



FORMACIÓN DE HIELO SOBRE AVIONES

Por CARLOS GONZALEZ-SICILIA JUAN, Licenciado en Ciencias y Meteorólogo.

Este artículo se inspira en un criterio de divulgación. En esta Revista pueden verse otros trabajos que profundizan el tema. Las denominaciones del autor son en parte libres adaptaciones, ya que falta en este tema la definición necesaria.

Paralelamente al rápido progreso de la Aviación, fueron apareciendo inconvenientes, los cuales se han ido atacando con tal eficacia que mucho de ellos han quedado completamente subsanados. Cuando en virtud de este progreso aumentaba cada vez más el techo de los aviones, surgió una grave dificultad: sobre el fuselaje, a ciertas alturas y en determinadas condiciones atmosféricas, se depositaba una capa de hielo.

Contra este grave peligro, la técnica emplea su ingenio para desecharlo; pero el reseñar aquí de qué medios se vale, se aparta del objeto de este trabajo.

Hoy la Meteorología sabe con exactitud el porqué de dicho riesgo; es decir, estudia y descubre las causas que produce el fenómeno; y esas causas son las que vamos a exponer aquí.

Por las apreciaciones personales de los pilotos e instrumentos de precisión se han obtenido datos, que han servido para reconstruir ciertas condiciones de la atmósfera en laboratorios de investigaciones, y de ellos se han deducido los estados más favorables para la formación de hielo sobre aviones.

En el aire libre se necesitan ciertas condiciones para que el hielo se forme:

- a) Humedad en forma invisible; y
- b) Temperatura del aire de $0,9^{\circ}$ C., o menor.

El hielo se puede clasificar en tres tipos:

1. **Hielo transparente.**—Es liso y cristalino en apariencia, aunque si se forma en presencia de nieve la superficie puede ser rugosa. Es muy tenaz y difícil de romper, y en raras condiciones se ha visto que se deposita, alcanzando un espesor de dos centímetros por minuto en presencia de nieve.

2. **Hielo escarchado.**—Es blanco y opaco. Se forma en los bordes de ataque, constituyendo masas afiladas e irregulares. Por ser su estructura granular y cristalina, se traslada fácilmente por vibraciones y sacudidas. A pesar de todo, a bajas temperaturas, debido a su tenacidad y su incremento, llegaría a alcanzar proporciones peligrosas.

3. **Helada.**—Igual que el anterior, se forma en los bordes de ataque del avión, pero no alcanza nunca un gran espesor, y desaparece generalmente tan pronto como el avión alcanza una temperatura semejante a la del aire sobre el cual vuela.

De las informaciones recibidas, y como consecuencia de las investigaciones, se ha deducido que el hielo transparente se origina en masas de nubes de aire caliente, mientras que el escarchado se presenta generalmente en masas de nubes de aire frío.

El enfriamiento adiabático se debe a la expansión del aire y puede ser efectuado por

1. Turbulencia.
2. Corrientes ascendentes originadas por un obstáculo montañoso.
3. Convección vertical.
4. A golpe o convergencia de corrientes paralelas; y
5. Elevación de una masa de aire cálido sobre una más fría y, por tanto, más densa.

Las nubes que producen precipitaciones son debidas generalmente a uno o más de estos procesos de enfriamientos, que por mezcla y contacto de masas de aire da lugar a la forma de nubes del tipo de los estratos y que por convección débil forma nubes cumuliformes o estratocumuliformes.

Teóricamente, tan pronto como el vapor de agua se condensa en el aire frío, las gotas tienden a caer. Si el aire no se moviese ni horizontal ni verticalmente, la nube se disiparía y las gotas llegarían al suelo en forma de lluvia o se evaporarían al encontrar capas de aire más cálidas. Pero la constante convección en el proceso de un enfriamiento adiabático sostiene estas gotas y las llevan a niveles más altos.

La mayor cantidad de agua contenida en un frente nuboso es la mayor humedad absoluta, que en el Aire Marítimo Tropical forma generalmente el sector cálido de los ciclones. La temperatura de esta masa de aire en superficies favorables es de 10° C. en invierno a 21° C. en verano; pero en masas de aire caliente transitorias tienen temperaturas algo más bajas en invierno y más altas en verano. Con estas temperaturas y con humedades relativas de 90 a 95 por 100, la cantidad de agua útil varía de 9 gramos por metro cúbico a una temperatura de 10° C.; a 17 gramos por metro cúbico, a 21° C.

Cuando la temperatura de condensación es alta, sólo una pequeña elevación basta para que se produzca la condensación. Esta condensación lleva consigo una mayor elevación, y como consecuencia temperaturas más bajas, continuando el proceso de condensación; las gotas aumentarían de tamaño hasta que su peso venza la resistencia del aire ascendente y al caer originaran una lluvia.

En las nubes que se forman con temperaturas muy bajas, el vapor de agua disponible no excede de cinco gramos por metro cúbico, y como esta cantidad decrece rápidamente con la disminución de la temperatura, mientras que la convección sea violenta, esta pequeña cantidad de vapor que resulta impide que se formen gotas de agua de gran tamaño. Pero a veces se produce lluvia, quizá debido a la sublimación de la nieve.

De estos dos procesos que se acaban de explicar se deduce rápidamente que una nube que se origine de aire húmedo y caliente estará formada de grandes gotas y densamente distribuidas por toda la nube; pero si el aire que ha originado la nube es húmedo y frío, las gotas serían pequeñas y dispersadas. Es decir, que volando a través de una nube de aire cálido encontraríamos más agua por unidad de volumen.

El hielo no se forma por encima de una temperatu-

ra de 0.9° C., y veamos los procesos por los que desciende la temperatura, pudiendo originar hielo.

El paso de las gotas de agua a hielo, al chocar contra un avión parece que depende de la evaporación, la cual origina un descenso de la temperatura.

El agua en sobrefusión cambiaría a hielo con un ligero disturbio.

La presencia de sustancias salinas en las gotas de agua tienden a bajar el punto de congelación. Además hay otros factores que tienen gran importancia.

Cuando un avión atraviese una nube de agua en sobrefusión y una gota le toca, una porción de ella pasa inmediatamente a hielo, y la temperatura de la mezcla agua-hielo hace subir el punto de congelación. Al congelarse el resto del agua el calor de fusión es absorbido por la evaporación y por el fuselaje del avión. La evaporación depende principalmente de la diferencia de presión en el vapor del aire frío y el punto de congelación.

Si la temperatura del aire es de 0.0072° C., la presión del vapor sobre ambos es la misma, hielo y vapor, y de este modo puede existir en equilibrio los tres estados: vapor, líquido y sólido en presencia de agua líquida, y el calor de vaporización y el de fusión pueden ser intercambiados. A tal temperatura es necesario el cambio de calor, pudiendo formarse hielo casi instantáneamente.

Puesto que el calor latente de vaporización es ocho veces mayor que el de fusión, la evaporación parcial del líquido formaría una cantidad de hielo ocho veces mayor.

Si la temperatura del aire es mayor que la de congelación, la diferencia de presión en el vapor permite la evaporación, igual que en un volumen de aire saturado, y cuando el descenso de presión se debe al efecto de un viento, la evaporación se origina de una manera rápida. La absorción del calor por las chapas metálicas es un factor accidental que después se traspa al aire que lo rodea, siendo, en efecto, una manera de absorber el calor de fusión.

En suma: una nube o niebla tiene raramente el 100 por 100 de humedad relativa, siempre que parta de masas de aire que contengan poca humedad; y ocurre a intervalos frecuentes que disminuya la presión del vapor acelerando la evaporación.

La rápida convección vertical ocurre a lo largo de un frente frío, debido a la elevación de la cuña de aire frío; también ocurre a lo largo de las crestas de los obstáculos montañosos. En las condiciones primeras, las tormentas (cúmulos nimbos) es la nube tipo que lo identifica, y en lo últimamente dicho, los nimbos y grandes cúmulos. Las corrientes ascendentes en estas nubes sostienen grandes gotas, y, por tanto, tan pronto como alcanzan la temperatura de congelación, pueden originar fuertes heladas. Un frente nuboso cálido de poca altura, debido a su elevación gradual, puede también contener grandes gotas, nimbos, estratocúmulos y altostratos, identificando las masas de aire húmedo y los niveles de condensación. Siempre que estas nubes encuentren temperaturas algo menores que la de con-

gelación, el hielo transparente puede ser esperado, y el hielo escarchado se formaría si la nube fuese de poca densidad.

Estratos, cúmulos, estratocúmulos y altocúmulos, formados por masas de aire frío, son el resultado de enfriamientos por radiación, mezcla, enfriamientos de contacto o convección débil, y están, por tanto, formados de la humedad del aire frío. Generalmente la humedad contenida es muy poca, menor de cinco gramos por metro cúbico de aire, y como el enfriamiento es lento, las gotas son pequeñas y dispersadas a través de la nube. En tales nubes se origina una débil helada, a menos que la convección sea de tal intensidad que origine precipitación, en cuyo caso resultaría una ligera capa de hielo transparente.

La razón del origen del hielo en dos tipos, transparente (amorfo) y escarchado (cristalino), aparentemente se debe a la forma de helar. En una nube de masa de aire frío, de gotas pequeñas y poca densidad, cada gota helada, al encontrarse ante otra gota, forma una masa opaca y granular. Una nube de gran humedad que contenga grandes gotas, éstas, al encontrar una gota helada, se extienden sobre ella, fundiéndola y helándose a continuación y dando como resultado una masa sólida de hielo transparente. Bajo este aspecto se presenta el hielo transparente, extendiéndose sobre el fuselaje del avión, a pesar del viento del vuelo que arrastra los pequeños carámbanos, indicando así que la helada es débil. Puesto que en zonas de fuertes convecciones se puede contar con nubes de grandes gotas y grandes cantidades de agua líquida, se produciría hielo transparente si la temperatura es menor de 1° C. Generalmente sobre la zona de nivel y en invierno, menos en tormentas de marcada intensidad, la convección vertical disminuye rápidamente con alturas superiores a 2.800 metros, y por esto el tamaño de las gotas suspendidas y la densidad de la nube disminuirán también rápidamente. También a estos niveles la temperatura está por debajo de la de congelación, y el hielo escarchado sería la forma general.

Puesto que un avión frío aceleraría la formación del hielo, al ascender desde una capa de aire frío, al internarse en una nube más cálida, sería peligroso. Introduciéndose en tales nubes, cada una de las gotas casi se helarían instantáneamente, y sólo serían necesarios varios minutos para que los planos se cubran de hielo. Si la ascensión, una vez en el interior de la nube, se hiciera rápidamente, podría alcanzarse la inversión por encima de la nube antes que se haya formado hielo en cantidad peligrosa.

Bajo estratos delgados, cúmulos y estratocúmulos de masas de aire frío se origina generalmente escar-

cha, a menos que la convección sea violenta, en cuyo caso es probable la rápida formación de hielo transparente; porque de la función del "punto triple", acelerándose la formación del hielo, es mejor buscar temperaturas más cálidas o más frías una vez que aquél se forma.

En resumen: En un frente cálido la zona de hielo está por encima de la isoterma de 0° C. A estas alturas, generalmente sobre los 1.200 metros, se presenta de repente. La convección en ausencia de tormentas disminuye rápidamente, y el tamaño de las gotas de agua y la densidad serán pequeñas. El hielo transparente se formará en estas nubes y la escarcha a un límite superior.

La helada será evitada volando bajo, en una temperatura más cálida o ascendiendo por encima de la nube.

A lo largo de un frente frío, el peligro de formación de hielo se localizaría en una porción de la nube cuando la temperatura es la de congelación o menor. La rápida convección que acompaña al frente frío traería como resultado una excesiva cantidad de agua transportada a niveles altos. Tan pronto como la temperatura de congelación se alcanza se formaría hielo rápidamente.

A la altura a la cual los cúmulos nimbos se forman, la zona de hielo no es posible; por tanto, un vuelo a través de la masa de nube debería ser hecho a una altura en la que la temperatura sea inferior a la de congelación.

Un estudio detenido de los mapas sinópticos de tiempo, revelarían las zonas de fuertes convecciones, y esta información, junta con los datos del vuelo del avión, revelarían las zonas de hielo.

Las fuertes convecciones a lo largo de obstáculos montañosos formarían grandes zonas propicias a la formación del hielo, y el riesgo se aumentaría con temperaturas por debajo de la de congelación sobre el lado de sotavento del obstáculo montañoso, haciendo posible la rápida formación de hielo sobre un avión frío.

Cuando el hielo se ha formado puede desaparecer evaporándose en el aire, por encima o por debajo de una nube estratiforme; pero a pesar de todo, si la precipitación ocurre en forma de lluvia, aumentaría el hielo, con el peligro consiguiente, por ser rápida su formación.

(Los datos de este artículo están tomados del "Bulletin of the American Meteorological Society.")

