

Estelas en el cielo

Las estelas que, a veces, dejan los aviones en el cielo rompen la monotonía del azul celeste. En el presente artículo analizaremos en detalle cuáles son sus principales características, distinguiremos entre dos grandes tipos, explicaremos las causas que las originan y enumeraremos los factores que intervienen en su formación, ligados tanto a las condiciones atmosféricas como a las propias aeronaves en vuelo.

Texto: José Miguel Viñas

Fotos: Autor, salvo indicado



Estelas al paso de un Lockheed C-141 Starlifter sobre la Antártida. © US Air Force photo/ TSGT Boyd Belcher.



En el lenguaje aeronáutico internacional, la estela de un avión recibe el nombre de contrail. Dicha palabra proviene de la fusión de las palabras inglesas condensation y trail, por lo que traduciríamos contrail como “estela de condensación”. Esta expresión no es del todo afortunada, ya que el proceso que la mayoría de las veces da lugar a la estela es una sublimación inversa (paso directo de gas a sólido) en lugar de una condensación (paso de gas a líquido).

Una estela puede definirse como una nube tubular alargada, con pequeñas protuberancias, compuesta por cristales de hielo o gotitas de agua. Su aspecto recuerda bastante al de un trazo de tiza en una pizarra. La formación de las estelas se basa en el mismo principio mediante el cual un día frío de invierno se forma vaho cuando exhalamos aire por la boca. En este caso, lo que generamos nosotros son pequeñísimas gotitas de agua, ya que al expulsar aire caliente y húmedo -nitrógeno y dióxido de carbono en su mayor parte- procedente de nuestros pulmones, éste logra saturarse al entrar en contacto con el aire frío que hay en el ambiente.

En el caso de los aviones, como vuelan a varios kilómetros de altitud y allí arriba las temperaturas son tan bajas, los gases calientes

Arriba
Par de estelas dejadas por un avión comercial. Fotografía tomada el 10 de febrero de 2006 desde Torreldones (Madrid). © Alberto Lunas Arias.

procedentes de la combustión del queroseno que tiene lugar en los motores, se congelan casi de inmediato al escapar de las toberas, formándose las estelas que observamos, y que, tal y como hemos apuntado, estarían formadas exclusivamente por cristallitos de hielo (en combinación con gotitas de agua subfundida a lo sumo). Esta es la razón por lo que se ven tan blancas, ya que el hielo refleja la luz del sol casi en su totalidad.

Las dimensiones típicas de una estela oscilan entre los 8 y los 25 kilómetros de largo y, con el

paso del tiempo, pueden llegar a alcanzar algunos centenares de metros de diámetro. Si Vd. es de los que ve bien a larga distancia, le propongo que se fije en un detalle, y es que las estelas empiezan a aparecer a cierta distancia por detrás del avión, ya que los gases salen tan calientes de los motores que, aunque su congelación es casi instantánea, tardan un poco en cambiar de fase, tiempo suficiente para que el avión haya avanzado algunos metros, ya que se desplaza a gran velocidad. Aquí en nuestras latitudes, lo habitual

Derecha
Pequeñas estructuras globulares en una estela de condensación. Superpuesta a ella se observan las estelas dejadas por un avión que vuela en un nivel superior.

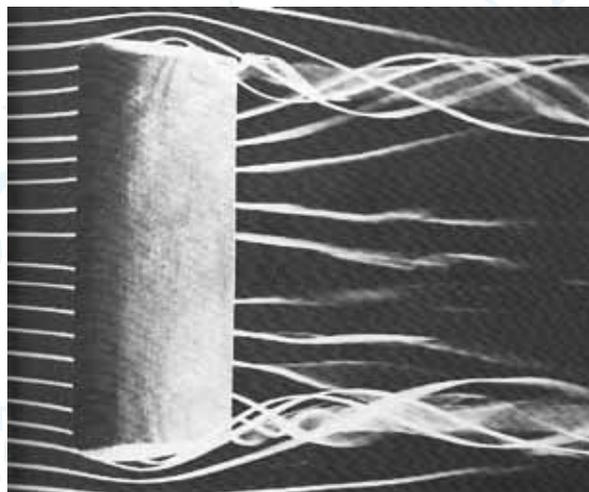


Estelas de aviones captadas durante el crepúsculo vespertino desde el barrio londinense de Kingston, el 3 de septiembre de 2007. © Damon Hart-Davis.



es que las estelas de los aviones a reacción se formen por encima de los 6.000 metros de altitud en invierno y de los 8.000 en verano, siendo mucho más frecuentes durante los meses invernales, al estar el aire más frío y húmedo en general. En Aeronáutica, la altitud más baja a la que pueden formarse estelas recibe el nombre de "nivel Mintra".

Abajo
Simulación de los efectos hidrodinámicos sobre un cilindro en el seno de un flujo laminar. En sus dos extremos se observa la formación de vórtices turbulentos, similares a las "estelas de punta de ala" de los aviones.



El que aparezcan o no estelas en el cielo se debe, principalmente, a lo húmeda que esté la atmósfera en la parte media-alta de la troposfera. Si después de varios días despejados, comienzan a verse estelas en el cielo, tenga por seguro que el tiempo va a cambiar y probablemente empezará a llover en 24 ó 36 horas a lo sumo. Las estelas, por tanto, nos sirven para predecir los cambios de tiempo, ya que el aumento de la humedad en las capas altas de la atmósfera suele preceder la llegada de un frente a la Península Ibérica.

En realidad, la formación de una estela en un momento determinado es el resultado de la combinación de cinco factores. Tres de ellos dependen de las condiciones ambientales (presión, temperatura y humedad) y los dos restantes de la aeronave (temperatura y cantidad de vapor de agua de los gases que escapan de los motores). Fijémonos que estos dos últimos parámetros actúan de manera inversa en el ambiente. Cuanto más

calientes salgan los gases de un avión, más disminuirá localmente la humedad relativa del aire, lo que se ve compensado por la aportación de vapor de agua procedente de la combustión.

Las estelas que se mantienen y se van ensanchando con el paso del tiempo, son las que tienen lugar cuando la humedad al nivel que vuela el avión es elevada, lo que suele ser, como acaba de comentarse, el anuncio de un cambio de tiempo. Otras veces, lo que ocurre es que vemos cómo el avión deja una estela que se desvanece al poco tiempo. En tales casos, la atmósfera es estable y si aparece la traza es simplemente por el aporte de vapor de agua que deja tras de sí del avión. Un vez que se ha formado la estela, el aire seco que la rodea se encarga de evaporarla, lo que provoca su rápida desaparición.

Hasta ahora nos hemos referido exclusivamente a las estelas producidas por los gases que sueltan los aviones, pero hay otra



clase de estelas debidas al factor aerodinámico. Se generan en las puntas de las alas y son muy peligrosas para las aeronaves que vienen por detrás, por lo que hay que tratar de evitarlas eligiendo niveles de vuelo lo suficientemente alejados de ellas.

Cuando un avión está volando a su altitud de crucero, es como si lo estuviera haciendo dentro de un túnel de viento, donde el flujo es perfectamente uniforme, algo parecido al discurrir tranquilo de las aguas de un río. Ahora bien, si en ese río aparece de repente un obstáculo, comprobamos cómo se forman remolinos en su parte trasera. Eso mismo ocurre con las alas del avión. Los bordes de las alas "rompen", por así decirlo, el

Arriba
La permanencia de las estelas en el cielo suele anunciar un cambio de tiempo.

flujo de aire y generan tras ellas una especie de espirales o remolinos turbulentos que muchas veces son invisibles. Estos torbellinos se producen como consecuencia de la diferencia de presiones que se produce entre la parte baja y la alta de la superficie alar.

Si el aire por la zona donde discurre la travesía es húmedo, con una densidad de moléculas de vapor de agua lo suficientemente alta, entonces esa agitación del aire es capaz de generar un par de estelas, no tan grandes como las de los motores, pero -insistimos- bastante más peligrosas, ya que se van ensanchando mucho por detrás del avión y pueden provocar el zarandeo de las aeronaves que vinieran a la zaga.

En los aeropuertos, las turbulencias asociadas a esas estelas son las responsables del tiempo de espera que los controladores fijan entre los distintos despegues y aterrizajes.

Una de las misiones de los winglets que se instalan en las puntas de las alas de los aviones comerciales es precisamente la reducción de las estelas turbulentas. Al mejorar con estos dispositivos las características aerodinámicas de las aeronaves, se reduce el tamaño de las estelas turbulentas ("estelas de punta de ala"), aparte de ahorrar combustible. De unos años a esta parte, los winglets se están incorporando también a los planeadores, con lo que logran alcanzar mayores velocidades, al "romper" el aire con una mayor limpieza.

TL 3000 Sirius



TL 2000 Sting S4



TL SPAIN

www.tlspain.com
info@tlspain.com
 Tel. 607 222 430

Distribuidor exclusivo de productos TL ultralight
 Ofrecemos servicio de asesoramiento, venta y postventa
 Servicio de taller atendido por TMA's y especialistas en composites
 Visitenos en el campo de vuelo de Bellvei coordenadas 41° 14' 40" N - 1° 33' 49" E



En la mezcla gaseosa que expulsan los aviones, aparte del agua y del dióxido de carbono ya referidos, conviven otras trazas de hidrocarburos, así como pequeñísimas partículas de carbonilla y de otros residuos procedentes de la quema del queroseno en el interior de los motores. Aunque las emisiones de los aviones son menos tóxicas que las de los vehículos terrestres, son también una fuente de contaminación atmosférica. De cualquier forma, el principal problema que generan los gases procedentes de los aviones parece estar en su contribución al calentamiento de la atmósfera, sobre todo en zonas donde el tráfico aéreo es muy elevado.

Prueba evidente de esto último, es lo que pudo certificarse a raíz del 11-S y la prohibición de volar sobre territorio estadounidense, que estuvo vigente durante 3 días seguidos. Una situación tan excepcional sirvió a los climatólogos para comprobar lo que influyen las estelas en el clima. Entre el 11 y el 14 de septiembre de 2001 se registró en muchos observatorios de EEUU la variación más alta de temperatura entre día y noche de los últimos 30 años. Esto fue así debido a la ausencia de estelas en el cielo, que, de existir, actúan como una pantalla muy eficaz que atrapa el calor (radiación infrarroja) que escapa del suelo.

Circula desde hace tiempo por Internet una de esas falsas y ridículas historias que tanto

Arriba
Cuatro F-16 Thunderbirds en formación de punta de flecha, generando tras ellos estelas de punta de ala y también estelas provocadas por sus motores a reacción.
© Aircrafts.com 2009.

Derecha
Maraña de estelas vistas desde satélite, localizada sobre el mar, frente a los Países Bajos. Los tonos verdosos son debidos a la presencia de sedimentos transportados por las corrientes marinas. Imagen tomada por el instrumento MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer), a bordo del satélite Envisat, el 2 de marzo de 2009.
© ESA.

abundan en la red de redes. La información está apoyada en todo momento por una serie de datos e imágenes impactantes que contribuyen a dar credibilidad al asunto. Mediante una serie de fotografías de estelas de condensación de aviones, tomadas tanto desde una órbita baja terrestre -donde adoptan una forma enmarañada, cuando la zona fotografiada tiene mucho tráfico aéreo-, como desde tierra, se nos



www.divulgameteo.es

Para aclarar cualquier duda meteorológica que tengas y si quieres ver también publicadas en la revista tus fotografías de los cielos y de los fenómenos meteorológicos captados en tus travesías, puedes ponerte en contacto con nosotros a través del correo electrónico:

info@divulgameteo.es

cuenta que esas estelas, lejos de ser "inofensivas" trazas de cristalitos de hielo, contienen peligrosas sustancias tóxicas que, de forma deliberada, estarían siendo arrojadas sobre nuestras cabezas con fines oscuros y perversos.

Los partidarios de dicha teoría conspiratoria se refieren a esas trazas como "estelas químicas" o chemtrails (acrónimo, en inglés, de chemical trails). Los creadores de este bulo comentan que se trata de un plan secreto militar consistente en un experimento a gran escala en el que todos los ciudadanos estaríamos siendo, sin saberlo, conejillos de indias. No es extraño ni sospechoso que a veces el cielo se llene de estelas y que éstas puedan formar tirabuzones o zigzags. Pensar que en tales ocasiones estamos siendo en realidad fumigados es absurdo y obedece al afán de algunos individuos por infundir miedo a los demás. ■