

POSIBILIDAD DE LA LLUVIA ARTIFICIAL

Por PEDRO DURÁN FARELL, Alumno de la Escuela de Caminos.

Continúa el autor la exposición de su trabajo sobre el tema del epígrafe, explicando el proceso de la formación de tormentas artificialmente. Al final anuncia el contenido de los dos próximos artículos que completarán su importante estudio.

II

OBTENCIÓN DE LA LLUVIA, APROVECHANDO LAS SITUACIONES METEOROLÓGICAS FAVORABLES DE CARÁCTER LOCAL

Interpretación del proceso de formación de las tormentas.

Cuando en verano las masas de aire, en contacto con el suelo, se calientan fuertemente a causa de la insolación a que están sometidas, se origina la ascensión de dichas masas, según la adiabática estudiada en el primer artículo. La altura límite a la que llega la masa de aire calentado será tanto mayor cuanto mayores sean T , temperatura que alcanza el suelo, y la relación $\frac{\Delta t}{\Delta h}$ en el tramo de la curva temperatura-altura afectado por los movimientos ascensionales (fig. 31).

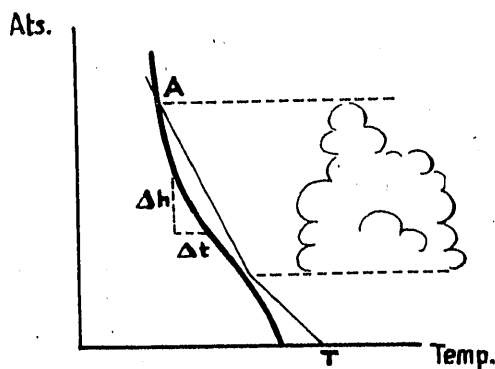


Figura 31.

Si el poder ascensional es pequeño, se producen, como vimos, los cúmulos de buen tiempo, y al contrario, si las masas de aire procedentes de las regiones inferiores llegan a gran altura, se originan los *cúmulus congestus* en forma de coliflor, cuyas cumbres, perfectamente redondeadas, limitan superiormente las masas en proceso de elevación y cuya base corresponde a la línea isoterma de saturación. Este tipo de nubes es frecuente en verano y muy pocos días dejan de aparecer, sobre todo en las sierras y a media tarde.

Sea (fig. 32) una sierra, y en ella un punto, B , y consideremos el punto A_t situado al pie de la misma. La curva temperatura-altura, en la vertical del punto A_t , es la 1 de la figura 33. A causa del enfriamiento de la montaña, la del punto B será idéntica desde M hacia arriba, y la dibujada de trazos, desde M hacia abajo.

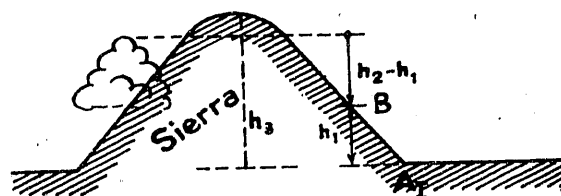


Figura 32.

Si el viento de superficie arrastra la masa de aire inicialmente a temperatura T , desde el punto A_t hacia el B , al encontrarse en un ambiente más frío se elevará, dando lugar a la formación de cúmulos desde el punto de condensación C hasta la altura h_2 , manteniéndose, al persistir la causa en ese punto, pegados a la montaña. De no existir ésta, la figura 33 demuestra que no se producirían nubes de ninguna clase, puesto que la ascensión de aire se ve obstaculizada a la altura h_0 .

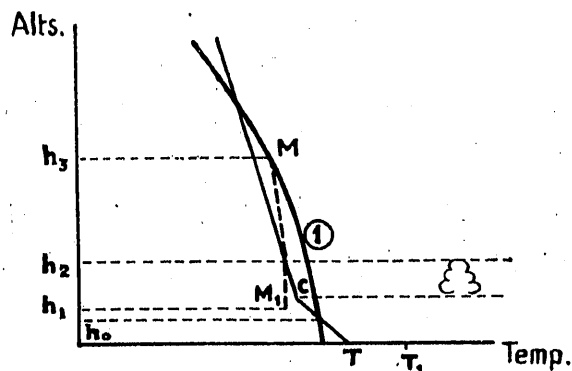


Figura 33.

Por la tarde se producen los *cúmulus congestus* de mayor potencia, al aumentar considerablemente la temperatura del suelo, pasando de T a T_1 y, por

tanto, se corre el conjunto de la adiabática hacia la derecha con mayor rapidez que la curva MM_1 , por ser en la montaña mucho mayor que en el valle la irradiación de calor en cuanto declina el sol.

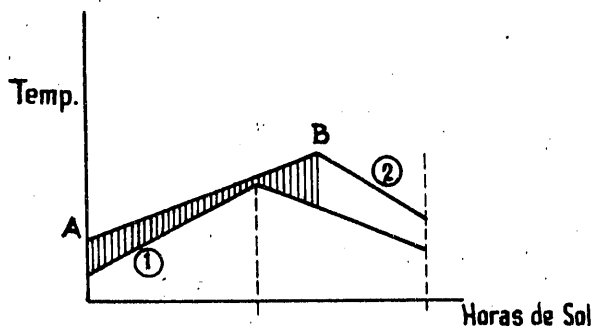


Figura 34.

En las montañas, la hora de mayor calentamiento del suelo coincide, sensiblemente, con la de mayor altura del sol. En el valle, por el contrario, se retrasa notablemente. Este hecho está expresado gráficamente en la figura 34, en la que (1) es la ley de variación de temperaturas para la montaña, y (2) para el valle. La zona rayada corresponde a las horas de movimientos ascendentes del aire desde el valle, siendo el punto más favorable el B, o sea a media tarde. También es adecuado el punto A, pero la potencia de este estado favorable va decreciendo progresivamente hasta el medio día, a partir del cual se refuerza considerablemente hasta B. Más adelante volveremos al examen completo de estas condiciones.

Los cúmulos formados de esta manera, o *cúmulus congestus*, revelan, por sus formas redondeadas, el carácter convectivo (fig. 35) y corresponden a una potencia ascensional superior a la de los *cúmulus humilis* o de buen tiempo.

Los movimientos ascendentes son frequentísimos en la baja atmósfera. Por muy débil que sea la potencia solar, se produce siempre turbulencia en las capas bajas de la troposfera.

Hay que considerar alturas bastante grandes para llegar a zonas que estén, durante largo tiempo, a cubierto de los movimientos verticales de aire, inherentes a los efectos térmicos desarrollados en el suelo. En estas zonas de reposo se desarrolla, como vimos en el primer artículo, el estado de subfusión.

Cuando estas zonas se encuentran afectadas por los movimientos ascendentes, se rompe dicho estado y se origina el "efecto cirrus", descrito igualmente en el artículo anterior. Los fenómenos que se producen están expresados en la figura 36, que representa el caso más desfavorable que puede darse para el caso de pasar un *cúmulus congestus* a *cúmulus incus* (o sea con yunque).

En efecto: las masas, a la temperatura T , ascienden hasta P , y en este punto, la turbulencia producida por el aire ascendente produce la rotura de la subfusión que deforma la curva temperatura-altura según la línea de punto y raya. En la zona G se produce un aumento de temperatura, debido, de una parte, al calor de fusión liberado, y de otra, al frío absorbido por los cristales de hielo, que aparecerán a temperatura de 0°C. ; por consiguiente, más tem-

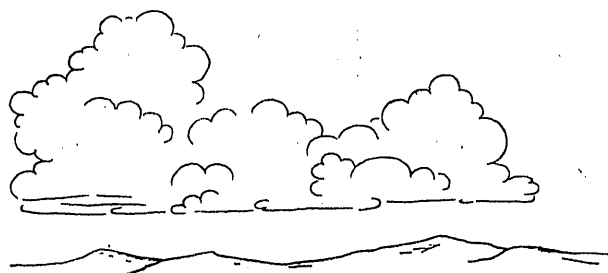


Figura 35.

plados que el ambiente. El cristal de hielo, en su descenso, va atravesando una atmósfera cada vez más templada, llegando al punto P , cuya temperatura coincide con la que ha adquirido él en la caída, y a partir de este punto hacia abajo, produce un efecto de enfriamiento, intensificado ahora por el

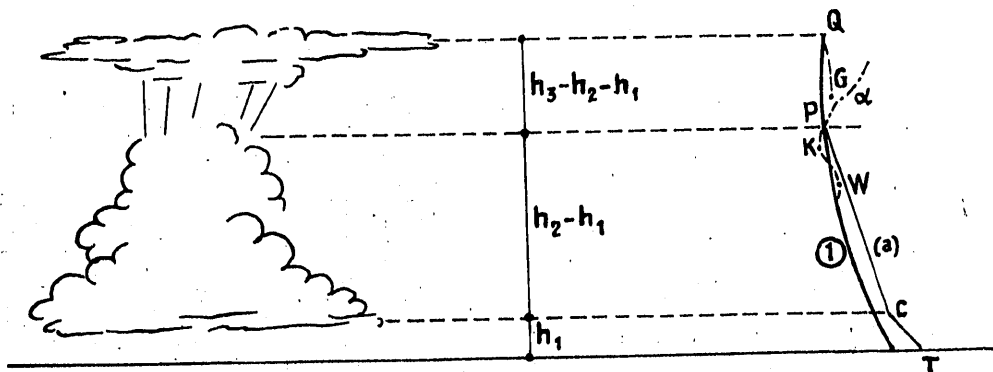


Figura 36.

calor consumido en la sublimación del propio cristal, sometido como está ahora, por efecto de su velocidad, a una ventilación intensísima; este calor, naturalmente, lo toma del ambiente. Sin embargo, al alcanzar el cristal una zona con abundante vapor de

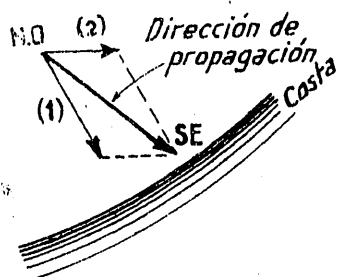


Figura 37.

agua, cual es la masa del propio cúmulo, tiene lugar la condensación a su alrededor de dicho vapor con la liberación consiguiente de calor, que tiende a producir un efecto contrario al de sublimación antes descrito, llegando a fundir el cristal, elevando la temperatura del aire en esta zona de su trayectoria. Naturalmente que esto da lugar a la formación de bolsadas de aire frío y caliente, *K* y *W*, que se hallarán ahora en situación inestable, lo cual ocasiona nuevos movimientos ascendentes del aire caliente y cargado de humedad, que mantienen la continuidad del fenómeno.

El aspecto real que presenta el *cúmulus incus* justifica, si cabe, y comprueba el fenómeno descrito. La base inferior está a la altura h_1 (punto de condensación). Hasta h_2 se desarrolla el *cúmulus congestus*. En h_2 tiene lugar la rotura de la subfusión. La ascensión de las masas de aire se revela por la estruc-

Potencia del cúmulo a
altura alcanzada.

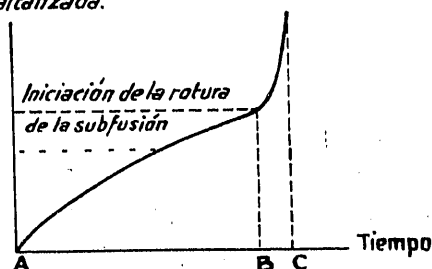


Figura 38.

tura fibrosa, en sentido vertical, de las nubes desde h_2 hasta h_3 . En h_3 se estratifican las nubes por formarse una zona pasiva, *Q*, resultante de la nueva ordenación de temperaturas en esta parte superior del *cúmulus*.

La caída de cristales de hielo a través del primi-

tivo *cúmulus congestus* se revela por el rápido incremento de las precipitaciones.

La realidad demuestra que a los *cúmulus incus* corresponden las mayores precipitaciones y los mayores desplazamientos.

Hemos estudiado el desplazamiento de las tormentas en una comarca particular, el Vallés, en la provincia de Barcelona. El 93 por 100 de las tormentas desarrolladas por la tarde han seguido la dirección NO. a SE., y en cuanto a las tormentas desarrolladas de noche o por la mañana, no hay tanta uniformidad; el 85 por 100, de SO. a NE. El 10 por 100, de O. a E., y el 5 por 100, en otras direcciones; pero ninguna de ellas de E. a O.

La dirección NO. a SE. se obtiene componiendo dos vectores: uno, según la brisa (1), y otro (2), de dirección OE. (fig. 37). Para obtener la dirección de propagación del 85 por 100 de las tormentas de la noche y de la mañana, basta cambiar el sentido del

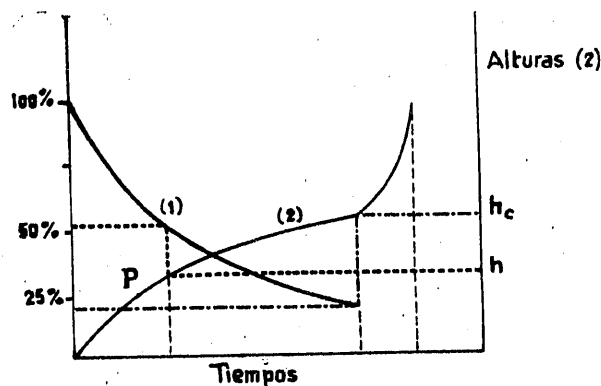


Figura 39.

vector (1), o brisa, como ocurre, efectivamente, por la noche.

Esto demuestra que la brisa (viento de superficie) tiene sobre las tormentas el mismo efecto que los alisios en los ciclones tropicales, según estudiamos en el primer artículo.

El vector (2) corresponde al contraaliso, y ello demuestra la influencia de éste en el desplazamiento del yunque, que a lo largo de su recorrido va creando la inestabilidad implícita al "efecto cirrus". Los *cúmulus congestus* no tienen trayectorias determinadas. Los *incus*, en el Vallés, se desplazan, según se ha indicado más arriba.

De las observaciones realizadas en dicha comarca sobre el desarrollo de los cúmulos a base de la observación del incremento de sus crestas y de su sombra sobre terreno llano, parece deducirse que la ley de crecimiento del *cúmulus congestus* es la indicada en la figura 38. Desde A a B tenemos *cúmulus congestus*. En B, se inicia la rotura, y de B a C se desarrolla rápidamente el *cúmulus incus*.

Con las mismas observaciones se ha dibujado la figura 39. En ella, la curva (1) da el tanto por ciento de *cúmulus congestus* o *incus* que alcanzan la altura indicada por la ordenada de la curva (2) para una misma abscisa. Es decir: por ejemplo, sólo escasamente un 25 por 100 de *cúmulus congestus* llegan a *incus*.

Como la potencia del *cúmulus* puede considerarse proporcional a la altura alcanzada por sus crestas, en las figuras 38 y 39 podremos considerar las alturas en el eje de ordenadas. Así, por ejemplo, la figura 39 indica que un 23 por 100 de *cúmulus congestus* alcanzan la altura h_c , crítica, de paso a *cúmulus incus*. Igualmente que un 50 por 100 alcanza la altura h , distante $h_c - h$ de la crítica.

Los *cúmulus incus* son las nubes típicas de los grandes aguaceros. Según Mr. Byers, parece existir una relación definida entre el brusco crecimiento en el paso de los *cúmulus congestus* a *cúmulus incus*, y el comienzo de los densos chubascos. Se tiene comprobado que de los *cúmulus congestus* sólo pueden caer lluvias ligeras.

Las masas de cúmulos pueden aparecer amenazadoras, pero hasta que sus cumbres no se transforman en cirrus por el proceso estudiado, no se producen las precipitaciones intensas.

Desde este momento se convierten en una verdadera fábrica de nubes, y el desplazamiento y las precipitaciones se acentúan grandemente.

Producción de la lluvia artificial.

Cuando en un lugar determinado se ha producido un *cúmulus*, la sombra que arroja sobre el suelo impide el calentamiento solar, que fué la causa primera de su producción. Puede darse el caso, que hemos observado muchas veces, de que una gran inestabilidad, por la mañana, produzca extensas zonas de *cúmulus* que, reduciendo casi totalmente la insolación solar, impide el progresivo incremento de los mismos, alcanzándose en la figura 39 sólo puntos tales como el P.

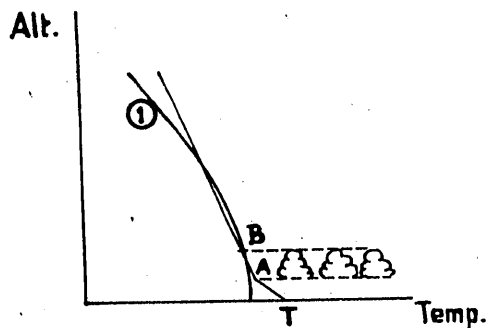


Figura 40.

bilidad, por la mañana, produzca extensas zonas de *cúmulus* que, reduciendo casi totalmente la insolación solar, impide el progresivo incremento de los mismos, alcanzándose en la figura 39 sólo puntos tales como el P.

Los campesinos del Vallés dicen que "hay demasiadas nubes para llover", queriendo expresar con ello que cuando por la mañana la inestabilidad crea *cúmulus* por todas partes, se impide el calentamiento del suelo y, por consiguiente, la evolución diurna de los *cúmulus*.

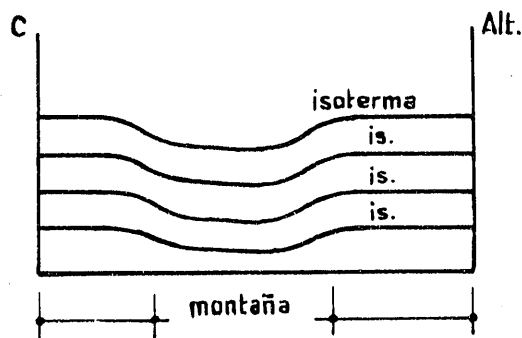


Figura 41.

Este hecho se comprende fácilmente porque (figura 40) en la curva temperatura-altura, el punto T no puede desplazarse hacia la derecha a causa de la capa de *cúmulus* AB, que impide, como hemos dicho, el calentamiento del suelo.

Como vimos anteriormente (fig. 33), la existencia de una montaña facilita la ascensión de las masas de aire desde el valle. Para una temperatura, T, determinada, de estas últimas, la altura alcanzada es función de la curva temperatura-altura que tengamos. Como la irradiación nocturna de la montaña deforma las isotermas, según indica la figura 41 para las masas de temperatura T, la solera de la primera zona pasiva que encuentran será la indicada en la figura 42, puesto que sabemos que ascienden tanto más cuanto más frío esté el aire ambiente. De esta figura se deduce claramente el por qué en las zonas montañosas tienen lugar mayor número de tormentas que en las llanuras; la altura h_b de zona pasiva que las masas ascendentes necesitan salvar para alcanzar la altura h_c crítica de la figura 39, es notablemente menor que la h_a que necesitan vencer las masas de aire a la misma temperatura, T, situadas sobre el valle.

La misma figura 39 demuestra que si las masas de aire ascendente pudieran vencer la altura $h_c - h$, pasarían a *cúmulus incus* el 50 por 100 de *congestus*, o sea, se cebarían más del doble del número ordinario de tormentas. En definitiva, resulta que la producción de la tormenta depende exclusivamente de la altura alcanzada por el aire ascendente, altura que, evidentemente, varía dentro de ciertos límites.

Esta altura depende de dos factores esenciales:

a) De la temperatura de las masas de aire y también de su humedad, por la distinta inclinación de las adiabáticas seca y húmeda.

b) De la curva temperatura-altura del aire ambiente.

El factor a) no podemos alterarlo porque, naturalmente, está fuera de los recursos humanos. No podemos calentar ni dar mayor humedad a grandes masas de aire.

El factor b) tampoco podemos modificarlo, por las mismas causas. Pero podemos escoger y estudiar las zonas montañosas en las que se de con mayor intensidad la deformación de las isothermas dibujadas

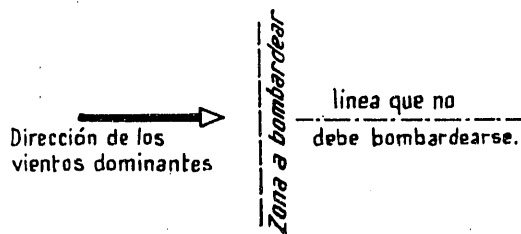


Figura 42.

en la figura 41. Dicha circunstancia se da en numerosos puntos de todas las cordilleras, y, corrientemente, esta abundancia de puntos en que concurren *simultáneamente* las circunstancias favorables, perjudica el cebado de la tormenta en un lugar determinado. Este fenómeno tiene un efecto análogo al que se obtendría enfriando artificialmente el ambiente (factor b).

La determinación de los puntos más favorables se tendrá que hacer por observación razonada de las circunstancias formativas de los *cúmulus* en ellos, influyendo notablemente la orientación, altura relativamente a las regiones circundantes, vegetación, etcétera, factores todos ellos fáciles de razonar en cada caso particular y con ayuda de los aparatos, todos sencillos, cuya descripción será objeto de otro artículo.

La ayuda decisiva para cebar la formación del *cúmulus incus*; o sea *cúmulus* con cumbres de cirrus, habrá de obtenerse por el bombardeo de las zonas situadas a la altura crítica h_c , mediante explosivos de aire líquido. Las explosiones deberán realizarse en el momento en que la temperatura en el suelo, T , sea la óptima para la curva temperatura-altura que experimentalmente se determinará para una región determinada.

La detonación, mediante un explosivo que bien pudiera ser el aire líquido, a la altura crítica h_c , producirá una perturbación dinámica que romperá la subfusión, dado el carácter que presenta dicho estado, y que ya explicamos en el artículo anterior. Hay que determinar experimentalmente si es más conve-

niente una gran explosión o pequeñas explosiones escalonadas a distinta altura, para buscar la resonancia de las gotas, pero siempre en la zona de subfusión. Las explosiones deberán dirigirse sobre una zona perpendicular a la dirección de los vientos dominantes en la zona de subfusión que, en general, es la del contraaliso, para que aquéllos propaguen la perturbación (fig. 42). Si la línea bombardeada fuera paralela a aquella dirección, el efecto producido se localizaría rápidamente.

La naturaleza ofrece al hombre esta anomalía de estado que representa la subfusión, en función del cual mantiene en estado potencial una energía enorme, que puede dar súbitamente. Por ejemplo: siendo el calor de fusión 80 cal-gramo, si tenemos 1 gramo de agua en subfusión a -1°C. , cuando ésta desaparece, $\frac{1}{80}$ gramos se solidifican, y el resto, $\frac{79}{80}$ gramos, queda líquida a 0°C. calentando el ambiente. La subfusión tiene lugar a temperaturas bajísimas, hasta de -40°C. , y cabe imaginar fácilmente la enorme cantidad de energía calorífica que el hombre puede obtener de la Naturaleza, súbitamente. Es la deformación α de la figura 36, que origina una intensa succión en virtud de la cual quedará rota la barrera h_b (fig. 43) de la zona pasiva y, por tanto, por el boquete establecido las masas de aire cargadas de vapor de agua en la baja atmósfera continuarán su ascenso y darán lugar a los densos chubascos característicos de los *cúmulus incus*. Habremos cebado la

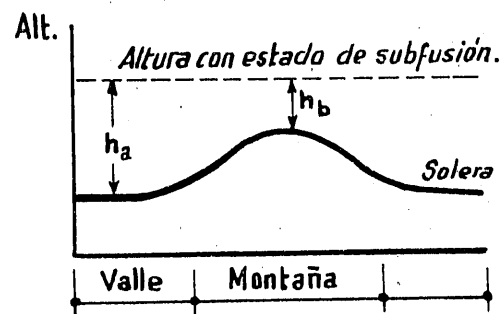


Figura 43.

tormenta, y precisamente en el lugar que hayamos escogido.

La razón de escoger el aire líquido como explosivo es la de producir una gran expansión (1 a 800), enfriando considerablemente y acentuando, por consiguiente, la zona K de la figura 36.

Sin embargo, no se puede excluir de la experimentación los explosivos de gran potencia, tales como trilita, etc.

Como se ve, no se pretende ceder o dar a la atmósfera las condiciones óptimas para la lluvia. Las cantidades de energía puestas en juego en todos los fenómenos meteorológicos hace la pretensión completamente imposible. Tan sólo se trata de que la atmósfera ceda en un momento adecuado la enorme energía que por el feliz estado de subfusión tiene almacenada. Es como la energía potencial que tendría

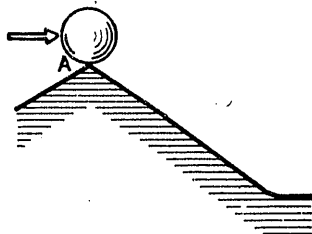


Figura 44.

almacenada: una bola de gran masa mantenida en equilibrio inestable en la cumbre, A, de una montaña cónica (fig. 44); bastará que se produzca una pequeña perturbación, para que esta energía se convierta en cinética y pueda rendir un trabajo en el descenso de la bola. La energía permanece potencial mientras no actúe ningún impulso exterior. Naturalmente que para poder rendir energía en el descenso se precisa un gasto previo de la misma, el necesario para situar la bola en el punto A. La Naturaleza es, en nuestro caso, quien se ha encargado de realizar el trabajo más importante; a nosotros sólo nos incumbe esta misión secundaria de empujar y poner en marcha el fenómeno.

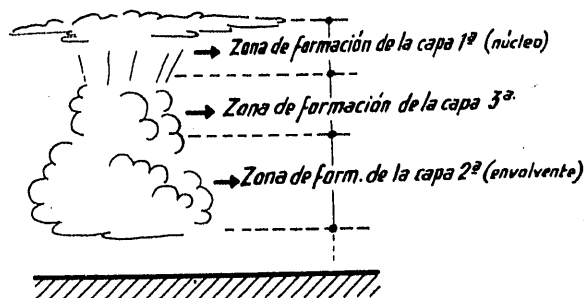


Figura 45.

Tampoco la altura de la zona de subfusión podrá ser grave inconveniente para cebar la tormenta. En el mes de agosto, la isoterma de 0° C. está en España, aproximadamente, a 3 800 m. de altura. La experimentación dará, en definitiva, la situación de las zonas en subfusión.

La forma especial en que las granizadas tienen lugar, nos hizo pensar en aquel mecanismo que definimos en el anterior artículo por "efecto cirrus", clave, como se ha podido ver, de todos nuestros razonamientos.

Examinemos ligeramente el desarrollo de las granizadas. En ellas consideramos como fundamentales las siguientes observaciones:

- 1.ª Constitución de los granos del granizo.
- 2.ª Las granizadas preceden siempre a las tormentas.
- 3.ª El efecto aparentemente desconcertante de los cañones granifugos, o fracaso total o éxito rotundo que, como veremos, es sólo aparente, y el descrédito de los mismos.

El granizo consta de un núcleo blanquecino y de una envolvente de hielo transparente. El tamaño del núcleo parece ser independiente del tamaño del grano. Varía entre límites muy poco amplios, en tanto que la envolvente tiene espesores muy distintos.

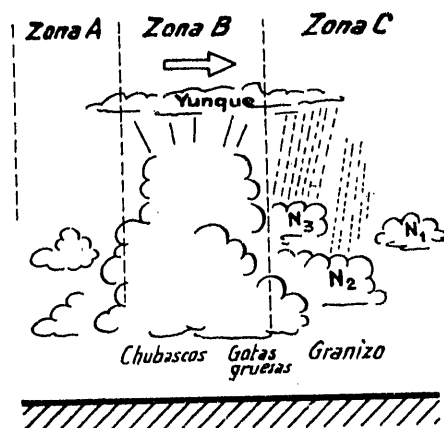


Figura 46.

El aspecto de la parte nuclear corresponde al del hielo solidificado bruscamente (rotura de la subfusión), mientras que la parte externa del granizo es la parte formada en el descenso por condensación sobre el núcleo inicial de agua o vapor.

En el Vallés hemos observado, además, que algunos granos presentan la siguiente composición:

- 1.º Núcleo con el aspecto indicado.
- 2.º Envolvente externa, que también hemos descrito; y
- 3.º Una capa intermedia que participa de los caracteres del núcleo y de la envolvente exterior, pareciendo estar formada por unos corpúsculos sucesivamente transparentes y opacos, dando al conjunto de

la capa un aspecto de transición entre la 1.^a y 2.^a. Ésta debe su formación al choque del grano inicial con algunas gotas que han permanecido en subfusión a pesar de la perturbación dinámica que produjo al "efecto cirrus". Así, en la figura 45 están indicadas las zonas de formación de las distintas capas.

La observación que consideramos de gran importancia, como comprobación de cuanto hemos escrito, es el hecho de que las granizadas tienen lugar al principio de las tormentas, rarisimas veces cuando están en pleno desarrollo y nunca al final. Las granizadas caen siempre de nubes que parecen desgajadas (figura 46). En esta figura, la flecha indica el sentido de propagación de la tormenta. Tenemos una zona, *A*, sin subfusión por haber sido ya barrida por el paso de la tormenta; una zona, *B*, en la que tiene lugar la rotura de la subfusión, originando los fenómenos ya estudiados, y otra zona, *C*, con subfusión. En la *B*, el descenso de los cristales de hielo produce granos con las características estudiadas más arriba; pero el espesor de la nube es tal, que la condensación de agua sobre el granizo, en las últimas etapas de su descenso, origina el desprendimiento de calor suficiente para fundirle totalmente, originando las gruesas gotas con que generalmente se inician los chubascos. Por el contrario, en la zona *C*, como el granizo atraviesa sólo las nubes *N*₁, *N*₂, ..., de espesor mucho menor que en la zona *B*, se produce la granizada hasta el suelo, puesto que el calor de condensación no es suficiente para la fusión de los granos en descenso. Se comprende, pues, el por qué sólo graniza en la zona *C*; exige subfusión que se rompa por cualquier medio; la subfusión no existe en *A*, y la de la zona *B* se encuentra neutralizada, a los efectos del granizo, por el "colchón" formado por la propia nube.

Una vez cebado el *cúmulus incus*, el efecto cirrus inherente al mismo se propaga por los vientos a que se encuentra sometido en cada caso. Pero una ráfaga de viento producida por el choque con un accidente topográfico o la onda sonora del trueno, puede producir demasiado pronto la rotura de la subfusión de la zona *C*, produciendo la caída de cristales de hielo cuando hay sólo las nubes *N*₁, *N*₂, ..., indicadas en la figura, sin estar "protegido" el suelo por la masa de la tormenta.

Hemos observado, efectivamente, cómo el granizo parece descender de sólo girones de nubes, y cómo se produce el rápido enlace de éstas con la alta atmósfera, según se indica de puntos en dicha figura 46.

En una comarca determinada, los puntos de mayor frecuencia e intensidad de las granizadas se determinan razonadamente en función de la trayectoria de la

tormenta, del carácter de las nubes que la integran y de la topografía local.

La teoría clásica, que considera que el granizo se forma a causa de las violentas corrientes verticales que someten a las gotas de agua a movimientos alternativos de ascenso y descenso en el interior de la masa de la tormenta, queda sin comprobación real por el sólo hecho de que el fenómeno de la granizada tiene lugar al principio de las tormentas.

Los cañones granífugos están completamente desacreditados por los escasos resultados favorables que con ellos se obtienen. Sin embargo, haremos algunas observaciones curiosas sobre los mismos.

Corrientemente, las explosiones se realizan a escasa altura, no habiendo sobrepasado en ningún caso los 1 000 m. Por esta causa, su eficacia es, prácticamente, nula. Dirigidas siempre al centro de la masa de nubes, los resultados se reducen a un ligero incremento local

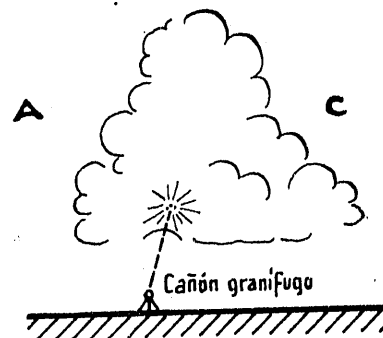


Figura 47.

y pasajero de las precipitaciones por la turbulencia que introduce la explosión (fig. 47).

Como vemos, la explosión se dirige al punto menos favorable para que tenga eficacia. Para impedir la granizada, el tiro deberá dirigirse a las zonas *A* o *C* (fig. 47), en puntos suficientemente alejados de la masa principal de nubes, con objeto de romper la subfusión antes de que por debajo de *A* y *C* aparezcan las nubes "avanzadillas" de la masa principal. En nubes compactas, es decir, sin frentes de avance desgajados por ráfagas de viento, por muy amenazadoras que parezcan, no hay peligro de granizada. Tenemos numerosas pruebas de ello.

Sin embargo, nosotros creemos en la eficacia de los cañones granífugos, pero dirigiendo el tiro hasta la altura de la formación del yunque y mucho antes del paso de la tormenta. Las trayectorias de éstas son conocidas en cada comarca particular, y la altura de tiro se determina experimentalmente.

Respecto a la posibilidad de la lluvia artificial, y para acabar esta breve exposición de la manera práctica de obtenerla, diremos que hemos tenido noticia de unos ensayos realizados por la General Eléctrica Americana, bombardeando las nubes desde un avión con píldoras de hielo seco.

El experimento ha tenido éxito, y se espera poder aplicar el método a producir lluvias y nevadas a capricho, utilizando las nubes situadas sobre una zona determinada y aprovechando la situación de éstas en el punto más conveniente.

Como puede verse, el procedimiento es el mismo que preconizamos nosotros. Pero tenemos el convencimiento que el bombardeo por cristales de hielo puede darlo la propia Naturaleza en las condiciones que hemos explicado. Por el método de la General Eléctrica se podrá obtener un efecto más o menos intenso, pero siempre local, por cuanto de nuestro "efecto cirrus" solamente "utilizan" el efecto condensador (*W*), y aun con hielo fabricado por el hombre. Por el contrario, nosotros pensamos en la liberación del calor de fusión que produzca la gran deformación de la curva temperatura-altura y produzca la succión que inicie el movimiento ciclónico.

La prensa del mes pasado publicó la noticia de que se disponían a despegar del aeropuerto de Mascot, de la ciudad de Sidney, varios aviones provistos

de aparatos especiales para "romper las nubes" y provocar la lluvia. E. B. Kraus, de la Comisión Física del Consejo Científico de Investigaciones Industriales, iba a encargarse del experimento. Se ha realizado utilizando anhídrido carbónico en polvo y se obtuvo un resultado satisfactorio.

Tenemos el convencimiento de que cuanto se haga para obtener las condiciones óptimas para la lluvia, partiendo del principio de ceder a la atmósfera la energía necesaria, está de antemano condenado al fracaso.

La energía puesta en juego es enorme. Por ello hay que estudiar las condiciones en que la atmósfera puede proporcionarse ella misma esta energía. Esto es absolutamente posible, como hemos tratado de demostrar en estas breves notas y procuraremos demostrarlo en breve, mediante experimentación directa.

Convertido en realidad lo expuesto en este artículo, podría, posiblemente, triplicarse la cantidad de agua caída normalmente en la cuenca de un pantano, con un gasto reducidísimo de energía.

En el próximo artículo trataremos de la lluvia artificial en un régimen general de bajas presiones, y en otro artículo, de la organización del estudio para la determinación, en una zona dada, de los puntos óptimos para cebar las tormentas o intensificar el régimen de lluvias aprovechando los estados críticos.