *cumulonimbus* formaban parte de esta zona trasera (fig. 23).

Tras la integración de las diferentes aportaciones que se producen a lo largo del siglo XIX, al del sistema de Howard de 1803, llevada a cabo por los meteorólogos Hildebrandsson y Abercromby (1887), esta nueva clasificación integradora fue aceptada por la Conferencia Meteorológica Internacional celebrada en Munich en 1891. Cinco años después, en 1896, se publicará la primera edición del Atlas Internacional de Nubes (fig. 24).

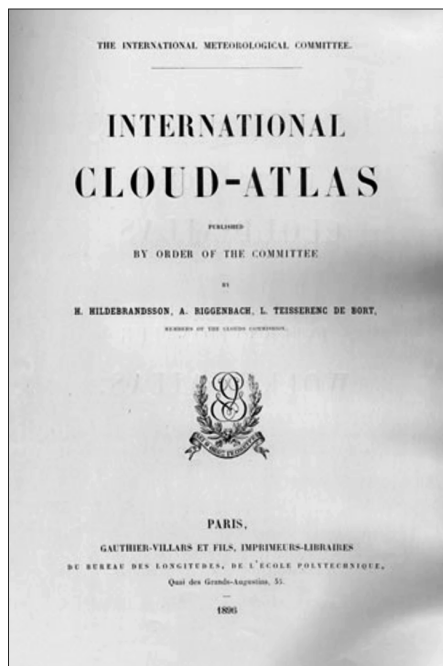
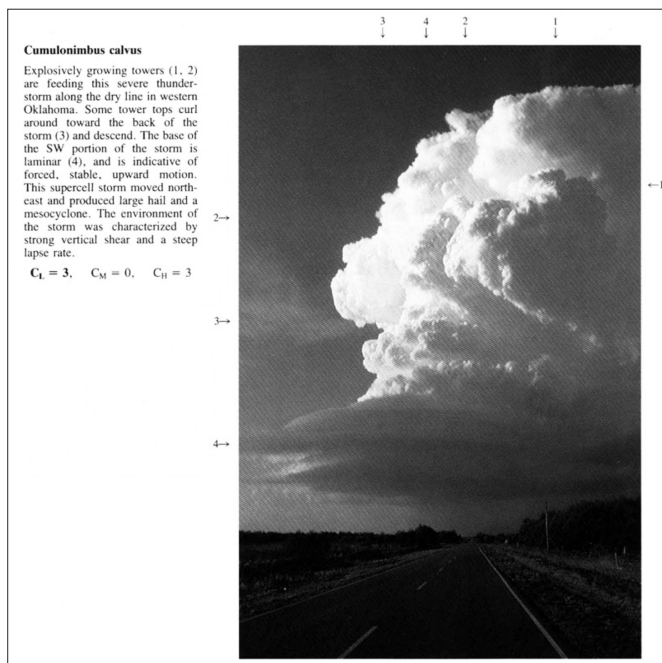


Figura 24. Portada de la primera edición del *Atlas Internacional de Nubes*, París, 1896.

	GÉNERO	ESPECIE (SÓLO PUEDE HABER UNA)	VARIEDAD (PUEDE HABER MÁS DE UNA)	NUBES ACCESORIAS Y RASGOS SUPLEMENTARIOS	
NUBES BAJAS	Cúmulos	humilis mediocris congestus fractus	radiatus	pileus velum virga praecipitatio	arcus pannus tuba
	Cumulonimbos (se extienden a los tres niveles)	calvus capillatus		praecipitatio virga pannus incus mamma	pileus velum arcus tuba
	Estratos	nebulosus fractus	opacus translucidus undulatus	praecipitatio	
	Estratocúmulos		translucidus perlucidus		
		stratiformis lenticularis castellanus	opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus	mamma virga praecipitatio	
NUBES MEDIAS		Alto-cúmulos	stratiformis lenticularis castellanus floccus	translucidus perlucidus opacus duplicatus undulatus radiatus lacunosus	virga mamma
	Altostratos		translucidus opacus duplicatus undulatus radiatus	virga praecipitatio pannus mamma	
Nimbostratos (se extienden a más de un nivel)			praecipitatio virga pannus		
NUBES ALTAS	Cirros	fibratus uncinus spissatus castellanus floccus	intortus radiatus vertebratus duplicatus	mamma	
	Cirrocúmulos	stratiformis lenticularis castellanus floccus	undulatus lacunosus	virga mamma	
	Cirrostratos	fibratus nebulosus	duplicatus undulatus		

Figura 25. Tipos nubosos (géneros, especies, variedades y nubes accesorias) y ejemplo de ficha incluida en el *Atlas Internacional de Nubes* (OMM).



física, *cumulonimbiform* (forma de cumulonimbo), en reconocimiento de la estructura a menudo compleja de las nubes cumulonimbus y sus características complementarias.²¹ Se trata de un trabajo pionero sobre la necesidad de incorporar el tratamiento de imágenes de satélite a la clasificación de géneros nubosos (*vid. infra*).

5. EL «PUNTO DE VISTA DE SIRIO»

El lanzamiento y puesta en órbita de los satélites de finalidad meteorológica inauguró una nueva etapa en la observación atmosférica. Como señala Durand-Dastés, los satélites meteorológicos proporcionaron el «punto de vista de Sirio»,²² esto es, la

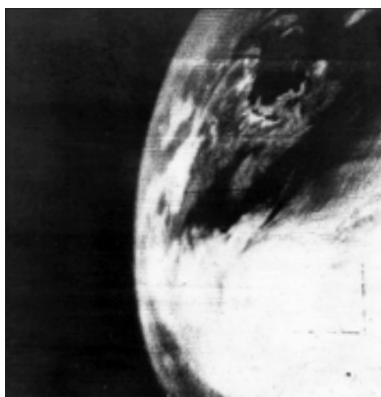


Figura 26. Primera imagen emitida por el satélite TIROS 1 (1960). Fuente: NASA.

observación desde el espacio de los fenómenos meteorológicos, con la nubosidad como protagonista principal puesto que los diferentes canales del espectro electromagnético que se emplean en la teledetección climática, permiten la caracterización de los diferentes géneros nubosos, al tiempo que amplían las posibilidades de clasificación de nuevas modalidades de nubes que no es posible distinguir desde la observación terrestre. Desde el lanzamiento, el 1 de abril de 1960, del primer satélite de finalidad enteramente meteorológica, El Tiros-1 (Television and InfraRed Observation Satellite), que durante 78 días, envió más de 20.000 fotografías de la Tierra (fig. 26), hasta los modernos satélites meteorológicos que forman

parte del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial –puesto en marcha en 1963 por la Organización Meteorológica Mundial– la resolución espacial y temporal de los productos de satélite ha mejorado enormemente.

Los satélites meteorológicos se han convertido en una pieza básica para la predicción atmosférica y para los estudios climáticos, que hasta la década de los sesenta del pasado siglo sólo disponían de los datos proporcionados por las observaciones desde tierra o desde aviones o radiosondas con un alcance altitudinal limitado. Las imágenes de satélite, producto resultante del tratamiento de los datos de respuesta espectral que registran los radiómetros instalados en las unidades satelitales, nos proporcionan una «vista» de la distribución de las formas nubosas que se encuentran en la atmósfera terrestre. En otros términos, una imagen de satélite nos ofrece una representación de las «manchas»

21. Vid. E. C. Barrett y C. K. Grant: «The identification of cloud types in LANDSAT MSS images», *NASA Quarterly Report*, 1976, 52 pp.

22. Vid. F. Durand-Dastes: *Geografía de los aires*, Barcelona, Ariel, 1982, 336 pp.

nubosas situadas sobre una región en un momento dado. En función del tratamiento que se efectúe de la información de los valores de radiación recibida por el radiómetro en las diferentes bandas del espectro electromagnético (infrarrojas y visible, en los satélites meteorológicos) puede determinarse el tipo nuboso existente, según su temperatura, su contenido de humedad y su tonalidad. Además, se pueden distinguir formas, según la causa genética que las origina. De manera que los satélites meteorológicos nos permiten realizar nuevas clasificaciones de las formaciones nubosas atendiendo a las formas y tamaños que se observan desde lo alto, desde el tope de nubes.

A modo de ensayo se propone a continuación una clasificación de nubes y sistemas nubosos, a partir de imágenes de satélite, que sirve de complemento a la clasificación oficial de nubes del Atlas Internacional de la OMM. Así, un primer criterio de clasificación puede ser la forma que adquiere la cobertura nubosa sobre un territorio: lineal, espiral o puntual. Y cada una de ellas nos da un tipo nuboso que tiene una causa genética diversa (frontal, ciclogénica o termoconvectiva) (fig. 27).

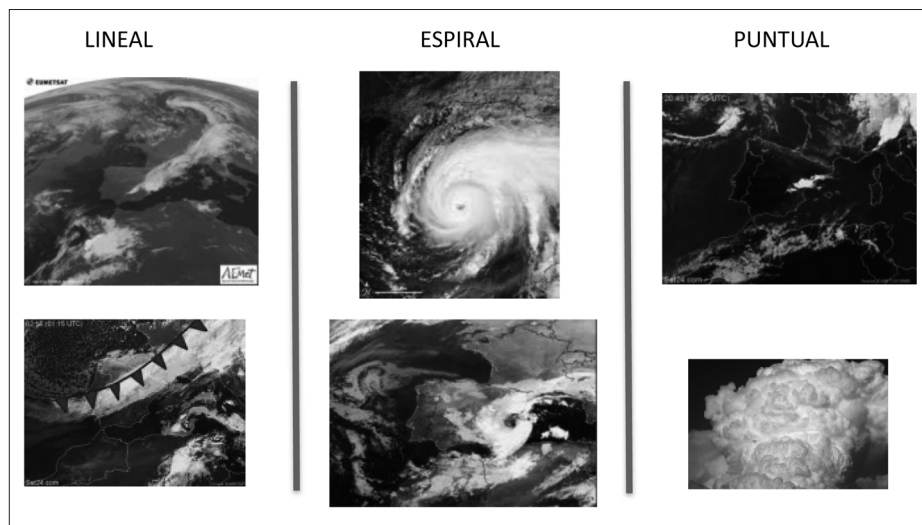


Figura 27. Clasificación de tipos nubosos según su forma. Fuente: EUMETSAT y Laboratorio de Climatología, Universidad de Alicante.

Asimismo, es posible clasificar los tipos nubosos en función de la temperatura que se registra en su tope (canal infrarrojo). Así, tendremos tipos nubosos fríos o cálidos, de origen diverso (frontal, ciclogénico, de irradiación) (fig. 28).

Por último, puede proponerse una tipología que tenga en cuenta el tamaño de la célula nubosa. En este sentido, encontraremos células de pequeñas dimensiones que no trascienden el tamaño del cúmulus y formaciones de mesoescala con elevada actividad energética, derivadas de situaciones de elevada inestabilidad atmosférica (fig. 29).

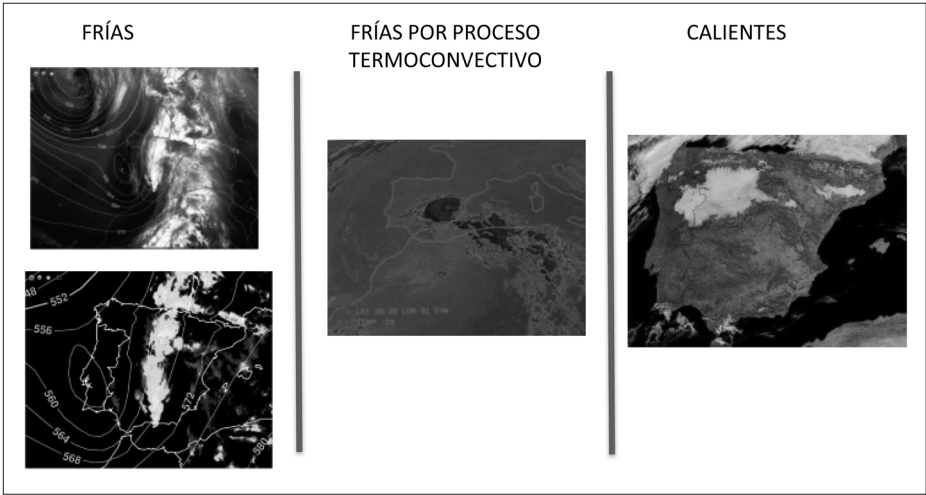


Figura 28. Clasificación de tipos nubosos según la temperatura. Fuente: EUMETSAT.

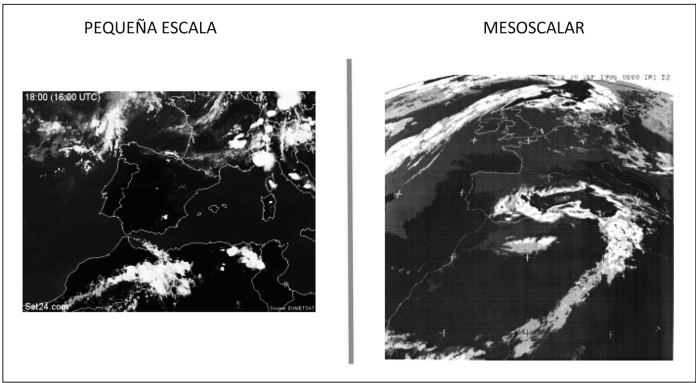


Figura 29. Clasificación de tipos nubosos según su tamaño. Fuente: EUMETSAT y Laboratorio de Climatología, Universidad de Alicante.

Las clasificaciones realizadas a partir de imágenes de satélite completan, pues, la propuesta oficial de tipologías nubosas establecida por la Organización Meteorológica Mundial en su Atlas Internacional de Nubes. Seguramente en próximas ediciones de este Atlas deberá incluirse un anexo con tipologías de nubes a partir de imágenes de satélite. Mientras tanto, la denominación oficial de los géneros nubosos es la que se contiene en dicha publicación oficial, cuyo origen se encuentra en la atinada propuesta de Luke Howard realizada a comienzos del siglo XIX.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCIMIS, A. (1902): *Meteorología*, Barcelona, Manuales Soler n.º XVIII, 198 pp.
- ARNALDO, J. (ed.) (2008): *Johann Wolfgang von Goethe. Paisajes*, Madrid, Circulo de Bellas Artes, 270 pp.
- BARRY, R. G. y R. J. CHORLEY, R. J. (1999): *Atmosphere, Weather and Climate*, 7.ª ed., Londres-Nueva York, Routledge, 441 p.
- BRIMACOMBE, C. A. (1991): *Atlas de imágenes Meteosat*, Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Instituto Nacional de Meteorología, 500 pp.
- CAPEL MOLINA, J. J. y J. OLCINA CANTOS (1993): «Ondas cortas atmosféricas estivales y fenómenos tormentosos con granizo en el sureste peninsular», *Papeles de Geografía* (Universidad de Murcia), n.º 19.
- CHUVIECO SALINERO, E. (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*, Madrid, Rialp.
- (2010): *Teledetección ambiental*, Barcelona, Ariel Ciencia, 528 pp.
- CUADRAT, J. M.ª y M.ª F. PITA LÓPEZ (1997): *Climatología*, Madrid, Cátedra, 496 pp.
- DE MARTONNE, E. (1964): *Tratado de Geografía Física. Tomo I. Nociones Generales, Clima, Hidrología*, (ed. en español), Barcelona, Juventud, Barcelona, 520 pp.
- DURAND-DASTES, F. (1982): *Geografía de los aires*, Barcelona, Ariel, 336 pp.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995): *Manual de climatología aplicada*, Madrid, Síntesis, 285 pp.
- FLAMMARION, C. (1875): *La Atmósfera: descripción de los grandes fenómenos de la naturaleza*, trad. de Luis Barinaga y Corradi, Madrid, Imprenta y Librería de Gaspar, Editores, 428 pp.
- HOWARD, L. (1804): *On the modifications of clouds and on the principles of their production, suspension, and destruction: being the substance of an essay read before the Askesian Society in the session 1802-03*, Londres, J. Taylor.
- HUFTY, A. (1984): *Introducción a la Climatología*, Barcelona, Ariel, 299 pp.
- JANSÁ CLAR, A. (1988): *Inestabilidad baroclina y ciclogénesis en el Mediterráneo Occidental*, Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.
- LORENTE, J. M. (1930): *Meteorología*, Barcelona, Labor, 192 pp.
- MARTÍN VIDE, J. (1990): *Mapas de Tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite*. Barcelona, Oikos-Tau.
- (1991): *Fundamentos de Climatología Analítica*, Madrid, Síntesis.
- MARTIN VIDE, J. y J. OLCINA CANTOS (1996): *Tiempos y climas mundiales. Climatología a través de mapas de tiempo e imágenes de satélite*, Barcelona, Oikos-Tau, 308 pp.
- OLCINA CANTOS, J. (1992a): «Fenómenos de retrogresión estivales en el ámbito mediterráneo: Desarrollos ciclogénéticos, sistemas convectivos de mesoscala y lluvias intensas. El episodio de 27 a 7 de octubre de 1986», *Investigaciones Geográficas* (Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante), n.º 10.
- (1992b) «Sistemas nubosos, conjuntos convectivos de mesoscala causantes de precipitaciones torrenciales en la fachada mediterránea de la Península Ibérica. Causas sinópticas», en *I Congreso Iberoamericano de Meteorología y V Congreso Interamericano de Meteorología*, Cáceres y Salamanca, octubre de 1992.

- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (1956): *Atlas Internacional de Nubes* (ed. español), Ginebra, 2 tomos.
- PAGNEY, P. (1982): *Introducción a la Climatología*, Barcelona, Oikos-Tau, 143 pp.
- POUNCY, F. J. (2003): «A history of clouds codes and symbols», *Weather*, 58, pp. 69-80.
- QUEREDA SALA, J. (1989): *La ciclogénesis y las gotas frías del Mediterráneo Occidental*, Castellón, Diputació de Castelló.
- SCORER, R. (1989): *Investigación de las nubes por satélite*, Barcelona, Omega.
- THORMES, J. E. (1999): *John Constable's Skies: A Fusion of Art and Science*, LLOC?? Continuum International Publishing Group, 288 pp.
- TOHARIA, M. (1991): *Tiempo y Clima*, Barcelona, Salvat, 96 pp.
- VICUÑA, G. (1880): *Manual de meteorología popular*, Madrid, Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada, 232 pp.