

Formación de las nubes por las corrientes ascendentes y sus elementos

Por JULIO GARCÍA DE CÁCERES ARTAL

Capitán de Aviación

LAS nubes formadas por el movimiento del aire desviado hacia arriba al encontrarse con un macizo montañoso o masas de aire más densas, corresponden a la categoría de nubes de corrientes ascendentes, a las que pertenecen los cúmulos y cúmulos nimbos.

Al empezar a ascender el aire, no estando saturado, se enfría adiabáticamente 1 grado por cada 100 metros de altura, como el aire seco (exactamente 0,986 grados por 100 metros de altura a los 45 grados de latitud).

A cierta altura, en virtud del enfriamiento, la tensión del vapor es igual a la del aire saturado; se ha llegado al punto de rocío, la nube aparece; es la altura a la que la nube comienza a formarse *altura de condensación*, que será tanto mayor cuanto que el aire a su partida tenga una temperatura más elevada y contenga menor cantidad de vapor de agua.

Desde que la temperatura de saturación se alcanza, la condensación empieza; las gotitas de agua se forman. A partir de este momento interviene el calor latente de vaporización del agua, que al ser devuelto a la atmósfera y supuesto repartido en la masa de aire, de vapor de agua y de agua condensada, hace que el decrecimiento de la temperatura sea menos rápido.

Este decrecimiento pasa de 1 grado a 0,5 grados por cada 100 metros en las capas bajas de la atmósfera.

Más arriba la temperatura continúa bajando, pero mientras es superior a cero grados, el decrecimiento por cada 100 metros es un poco mayor de 0,5 grados.

A cierta altura, la temperatura de cero grados es alcanzada por la masa de aire que asciende, el punto de congelación de agua es alcanzado; el vapor de agua se transforma en agua y hielo, el vapor ya condensado comienza a transformarse en hielo. Al calor latente de vaporización se une el calor latente de la fusión del hielo. Una nueva cantidad de calor es liberada, el decrecimiento de la temperatura que se aceleraba disminuye un poco. Esta disminución persiste siempre mientras dura la transformación de agua en hielo.

A partir de esta altura la temperatura es inferior a cero grados y el vapor de agua se transforma directamente en nieve. El calor latente que interviene en este punto es el calor latente de sublimación (suma de los calores latentes de vaporización y de fusión).

El decrecimiento de la temperatura que es detenido alrededor de cero grados se acelera nuevamente cuando la cantidad de vapor disminuye extinguiéndose la sola fuente de calor que tiene a su disposición el aire para atenuar su enfriamiento.

A las temperaturas muy bajas, o sea a las grandes alturas, el decrecimiento de la temperatura del aire húmedo no se diferencia apenas de la del aire seco; 1 grado por cada 100 metros (0,986 grados a 45 grados de latitud).

De lo anteriormente expuesto se deducen los tres problemas que interesan principalmente al meteorólogo y al aviador:

1.º A qué altura comienzan a formarse las nubes.

2.º Cuál es el decrecimiento de la temperatura en su masa.

3.º Cuál es la cantidad de agua condensada en su movimiento ascensional.

A continuación damos unas tablas que resuelven numéricamente estos problemas.

TABLA I

Altura de condensación

HUMEDAD RELATIVA EN POR 100	TEMPERATURA INICIAL DEL AIRE					
	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°
50	989 m.	1.089 m.	1.189 m.	1.290 m.	1.393 m.	1.498 m.
60	736	812	885	961	1.038	.117
70	514	573	624	678	732	788
80	329	360	394	428	461	498
90	157	172	187	204	220	237
91	141	154	167	183	197	211
92	124	136	148	162	174	187
93	108	118	129	141	152	163
94	82	101	110	120	130	139
95	76	84	91	100	108	115
96	60	67	72	80	86	91
97	45	50	54	60	64	68
98	30	33	36	40	42	46
99	15	17	18	20	21	23
100	0	0	0	0	0	0

Consecuencia.—Se ve que a mayor temperatura del aire a su partida, con el mismo estado higrométrico, corresponde mayor altura de condensación.

A mayor estado higrométrico para la misma temperatura, corresponde menor altura de condensación.

Ejemplo.—Con una temperatura de 30 grados y humedad relativa de 50 por 100, la condensación se verifica a una altura próxima de 1.498 metros; con la misma temperatura de partida, pero con un estado higrométrico de 93 por 100, se verificará a los 163 metros.

Con 99 por 100 de humedad y la misma temperatura

se reduce solamente a 23 metros. Si con este último estado higrométrico la temperatura es de - 20 grados, entonces la condensación tendría lugar a los 15 metros de altitud.

Se ve que cuando una masa de aire está próxima a su saturación, el menor movimiento ascendente del aire, tal como el obligado por el relieve terrestre, produce la formación de nubes.

TABLA II
Disminución de la temperatura por cada 100 metros de elevación de una masa de aire saturado

ALTURA DE CONDENSACIÓN	PRESIÓN	TEMPERATURA DE LA MASA DE AIRE EN EL MOMENTO DE LA SATURACIÓN												
		- 30°	- 25°	- 20°	- 15°	- 10°	- 5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
0 m.	760 mm.	0,93	0,91	0,86	0,81	0,76	0,69	0,63	0,60	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38
700	700	93	91	85	80	74	68	62	59	53	48	44	40	37
1.900	600	92	88	83	77	71	65	58	55	49	44	40	37	
3.300	500	91	86	80	74	68	62	55	52	46	41	38		
5.100	400	89	84	77	71	63	57	50	47	42	38			
7.300	300	87	80	72	65	57	51	44	42					
10.600	200	84	74	64	57	49	43	37						

Consecuencias. — El gradiente de temperatura en la masa de aire saturado, es siempre menor que el del aire seco o no saturado.

Este gradiente aumenta a medida que las temperaturas en el momento de la condensación son más bajas, tendiendo al valor del gradiente adiabático del aire seco 1 grado por cada 100 metros de altura.

Ejemplo. — Una masa de aire en movimiento ascendente ha alcanzado su saturación a los 3.300 metros con una temperatura de 5 grados. El gradiente de temperatura a partir de este punto según la tabla es de 0,52 grados; en la nube formada la temperatura a 3.400 metros será 4,48 grados. Si el aire no estuviera saturado la temperatura a los 3.400 metros sería 4 grados.

TABLA III
Cantidad de agua condensada por metro cúbico para una elevación adiabática de 100 metros a diferentes alturas y temperaturas

ALTURA DE CONDENSACIÓN	PRESIÓN	TEMPERATURA DE LA MASA DE AIRE EN EL MOMENTO DE LA CONDENSACIÓN												
		- 30°	- 25°	- 20°	- 15°	- 10°	- 5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
0 m.	760 mm.	0,02	0,04	0,08	0,10	0,13	0,18	0,23	0,27	0,31	0,37	0,45	0,52	0,61
700	700	02	04	08	10	12	17	23	26	30	36	44	51	60
1.900	600	02	04	07	09	12	17	21	24	28	23	40	47	
3.300	500	02	04	07	09	11	16	20	23	26	31	38		
5.100	400	02	04	07	08	10	15	19	21	24	29			
7.300	300	02	04	06	08	09	13	16	19					
10.600	200	02	04	06	07	08	11	14						

Consecuencias. — Cuanto mayor es la temperatura de una masa de aire en el momento de su condensación, mayor es la cantidad de vapor de agua que se condensa en gotas. Cuanto menor es la altura a que se produce la condensación para la misma temperatura en dicho momento, mayor es la cantidad de vapor condensado.

Ejemplo. — Una masa de aire saturado se encuentra a una altura de 3.300 metros, con una temperatura de 5 grados; si se eleva 100 metros, ¿cuál es la masa de vapor de agua que se condensa por metro cúbico durante la ascensión de dichos 100 metros?

La tabla nos da 0,23 grados por metro cúbico.

¿Es suficiente esta cantidad para constituir una nube aparente?

La visibilidad de una nube depende de varios factores, que no es del caso enumerar dada la índole de este trabajo, y sobre todo del tamaño de sus gotas.

Si se toma como término de comparación una niebla húmeda, que tiene por metro cúbico 0,05 gotas a 0,06 gotas de agua en forma de gotas de 0,02 milímetros de diámetro.

Y si se tiene en cuenta que con un espesor de 100 metros se destaca bien para un observador el suelo, se debe admitir que la condensación que produce 0,23 gotas por metro cúbico es perfectamente visible.

Las medidas hechas por H. Köhler sobre la cantidad de agua contenida en las nubes, dan números más pequeños que llegan a 0,12 gotas por metro cúbico.