

NANOPARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS

En áreas urbanas

Dr. Ing. Dayana Agudelo Castañeda M.Sc
Profesor. Departamento Ing. Civil y Ambiental
Universidad del Norte

Esta conferencia trata sobre Nanopartículas en áreas urbanas

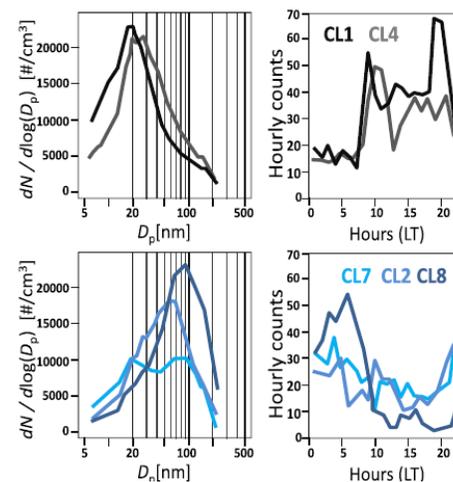
	Aerodynamic diameter of particles
Nuclei	10-30 nm
Aitken	30-100 nm
Accumulation	100-420 nm

Nanopartículas: tres rangos característicos



[www.panoramio.com/photo/66638427]

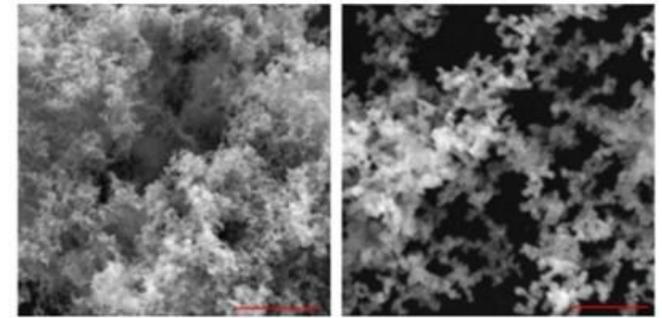
Vehicular influence, transformation and removal processes of atmospheric particles



Research

¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULAS?

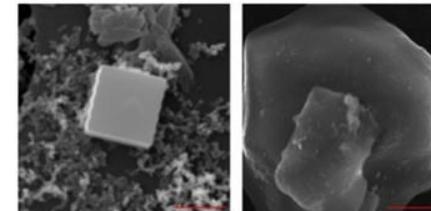
- Aerosol: suspensión estable de finas partículas sólidas o líquidas en un gas. Comúnmente se refiere solo al componente de partículas
- Material particulado (MP) : partículas que consisten en una mezcla de partículas sólidas y componentes líquidos dentro de las partículas sólidas.
- Términos partículas o aerosol serán usados igualmente.



aumento: 10,000 X
escala: 3 µm

aumento: 20,000 X
escala: 1,4 µm

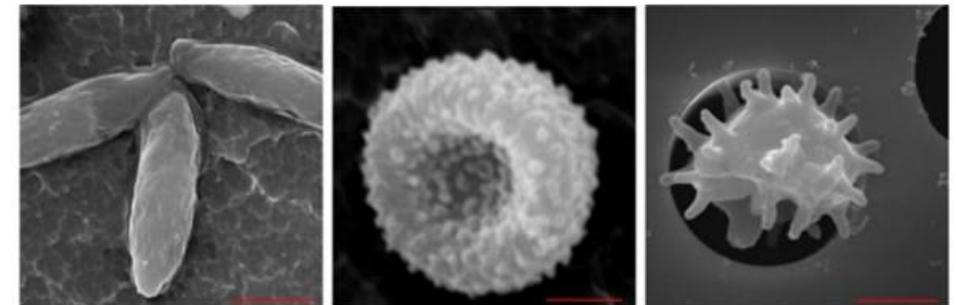
Figura 4.3- Partículas de fuligem.



aumento: 20,000 X
escala: 1,4 µm

aumento: 7,500 X
escala: 4 µm

Figura 4.4- Partículas de cristais.



aumento: 7,500 X
escala: 4 µm

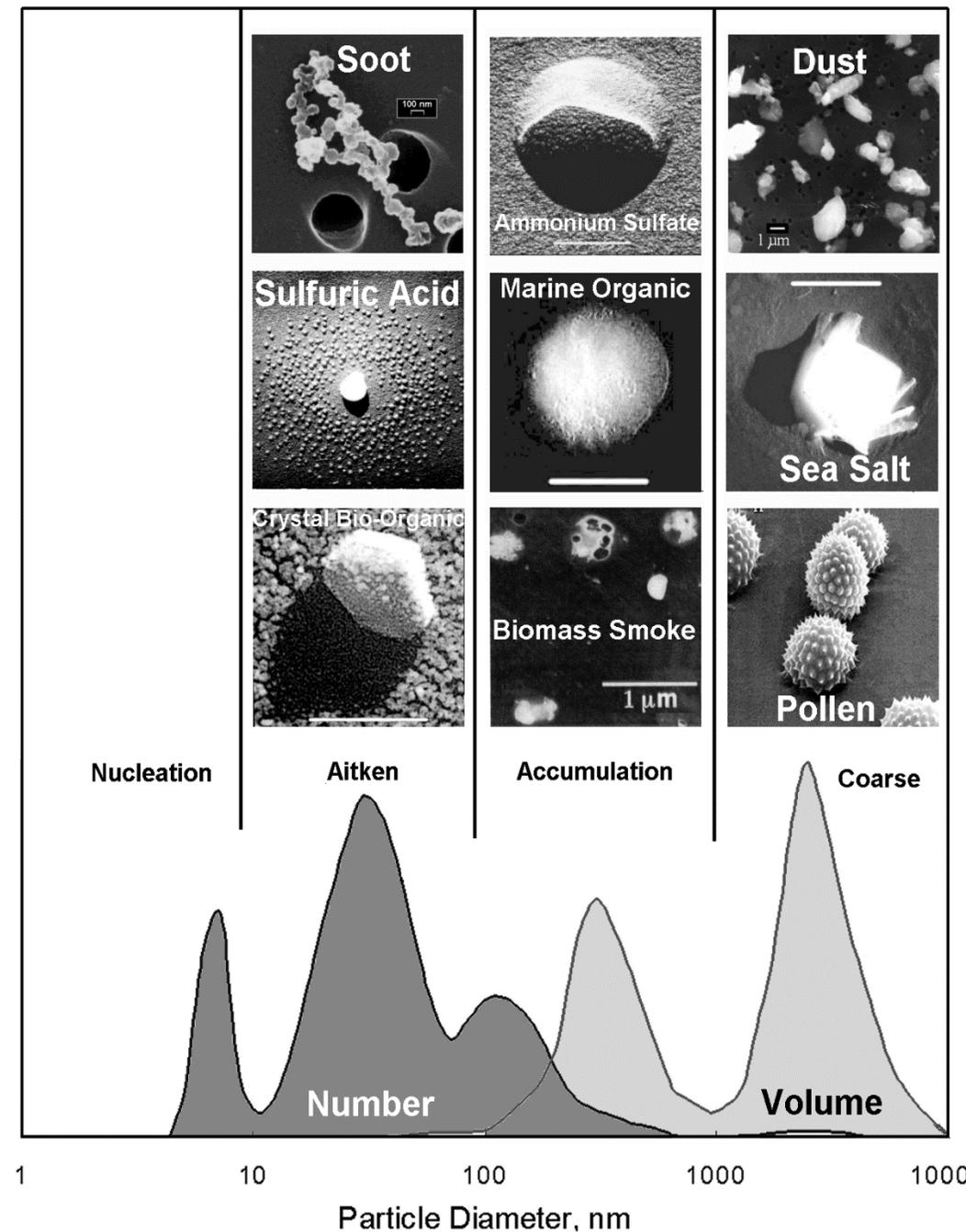
aumento: 20,000 X
escala: 1,4 µm

aumento: 10,000 X
escala: 3 µm

Figura 4.2 - Partículas biogênicas

¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULA

- ▶ Origen: diversas, naturales y antropogénicas.
- ▶ Tamaño de algunos angstroms hasta micrómetros – incluyen las nanopartículas
- ▶ Diversa composición química.
- ▶ Variación temporal y espacial (dependiendo de la fuente, dispersión, etc.)



¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULAS

- Es un término para referirse a partículas atmosféricas (o aerosoles) de tamaño nanométrico (i.e. $< 1\mu\text{m}$).
- $< 300\text{ nm}$, este rango de tamaño incluye más del 99% del número total de concentración de partículas en el ambiente atmosférico (Kumar et al., 2008a, b, c, 2009a).



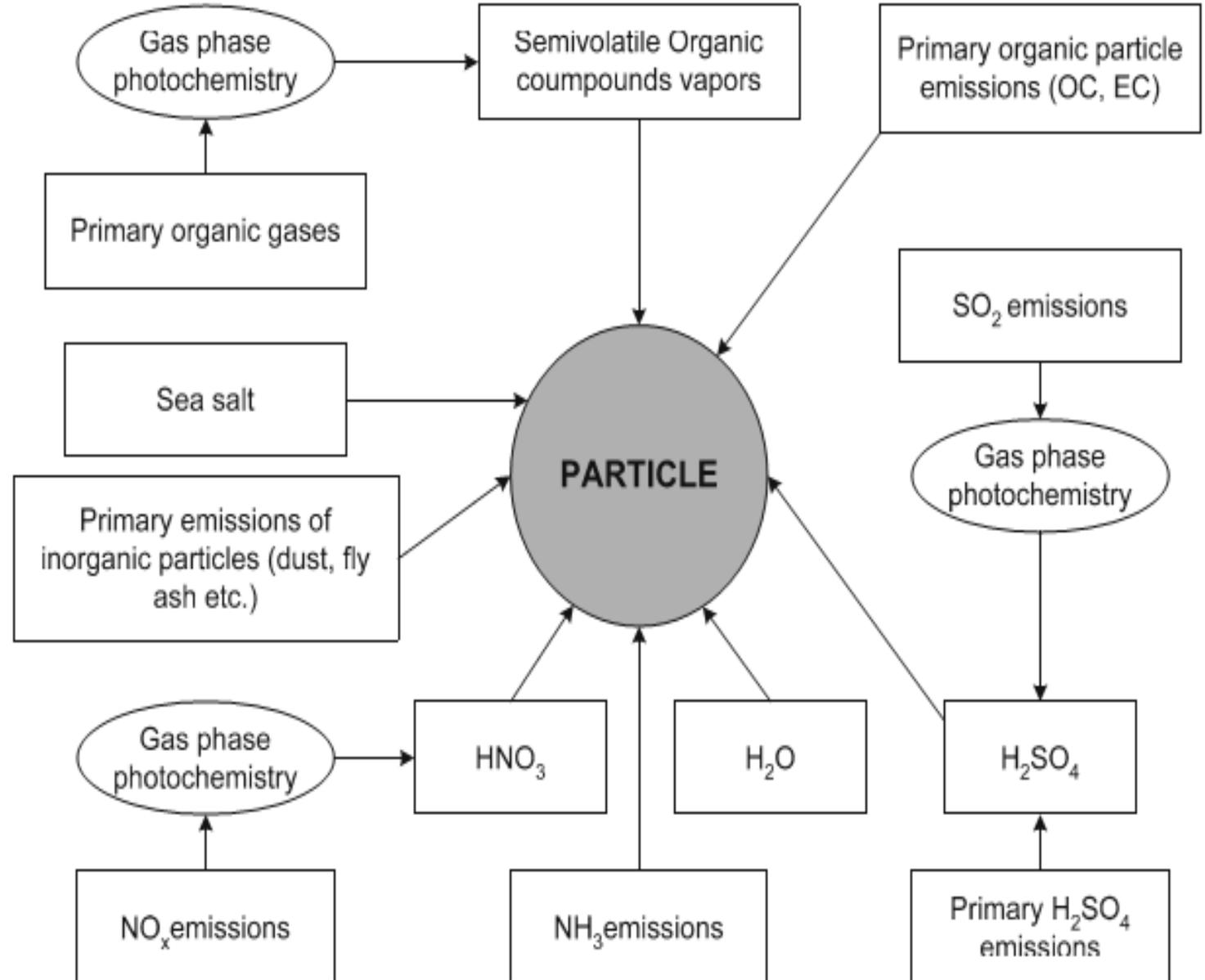
En algunos casos:
 $< 300\text{ nm}$ (lo mas común)
 $< 100\text{ nm}$ (UFP)
 $< 50\text{ nm}$
 $< 10\text{ nm}$
 $< 1\mu\text{m}$

FORMACIÓN DE PARTÍCULAS

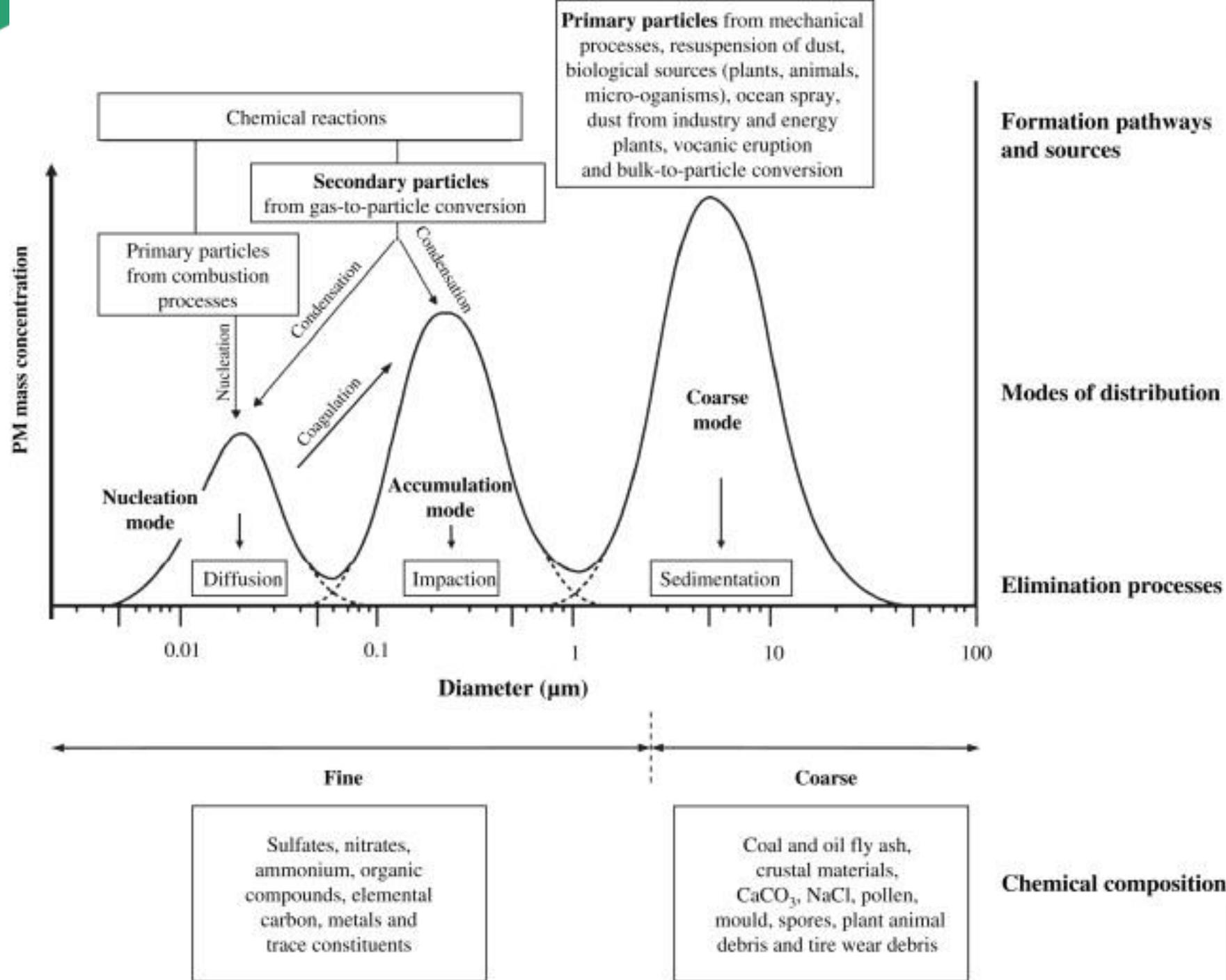
Colbeck, I., Lazaridis, M., 2010. Aerosols and environmental pollution. *Naturwissenschaften* 97, 117–31. <https://doi.org/10.1007/s00114-009-0594-x>

Las partículas pueden ser emitidas directamente para la atmósfera (partículas primarias) o pueden ser formadas en la atmósfera por la conversión de gas a partícula (partículas secundarias).

Fig. 2 Schematic representation of the chemical reactions and processes associated with PM (adopted from Meng and Seinfeld 1996). *OC* organic carbon, *EC* elemental carbon



Las partículas pueden ser emitidas directamente para la atmósfera (partículas primarias) o pueden ser formadas en la atmósfera por la conversión de gas a partícula (partículas secundarias).



El número y la distribución del tamaño de partículas puede alterarse rápidamente, debido a la influencia de procesos de transformación, tales como la coagulación y la condensación, y de la turbulencia que mejora la mistura y la dilución (Kumar et al. 2011).

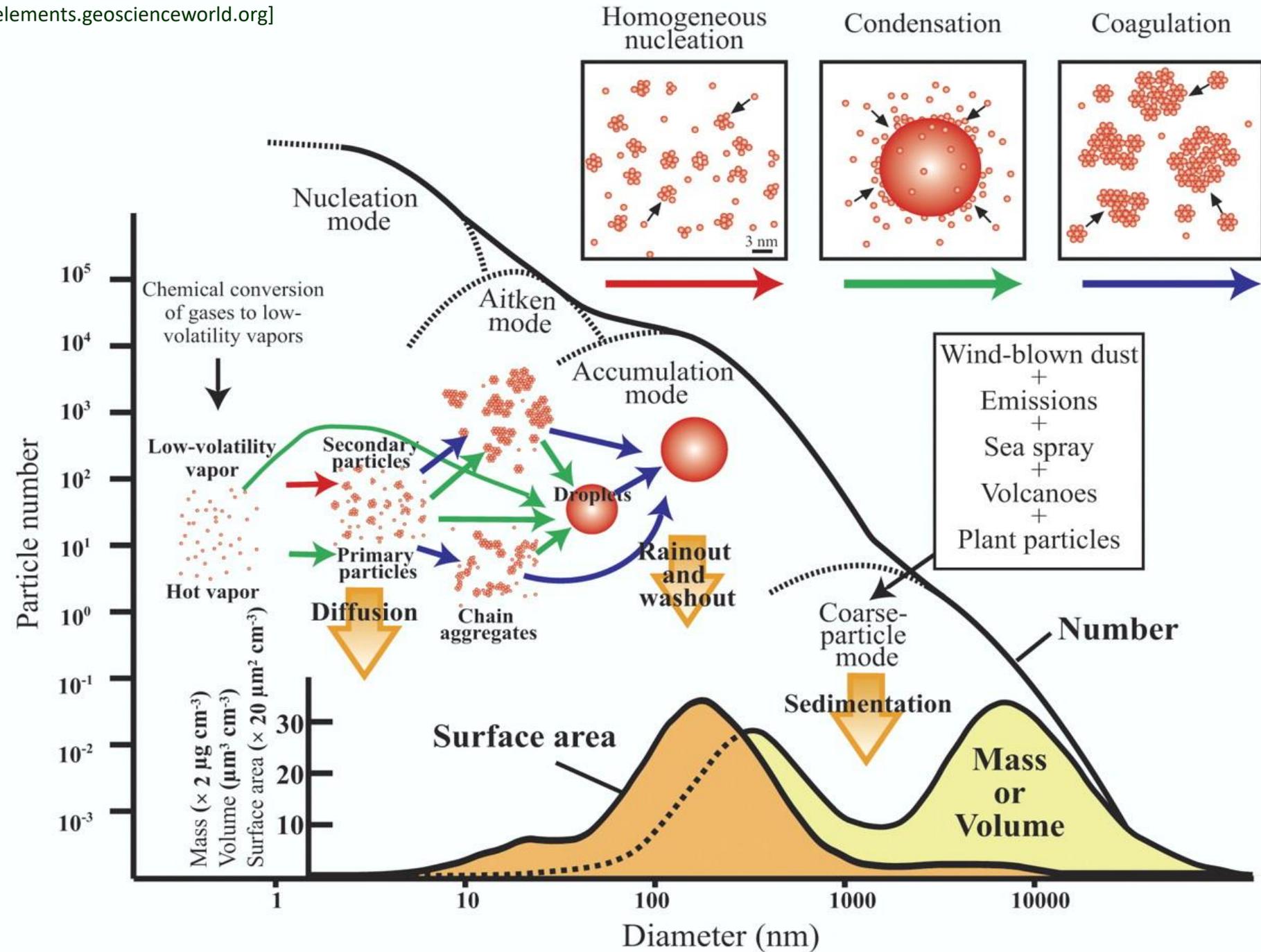


Table 1

Examples showing definitions used to classify particles according to mode.

Particle modes	Size range (nm)	Source
Nucleation mode	<20	Kulmala et al. (2004); Monkkonen et al. (2005); Curtius (2006); Lingard et al. (2006); Agus et al. (2007)
	<33	Charron et al. (2008)
	3–30	Kittelson (1998); Kittelson et al. (2004; 2006a,b); Rickeard et al. (1996); Gouriou et al. (2004); Roth et al. (2008)
	<30	Kumar et al. (2008a,b,c,d, 2009a,b,c)
Aitken mode	20–90	Kulmala et al. (2004); Monkkonen et al. (2005); Curtius (2006); Lingard et al. (2006)
	20–100	Agus et al. (2007)
	33–90	Charron et al. (2008)
	10–100	Seinfeld and Pandis, 2006
Accumulation or soot mode	90–1000	Kulmala et al. (2004); Monkkonen et al. (2005); Curtius (2006); Lingard et al. (2006)
	30–500	Kittelson (1998); Kittelson et al. (2004; 2006a,b); Rickeard et al. (1996); Gouriou et al. (2004); Roth et al. (2008)
	30–300	Kumar et al. (2008a,b,c,d, 2009a,b,c)
	90–120	Charron et al. (2008)
	100–1000	Agus et al. (2007)

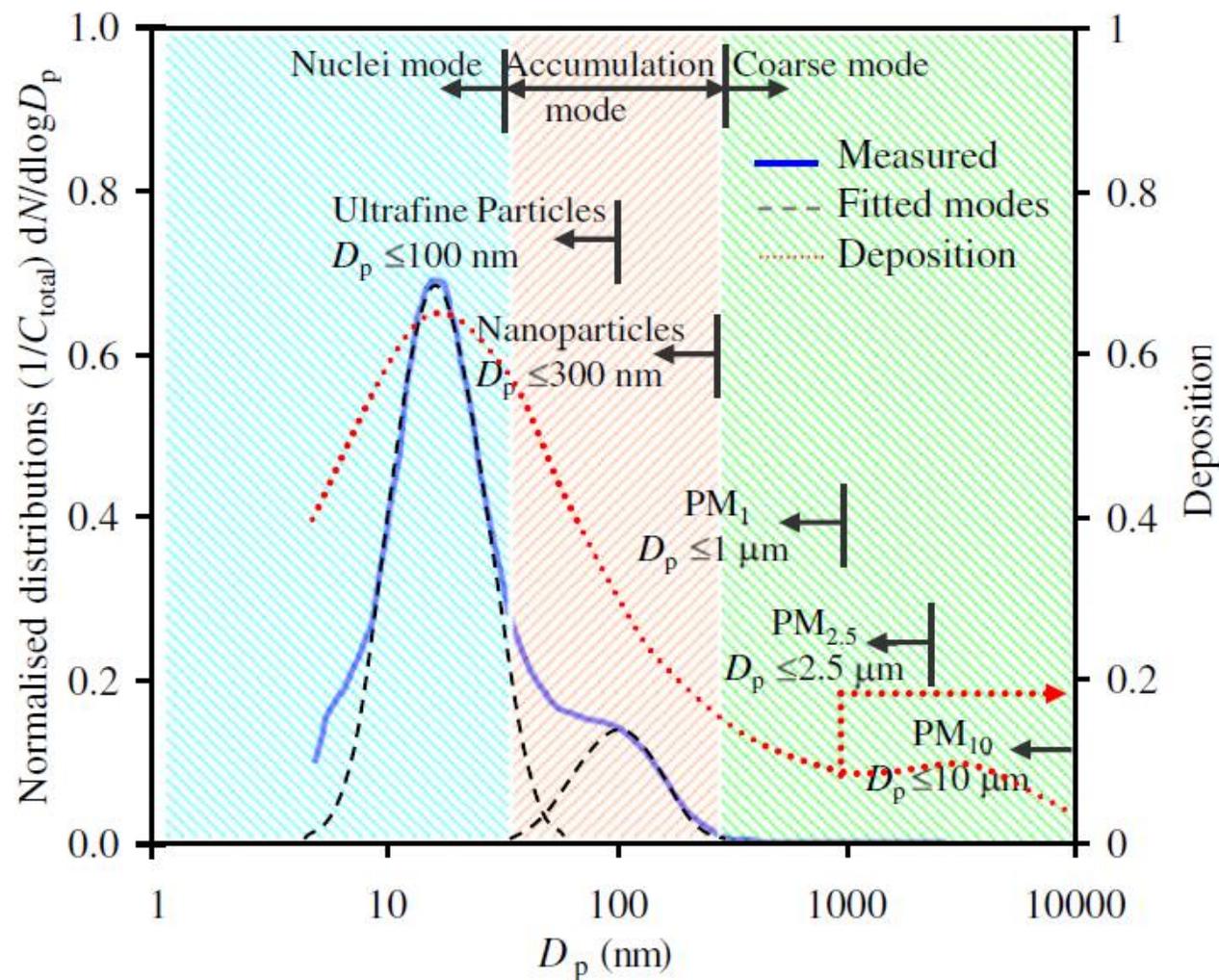


Fig. 1. Typical example of number weighted size distributions in a street canyon (Kumar et al., 2008a); also shown are some key definitions regarding atmospheric particles and size dependent deposition in alveolar and tracheo-bronchial regions (ICRP, 1994).

¿Porqué controlar las nanopartículas?

- I. Las mediciones de la mayoría de las redes de calidad del aire no están disponibles de inmediato.
- II. Proporcionan poca información sobre la distribución y variación de tamaño.
- III. La determinación de la concentración de masa de material particulado requiere mucho tiempo y requiere mucho trabajo debido a las bajas masas involucradas.
- IV. Problemas de artefactos: ¿condensación de gases volátiles en los filtros por evaporación de PM en los filtros?
- V. Las partículas atmosféricas están actualmente reguladas en términos de concentraciones de masa en los rangos de tamaño PM_{10} y $PM_{2.5}$, pero esto no aborda las concentraciones del número de partículas.

Por lo tanto, la mayor proporción de las emisiones de los vehículos que contribuyen significativamente a las **concentraciones en número permanece sin regular** a través de los estándares de calidad del aire ambiente (Kumar et al., 2010)..



¿Porqué controlar las nanopartículas?

- Estudios sugieren que las concentraciones en el número de partículas son una medida importante para representar los efectos tóxicos.
- Esto se debe a que las partículas ultrafinas tienen:
 - (i) una mayor probabilidad de suspensión en la atmósfera y, por lo tanto, un tiempo de residencia más largo (AQEG, 2005; Kittelson, 1998),
 - (ii) una mayor probabilidad de penetración y deposición en los sistemas respiratorios o cardiovasculares (Donaldson et al., 2005; ICRP, 1994)
 - (iii) un área superficial más alta por unidad de volumen que las partículas más grandes que aumenta la capacidad de adsorción de compuestos orgánicos, algunos de los cuales son potencialmente carcinogénicos (Donaldson et al. ., 2005; EPA, 2002).
 - (iv) pueden causar alergias respiratorias y desencadenar el sistema inmunológico (Kazzaz et al. 2017).

UFP comprende aproximadamente el 80% de la concentración numérica total de nanopartículas, pero concentración de masa despreciable (AQEG, 2005; Kittelson, 1998).

¿CUÁLES SON SUS FUENTES DE EMISIÓN?

FUENTES

- PROCESOS DE COMBUSTIÓN
- PROCESOS DE NUCLEACIÓN



Nanopartículas

condensación de las sustancias orgánicas semivolátiles del ácido sulfúrico es responsable de la formación de nuevas partículas líquidas en el escape del vehículo.

Turbulencia

Dispersión

Procesos de transformación

Coagulación

Condensación

Emisión-Formación

Partículas primarias

Partículas secundarias

FORMACIÓN

- Condensación de aerosoles orgánicos semivolátiles (O'Dowd et al., 2002),
- Nucleación inducida fotoquímicamente
- Nucleación a través de la conversión de gas-partícula (Holmes, 2007; Kumar et al., 2009a; Vakeva et al., 1999).
- La gran variabilidad en la formación de partículas y las tasas de crecimiento en diferentes entornos.

Numerosos estudios concluyen que los vehículos son la principal fuente de emisión de nanopartículas en áreas urbanas (Johansson et al., 2007; Keogh et al., 2009; Shi et al., 2001).



[<http://www.guardian.co.uk>]



[<http://www.bloomberg.com>]



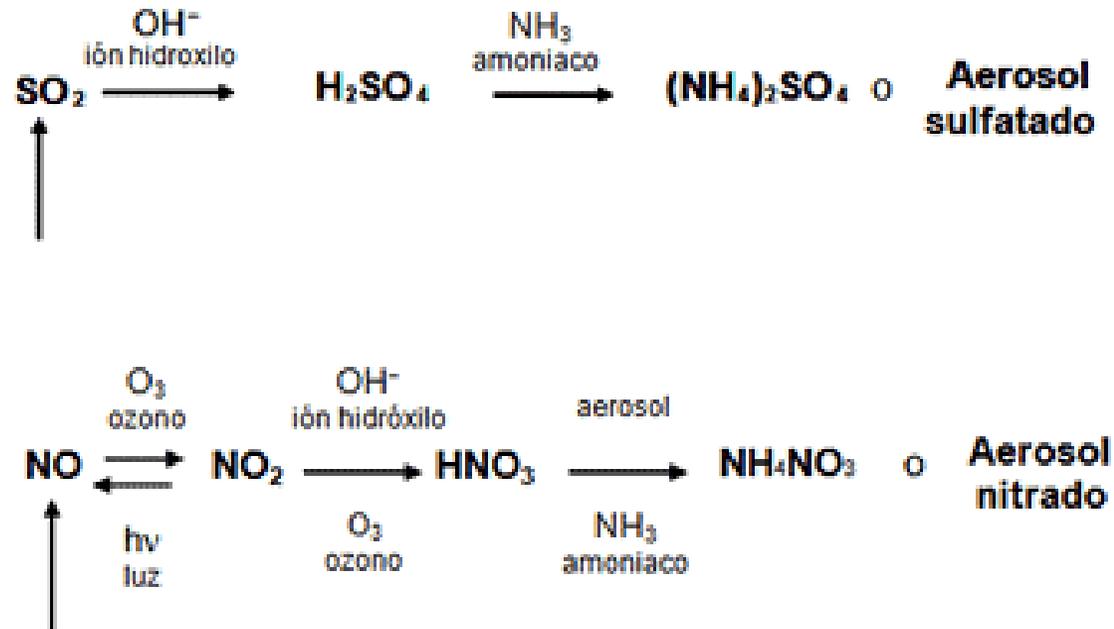
[<http://www.theairquality.com>]

Su contribución puede ser de hasta el 86% en concentración en número (Pey et al., 2009). La mayoría de las partículas emitidas por los vehículos que utilizan diésel y gasolina tienen tamaños por debajo de 130 nm y 60 nm, respectivamente (Harris y Maricq, 2001; Kittelson, 1998; Morawska et al., 2008; Pey et al., 2009),

FUENTES - VEHICULARES

- Partículas nuevas a partir de fases semivolátiles que se condensan durante la dilución y enfriamiento de las emisiones de escape cerca del punto de origen.

Formación en la atmósfera o en la estela del vehículo



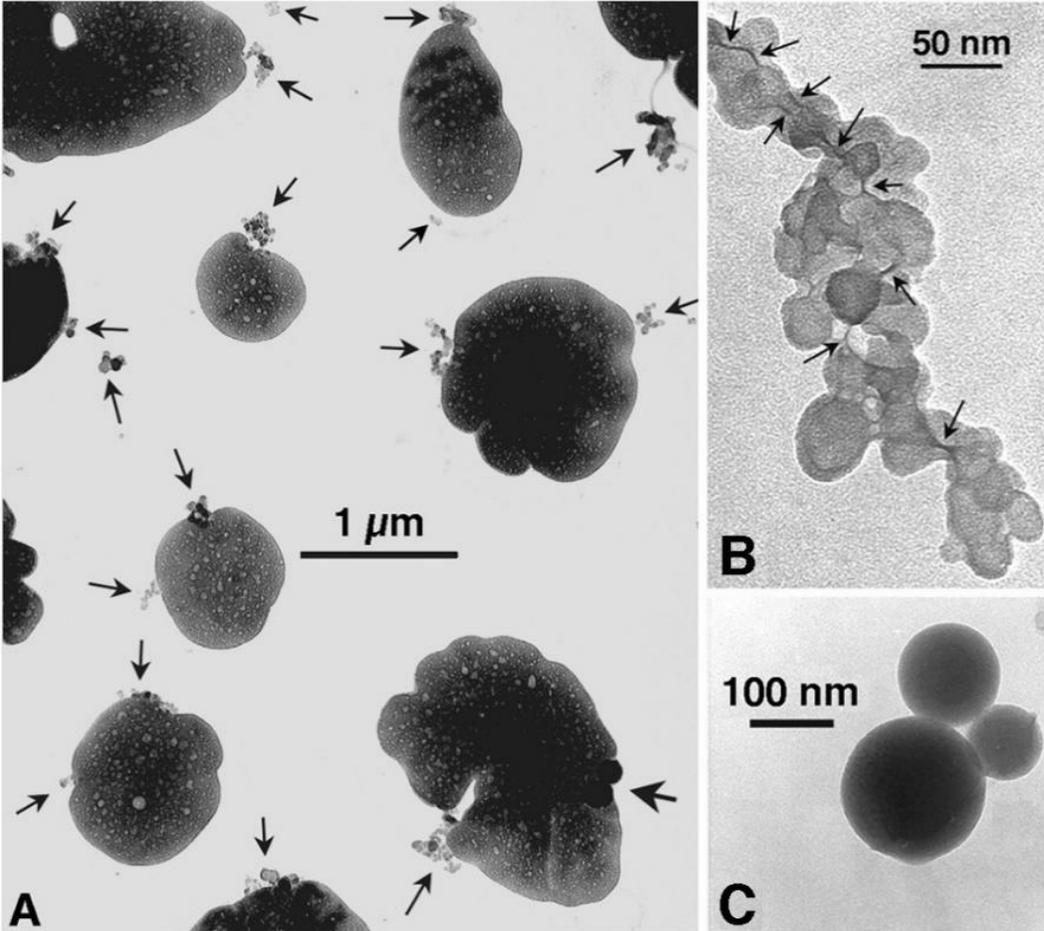
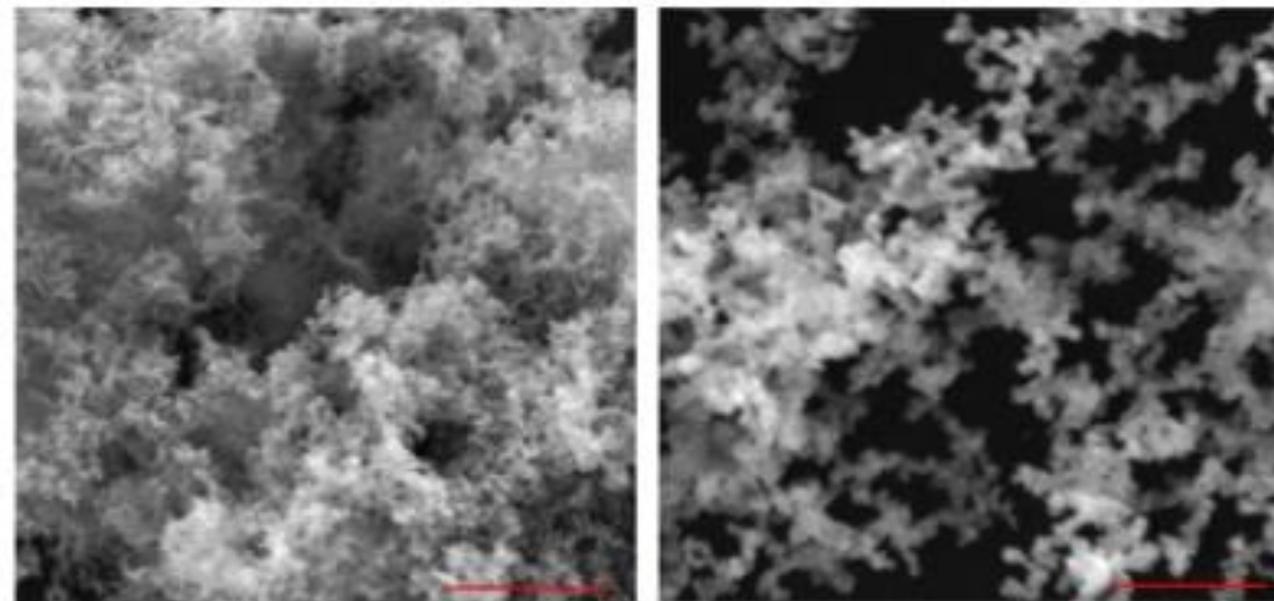


Figure 1.
 Pósfai et al.: Soot and sulfate aerosol...
 Fuente: Peter Buseck, Arizona State University



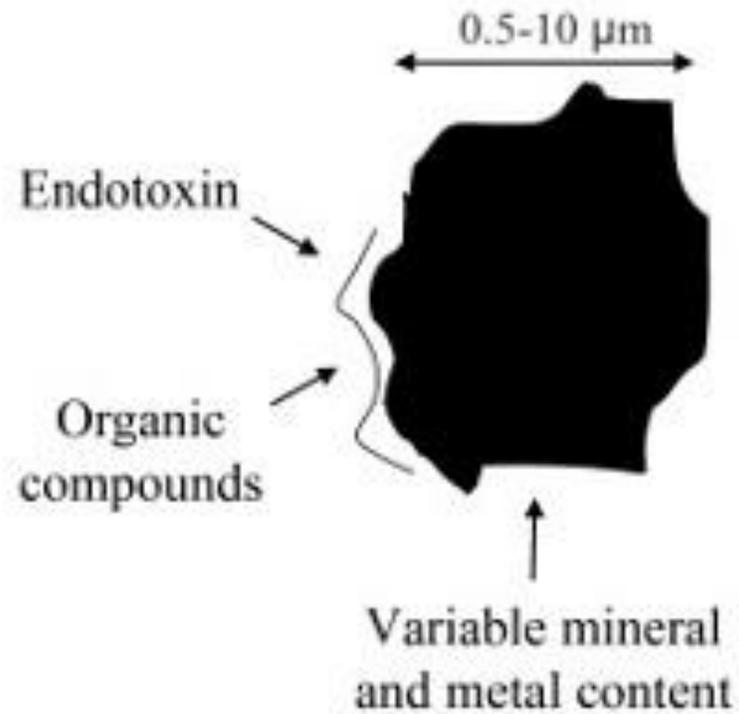
aumento: 10,000 X
 escala: 3 μm

aumento: 20,000 X
 escala: 1,4 μm

Figura 4.3- Partículas de fuligem.

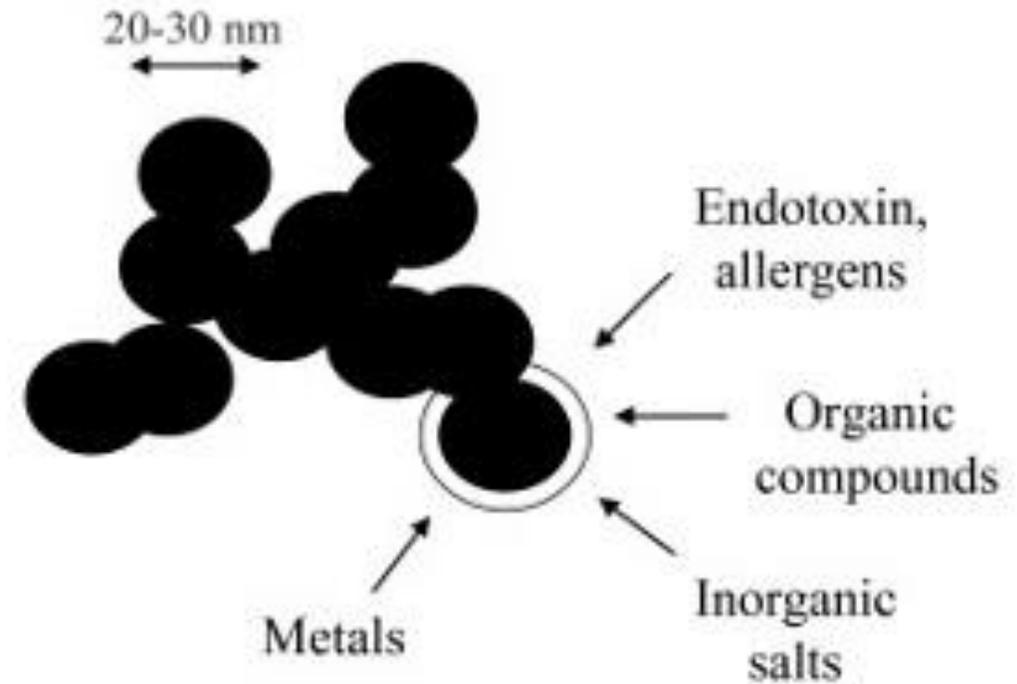
Partículas de sulfato en la imagen A, flechas muestran cadenas pequeñas de Black Carbon. En la imagen B puede observarse el Black Carbon. Imagem C muestra el Fly Ash.

Mineral particle

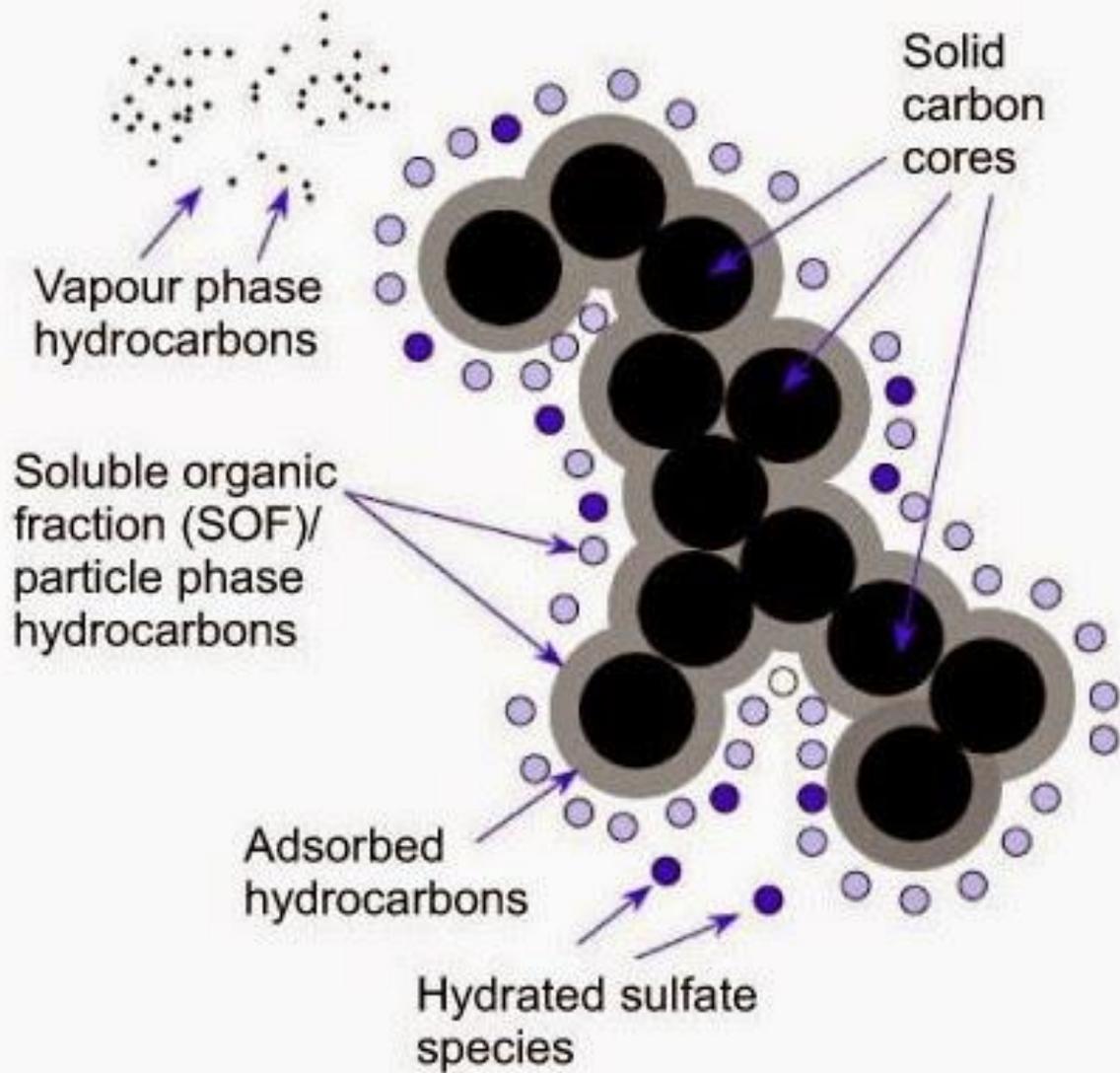


Road dust
Partículas de mayor tamaño.

Combustion particles



Partículas de la combustión vehicular que tienden a agregarse. Mayor área superficial en la cual se adsorben mayores concentraciones de contaminantes.



 Solid carbon cores
 (0.01–0.08 μm)
 agglomerate (0.05–
 1.0 μm) and adsorbed
 vapour phase species

Núcleo

 Adsorbed
 hydrocarbons

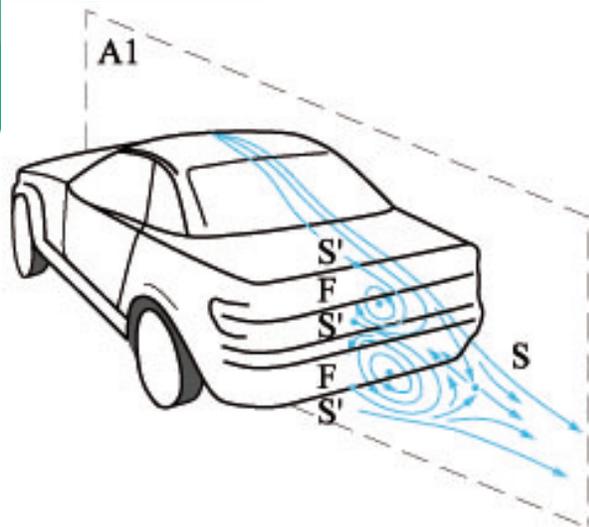
 Liquid condensed
 hydrocarbon
 particles

 Hydrated sulfate
 species

FUENTES - VEHICULARES

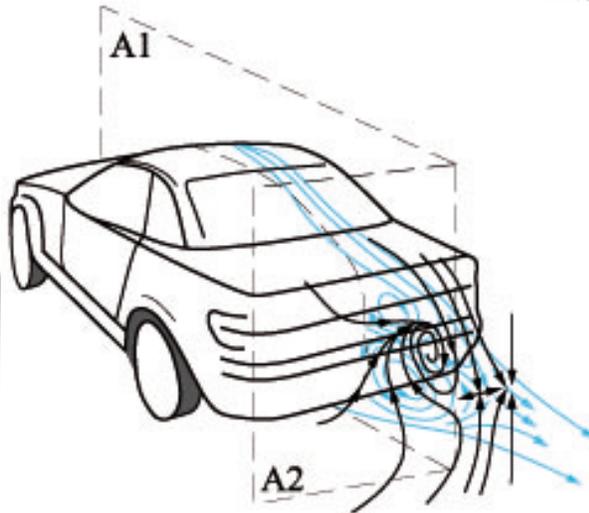
- La PSD de las partículas emitidas por los motores diésel de los vehículos cae principalmente en el rango de 20-130 nm, mientras que para la gasolina están en el rango de 40-80 nm (Morawska et al., 2008; Ristovski et al., 2006).
- Brines et al. (2015) utilizando una larga serie de datos sobre la PSD ambiental de la UFP urbana, se encontraron modos principales en los 20–40 nm (partículas nucleadas relacionadas con el tráfico) y otro a 70–130 nm (partículas de hollín) durante períodos de alta Contaminación de tráfico reciente de varias ciudades. Además, encontraron en este PSD de tráfico recién emitido, otras dos distribuciones de tamaño relacionadas con el tráfico.
- Uno de ellos, con un modo menor de 20 a 40 nm y un modo dominante a 70 a 90 nm, se interpreta como el resultado del crecimiento (por condensación y coagulación) durante la noche y la noche de las nuevas partículas de tráfico; y el segundo con modos similares, pero cambió a 10 –20 nm y un pico principal a 50–90 nm a lo largo del día, con un pico

Procesos de transformación como condensación y coagulación



Estas partículas modo de nucleación, formadas en la combustión de los vehículos de motor, existen en altas concentraciones en la estela cercana al automóvil y pueden aumentar de tamaño por el proceso de condensación.

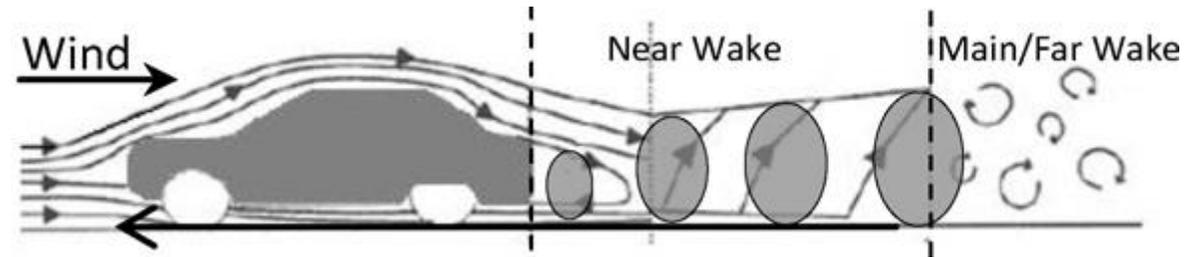
Además, puede haber coagulación de muchas de estas partículas, lo que altera la distribución del tamaño de las partículas (Zhu et al., 2002).



La dilución atmosférica con aire de fondo, luego, dispersa las partículas que son transportadas por advección desde la estela cercana a la región de la estela lejana y las partículas aún pueden crecer por condensación.

Sin embargo, las tasas de crecimiento disminuyen con el aumento de la distancia desde la carretera (Kumar et al., 2011).

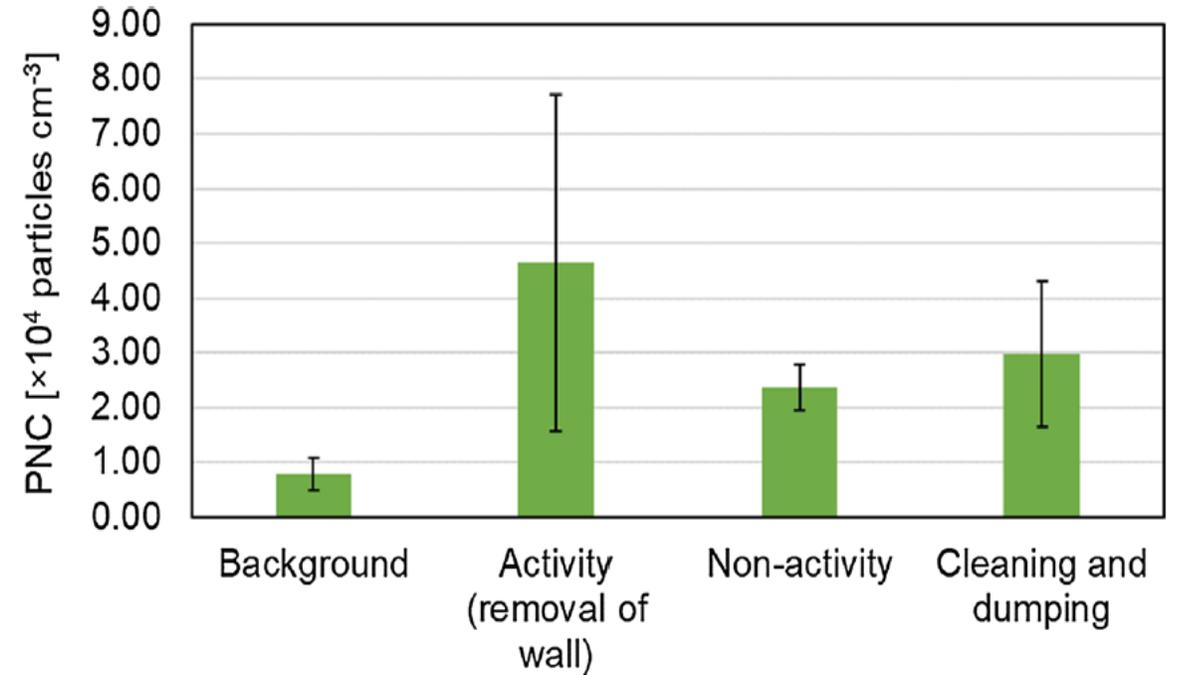
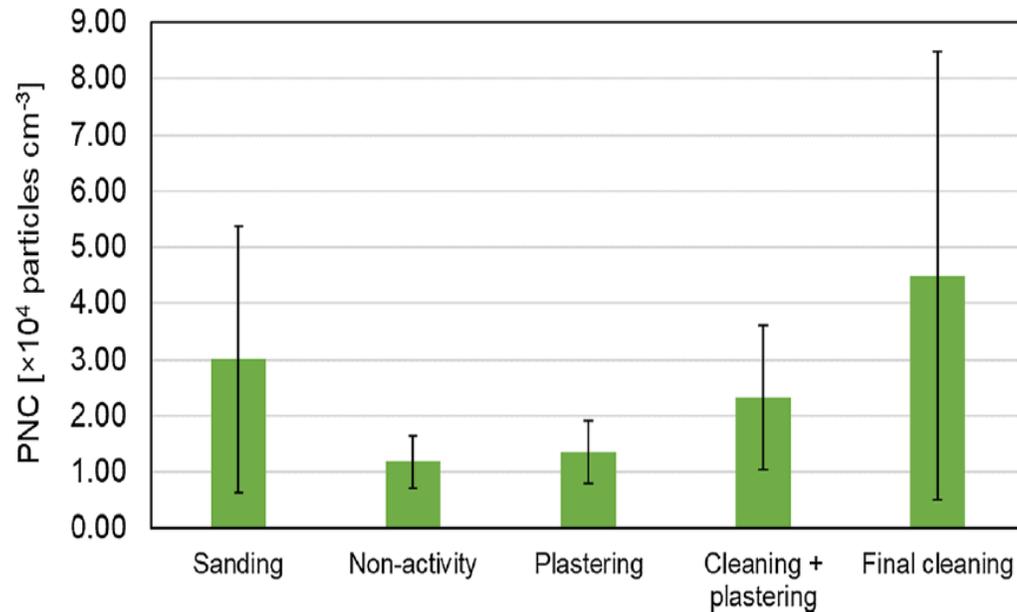
Y de turbulencia que potencia la mezcla y dilución.



- Los vehículos que funcionan con diésel, aunque son menos en número, hacen las mayores contribuciones al número de partículas.
- Las emisiones de los vehículos que funcionan con gasolina son más inciertas, ya que dependen en gran medida de las condiciones de conducción (Graskow et al., 1998).
- La conducción típica en condiciones inestables y de parada en las zonas urbanas conduce al almacenamiento y la liberación de hidrocarburos volátiles durante la aceleración (Kittelson et al., 2001) entonces los vehículos que funcionan con gasolina emiten a tasas similares a los vehículos que usan diésel (CONCAWE, 1999; Graskow et al., 1998).

OBRAS CIVILES

- Algunos estudios sugieren su generación de obras civiles.



ESTUDIOS

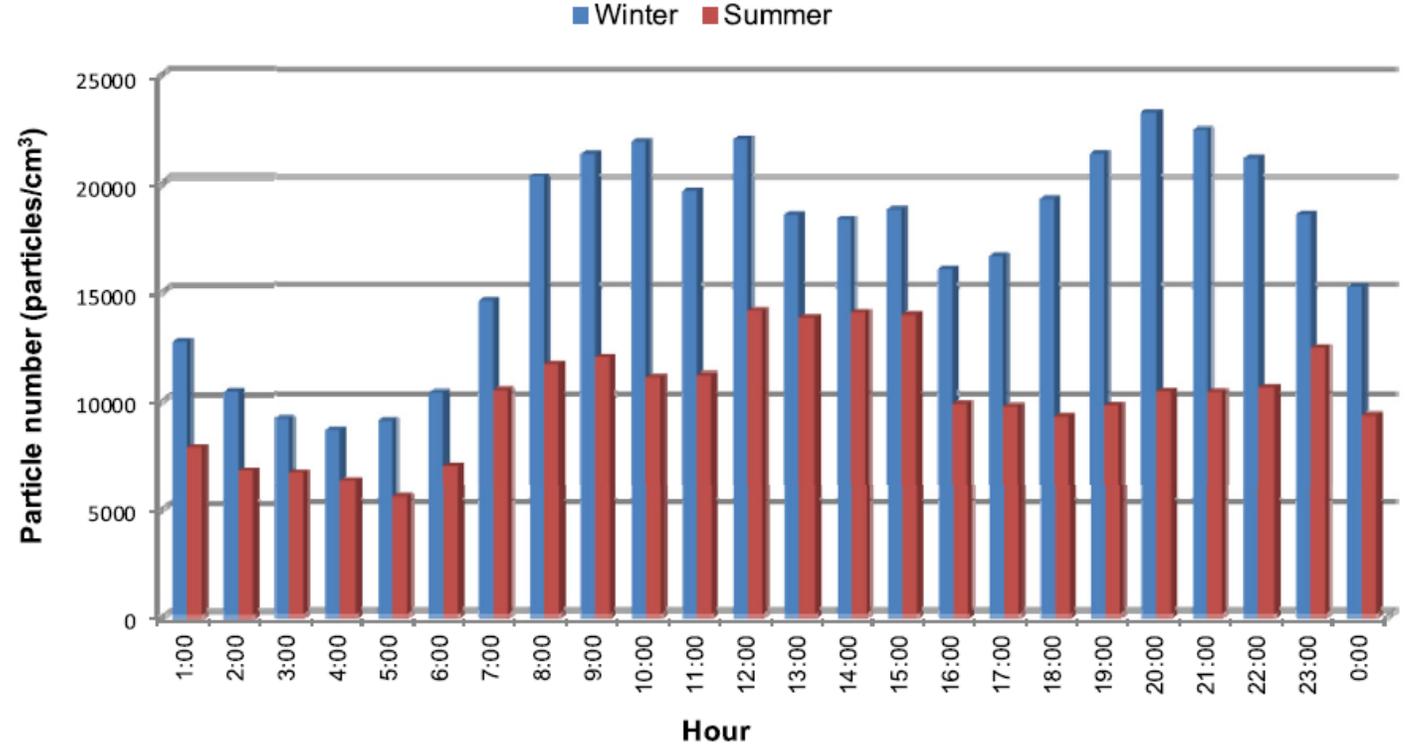


Fig. 4. Average hourly PNC for summer and winter days.

Agudelo-Castañeda, D.M., Teixeira, E.C., Braga, M., Rolim, S.B.A., Silva, L.F.O., Beddows, D.C.S., Harrison, R.M., Querol, X., 2018. Cluster analysis of urban ultrafine particles size distributions. Atmos. Pollut. Res. 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.06.006>

Agudelo-Castañeda, D.M., Teixeira, E.C., Braga, M., Rolim, S.B.A., Silva, L.F.O., Beddows, D.C.S., Harrison, R.M., Querol, X., 2018. Cluster analysis of urban ultrafine particles size distributions. *Atmos. Pollut. Res.* 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.06.006>

Table S2. Comparison of ultrafine particle (UFP) number concentrations, in this study and different areas reported around the world. Adapted from Brines et al., (2015) and Kumar et al. (2014)

	PNC (#/cm ³)	Sampling period	SMPS size range	Reference
Canoas	9000±7500	January- September /2015	2.5 - 250 nm	This study
Barcelona (Spain)	7500±5000	July 2012-August 2013	11.3– 358.7 nm	Brines et al., (2015)
Madrid (Spain)	7000±8000	January 2007- December 2008	17.5– 572.9 nm	Brines et al., (2015)
Brisbane (Australia)	6000±7000	January 2009-December 2009	10.2-101.8 nm	Brines et al., (2015)
Rome (Italy)	5000±3000	September 2007- May 2009	15.1– 224.7 nm	Brines et al., (2015)
Los Angeles (USA)	12000±7000	September 2009- December 2009	15.7-371.8 nm	Brines et al., (2015)
Santiago (Chile)	8020	2006	10-700 nm	Kumar et al., (2014)

Table 2

Studies comparing emissions of particle number concentrations from both bio- and conventional-fuelled vehicles. The terms DPF, ULSD, OCC and RME stands for diesel particulate filter, ultra low sulphur diesel, oxidation catalytic converter and rapeseed oil methyl ester, respectively.

Source	Bio-fuel	Bio-fuels emissions – number concentrations	Conventional fuel – number concentrations	Remarks
Fontaras et al. (2009)	Neat soybean-oil derived bio-diesel 50% v/v blend with petroleum–diesel	$1.2\text{--}4.5 \times 10^{14} \# \text{ km}^{-1}$	$0.4\text{--}2.1 \times 10^{14} \# \text{ km}^{-1}$ (Diesel)	Euro 2 diesel passenger car. Note that these are approximate values
		$0.6\text{--}3 \times 10^{14} \# \text{ km}^{-1}$		
Lee et al. (2009)	Ethanol-blended petrol fuel (0, 15 and 85% by volume)	$1.35\text{--}2.14 \times 10^{11} \# \text{ km}^{-1}$	$1.09 \times 10^{11} \# \text{ km}^{-1}$ (Petrol; engine with DPF)	Petrol engine
			$4.17 \times 10^{13} \# \text{ km}^{-1}$ (Petrol; engine with non-DPF)	
Cheng et al. (2008a)	Methanol (fumigation 10, 20 and 30%)	$1.15 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (10% fumigation; low load)	$1.42 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (Diesel; low load)	Four-cylinder direct injection diesel engine operating at low (0.19 Mpa), medium (0.38) and high (0.56 MPa) engine loads
		$0.97 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (20% fumigation; low load)		
		$0.83 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (30% fumigation; low load)	$1.22 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (Diesel; medium load)	
		$1.09 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (10% fumigation; medium load)		
		$0.90 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (20% fumigation; medium load)		
		$0.71 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (30% fumigation; medium load)	$1.89 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (Diesel; high load)	
		$2.05 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (10% fumigation; high load)		
$1.94 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (20% fumigation; high load)				
$1.72 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (30% fumigation; high load)				
Cheng et al. (2008b)	Cooking oil derived bio-diesel tested at low, medium and high engine loads	$4.92 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (low load)	$3.90 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (ULSD; low load)	Direct injection diesel engine at low (0.19 MPa), medium (0.38 MPa) and high (0.56 MPa) loads
		$5.30 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (medium load)	$4.67 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (ULSD; medium load)	
		$7.23 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (high load)	$6.46 \times 10^7 \# \text{ cm}^{-3}$ (ULSD; high load)	

Table 3

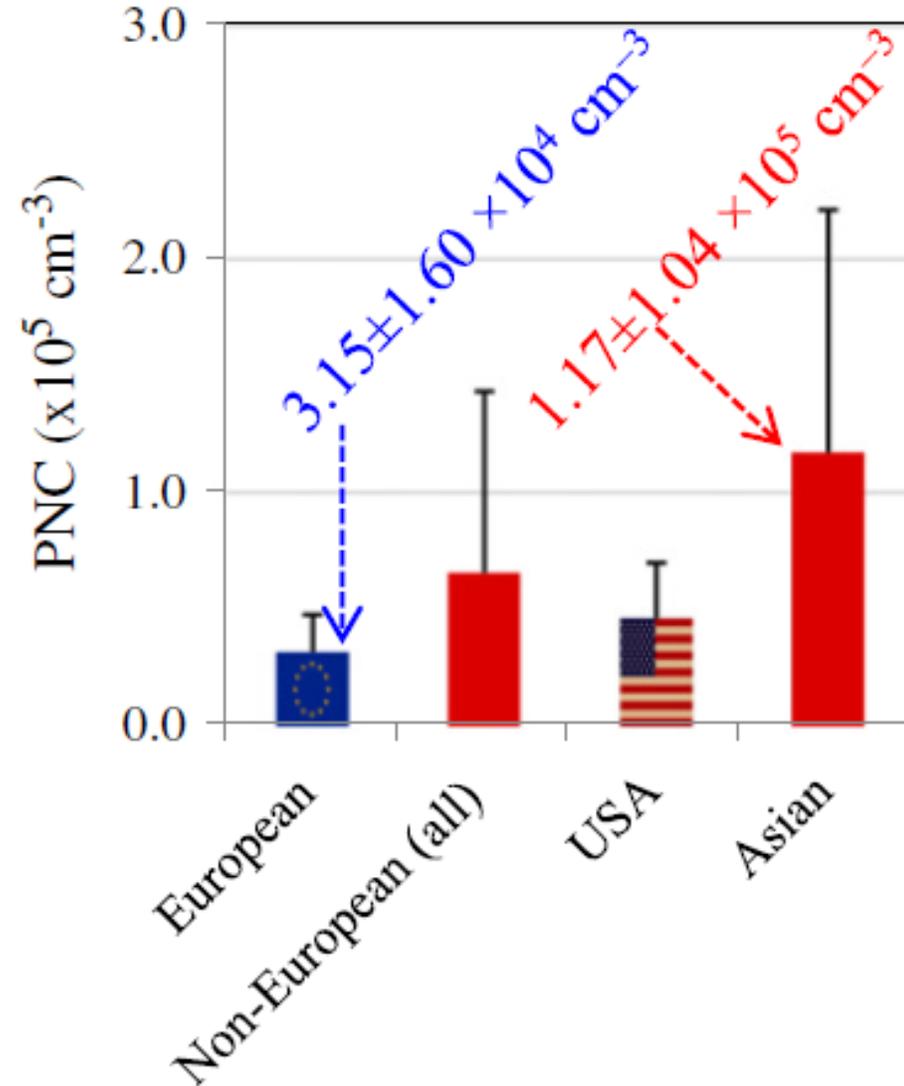
Studies showing shift in particle number distributions towards smaller size range when bio-fuels are used.

Source	Bio-diesel – mean particle diameters	Conventional fuels – mean particle diameters	Remarks
Cheng et al. (2008a)	78–87 nm (methanol)	93 nm (diesel)	Range of mean diameters represent various tests conducted on low, medium and high engine loads
Cheng et al. (2008b)	47–58 nm (cooking-oil derived bio-diesel)	62–78 nm (ULSD)	Range of mean diameters represent various tests conducted on low, medium and high engine loads
Jung et al. (2006)	62 nm (Soymethylester bio-diesel)	80 nm (diesel)	A medium-duty direct injection, 4-cylinder, turbocharged diesel engine.
Bunger et al. (2000)	88 nm (RME bio-diesel)	105 nm (diesel)	At 'rated power' in an 4-stroke direct injection diesel engine in a European test cycle (ECE R49)
	40 nm (RME bio-diesel)	79 nm (diesel)	At 'idling' in an 4-stroke direct injection diesel engine in a European test cycle (ECE R49)
Bagley et al. (1998)	34–64 (soyabean derived bio-diesel)	57–83 (diesel)	Tested without an OCC in an indirect engine; range of mean diameters represent various tests conducted on different speed and loads
	34–50 (soyabean derived bio-diesel)	41–94 (diesel)	Tested with an OCC in an indirect engine; range of mean diameters represent various tests conducted on different speed and loads

Kumar, P., Robins, A., Vardoulakis, S., Britter, R., 2010. A review of the characteristics of nanoparticles in the urban atmosphere and the prospects for developing regulatory controls. *Atmos. Environ.* 44, 5035–5052. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.08.016>

Table 4
Typical range of particle number concentrations according to environment (excluding episodic contributions).

Environment	Typical number concentration range (# cm ⁻³)	Sources
Vehicle wake/exhaust plumes	10 ⁴ –10 ⁷	Kumar et al. (2009c); Wehner et al. (2009); Minoura et al. (2009)
Urban Street canyons	10 ⁴ –10 ⁶	Wehner et al. (2002); Wahlin et al. (2001); Longley et al. (2004); Kumar et al. (2008a,b,c, 2009a,c)
Forest regions, remote continental, desert and rural (or city background)	10 ³ –10 ⁴	Seinfeld and Pandis (2006); Birmili et al. (2000); Riipinen et al. (2007); O'Dowd et al. (2002); Kulmala et al. (2003); Riipinen et al. (2007); Tunved et al. (2006); Pey et al. (2009); Charron et al. (2008)
Marine, polar and free troposphere	10 ² –10 ³	Seinfeld and Pandis (2006); O'Dowd et al. (2004)



Kumar, P., Morawska, L., Birmili, W., Paasonen, P., Hu, M., Kulmala, M., Harrison, R.M., Norford, L., Britter, R., 2014. Ultrafine particles in cities. *Environ. Int.* 66, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.013>

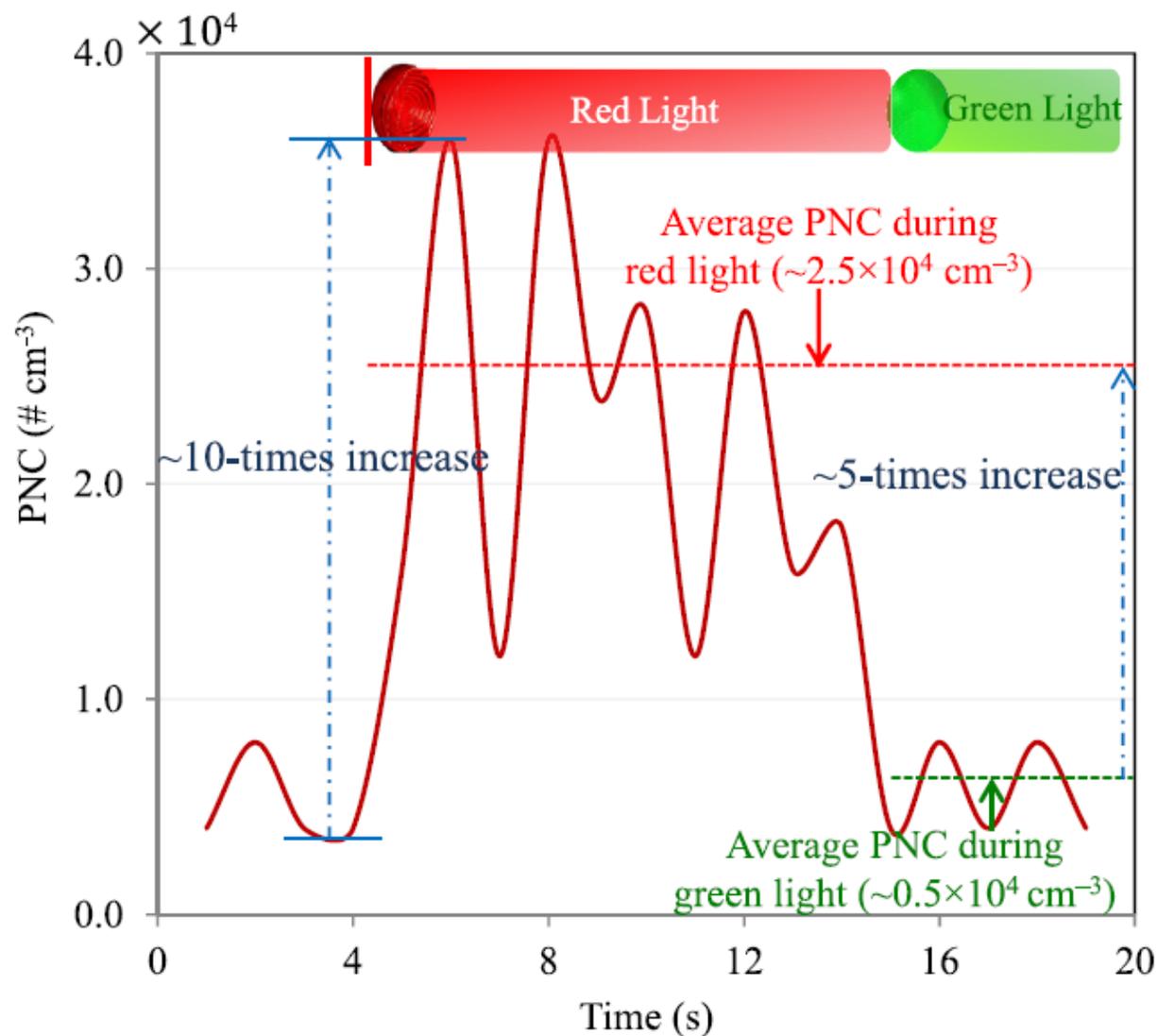
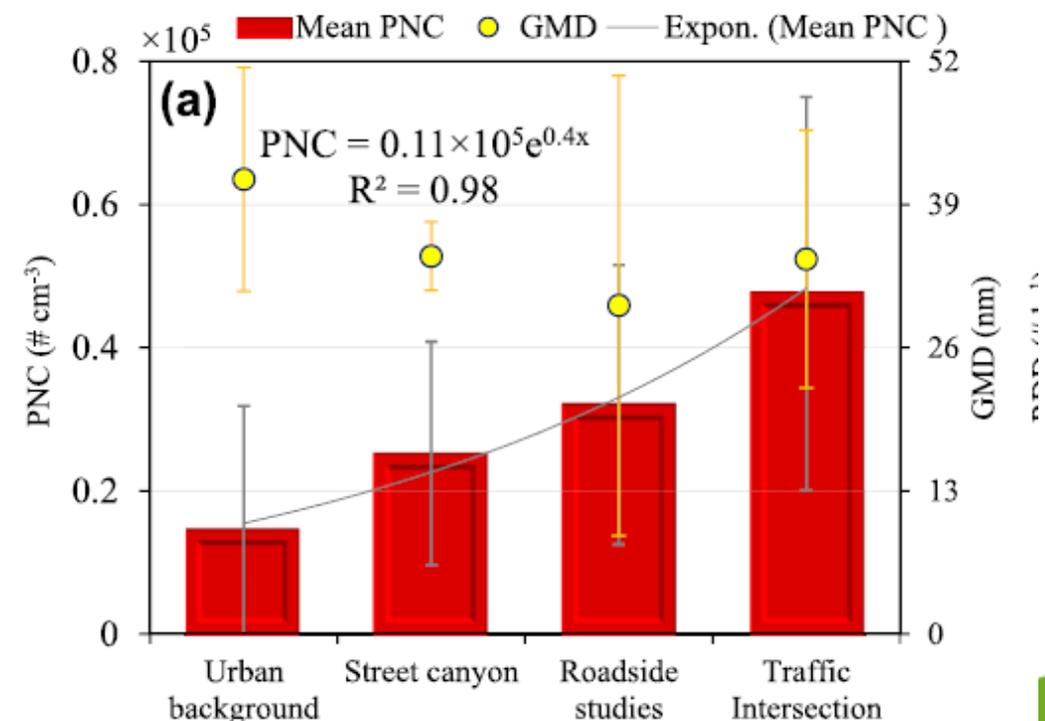


Fig. 1. Temporal variation in PNCs as a function of traffic light at a TI (Wang et al., 2008).

Goel, A., Kumar, P., 2014. A review of fundamental drivers governing the emissions, dispersion and exposure to vehicle-emitted nanoparticles at signalised traffic intersections. Atmos. Environ. 97, 316–331.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.08.037>



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

mdagudelo@uninorte.edu.co

¿Preguntas?

