

NUBES DE AVIONES

DE LA PSEUDOCIENCIA DE LOS ‘CHEMTRAILS’ A LA CIENCIA DE LOS ‘CONTRAILS’

JORDI MAZON, MARCEL COSTA Y DAVID PINO

Las afirmaciones y los argumentos más frecuentes encontrados en foros y páginas web de pseudociencia en favor de la existencia de las estelas de los aviones, llamadas *chemtrails*, se refutan a partir de la explicación científica del proceso de formación de las estelas de condensación o sublimación de los aviones, los conocidos *contrails*. Se descarta la hipótesis de la existencia de los *chemtrails*, ya que estos no difieren en nada de los *contrails*, los cuales son de naturaleza hídrica y resultado de un proceso físico referenciado en numerosos estudios desarrollados desde el inicio de la era de la aviación, a principios del siglo XX, hasta la actualidad. El artículo permite concluir que los *chemtrails* de la pseudociencia no son más que los *contrails* que define la ciencia.

Palabras clave: *chemtrails*, *contrails*, pseudociencia, ciencia, nubes altas.

Raramente la pseudociencia trata el tema de la formación de las estelas que a veces los aviones trazan en el cielo. Generalmente estas estelas han estado en el punto de mira de teorías de la conspiración antes que de la pseudociencia en sí misma. El rastro que dejan a veces los aviones en el cielo, que los seguidores de teorías conspirativas llaman *chemtrails* (del inglés *chemical trail*, “estela química”) son, según estas teorías, fruto de proyectos secretos, generalmente gubernamentales, conocidos por una élite minoritaria, para fumigar a la población con objetivos diversos: control de población, del clima, interferencia de las comunicaciones... Otros colectivos sostienen que, efectivamente, las estelas de los aviones no son vertidos de sustancias químicas, es decir, no son *chemtrails*, sino *contrails* (del inglés *condensation trail*, “estela de condensación”), nubes antrópicas formadas por cristallitos de hielo, para tratar de modificar el clima o controlarlo.

La comunidad científica se ha posicionado varias veces para manifestar la falta de pruebas que den una base científica a la teoría de los *chemtrails*. Varias organizaciones científicas, entre ellas la NASA y la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica en sus siglas en inglés), ya publicaron en el año 2000 un

trabajo rebatiendo las teorías de la conspiración y los *chemtrails*¹. Más recientemente, realizando encuestas a escala mundial, Mercer, Keith y Sharp (2011) mostraron que el 14 % de los encuestados creían parcialmente en teorías de la conspiración relacionadas con los *chemtrails*, y casi un 3 % estaba convencido de ello.

Shearer, West, Caldeira y Davis (2016) determinan que, a nivel internacional, casi el 17 % de la población cree en la existencia de planes secretos a escala global asociados a los *chemtrails* o a la geoingeniería. El número de páginas web de esta temática se ha multiplicado en los últimos años, así como los artículos y foros de debate. Estos autores también preguntaron su opinión a un grupo de físicos de la atmósfera de prestigio. De los 77 entrevistados, 76 afirmaron que no hay evidencias de planes

de conspiración ni de la existencia de *chemtrails*. El 99 % de los científicos de más relevancia afirman que los *chemtrails* son la parte visible del vapor de agua exhalado por las turbinas de los aviones tras la combustión, al sublimarse el vapor de agua y formar cristales de hielo.

«RARAMENTE
LA PSEUDOCIENCIA TRATA
EL TEMA DE LA FORMACIÓN
DE LAS ESTELAS QUE A
VECES LOS AVIONES TRAZAN
EN EL CIELO»

¹ https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/contrails.pdf

■ ARGUMENTOS Y CONTRAARGUMENTOS

El objetivo de este artículo es presentar los principales argumentos encontrados en los foros y en la red que apoyan la existencia de los *chemtrails*, y refutarlos con contraargumentos científicos que permiten negar la existencia de este fenómeno. No se han referenciado las webs que apoyan los *chemtrails* porque no se trata de publicaciones científicas.

Argumento 1: Antes los aviones no producían estelas, es un fenómeno de hace pocos años

Schumann (1996) determina que la primera referencia sobre la observación de estelas de aviones data de 1919. Entre los años 1914 y 1919 las aeronaves empiezan a alcanzar las alturas de las capas medias y altas de la troposfera. Ettenreich (1919) describe una observación de 1915 en el sur del Tírol como «la condensación de un cúmulo en forma lineal a partir de los gases de escape de una aeronave que estuvo visible durante bastante tiempo». Weickmann (1919) describe la observación de una franja de aproximadamente 50 kilómetros de longitud formando estructuras que atribuye a grupos de vórtices. Partes de un halo de 22° fueron observadas alrededor del disco solar por donde se encontraba la estela, lo que muestra que esta estaría formada por cristales de hielo en forma de prisma hexagonal. A partir de aquí, muchos otros autores referencian estas observaciones. La posibilidad de que el vapor de agua emitido por la combustión del combustible de las aeronaves pudiese causar la sobresaturación con respecto al agua líquida y conducir a la formación de nubes fue considerada por Varney (1921). La emisión de polvo y partículas finas de la turbina de los aviones, que aportarían núcleos de condensación sobre los que el vapor de agua emitido se sublimase de forma inversa, fue propuesta por los autores antes mencionados como mecanismo para explicar la sobresaturación con respecto al hielo.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el tráfico aéreo se intensifica y las observaciones de estelas se incrementan. Ryan, MacKenzie, Watkins y Timmis (2011) analizan las estelas formadas por aviones de guerra a través de fotografías, y comparan su expansión y evolución en el cielo con las estelas que se forman actualmente, sin apreciar ninguna variación. Estos autores muestran fotografías de aviones de entre los años 1943 y 1945 en las que se observan bombarderos produciendo estelas, mientras que simultáneamente otros que volaban a niveles más bajos no las dejan.

«LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SE HA POSICIONADO VARIAS VECES MANIFESTANDO LA FALTA DE EVIDENCIAS QUE DEN UNA BASE CIENTÍFICA A LA TEORÍA DE LOS ‘CHEMTRAILS’»

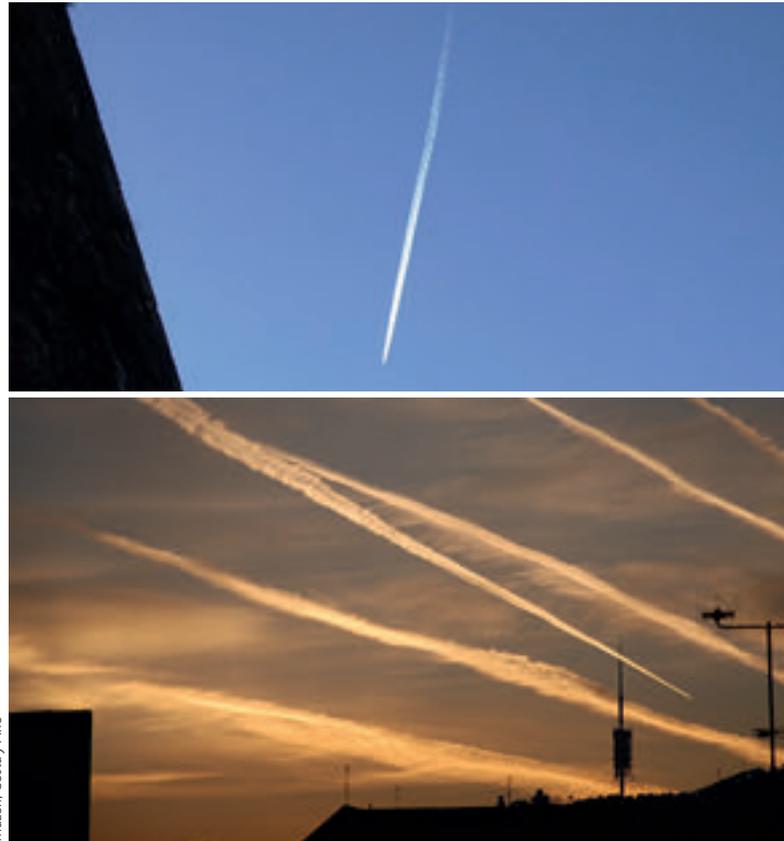


Figura 1. Aspecto de los *contrails* con diferentes condiciones de humedad y temperatura en las capas altas de la troposfera. Si la capa de aire por la que vuela un avión tiene poca humedad, no se produce estela de condensación o bien esta se desvanece con rapidez (imagen superior, Barcelona, septiembre del 2008). En cambio, si el grado de humedad es elevado y la temperatura baja, los *contrails* persisten y se expanden (imagen inferior, Barcelona, febrero del 2011).

Mazon, Cesta y Pino

Durante los años cuarenta y cincuenta del siglo XX las evidencias y el conocimiento sobre la termodinámica de las estelas dan un salto importante de la mano de varios autores. El término *condensation trail* es definido por Brewer (1946), y años más tarde como *contrail* por Appleman (1953). Este último autor desarrolla una teoría aceptada hoy en día sobre la formación de *contrails*:

la temperatura para la saturación depende de la presión, la temperatura y humedad del aire fuera de la turbina y la proporción de vapor de agua y calor liberados en la atmósfera por los gases expulsados por la turbina. Además, desarrolla un sistema gráfico que permite determinar si un avión puede o no formar *contrails*.

Los *contrails*, igual que las nubes altas formadas de manera natural, tienen un papel clave en el balan-



Figura 2. Ejemplos de los tres géneros de nubes altas de origen antrópico. En la imagen de la izquierda, detalle de un *contrail* de un avión que origina antropocirros, en las partes fibrosas del centro de la imagen, y antropocirrocúmulos, las estructuras granuladas de las partes inferior y superior (Sant Pere de Torelló, Barcelona, noviembre del 2012). En la imagen superior derecha, antropocirrostratos formados a partir de la dispersión de los cristales de hielo de numerosos *contrails*, en las zonas donde el cielo tiene una tonalidad blanca uniforme, en buena parte de los tercios derecho e inferior de la imagen (El Bruc, Barcelona, septiembre del 2015). En la imagen inferior derecha, antropocirrocúmulos y antropocirros, que refractan la luz solar y dan la coloración observada (Viladecans, Barcelona, diciembre del 2015).

ce energético de la Tierra. Las nubes altas, formadas por cristales de hielo en la alta troposfera, cubren aproximadamente el 20-30 % de la superficie terrestre (Schróder et al., 2000). El incremento del tráfico aéreo de las últimas décadas y los consiguientes *contrails* están contribuyendo a un aumento de esta cubierta de cristales de hielo alrededor del planeta en un 0,5 % por década, y así a la modificación del balance energético de la Tierra del orden de 0,2-0,3°C por década (Minnis, Ayers, Palikonda y Phan, 2004).

Argumento 2: Los 'chemtrails' no pueden ser 'contrails', porque su aparición no es regular

La propulsión de las aeronaves se basa en la combustión del queroseno, para expulsar aire hacia atrás e impulsar adelante la aeronave. Esta reacción produce vapor de agua y dióxido de carbono (comunes en todas las combustiones), así como aerosoles (partículas sólidas microscópicas), producto de combustiones incompletas o impurezas. Estos aerosoles, así como otros

que ya están presentes en el aire, actúan como núcleos de condensación en los que el vapor de agua condensa o sublima inversamente, en función de la temperatura del aire. Los aviones comerciales durante la fase de crucero vuelan a alturas superiores a los 6.000 metros, donde la temperatura del aire es siempre negativa. En estas alturas, el vapor de agua se sublima inversamente y forma cristales de hielo, los cuales cristalizan en el sistema hexagonal formando plaquetas y agujas.

Una vez formado el cristal de hielo o bien la gotita de agua (a menudo en estado de subfusión), su permanencia en la atmósfera depende, básicamente, de las condiciones de temperatura y humedad en la que se encuentre el aire. Para formar un *contrail*, el aire tiene que estar por debajo de los -40°C (Schumann y Wendling, 1990). Si la temperatura del aire se encuentra por encima, el cristal de hielo tenderá a evaporarse, tanto más rápido cuanto más caliente esté el aire. De la misma forma, cuanto más seco esté el aire más fácilmente se producirá la sublimación del pequeño cristal o

la evaporación del agua. En un ambiente relativamente húmedo tanto la gotita como el cristal pueden tener un tiempo de permanencia mayor: varias horas e incluso algún día. Schumann y Wendling argumentan que los *contrails* requieren un estado termodinámico especial, con temperatura del aire inferior a los 230 K (-43°C) hacia los 250 hPa de presión (~ 9.500 m).

Según Kärcher, Peter, Biermann y Schumann (1996), durante los primeros momentos del proceso de crecimiento de los cristales de los *contrails*, estos se evaporan en pocos segundos si el aire está seco. Para garantizar la persistencia de los cristales de hielo que integran un *contrail*, Gierens (1996) determina que el aire debe tener una humedad relativa al menos del 70 % con respecto al hielo. Asimismo, para una humedad relativa dada superior a este 70 %, el ritmo de crecimiento de los cristales de los *contrails* se incrementa a medida que la temperatura disminuye. La figura 1 muestra un ejemplo de la estructura de *contrails* formados bajo diferentes condiciones atmosféricas.

La temperatura y la humedad condicionan, pues, el crecimiento de los cristales de hielo de los *contrails*, los cuales pueden desarrollarse y extenderse en un ambiente saturado con respecto al hielo, y transformarse en nubes altas que pueden adoptar la estructura de cirros, cirroestratos o cirrocúmulos (Minnis et al., 1998). Mazon, Costa, Pino y Lorente (2012) proponen que las nubes formadas por la actividad antrópica se definan como antroponubes. Para diferenciarlas de las no antrópicas proponen introducir el prefijo *antropo-* en su nomenclatura. Así, las nubes antrópicas formadas a partir de las estelas y que genéricamente se llaman *contrails* pasarían a llamarse antroponubes altas. Los tres géneros básicos de nubes altas pasarían a llamarse antropocirros (aCi), antropocirroestratos (aCs) y antropocirrocúmulos (aCc), si se originan a partir de los *contrails*. La figura 2 muestra varios géneros de nubes altas antrópicas formadas a partir de las estelas de condensación.

En consecuencia, el hecho de que haya días con más estelas de los aviones en el cielo es una cuestión regulada solo por las condiciones de temperatura y humedad del aire en el nivel donde vuelan los aviones.

Argumento 3: A veces se observan dos aviones volando, uno de los cuales deja una gran estela y el otro ninguna

Efectivamente, no es extraño observar simultáneamente dos aviones sobrevolando el cielo y que uno deje un rastro mientras que el otro no deja ninguno. La explica-

«LOS ‘CONTRAILS’ PUEDEN TRANSFORMARSE EN NUBES ALTAS QUE PUEDEN ADOPTAR LA ESTRUCTURA DE CIRROS, CIRROESTRATOS O CIRROCÚMULOS»



Figura 3. Cielo sobre Barcelona hacia las 11:00 UTC (13 h, hora local) del día 21 de septiembre del 2011.

ción científica es que los aviones en cuestión vuelan en niveles atmosféricos diferentes. Mazon y Pino (2016) lo demostraron realizando una simulación numérica con el modelo mesoescalar WRF-ARW para analizar las condiciones atmosféricas de un día en el que casi la totalidad de la costa catalana estuvo cubierta por *contrails*. A lo largo de la mañana, las estelas de

aviones que se formaban no desaparecían, sino que se expandían, y hacia mediodía cubrían todo el cielo. La figura 3 muestra una imagen tomada en Barcelona a las 11:00 UTC (13 h, hora local) del 21 de septiembre del 2011 donde se ve el cielo casi cubierto de *contrails*.

La figura 4 (panel izquierdo) muestra los dominios definidos en el trabajo de Mazon y Pino (2016) y la extensión del dominio 3 (panel derecho) en el que se ha realizado el corte vertical de la atmósfera a través de la línea AB para analizar la temperatura y la humedad.

La figura 5 muestra la sección vertical, a lo largo de la línea AB de la figura 4, de la humedad relativa con respecto al hielo (en colores) y la temperatura del aire (líneas discontinuas) a las 11:00 UTC del día analizado. Se observa una capa de aire muy húmedo alrededor de los 10 km, con humedades que superan el 90 %. Si en esta altura se introduce aire húmedo procedente de la combustión del queroseno, podría llegarse a la saturación y a



la sublimación inversa del vapor de agua. Por debajo de esta capa, la humedad disminuye rápidamente (70-80% a 8.500 metros, 50% a 8.000 metros). La saturación a estos niveles requeriría mucha más inyección de humedad, y por tanto la saturación no sería tan inmediata.

Además, hay que destacar que esta humedad superior al 90% entre los 9.500 y los 10.000 metros coincide con una temperatura inferior a los -40°C , valor a partir del cual los *contrails* permanecen sin evaporar. Por debajo de este nivel la temperatura del aire asciende hasta los -30 y -35°C por debajo de los 8.500 metros.

Finalmente, es importante señalar que desde la superficie no es sencillo estimar la altura a la que vuela un avión, ni tampoco discernir si dos aviones vuelan al mismo nivel. Por tanto, a la vista de lo que muestra la figura 5, es evidente que, si dos aviones vuelan con una separación vertical de 1.000 m, uno puede producir *contrail* que puede permanecer en el cielo durante horas y el otro no.

Argumento 4: Los 'chemtrails' a menudo aparecen rotos, no mantienen una estructura continua

Las condiciones atmosféricas en las que se encuentran los cristales de hielo que conforman los *contrails* pueden variar en el espacio y el tiempo. La simulación numérica realizada para el episodio del 21 de septiembre del 2011 permite identificar una gran variabilidad de las zonas de humedad favorables y desfavorables a la permanencia de *contrails* unas horas previas y posteriores a las 11:00 UTC. La figura 6 muestra

la distribución horizontal de humedad a 9.500 metros (panel izquierdo) y el perfil vertical de la humedad relativa y la temperatura a lo largo de la línea AB (panel derecho) a las 02:00 UTC (04 h, hora local) del 21 de septiembre del 2011. La simulación muestra zonas inconexas donde las condiciones de humedad son superiores al 80% (colores rojizos) y, por tanto, propicias para el mantenimiento de los cristales de hielo, y zonas con valores inferiores al 70%, favorables a la evaporación de los cristales de hielo (colores verdosos y azulados).

Argumento 5: Los 'chemtrails' dejan formas extrañas en el cielo

El nivel de vuelo de crucero más común de los aviones está alrededor de los 30.000 pies (unos 9.100 metros). Las rutas de las aeronaves acostumbran a estar bien definidas, siguiendo una determinada dirección y nivel de vuelo, pero no son exactas. Eso puede provocar que cuando las condiciones sean óptimas para formar *contrails* y que estos permanezcan en el cielo, la apariencia sea de líneas paralelas o secantes.

Por otro lado, habitualmente los aviones durante la fase de crucero se mueven en el límite entre la troposfera y la estratosfera, zona donde se producen las llamadas turbulencias de aire claro, o CAT en inglés (*clear*

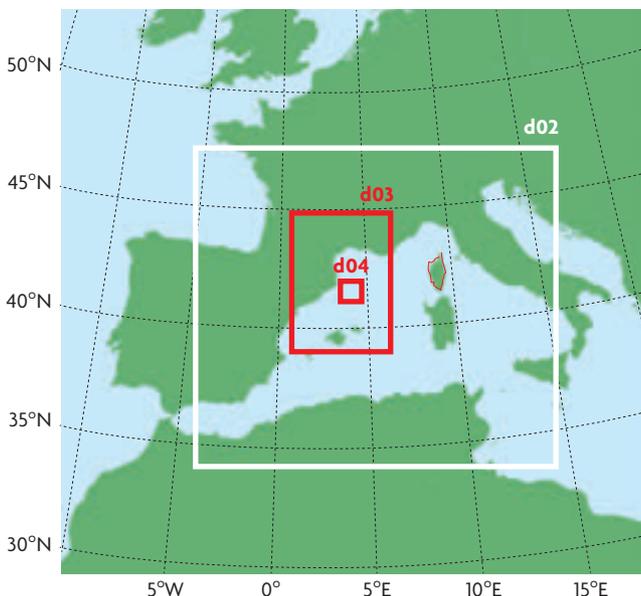
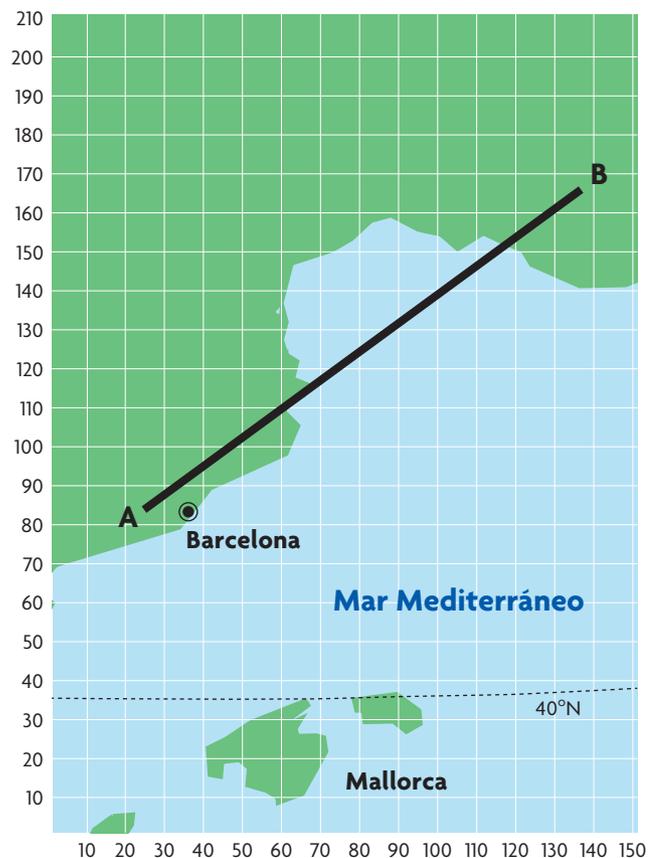


Figura 4. Dominios definidos para la simulación numérica (arriba), y dominio 3 en el que se ha definido un corte a través de AB para realizar un corte vertical (derecha, unidades en kilómetros).



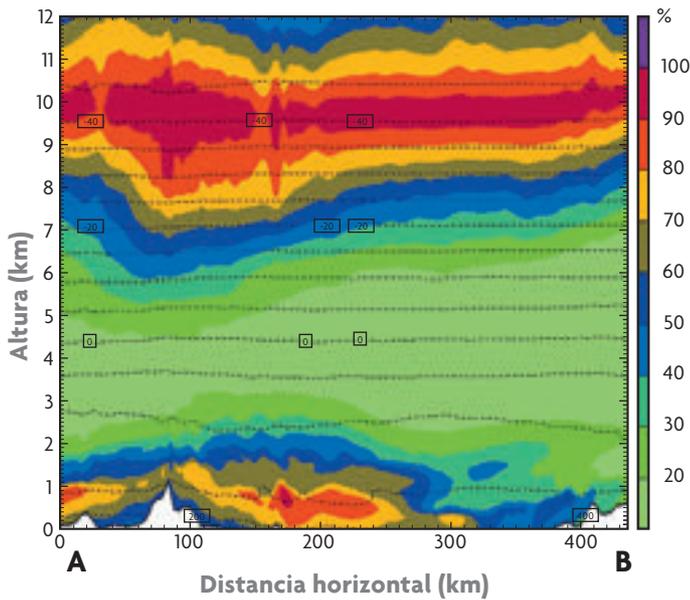


Figura 5. Corte vertical a lo largo de la línea AB que se muestra en la figura 4 de la humedad relativa con respecto al hielo (en colores) y la temperatura del aire (en líneas discontinuas) a las 11 UTC (13 h, hora local) del 21 de septiembre del 2011. El color morado indica valores de humedades relativas con respecto al hielo elevados, próximos al 100%.

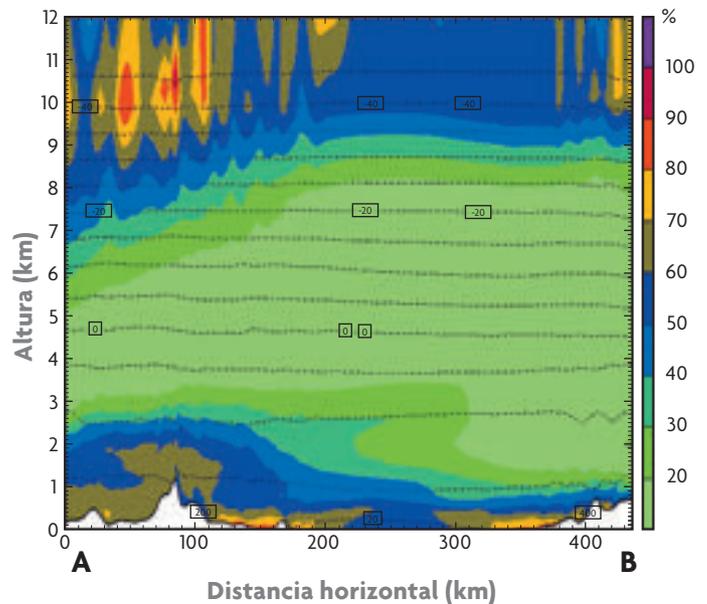
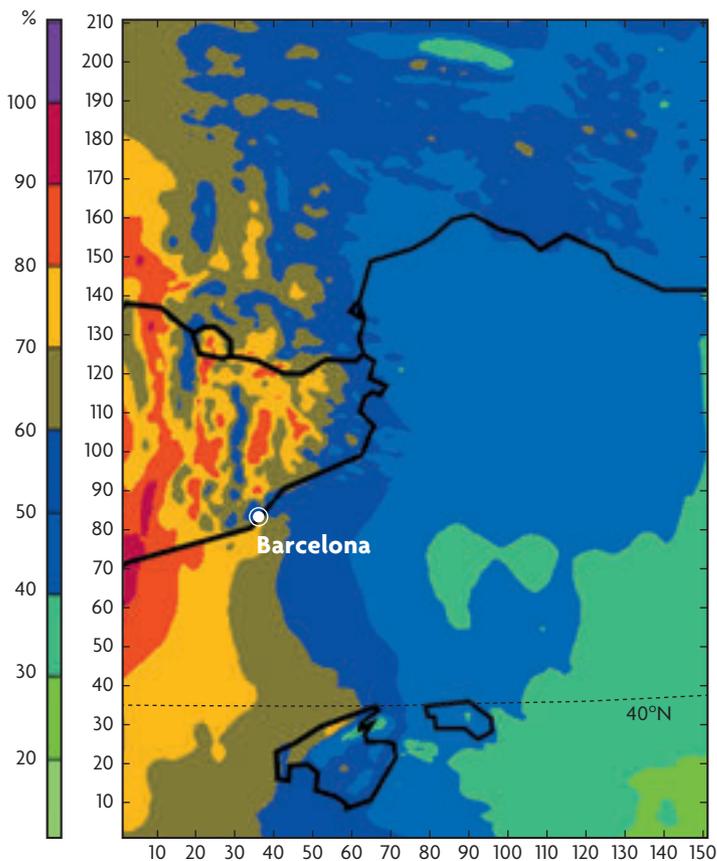


Figura 6. Campo de humedad relativa respecto del hielo en el dominio 3 a 9.500 metros (panel izquierdo) y perfil vertical de la humedad relativa respecto del hielo (en colores) y la temperatura (líneas discontinuas) siguiendo la línea AB de la figura 3 a las 02:00 (04 h, horal local) UTC del 21 de septiembre del 2011 (panel derecho).

air turbulence). Son turbulencias originadas por una ondulación de la corriente de chorro, una corriente de aire persistente y localizado a unos 10-12 kilómetros de altura y que a las latitudes medias va de oeste hacia este. Esta ondulación provoca cizalla del viento y la aparición de turbulencias, las cuales pueden originar las formas extrañas que a veces adoptan los *contrails*. Además de la CAT, la cizalla del viento que se produce entre dos niveles atmosféricos también hace que el aire se mueva de forma diferente entre una capa y la otra, generando movimientos irregulares del aire, y de rebote de los cristales de hielo que conforman los *contrails*, lo cual hace que adopten formas aparentemente extrañas.

Argumento 6: Asociados a los ‘chemtrails’ se detectan olores y sustancias tóxicas anómalas en el suelo

Aluminio, bario y estroncio son los elementos que la pseudociencia dice que se detectan en el suelo cuando en el cielo se observan *chemtrails*, acompañados de olor a sustancias químicas; también se dice que se han encontrado bacterias. No hay ninguna evidencia científica que avale estos datos, ni ninguna publicación en revistas científicas que muestre estas supuestas observaciones y análisis del terreno. De los 77 científicos entrevistados por Shearer et al. (2016), solo uno pensaba que era posible la existencia de los *chemtrails*, y precisamente su argumento fue que en sus estudios detectó estroncio en el suelo tras un episodio concreto de *contrails* cubriendo el cielo, en un lugar remoto de los



Mazon, Costa y Pino

Figura 7. Contrail de forma ondulada a causa de la presencia de cizalla horizontal en la capa donde se ha formado (Berlín, octubre del 2010).

Estados Unidos. Además, el tiempo necesario para que una hipotética emisión de sustancias químicas desde las capas altas llegue al suelo no es inmediato y, en cualquier caso, estos elementos llegarían en forma de óxidos, los cuales ya son, en algunos casos, abundantes en el suelo y habría que demostrar que tienen origen aéreo.

■ CONCLUSIONES

Todos los principales argumentos aportados por los defensores de la existencia de los *chemtrails* y las teorías conspirativas asociadas se pueden rebatir a partir de los procesos físicos implicados en la formación de nubes altas derivadas del vuelo de aviones a reacción. Estas nubes, aun estando originadas por causas antrópicas, están formadas por cristales de hielo o gotitas en subfusión como las nubes de origen natural.

Hay evidencias de la formación de estelas de condensación, los *contrails*, desde que hay aviones que vuelan por las capas medias o altas de la troposfera, es decir, desde inicios del siglo XX.

Las condiciones de temperatura y humedad de las capas por donde vuelan los aviones permiten predecir la formación o no de *contrails*, así como explicar que solo aparezcan en determinados niveles o su aspecto discontinuo. Sin embargo, la dinámica atmosférica a la altura

de crucero de los vuelos comerciales permite explicar la forma irregular que adoptan los *contrails* en determinadas ocasiones.

No hay evidencias para establecer una relación causa-efecto entre la detección de sustancias químicas en el suelo tras episodios de *contrails*. ☹

REFERENCIAS

- Appleman, H. (1953). The formation of exhaust condensation trails by jet aircraft. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34, 14–20.
- Brewer, A. W. (1946). Condensation trails. *Weather*, 1, 34–40. doi: [10.1002/j.1477-8696.1946.tb00024.x](https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1946.tb00024.x)
- Ettenreich, R. (1919). Wolkenbildung über einer Feuersbrunst und an Flugzeugabgasen. *Meteorologische Zeitschrift*, 36, 355–356.
- Gierens, K. M. (1996). Numerical simulations of persistent contrails. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 53(22), 3333–3348. doi: [10.1175/1520-0469\(1996\)053<3333:NSOPC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1996)053<3333:NSOPC>2.0.CO;2)
- Kärcher, B., Peter, T., Biermann, U. M., & Schumann, U. (1996). The initial composition of jet condensation trails. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 53(21), 3066–3083. doi: [10.1175/1520-0469\(1996\)053<3066:TICOJC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1996)053<3066:TICOJC>2.0.CO;2)
- Mazon, J., & Pino, D. (2016). A WRF simulation of an episode of contrails covering the entire sky. *Atmosphere*, 7(7), 95. doi: [10.3390/atmos7070095](https://doi.org/10.3390/atmos7070095)
- Mazon, J., Costa, M., Pino, D., & Lorente, J. (2012). Clouds caused by human activities. *Weather*, 67(11), 302–306. doi: [10.1002/wea.1949](https://doi.org/10.1002/wea.1949)
- Mercer, A. M., Keith D. W., & Sharp, J. D. (2011). Public understanding of solar radiation management. *Environmental Research Letters*, (6)4, 044006. doi: [10.1088/1748-9326/6/4/044006](https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/044006)
- Minnis, P., Young, D. F., Garber, D. P., Nguyen, L., Smith, W. L., & Palikonda, R. (1998). Transformation of contrails into cirrus during SUCCES. *Geophysical Research Letters*, 25(8), 1157–1160. doi: [10.1029/97GL03314](https://doi.org/10.1029/97GL03314)
- Minnis, P., Ayers, J. K., Palikonda, R., & Phan, D. (2004). Contrails, cirrus trends, and climate. *Journal of Climate*, 17, 1672–1685. doi: [10.1175/1520-0442\(2004\)017<1671:CCTAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<1671:CCTAC>2.0.CO;2)
- Ryan, A. C., MacKenzie, A. R., Watkins, S., & Timmis, R. (2011). World War II contrails: A case study of aviation-induced cloudiness. *International Journal of Climatology*, 32(11), 1745–1753. doi: [10.1002/joc.2392](https://doi.org/10.1002/joc.2392)
- Schröder, F., Kärcher, B., Duroure, C., Ström, J., Petzold, A., Gayet, J. F., ... Borrmann, S. (2000). On the transition of contrails into cirrus clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 57, 464–480. doi: [10.1175/1520-0469\(2000\)057<0464:OTTOCI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(2000)057<0464:OTTOCI>2.0.CO;2)
- Schumann, U. (1996). On conditions for contrail formation from aircraft exhausts. *Meteorologische Zeitschrift, N.F.*, 5, 4–23.
- Schumann, U., & Wendling, P. (1990). Determination of contrails from satellite data and observational results. En U. Schumann (Ed.), *Air Traffic and the Environment—Background, Tendencies and Potential Global Atmospheric Effects* (pp. 138–153). Berlín: Springer-Verlag.
- Shearer, C., West, M., Caldeira, K., & Davis, S. J. (2016). Quantifying expert consensus against the existence of a secret, large-scale atmospheric spraying program. *Environmental Research Letters*, 11(8), 084011. doi: [10.1088/1748-9326/11/12/129501](https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/129501)
- Varney, B. M. (1921). The Argonne battle cloud. *Monthly Weather Review*, 49(6), 348–349. doi: [10.1175/1520-0493\(1921\)49<348b:TABC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1921)49<348b:TABC>2.0.CO;2)
- Weickmann, L. (1919). Wolkenbildung durch ein Flugzeug. *Naturwissenschaften*, 7(34), 625. doi: [10.1007/BF01497120](https://doi.org/10.1007/BF01497120)

Jordi Mazon Bueso. Doctor en Ciencias por la Universidad Politècnica de Catalunya (España). Es licenciado en Física y tiene el Máster en Climatología Aplicada por la Universidad de Barcelona (España). Actualmente es profesor e investigador en el Departamento de Física de la Universidad Politècnica de Catalunya, tutor en el grado de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (España) y profesor del Bachillerato Internacional.

Marcel Costa Villa. Licenciado en Biología. Profesor de secundaria y del Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud de la Universidad Pompeu Fabra, Barcelona (España). Es autor de varios libros de divulgación en el campo de la atmósfera y la biología.

David Pino González. Doctor en Ciencias por la Universidad Politècnica de Catalunya (España). Profesor e investigador en el Departamento de Física de la Universidad Politècnica de Catalunya. Investigador principal de varios proyectos de investigación.