

# Emisiones de partículas de los aviones y calidad del aire de los aeropuertos

**Dr. Andreas Petzold**

Instituto de Física de la Atmósfera (Institut für Physik der  
Atmosphäre)  
Centro Alemán de Tráfico Aéreo y Espacial (Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt)  
Oberpfaffenhofen  
[andreas.petzold@dlr.de](mailto:andreas.petzold@dlr.de)

UBA Berlin, 14 de junio de 2005

[Resumido y traducido del inglés –como siempre sin pretensiones literarias ni  
científicas- por Manel Franquesa, subsubdirector de LA VERITAT,  
[www.amics21.com/laveritat](http://www.amics21.com/laveritat)]

## Definiciones

### Aerosoles

Suspensión de partículas líquidas o sólidas en un medio gaseoso

### Campo de tamaños

< 10 nanómetros (10 a la menos 9) hasta aprox. 100  $\mu\text{m}$  (10 a las menos  
cuatro)

### Fuentes

Conversión de gas en partículas por nucleación de medios gaseosos

Condensación de medios gaseosos en los núcleos existentes

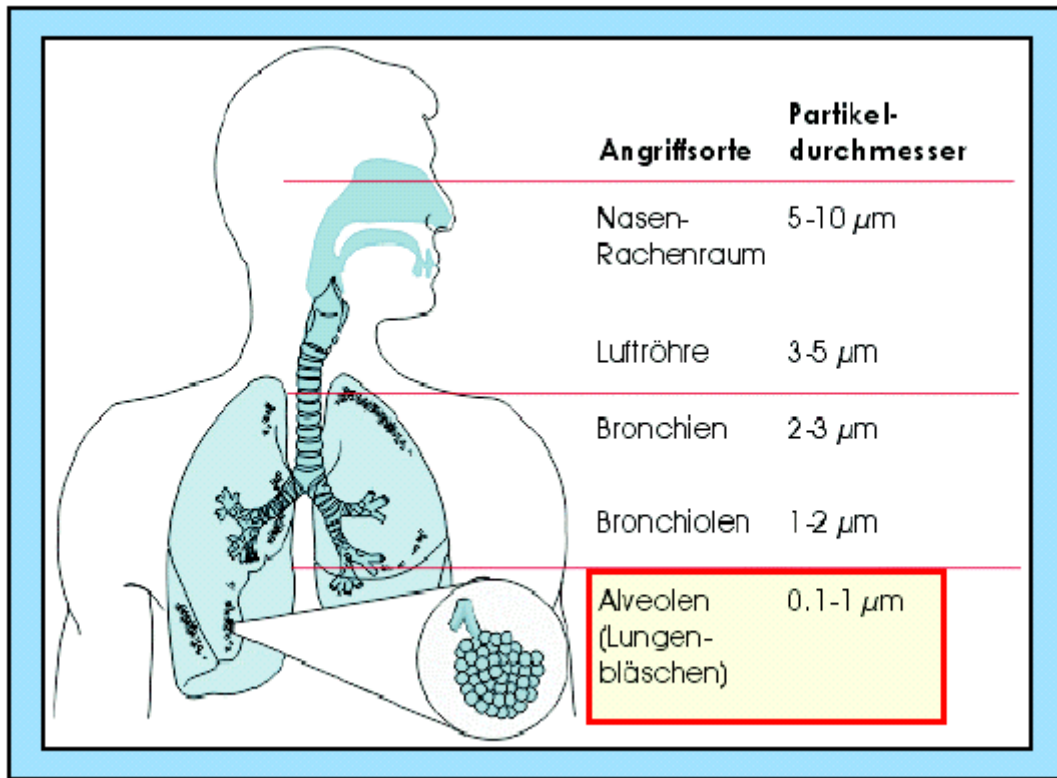
Coagulación de partículas

Procesos mecánicos (polvo, sal marina, ...)

### Parámetros característicos

- Concentración numérica
- Concentración de masa
- Distribución de los tamaños
- Composición química
- Fase, volatilidad, solubilidad

## Efectos sobre la salud



### Leyenda

Puntos de ataque	Diámetro de las partículas
Fosas nasales, boca	5 – 10 $\mu\text{m}$
Tráquea	3 – 5 $\mu\text{m}$
Bronquios	2 – 3 $\mu\text{m}$
Bronquíolos	1 - 2 $\mu\text{m}$
Alvéolos	0,1 – 1 $\mu\text{m}$

# Relevancia de las nanopartículas

Propiedades de las nanopartículas en comparación con las partículas bastas y finas

- Alta concentración numérica, aire urbano 1000 – 10000 por centímetro cúbico
- Baja concentración de masa,  $\leq 5\%$  de la masa total
- Alta movilidad y gran profundidad de penetración en el aparato respiratorio
- Relación superficie / volumen alta, con un elevado potencial de transportar compuestos tóxicos hasta el aparato respiratorio
- El aparato respiratorio no es un mecanismo lo suficientemente eficiente para eliminar de los alvéolos las partículas ultra pequeñas insolubles
- No existen tecnologías eficientes para eliminar las emisiones de nanopartículas generadas en los procesos (de combustión) técnicos
- Tiempo de permanencia de las partículas en la atmósfera urbana:

Diámetro 0,1 – 10 $\mu\text{m}$	1 semana
Diámetro 0.01 $\mu\text{m}$	15 minutos

## Emisiones de partículas de los motores de avión

Experimentos realizados bajo la supervisión del Instituto de Física Atmosférica DLR:

### Experimentos “SULFUR” (1994 – 1999)

Experimentos sobre el impacto del contenido de sulfuro en las emisiones de partículas de motores de avión bajo condiciones de crucero.

### Partículas y nubes (“PAZI”) (2000 – 2003)

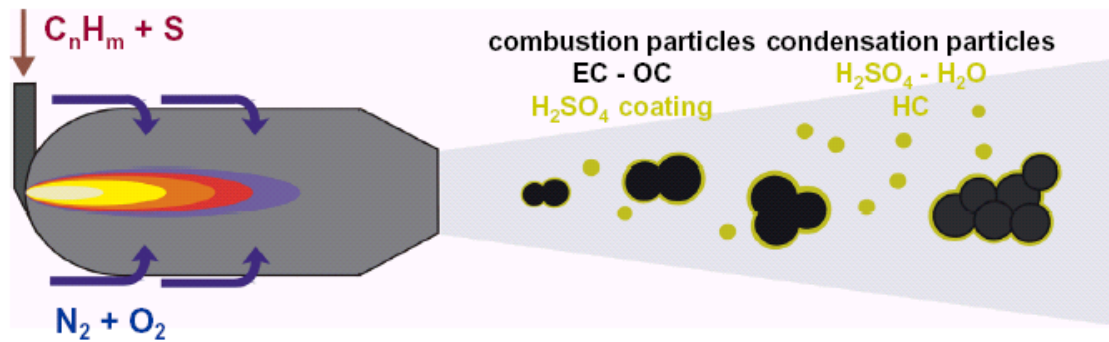
Programa nacional de investigación sobre la interacción entre las partículas procedentes de los aviones y las nubes del tipo cirroestratos, estudios de campo, experimentos de combustión y estudios de cámaras de aerosol.

### Experimento “PartEmis” (2000 – 2003)

Estudios del impacto que tienen las condiciones de funcionamiento, el contenido de sulfuro en el combustible y los sectores de las turbinas sobre las propiedades de las partículas emitidas por un motor de avión.

# Generación de partículas en una turbina de gas

Partículas de combustión    Partículas de condensación



Productos de escape

$C_n H_m + S \rightarrow$  partículas de combustión carbónicas,  $SO_2$  y  $H_2SO_4$

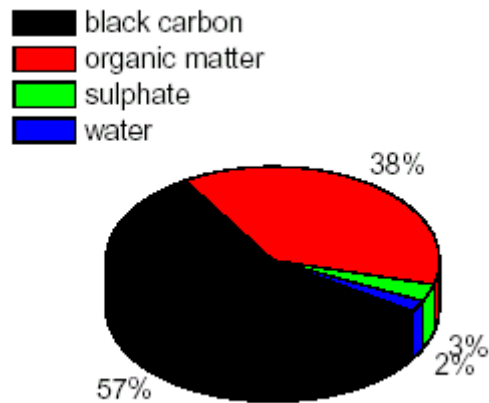
**Partículas de combustión carbónicas**  
**Ácido sulfúrico en fase gaseosa**  
**Partículas de condensación volátiles**

recubiertas de ácido sulfúrico

generando ácido sulfúrico en fase gaseosa por nucleación en el gas de escape enfriado

# Partículas de escape de los motores de avión

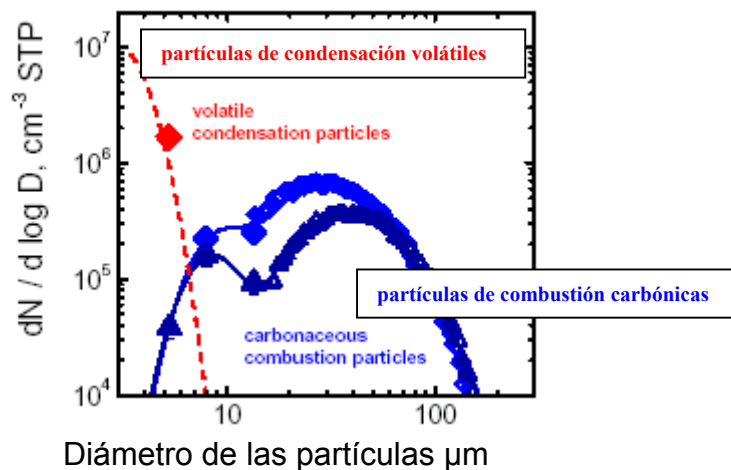
## Composición química



### Leyenda:

Carbón negro  
Materia orgánica  
Sulfato  
Agua

## Distribución de los tamaños de las partículas



- La emisión de las partículas aumenta con el aumento de la carga del motor
- La fracción orgánica disminuye con el aumento de la carga del motor
- La emisión de partículas de condensación volátiles durante el funcionamiento de los motores en tierra no se conoce
- Las propiedades de emisión de partículas para APU's no se conoce

# Emisiones de partículas de los motores de avión

- La combustión en los motores de avión emite una considerable cantidad de partículas de aerosol insolubles inferiores a  $0.1 \mu\text{m}$
- En el penacho de los gases de escape que se enfrían se forman partículas volátiles por nucleación
- La fracción de materia orgánica en forma de partículas aumenta con la disminución de la carga del motor
- La emisión de partículas de combustión y de partículas de nucleación volátiles (solubles) durante el funcionamiento de los motores en tierra no se conoce (a fondo)
- (...)

Se considera que las emisiones de los motores de avión (...) contribuyen considerablemente a la contaminación del aire de los aeropuertos con partículas ultra pequeñas o nanopartículas, tanto volátiles / solubles como insolubles (referente al número de partículas).

(...)

## Resumen

Los motores de avión (...) emiten partículas volátiles y no volátiles de tamaño del orden de nanómetros que son relevantes para definir la calidad del aire.

La emisión de partículas de combustión no volátiles es una propiedad de los motores en sí, mientras que la emisión de partículas volátiles depende de la composición del combustible (...).

El proceso para el desarrollo de recomendaciones para las mediciones de partículas en el escape de las turbinas de gas está en marcha.

(...)

Sobre el efecto de las emisiones de partículas de los motores de avión (...) sobre la calidad del aire de los aeropuertos (...) **requiere exhaustos experimentos de campo.**

Selección de referencias:

## A1: Selected References

- Schumann, U., On the effect of emissions from aircraft engines on the state of the atmosphere, *Ann. Geophys.*, 12, 365-384, 1994.
- Busen, R. and U. Schumann, Visible contrail formation from fuels with different sulfur contents, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 1357-1360, 1995.
- Schumann U., J. Ström, R. Busen, R. Baumann, K. Gierens, M. Krautstrunk, F.P. Schröder and J. Stingl, In situ observations of particles in jet aircraft exhausts and contrails for different sulfur-containing fuels, *J. Geophys. Res.*, 101, 6853-6869, 1996.
- Kärcher, B., Th. Peter, U.M. Biermann and U. Schumann, The initial composition of jet condensation trails, *J. Atmos. Sci.*, 53, 3066-3083, 1996.
- Petzold, A., R. Busen, F.P. Schröder, R. Baumann, M. Kuhn, J. Ström, D. Hagen, P. Whitefield, D. Baumgardner, F. Arnold, S. Borrmann, U. Schumann, Near field measurements on contrail properties from fuels with different sulfur content, *J. Geophys. Res.*, 103, 29867-29880, 1997.
- Kärcher, B., R. Busen, A. Petzold, F.P. Schröder, U. Schumann, and E. Jensen, Physicochemistry of aircraft generated liquid aerosols, soot, and ice particles - II. Comparison with observations and sensitivity studies, *J. Geophys. Res.*, 103, 17129-17147, 1998.
- Petzold, A. and F.P. Schröder, Jet engine exhaust aerosol characterization, *Aerosol Sci. Technol.*, 28, 63-77, 1998.
- Petzold, A. and A. Döpelheuer, Reexamination of black carbon mass emission indices of a jet engine, *Aerosol Sci. Technol.*, 29, 355-356, 1998.
- Petzold, A., A. Döpelheuer, C.A. Brock, and F.P. Schröder, In situ observations and model calculations of black carbon emission by aircraft at cruise altitude, *J. Geophys. Res.*, 104, 22171-22181, 1999.
- Schröder, F., C. Brock, R. Baumann, A. Petzold, R. Busen, P. Schulte, and M. Fiebig, In-situ studies on volatile jet exhaust particle emissions: Impact of fuel sulfur content and thermodynamic conditions on nuclei-mode aerosols, *J. Geophys. Res.*, 105, 19941-19954, 2000.
- Schumann, U., F. Arnold, R. Busen, J. Curtius, B. Kärcher, A. Kiendler, A. Petzold, H. Schlager, F. Schröder, and K.-H. Wohlfrom, Influence of fuels sulfur on the composition of aircraft exhaust plumes: The experiments SULFUR 1-7, *J. Geophys. Res.*, 107, 4247, 10.1029/2001JD000813, 2002
- Petzold, A., Stein, C., Nyeki, S., Gysel, M., Weingartner, E., Baltensperger, U., Giebl, H., Hitzemberger, R., Döpelheuer, A., Vrchticky, S., Puxbaum, H., Johnson, M., Hurley, C.D., Marsh, R. and Wilson, C.W.: Properties of jet engine combustion particles during the PartEmiss experiment: Microphysics and chemistry. *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi 10.1029/2003GL017283, 2003.

