

2021 Retos Vitales

para una nueva era

**La movilidad urbana condicionada por la
calidad del aire y el cambio climático**

José María Baldasano Recio



Claves para entender y mejorar el mundo



Reial Acadèmia Europea de Doctors
Real Academia Europea de Doctores
Royal European Academy of Doctors

BARCELONA - 1914



La movilidad urbana condicionada por la calidad del aire y el cambio climático



Dr. José María Baldasano Recio

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Diploma del Panel Intergubernamental de Cambio Climático por la contribución al Premio Nobel de la Paz (2007).

Académico de Número de la Real Academia Europea de Doctores (RAED).

Estamos en pleno siglo XXI, pero los patrones de movilidad urbana y sus consecuencias en contaminación atmosférica urbana y en la emisión de gases que potencian el actual cambio climático se mueven todavía bajo los principios y propuestas del siglo XX. Necesitamos descongestionar las ciudades en el marco de un nuevo modelo urbanístico que tenga como base su crecimiento demográfico y su movilidad. Y que a la vez sean saludables. El crecimiento todavía exponencial de la población humana, y en consecuencia del tamaño de las ciudades, nos obliga a un cambio radical de perspectiva, pues las recetas actuales se están volviendo insuficientes. Tenemos una perspectiva de los cambios en movilidad para los próximos diez años, todavía muy diferentes a los cambios necesarios y potenciales para dentro de los próximos treinta años. Pero también es muy necesario tener en consideración que no hay soluciones, ni mágicas, ni únicas. No todas las ciudades tienen la misma dimensión, el mismo urbanismo, la misma cultura, la misma economía, la misma localización, etc. En consecuencia, el nuevo modelo deberá acoplarse a este contexto diverso.

Los estudios de análisis del ciclo de vida (ACV) confirman la bondad de los vehículos eléctricos si las recargas se hacen con energías renovables *versus* los vehículos con motor de combustión. El actual cambio climático y la contaminación de las ciudades los hacen necesarios como opción tecnológica.

No obstante, ello nos lleva a otra pregunta: ¿habrá minerales suficientes sin generar impacto ambiental? La electrificación de los transportes es un paso imprescindible para la salud del planeta, y de los humanos. Necesitamos urgentemente, aun así, avanzar para hacer posible la fusión nuclear.

Es tiempo de racionalizar el uso del automóvil, especialmente en el marco de las ciudades y sus áreas metropolitanas, que pasa entre otros factores por su electrificación, en un horizonte temporal máximo de cinco años, mejor que diez.

Sin olvidar la contribución específica para las ciudades con puertos y aeropuertos que debería permitir alcanzar una mejora de la calidad del aire que se respira en las mismas y una reducción de las emisiones de CO₂ para seguir en un horizonte de medio y largo plazo y avanzar en la evolución de los modelos de movilidad emergentes. Los patrones de movilidad del siglo XX que hemos conocido hasta ahora están avanzando de forma acelerada y prometen más cambios todavía. El futuro de la movilidad se encuentra revolucionado. Nos encontramos en una profunda etapa de transición. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de diferentes mecanismos de mitigación no solo provocará una reducción global de los GEI, sino que también eliminará la contaminación del aire a escala local y regional, y creará un impacto positivo en la salud humana.

INTRODUCCIÓN

Muchas veces se nos olvida que el ser humano es una especie que precisa respirar, y que es una necesidad fisiológica básica. Pero, además, es una especie que también necesita moverse. Estas dos necesidades básicas de la especie humana, a veces, se muestran contradictorias según la forma en que se realizan. Es el caso cuando para moverse se utiliza de forma intensiva un vehículo con motor de combustión como está sucediendo en la mayoría de las grandes ciudades. El coche de motor de combustión interna –juntamente con la electricidad– ha sido uno de los principales factores de desarrollo del siglo XX que ha permitido unos patrones de movilidad impen-

sables. Ahora, por su tremendo crecimiento, esto se ha convertido en uno de los grandes problemas del siglo XXI por la emisión, especialmente en las ciudades, de los gases contaminantes que deterioran el aire que respiramos la gran mayoría de personas. La citada realidad nos conduce a tener que dar respuesta a los distintos conflictos y redimensionar su presencia.

Una de las características de este siglo XXI es el crecimiento de la población mundial y que este incremento se concentra en las ciudades [<https://population.un.org/wpp/>]. Por primera vez en la historia de la humanidad ya hay más personas que viven en zonas urbanas que en zonas rurales. Una situación cuya tendencia es acentuarse y que llevará, según las estimaciones de Naciones Unidas, a que en el año 2050 cerca del 70 % de la población mundial vivirá en ciudades frente al 55 % actual (UN, 2018a, 2018b). Este cambio se dará además en un entorno en el que la población mundial sigue creciendo a un ritmo exponencial. En 2050 se alcanzarán los 10.000 millones de personas habitando nuestro planeta. En este contexto, elegir la organización y los modelos de movilidad de nuestras ciudades va a ser clave para hacer de ellas lugares habitables y sostenibles. Ello está provocando, y provocará todavía más, graves conflictos ambientales y de movilidad, importantes problemas de congestión del tráfico, limitación de los servicios públicos de transporte, problemas de contaminación del aire, de emisión de GEI, de ruido, de utilización ineficiente de recursos energéticos, etc.

En este inicio del siglo XXI se está produciendo una transformación sin precedentes en el mundo de las ciudades. La transformación que estamos viviendo es técnica pero también sociológica. No es lo mismo la movilidad como la ven las personas jóvenes, que las generaciones de la segunda mitad del siglo XX. En el verano de 2018 se estrenó una película francesa, titulada *La Gran Fiesta*, en cuya trama se peleaban dos presentadores de televisión, el mayor le pregunta al joven: «¿Tú, qué coche tienes? Pues yo voy con un BMW 745», y el joven le mira extrañado y le contesta: «¡¡¡Coche, yo!!! Uso car2go». Es un buen ejemplo del cambio de perspectiva y mentalidad intergeneracional que se está produciendo en el modelo de movilidad, especialmente en los llamados países desarrollados. Tenemos actitudes y necesidades distintas.

No obstante, cambios en los modelos de movilidad ha habido siempre. La previsión del futuro es una cosa muy complicada y normalmente siempre falla, por lo que se debe ser muy prudente al respecto a la hora de realizar vaticinios.

El transporte público colectivo y las formas de movilidad como la peatonal, en moto, o con otros artefactos deben ser atendidos y tenidos en consideración. Pero no vale únicamente con esto. También hay que dar entrada a los nuevos agentes, a la movilidad de última milla, a la movilidad compartida y a los nuevos servicios que se están ofreciendo. Estamos en un momento disruptivo, en el que, según mi criterio, la pandemia por la COVID-19 provocará que las tendencias que ya estaban apareciendo acelerarán su tendencia emergente, de desarrollo e implementación. Se debe tomar en consideración que la movilidad depende de una decisión individual/personal en la que se ponderan tiempo, hábito, comodidad, coste, salud, etc., múltiples factores. Y no siempre se decide teniendo en cuenta el impacto en el ecosistema. Lo que sí está claro es que tenemos que adaptar nuestra toma de decisiones en favor del bien común.

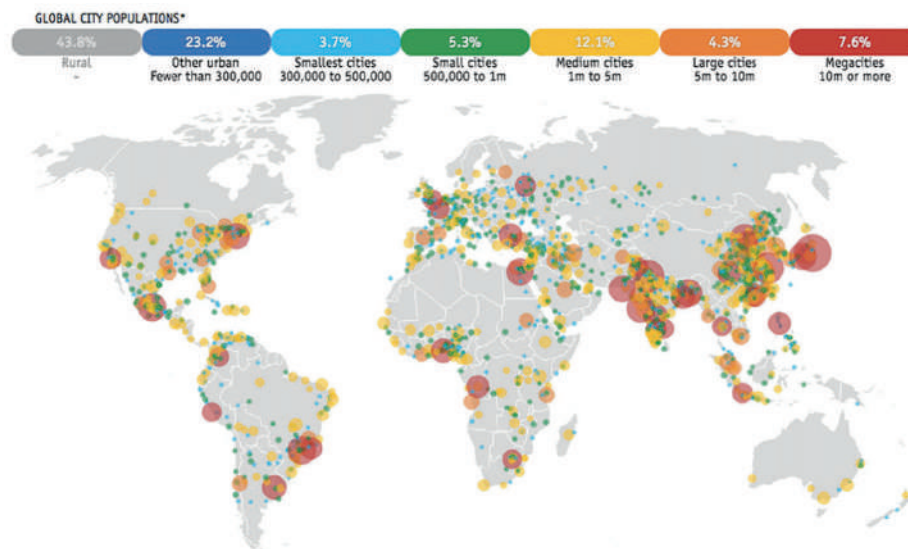
Pero para complicar más el escenario, la ciudad es un ecosistema energético, además de material. Y también se debe dar respuesta a esta exigencia, especialmente en el marco del actual cambio climático.

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DE LAS CIUDADES

En el mundo, un 55 % de la población vive en ciudades, cifra que está incrementando según los datos del año 2018 (en 1950, el 30 % de la población mundial era urbana). Esta es una tendencia que se acelera con el aumento de la población y la globalización. El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas ha documentado que prevé que el 68 % de la población viva en zonas urbanas en el año 2050 (UN, 2019). Según este informe, el crecimiento previsto estará altamente concentrado: el 90 % tendrá lugar en los países de África y Asia, y tan solo India, China y Nigeria repre-

sentarán el 35 %, con 416 millones, 255 millones y 189 millones de habitantes, respectivamente. Caribe (81 %), Europa (74 %) y Oceanía (68 %). El nivel de urbanización en Asia ahora se aproxima al 50 %. En cambio, África sigue siendo mayoritariamente rural y el 43 % de su población vive en zonas urbanas.

Actualmente, las áreas más urbanizadas son América del Norte (el 82 % vivía en zonas urbanas en 2018), América Latina y el Caribe (81 %), Europa (74 %) y Oceanía (68 %). Pero Asia, a pesar de su bajo nivel de urbanización –cerca del 50 %–, acoge al 54 % de la población urbana mundial, seguida de Europa y África con un 13 % cada una. En África, en contraste y como hemos indicado, predomina la población rural, con un 43 % de sus habitantes viviendo en las ciudades.



Media anual del índice de población de 2020. Fuente: UN. DESA, Population Division. CC.

La población urbana también crece sin freno, en España más del 80 %. Los datos describen un país con personas más mayores, menos niños y que sigue concentrándose en ciudades. El 72 % de los residentes en España ocupa el 1 % del territorio. Las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona acogen al 23 % de la población nacional (INE, 2019).

El mundo se encuentra en un proceso de transformación urbana a causa de unos cambios demográficos sin precedentes, que tienen sus orígenes en los siglos XIX y XX y que continúan todavía en el siglo XXI. Vivimos un profundo proceso de urbanización a escala mundial, las personas se trasladan a vivir a las zonas urbanas y a sus áreas metropolitanas y las ciudades siguen creciendo.

La tendencia indica que se prevé que el número de «megaciudades», ciudades con más de 10 millones de habitantes, aumente de 33 en 2018 a 43 para el año 2030. Que 66 ciudades tengan entre 5 y 10 millones de habitantes, y que 710 ciudades tengan entre 500.000 y 1 millón de habitantes (UN, 2018a).

A la cabeza de ellas, se encuentra Tokio, la urbe más poblada con 37 millones de personas, y, detrás de ella, Nueva Delhi con 29 millones. Se piensa, que las megaciudades no dirigirán el crecimiento demográfico urbano, sino que serán las urbes con menos de un millón de habitantes, especialmente en Asia y África, las que liderarán la tendencia (UN, 2018b). El aumento de la población urbana –sobre todo en los países de ingresos medios y bajos, que son los que lideran la tendencia– implica prestar atención a aspectos como la vivienda, la movilidad, el alojamiento, las necesidades energéticas, los servicios educativos y sanitarios, el empleo, etc., para poder satisfacer las necesidades de los ciudadanos. El espacio urbano se ha vuelto cada vez más diverso y complejo. El sistema de transporte público se convierte en un elemento básico y fundamental de las dinámicas de funcionamiento y desarrollo de las ciudades. Pero también se debe ser muy consciente de que los problemas y esquemas de solución a estos procesos acelerados de urbanización global no se pueden generalizar, sino que deben responder –caso a caso– al contexto social, cultural, ambiental, económico específico de cada uno.

LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LA SALUD

Los problemas actuales de contaminación atmosférica empezaron esencialmente en la década de los setenta del siglo XX, debidos al aumento de

la población y de su nivel económico que provocó una mayor demanda de electricidad y crecimiento de la producción de las fábricas, con la emisión principalmente de humos negros –signo de una mala combustión– y óxidos de azufre y nitrógeno que se emitían por las chimeneas; situación que mejoró sustancialmente por la imposición de estrictos límites de emisión y el uso de combustibles más limpios. Pero ya en la década de los noventa, con el crecimiento de las ciudades y en especial con su motorización, los problemas de contaminación atmosférica se movieron hacia el deterioro de la calidad del aire en las ciudades y sobre todo su relación con el tráfico urbano. Sin olvidar otras fuentes de emisiones, como fue la construcción de aeropuertos y del número de vuelos, y también en las ciudades costeras, las debidas al aumento de la actividad portuaria.

Una parte muy importante de la población mundial, europea y española respira cada día aire contaminado, que incumple los valores guía de calidad del aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/]. Situación que ha sido puesta de manifiesto por la OMS, y por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), entre otros organismos internacionales. Las últimas estimaciones de la AEMA y la OMS sobre la repercusión sanitaria de la contaminación atmosférica son realmente alarmantes y preocupantes. La OMS (2019) estima que nueve de cada diez personas respiran aire contaminado todos los días; y considera que la contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), el 12 de junio de 2012, clasificó los gases de escape de los motores diésel como cancerígenos para los seres humanos (Grupo 1), basándose en pruebas suficientes de que la exposición se asocia con un mayor riesgo de cáncer de pulmón (IARC, 2012). Y el 17 de octubre de 2013 anunció la clasificación de la contaminación del aire exterior como cancerígeno para los seres humanos (Grupo 1) (IARC, 2013).



La exposición a la contaminación del aire afecta seriamente la salud de las personas.
Imagen cedida por Pixabay.

Durante los episodios de alta contaminación –con una duración de varios días–, los efectos pueden ser graves. La exposición a medio y largo plazo también causan y agravan las afecciones crónicas y de las vías respiratorias inferiores, como alergias, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y bronquitis. En las personas con enfermedades cardíacas, la exposición a PM_{2.5} (material particulado en suspensión inferior a 2,5 micras) puede provocar arritmias, ataques cardíacos e incluso la muerte. Además, los grupos de personas, incluidos niños, mujeres embarazadas, ancianos y personas con problemas cardíacos y pulmonares, se ven más afectados por la exposición a la contaminación del aire que otros colectivos.

Desde el punto de vista de la salud pública, los efectos más sustanciales de la contaminación del aire provienen de la exposición a largo plazo. Estas exposiciones aumentan las posibilidades de que una persona desarrolle e incluso muera prematuramente por enfermedades cardíacas crónicas, enfermedades respiratorias, infecciones pulmonares, cáncer de pulmón, diabetes y otros problemas de salud.

La contaminación del aire fue el cuarto factor de riesgo principal de muerte prematura en todo el mundo en 2019, superado solo por la presión arterial alta, el consumo de tabaco y la mala alimentación (IHME, 2020). Como hemos señalado, la OMS (WHO, 2019) estima que nueve de cada diez personas respiran aire contaminado todos los días; y considera que la contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud. Los contaminantes del aire pueden penetrar en los sistemas respiratorio y circulatorio, dañando los pulmones, el corazón y el cerebro, matando a siete millones de personas prematuramente cada año por enfermedades como cáncer, derrames cerebrales, enfermedades cardíacas y pulmonares. El uso de combustibles fósiles en la movilidad urbana es una de las causas principales de esta contaminación, que además es un factor determinante que también contribuye al cambio climático, y que afecta a la salud de las personas de diferentes maneras. Los ciudadanos se ven afectados por la contaminación del aire, especialmente en las zonas urbanas donde coinciden mayores densidades de población y altos niveles de contaminación del aire. Datos del año 2016 reflejan que, en Europa, las muertes prematuras por la mala calidad del aire se elevan hasta medio millón, 412.000 por exposición a partículas inferiores a 2,5 micras de diámetro (PM2.5), 71.000 por exposición a dióxido de nitrógeno (NO₂) y 15.100 por exposición a ozono troposférico (EEA, 2019).

En España, las víctimas de la contaminación son superiores a 30.000 al año, 24.100 por partículas PM2.5, 7.700 por NO₂ y 1.500 por ozono, lo que supone duplicar los 16.000 fallecimientos prematuros anuales que se estimaban hace apenas una década. A día de hoy, las numerosas y múltiples pruebas del efecto negativo de la contaminación atmosférica en la salud de las personas nos señalan que está totalmente probado, y que es una de las causas principales en producir muerte prematura y fuente de enfermedades.

LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y LA ECONOMÍA

Además, los efectos de la contaminación atmosférica también tienen unos importantes costes económicos. Según el informe del Banco Mundial y del

Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME), la contaminación del aire le costó a la economía mundial aproximadamente 225 mil millones de dólares en 2013. La valoración específica para España en el año 2013 en términos de pérdidas totales de bienestar, se estima en 49.331 millones de dólares, lo que representa el 3,4 % del PIB (WB, 2016).

El reciente estudio publicado Ephea (2020), que investiga los costes sociales de la contaminación del aire relacionados con la salud en 432 ciudades europeas de 30 países, considera que los costos que afectan al bienestar comprenden tanto los gastos directos de atención de la salud, como los impactos indirectos en la salud. Para las ciudades consideradas, que representan una población de 130 millones de habitantes, los costes sociales cuantificados superaron los 166.000 millones de euros en 2018. La mayoría de estos costos se relacionan con la mortalidad prematura. La contribución promedio de la mortalidad a los costos sociales totales es del 76,1 %, mientras que la contribución media de la morbilidad es del 23,9 %. En el caso de las ciudades de Barcelona y Madrid, los costos sociales estimados fueron respectivamente de 2.020 y 3.383 millones de euros.

EL TRANSPORTE Y LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La dimensión y posibilidades de los sistemas de transporte actual permiten alcanzar altas cotas de movilidad, tanto de personas como de mercancías, pero también contribuyen significativamente al deterioro del medio ambiente y de la salud humana con la emisión de gases contaminantes y GEI, la contaminación acústica y la fragmentación del territorio. En el año 2016 se emitieron mundialmente cerca de 50 Gt CO₂eq. El sector energético (electricidad, calor y transporte) fue responsable del 73,2 %; de este porcentaje, al transporte le corresponde un 16,2 %, y a los edificios (comerciales y residenciales) un 17,5 %. Estas cifras no incluyen las emisiones de la fabricación de los vehículos, que son computadas en el sector de producción industrial (Ritchie, 2020).



La presión que el transporte ejerce sobre el medio ambiente no deja de incrementarse, especialmente la del tráfico rodado, sin olvidar el transporte marítimo y el aéreo. Imagen cedida por Pixabay.

Las emisiones de GEI de los diferentes sistemas de transporte a escala mundial se subdividen de la siguiente forma:

- **Transporte terrestre** (11,9 %). Son las emisiones derivadas del consumo de gasolina y diésel, que incluye automóviles, camiones, motocicletas y autobuses. El 60 % proviene de los automóviles, motocicletas y autobuses; y el 40 % restante del transporte de mercancías por carretera (camiones y camiones).
- **Aviación** (1,9 %). Son las emisiones del transporte aéreo de pasajeros y mercancías, y de la aviación nacional e internacional. El 81 % de las emisiones de la aviación proviene de los viajes de pasajeros; y 19 % de carga. De la aviación de pasajeros, el 60 % de las emisiones proviene de viajes internacionales y el 40 % de nacionales.
- **Transporte marítimo** (1,7 %). Son las emisiones del consumo de combustibles en barcos. Incluye los viajes marítimos tanto de pasajeros como de carga.

- **Ferrocarril** (0,4 %). Son las emisiones de los viajes por ferrocarril de pasajeros y mercancías.
- **Oleoductos** (0,3 %). Corresponde a los combustibles y los productos básicos (petróleo, gas, agua o vapor) transportados (ya sea dentro o entre países) a través de oleoductos.

En el período de 1990 a 2019 las emisiones mundiales de CO₂ por las distintas formas de transporte han aumentado en un 78 %, en el sector marítimo un 97% y en el aéreo un 143 %; los edificios en un 8 %; y el total de todos los sectores emisores en un 68 %. En el marco de la Unión Europea (UE), el transporte es el único sector que ha aumentado en un 20 % desde 1990 a 2018, mientras que los demás sectores emisores han disminuido entre un 22-40 %, y es el transporte el que contribuye con un 26 % de las emisiones totales de CO₂eq de la UE (EEA, 2020). Los coches representan el 43,5 %, las furgonetas el 8,5 %, los camiones y autobuses el 19 %, las motos el 1 %, la navegación marítima el 13,5 %, la aviación el 14 %, y los trenes únicamente el 0,5 %.

En España, desde 1990 a 2018 las emisiones de CO₂eq del sector del transporte han tenido un aumento del 54 % y representan el 25 %; mientras que el sector de edificios lo ha hecho en un 80 %; y el total en un 13 % (EEA, 2020; JRC, 2020). Se puede observar fácilmente que dos sectores que están fuertemente asociados a las ciudades son los que en los últimos treinta años han aumentado fuertemente las emisiones de GEI. El transporte es cada vez menos sostenible a efectos medioambientales.

En 2019, las emisiones procedentes del uso de combustibles fósiles, la producción de cemento, la deforestación y otros cambios en el uso de la tierra dispararon las concentraciones de CO₂ en la atmósfera hasta un valor equivalente al 148 % del nivel preindustrial de 278 ppm, el promedio mundial anual superó el umbral de los 410 ppm. Este valor de la concentración representa el punto de equilibrio de los flujos entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre; durante la última década, alrededor del 44 % del CO₂ ha permanecido en la atmósfera, el 23 % ha sido absorbido por los océanos, el 29 % por la tierra y el 4 % restante del balance no tiene una atribución específica. Esta

velocidad de aumento de la concentración del CO_2 no tiene precedentes en los registros climáticos existentes en el último millón de años (WMO, 2020).

Desde 1990, el forzamiento radiativo total, es decir la diferencia entre la energía recibida de la luz solar absorbida por la tierra y la energía irradiada en el infrarrojo terrestre de vuelta al espacio, que al no estar en equilibrio ejerce un efecto de calentamiento sobre la Tierra potenciando el efecto invernadero natural, ha subido un 45 % a causa de los GEI. Cuatro quintas partes de ese aumento se deben al aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera.

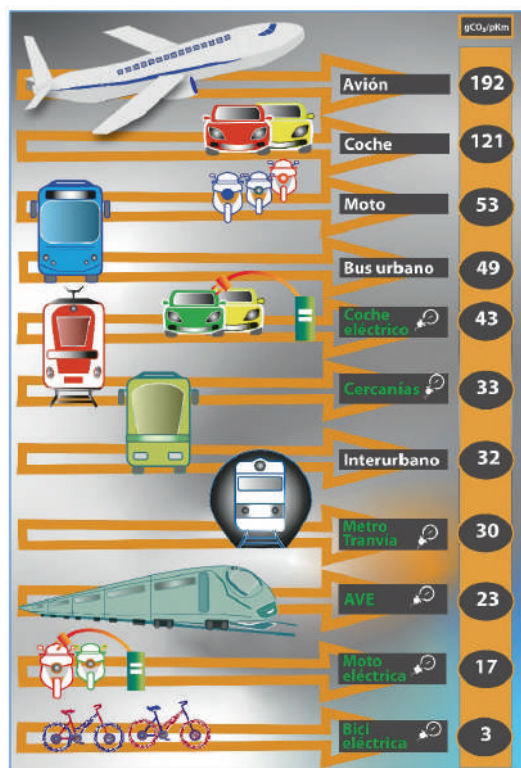
Las emisiones actuales permanecen durante siglos en la atmósfera y aún más tiempo en los océanos. El CO_2 permanece alrededor de mil años, el N_2O cerca de cien años y el CH_4 diez años. Además, el sistema climático de la Tierra añade un desfase en el tiempo debido a la absorción del exceso de calor en las aguas superficiales y profundas de los océanos. Así que, cuanto más rápido se reduzcan las emisiones, habrá menos posibilidad de llegar al calentamiento de 2 °C que fue establecido por los países en el Acuerdo de París. Este acuerdo ha marcado claramente la necesidad de unos objetivos muy ambiciosos en cuanto a la reducción de GEI que nos deben llevar a unas emisiones netas nulas en el año 2050, con objetivos intermedios cada vez más exigentes. Los términos «neutralidad de carbono» y «climáticamente neutro» se utilizan indistintamente para reflejar dicho objetivo.

El transporte es responsable de más del 25 % de las emisiones de GEI de la UE y es un sector que contribuye significativamente al actual cambio climático. Reducir las emisiones del transporte es fundamental para hacer realidad la ambición de tener cero emisiones netas de GEI para 2050, como se establece en el Pacto Verde Europeo (*European Green Deal*). Para lograr los objetivos climáticos de París se deben reducir las emisiones debidas al transporte. Para respaldar una reducción de las emisiones de GEI debidas al transporte, la Directiva de calidad del combustible de la UE establece el objetivo de que los proveedores de combustible reduzcan la intensidad de emisión de los combustibles vendidos en la UE en un 6 % para 2020, en comparación

con 2010. En 2017, la intensidad de emisión media de combustibles en la UE fue un 3,4 % menor que en 2010, por lo que no se cumplió el objetivo indicativo de una reducción del 4 % para 2017. En 2018, la intensidad de emisión media fue un 3,7 % menor que en 2010.

Es importante valorar la emisión de CO₂ según los distintos medios de transporte utilizados. Teniendo en cuenta factores tales como la ocupación y los consumos medios en uso urbano e interurbano, según corresponda, se observa que la emisión de CO₂ por viajero y kilómetro recorrido varía de forma significativa según el tipo de vehículos que utilicemos para movernos, las diferencias entre los distintos medios son sustanciales (IDAE, 2020).

Las emisiones medias de emisión de CO₂ de los automóviles nuevos, es decir los que renuevan el parque circulante, en la UE presentó en 2016 un mínimo de 117,8 gCO₂/km, después de una disminución constante desde el año 2000 con 171 gCO₂/km, aumentando de nuevo desde 2017 con un valor en 2019 de 122,5 gCO₂/km. Las claves de este cambio de tendencia están: 1) en la caída de ventas de los modelos diésel, que emiten menos CO₂ que los vehículos que usan gasolina; 2) al auge fomentado de los SUV, que por su mayor tamaño, mayor peso (los datos muestran que la masa de automóviles vendidos en Europa durante los últimos 15 años creció un 10 % en promedio, de 1.268 kg a 1.392 kg) y aerodinámica menos eficaz consumen más que los turismos (crecimiento en las ventas de SUV que han pasado del 7 % en 2009 al 36 % en 2018 y se espera que alcancen casi el 40 % en 2021); 3) la falta de mejora significativa de las emisiones de CO₂ de los automóviles con motor convencional mediante la instalación de tecnologías más limpias; 4) una oferta limitada de modelos híbridos enchufables y eléctricos puros, restringidos deliberadamente para seguir vendiendo modelos convencionales. En promedio, los SUV tienen emisiones de CO₂ de 16 g/km (o 14 %) más elevados que un modelo compacto equivalente. Por cada 1 % que aumenta su cuota de mercado, de media, las emisiones de CO₂ aumentan en 0,15 g/km. Es decir, el aumento en los SUV desde 2013 ha tenido un efecto en las emisiones de CO₂ diez veces superior que la reducción lograda con la venta de vehículos diésel (T&E, 2019).



Emisión de CO₂ según el modo de transporte (IDAE, 2020). Imagen cedida por Pixabay.

El dato es negativo no solo por las implicaciones directas sobre la contaminación del aire, sino también porque este incremento se aleja del cumplimiento del límite marcado por la UE para 2020 de 95 gCO₂/km. En el año 2025 el objetivo sería una reducción del 15 % del objetivo en 2021, es decir 80 gCO₂/km para las emisiones medias del parque de turismos nuevos; y para el año 2030 del 37,5 %, es decir 60 gCO₂/km. Además, la nueva norma WLTP para homologar el consumo tampoco ayuda, porque es más exigente que la anterior NEDC, y provoca un aumento del consumo de los vehículos, y de sus emisiones, de entre un 10 y un 30 %. Los fabricantes de vehículos que vendan en la UE se enfrentan a multas de 95 euros por cada coche vendido y gramo de CO₂ en que se supere ese límite de 95 gCO₂/km,

que se pueden traducir en cantidades multimillonarias a partir del año 2020. Representa un cambio disruptivo tanto para los fabricantes de automóviles europeos como para los internacionales que venden sus coches en la UE.

A principios de 2019, los Estados miembros de la UE confirmaron el acuerdo alcanzado con el Parlamento Europeo para fijar un objetivo de reducción de emisiones de CO₂ para los coches del 37,5 % y del 31 % para furgonetas en 2030, en ambos casos con respecto al nivel registrado en 2021. El acuerdo incluye un objetivo intermedio de reducción en 2025 del 15 % tanto para coches como para furgonetas, así como una cláusula para una posible revisión de los objetivos y para la introducción de metas vinculantes para 2035 y 2040.

DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA AL MOTOR ELÉCTRICO

En los próximos treinta años el panorama actual sobre los motores, los combustibles y los modos de movilidad se habrán transformado totalmente. Se pueden prefigurar tres escenarios posibles:

- Uno inmediato provocado por la necesidad de tener ciudades con un aire limpio y respirable que afecta esencialmente a su calidad y que se configura con planes centrados en mejorar la calidad del aire, en potenciar el uso de la bicicleta, en la aparición de los nuevos artefactos de movilidad individual como los patinetes eléctricos y otras variantes, o con el surgimiento de plataformas de transporte cooperativo.
- Un segundo escenario que se podría llamar de movilidad neutra de emisiones, asociado a la urgente necesidad de reducción de los GEI especialmente del CO₂; de avanzar en la generalización de los vehículos de cero emisiones, tanto en el sector de los vehículos particulares como en el sector industrial.
- Un tercero más futurista asociado a la movilidad autónoma, pero ya emergente.

Principalmente la UE y Estados Unidos han desarrollado unas normas progresivamente más exigentes que definen y limitan la emisión de contaminantes de los coches. En los últimos 15 años han experimentado una progresiva mayor exigencia en la disminución de las emisiones, a costa de equipar tecnología y filtros altamente sofisticados. Pero en paralelo el parque de vehículos y el número de kilómetros recorridos ha crecido exponencialmente.

En la UE, se aplican las normas EURO de emisión de vehículos, adoptadas y desarrolladas desde el año 1991, y es importante señalar que tienen un amplio seguimiento internacional (China, Argentina, Australia, Brasil, Rusia, India,

Corea, etc.). En Estados Unidos, estas normas se establecieron por primera vez con la promulgación de la Ley de Aire Limpio en 1990. Desde entonces, se han aprobado diferentes fases que han desplegado nuevos estándares de emisión. En 2012, bajo la Administración Obama, se establecieron normas de emisión más estrictas que siguieron el plan propuesto por California, que consideraba que el nivel de eficiencia en el consumo de los automóviles debía ser de 4,3 l/100 km en 2026, norma que es modificada por Trump (2020), que lo aumenta hasta los 5,9 l/100km para el mismo año 2026. Una subida considerable, opuesta completamente a las tendencias de casi todos los mercados mundiales.

El «*dieselgate*» es uno de los mayores escándalos y fraude de la industria del automóvil, denunciado en Estados Unidos en 2015, cuando se destapó que los coches diésel del fabricante alemán Volkswagen ofrecían, en los procesos de homologación de estas normas, valores de emisiones contaminantes inferiores a los reales gracias al empleo de un *software* que lo manipulaba. Proceso que tiene su origen en decisiones que se toman antes del año 2007. Este fraude no solo afecta a los propietarios de los coches vendidos, sino que afecta a toda la población, pues todos respiramos los gases emitidos por el tubo de escape. Este tema tiene también otra lectura muy importante, en lugar de avanzar en el desarrollo tecnológico y en trabajar por respirar un aire limpio y mejorar la salud de las personas, la industria automovilística europea escogió el fraude y el engaño, eligió una opción con fuertes limitaciones ambientales y sociales en su uso, al no aplicar las tecnologías de reducción de las emisiones, frenando la aplicación de tecnologías más limpias. En lugar de asumir de forma decidida el vehículo eléctrico y liderar el profundo cambio de modelo tecnológico que este representa. Es decir, estamos hablando de decisiones estratégicas ambientales, de salud y tecnológicas.

La UE ya está preparando una nueva normativa, EU7, para sustituir a las normas actuales EU6 en 2025, que establece límites de emisión mucho más bajos, situando los valores de monóxido de carbono (CO) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el foco de las limitaciones.

El endurecimiento de los límites de emisión puede suponer, *de facto*, una «prohibición» de la venta de vehículos de combustión interna de diésel y gasolina en 2025. Ya que sus motores no serán competitivos si los límites de emisión son tan excesivamente bajos. Imagen cedida por Pixabay.



Para solucionar la contaminación atmosférica urbana, no hay soluciones tipo «bala de plata», se necesita aplicar un conjunto de medidas todas ellas complementarias. Las principales son potenciar y facilitar al máximo el transporte público, la potenciación del uso de la bicicleta, los sistemas de movilidad compartida, descongestionar la ciudad, y actualizar y electrificar el parque vehicular. Para la mejora de la calidad del aire en las ciudades, es básico la electrificación acelerada del parque de taxis y autobuses por el número de kilómetros que realizan. China encabeza el uso mundial de autobuses de transporte urbano electrificado y ya hay un fabricante de autobuses europeo que ha comenzado la producción en serie de su primer autobús totalmente eléctrico.

El reto de los coches eléctricos (EV) es importante, aunque tienen claras ventajas también tienen sus limitaciones, como todo sistema. Un mérito importante es que permite tener una ciudad con aire más limpio y con menos ruido, más saludable. La reducción fundamental es la total eliminación de los gases y partículas contaminantes emitidos por el tubo de escape, pero no las partículas debidas a la propia circulación del vehículo (desgaste de frenos, desgaste de neumáticos, desgaste del pavimento y resuspensión).

Pero a día de hoy, todavía es una opción cara –especialmente de inversión en la compra, no en su uso y mantenimiento–, con una autonomía en aumento totalmente suficiente para una circulación urbana y metropolitana, y su carga debe ser en los garajes privados y públicos. Otra cuestión son las emisiones indirectas (CO_2 y gases contaminantes) derivadas de la recarga de las baterías, que dependen totalmente del sistema de producción de electricidad del país; que a su vez derivan del necesario plan de transición energética a realizar para reducir las emisiones a fin de poder cumplir con los objetivos del Acuerdo de París sobre el cambio climático. Alcanzar un 40% de vehículos eléctricos en Barcelona (Soret *et al.*, 2014) permitiría cumplir los valores límites de calidad del aire marcados por la UE. Un reciente estudio con respecto a la electrificación del parque vehicular en Taiwán muestra no solo la importante reducción de las emisiones y mejora de la calidad del aire, sino los elevados cobeneficios económicos para la salud (El, 2020). La Agencia Internacional de la Energía (IEA) estima que en el año 2030 más del 50% de los coches vendidos en el mundo serán eléctricos y en 2050 alcanzarán los 50 millones anuales.

Otro factor determinante en la comparativa es la eficiencia energética superior del motor eléctrico de un 75-80 % a un 20 % del motor de combustión interna. Pero si se analiza la eficiencia energética de todo el ciclo de vida, la comparativa indica entre un 51-73 % de la eficiencia total del EV frente a un 13-18 % de los vehículos equipados con motor de combustión interna. En el caso de un vehículo equipado con pila de combustible alimentada con hidrógeno se sitúa entre un 22-26 % (T&E, 2018).

Los estudios del ACV confirman que los vehículos eléctricos, durante todo el ciclo de vida del vehículo, presentan mejores resultados que los vehículos de gasolina y diésel (T&E, 2020a). Estos números deben ser tomados con mucha preocupación, pues los resultados de un ACV son específicos, no son universales. Un coche eléctrico medio de la UE es ya casi tres veces mejor que un automóvil convencional equivalente en la actualidad, y serán considerablemente más limpios en los próximos años a medida que la economía de la UE

se descarbonice, con un promedio de EV más de cuatro veces más limpios que los equivalentes convencionales en 2030 (EEA, 2018). Un VE que circula actualmente por España emite el equivalente a 50 gCO₂/km, este valor está referenciado con respecto a la emisión correspondiente «mix eléctrico». La instalación de cargadores se está efectuando mediante la compra de electricidad basada exclusivamente en energías renovables.

La producción de vehículos eléctricos, como otras aplicaciones de alta tecnología, requiere el uso de metales críticos para las baterías y los motores, incluidos los denominados elementos de tierras raras (REE). Las baterías para vehículos eléctricos son predominantemente de iones de litio, (por ejemplo, NCA, NMC7), que utilizan litio, cobalto, níquel y grafito. Este es uno de los aspectos emergentes y preocupantes que necesita ser objeto de máxima atención, con fuertes condicionantes tanto ambientales como geopolíticos. Pero es un sector tecnológico emergente que está en un acelerado proceso de cambio y desarrollo tanto a nivel de técnica, de los materiales y de sus costes, con un nivel del avance tecnológico de las baterías (materiales, rendimiento, duración,...), del diseño de los motores eléctricos y del diseño de las plataformas de los vehículos, cuyo panorama en los próximos años presentará un marco muy diferente. También es necesario indicar que las baterías de los vehículos eléctricos necesitan ser de una elevada calidad, lo que ya está permitiendo un ciclo de vida con varias fases de uso.

El uso de vehículos híbridos (HEV) es positivo como etapa transitoria hasta alcanzar la total electrificación del EV, tanto para la reducción de consumos como para la evolución tecnológica de las baterías. No obstante, la introducción del mismo ha sido lenta, lo que ahora se presenta como una gran novedad y modernidad, no se menciona que la comercialización del primer vehículo eléctrico –el modelo Prius de Toyota– fue en el año 1997, hace más de veinte años.

El vehículo híbrido enchufable (PHEV) podría ser una buena opción de transición, pero siempre y cuando sus baterías se carguen eléctricamente y no a partir del motor de combustión; test realizados en los modelos más nuevos confirman que emiten más de lo que afirman sus especificaciones, tres ve-

ces mayores que los valores oficiales (ICCT, 2020; T&E, 2020b). Es una cuestión que está siendo controvertida pues afecta a la plataforma base y los componentes de los vehículos de este tipo que están siendo comercializados.

El segundo escenario es un cambio profundo durante los próximos años hacia una movilidad más sostenible, y tiene que ver tanto con la mejora de la calidad del aire de las ciudades como con la reducción de emisiones en el marco del actual cambio climático. Su horizonte temporal es el año 2040, cuando ya no sea posible vender vehículos con motores de combustión gasolina o diésel. A partir de este año, tanto nuevos como usados, siendo sustituidos principalmente por vehículos con motor eléctrico, cuestión no solo considerada en España, que toma como horizonte el año 2040, sino también por muchos otros gobiernos a escala internacional, que se están comprometiendo a incentivar y acelerar la transición hacia una movilidad sostenible, cada vez con plazos de tiempo más cortos, decisión ya adoptada en Noruega en 2025; en Reino Unido, Países Bajos, Austria, India, entre otros, en 2030; en Escocia en 2032, y en Francia en 2040 (T&E, 2019).

También existe la opción de los vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV) que usan también un motor eléctrico como un EV, pero consumen la energía a partir del hidrógeno. En lugar de recargar una batería, los FCEV almacenan gas hidrógeno en un tanque. Su pila de combustible combina hidrógeno con el oxígeno del aire para producir electricidad, el tubo de escape emite como subproducto vapor de agua. La electricidad de la celda de combustible luego alimenta un motor eléctrico, que es el que impulsa el vehículo como un EV. Sus celdas de combustible se recargan rellenando con hidrógeno, lo que puede tardar tan solo 5 minutos en una estación de servicio.

Igual que la electricidad debe producirse, el hidrógeno también se debe producir. Ambos son «vectores o *drivers* energéticos». En el caso de la electricidad sus emisiones dependen del «mix eléctrico» correspondiente. En el caso del hidrógeno se le asignan tres denominaciones en función de la fuente energética utilizada para su producción: 1) hidrógeno gris: generado a partir de recursos fósiles con altas emisiones de CO₂; 2) hidrógeno azul: gene-

rado a partir de recursos fósiles con bajas emisiones de CO_2 ; y 3) hidrógeno verde: generado a partir de fuentes renovables con bajas emisiones de CO_2 .

Existen razones que permiten definir un panorama para el despliegue del hidrógeno. Esencialmente tres: en primer lugar, muy principalmente para el transporte marítimo y aéreo, donde se necesita un almacenamiento de energía para largas distancias o tiempos de viaje; en segundo lugar, en el transporte terrestre de mercancías a larga distancia; y tercero como sistema de almacenamiento energético complementario de las energías renovables.

Por tanto, el hidrógeno verde podría ser una pieza significativa en la descarbonización de la economía. Aunque los avances tecnológicos han permitido disminuir sus costes de producción y utilización, necesita mejoras sustanciales, así como escalar las tecnologías para una eficaz comercialización, y definir una hoja de ruta que optimice el plan de inversiones requerido para la implementación. Además, implica la existencia de una red gasista que facilite su transporte, y la interconexión entre redes energéticas de gas y de electricidad. Se considera que podría ser competitivo a partir de 2030 (Naturgy, 2020).

También con respecto al tráfico marítimo, en su fase de atraque, una de las principales actuaciones es la electrificación de los muelles. En el caso de la ciudad de Barcelona, por ejemplo, esta supone una inversión de más de 60 millones de euros y permitirá reducir las emisiones de NO_x en un 51 % y reducir las emisiones de partículas en un 25 % de aquí al año 2030.

Finalmente, el tercer escenario lo representan los coches autónomos en carreteras inteligentes. La automatización del sistema de conducción dará lugar al vehículo autónomo, en el que el conductor será un pasajero más que podrá realizar otras actividades. La conducción no exigirá atención permanente, sino que el vehículo tomará decisiones, algunas preestablecidas y otras aprendidas. Se han definido diferentes niveles de autonomía, en la actualidad se realizan pruebas funcionales con vehículos de autonomía de nivel 4. Ya se han creado vehículos de nivel 5 –autonomía total–, que se encuentran en período de pruebas. Un factor transcendente serán los aspectos normativos y legislativos. Esto implica también que las carreteras han de modificar su papel

y pasar de algo inerte a algo activo en la movilidad, eficiencia y conectividad con los usuarios de la vía, vehículos y conductores. Los vehículos colectivos sin conductor representan la punta de lanza, y ya se están haciendo pruebas en países como Francia –caso de París–, Suiza, Alemania, Países Bajos, Estados Unidos, Australia o China. Diferentes trabajos apuntan a que existirá una adopción significativa entre los años 2040 y 2060. Se estima que la conducción autónoma hará que la siniestralidad caiga en un 90 %.

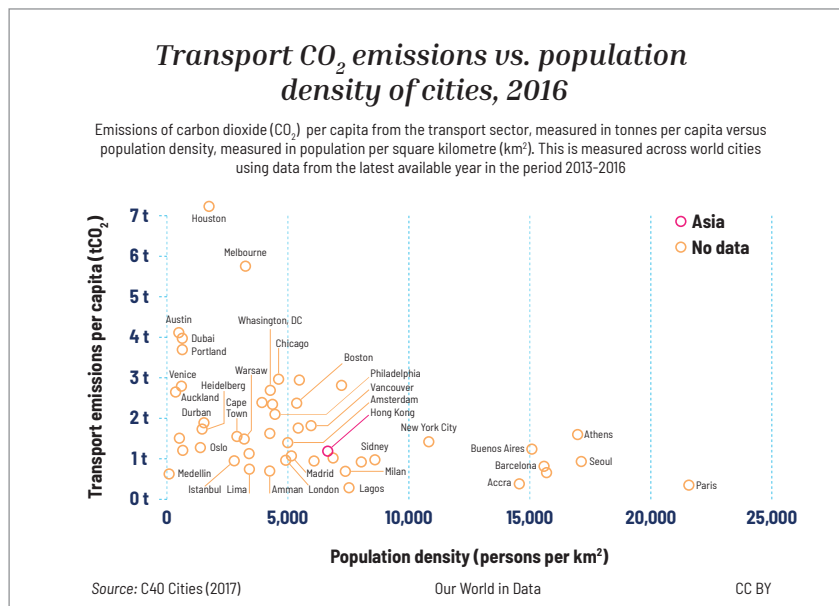
MOVILIDAD *VERSUS* ENERGÍA CONDICIONADO POR EL MODELO URBANO

La agenda social es en esencia una agenda de desarrollo urbano. Por ello, los esfuerzos para afrontar una mayor inclusión social y luchar por la sostenibilidad y contra la pobreza se concentran en atender a las poblaciones residentes en las grandes ciudades. Y dentro de esa agenda, la movilidad urbana es un factor determinante tanto para la productividad económica de la ciudad como para la calidad de vida de sus ciudadanos y el acceso a servicios básicos de salud, educación, comercio, negocios, etc. Los sistemas de transporte urbano masivo, además de una necesidad, se han convertido en oportunidades para lograr avances importantes en la inclusión de los ciudadanos que habitan en las ciudades.

La gestión del desarrollo urbano es una tarea compleja que involucra múltiples niveles de gobierno, así como diversas instituciones públicas y privadas. Para lograr resultados óptimos en esta materia, es necesario:

1. Establecer una sinergia entre el transporte, la accesibilidad, la movilidad y la gestión urbana.
2. Promover el intercambio de información y buenas prácticas entre sistemas de transporte y sus ciudades.
3. Establecer redes de cooperación regionales, entre profesionales, autoridades, asociaciones y usuarios.

El urbanismo actual dominante en Europa es de la segunda mitad del siglo XX, pero en Norteamérica se debe a un urbanismo derivado del coche. En el gráfico podemos ver la relación inversa entre el consumo energético en el desplazamiento versus la densidad urbana. Se observa, desde un urbanismo de desarrollo vertical y supercompacto, al urbanismo típicamente norteamericano de ciudades dispersas y extensivas en el territorio donde el coche individual es el elemento básico para moverse, pasando por un urbanismo intermedio reflejado. El modelo energético que soporte la movilidad va a suponer a las ciudades una diferencia competitiva. Las ciudades que consigan dar una solución a este reto serán más competitivas que las que no lo consigan.



Densidad de población en las ciudades versus emisión de CO₂ por transporte. Fuente: Our World in Data (Ritchie, 2020).

Pero también es muy necesario tener en consideración que no hay soluciones, ni mágicas, ni únicas. No todas las ciudades tienen la misma dimensión, el mismo urbanismo, la misma cultura, la misma economía, la misma localización, etc. En consecuencia, el nuevo modelo de movilidad deberá acoplarse a este contexto diverso.

Más de 200 siglos de historia en los que los ciudadanos han pasado de circular en coches de caballos y carros de bueyes hasta poder hacerlo sobre un patinete eléctrico. Durante todo el siglo XIX, las ciudades comenzaron a crecer más allá de sus murallas dada la necesidad de plantear un ensanche urbano que eliminase la asfixia de un núcleo interior que había permanecido inamovible desde finales del siglo XVI.

La era del ferrocarril comenzó de manera efectiva con la línea Liverpool–Manchester, en 1830. Se conseguía aplicar la máquina de vapor, como sistema energético que tirara de la recién inventada locomotora. Por primera vez iba a ser posible viajar a una velocidad mayor que la diligencia o el caballo. Y en el año 1879: Werner von Siemens construye en Alemania la primera locomotora eléctrica.

El metro, la red de transporte público ferroviario eléctrico urbano, que funciona tanto de forma subterránea como en superficie, es el sistema de transporte de este tipo más antiguo del mundo. Entró en funcionamiento en Londres en el año 1863 con locomotoras de vapor. En 1905 la gran mayoría de las vías fueron electrificadas. El rápido crecimiento que experimentó la ciudad provocó la obligación de modernizar los accesos y los medios de transporte, así como asentar una red de movilidad que influiría de manera determinante en la morfología de su plano y que propicia también el transporte público urbano. Este, debido a su alto precio, fue inicialmente un sistema preferentemente utilizado por la aristocracia y la alta burguesía para sus desplazamientos pero con la extensión y densificación de la red viaria, la población de nivel modesto también pudo acceder poco a poco a este modo de desplazamiento, potenciándose el desarrollo de un transporte público económico. Este modo de transporte consistía inicialmente en un carro de pasajeros cerrado y tirado por caballos o mulas. El transporte público regular aportó las paradas, horarios y tarifas establecidas. Una auténtica revolución en una ciudad que estaba cambiando sus hábitos y costumbres, y que se convirtió en el medio de transporte más utilizado. Finalmente, el gran cambio llegó adaptando las ciudades a la movilidad mediante el coche, en la segunda mitad del siglo XX.

La ciudad inteligente (*smart city*) es un concepto poliédrico. Se habla de movilidad, pero también de amabilidad, de participación ciudadana, etc., pero esto implica muchas más cosas que incorporar sensores para medir cualquier cosa. La pauta es avanzar hacia soluciones concretas a retos comunes a partir de la explotación de los datos para resolver el complicado problema de la movilidad en las áreas metropolitanas y alcanzar el objetivo de una ciudad climáticamente neutra y con aire limpio. Se hace imprescindible tener visión metropolitana para afrontar los retos del presente. El futuro de la movilidad urbana en ciudades medianas y grandes se basará en el transporte colectivo. Más que los cambios espectaculares que se prevén en los vehículos y su autonomía, la evolución se deberá a la utilización al máximo de los métodos de información, que será lo que permita sacar el máximo partido a esta nueva tecnología. El peatón tiene que ser el usuario principal de la ciudad. Hay que cuidar que el peatón se encuentre en un entorno agradable. En la convivencia entre peatón y los vehículos está la clave. Por ejemplo: defender que en las vías cercanas a la circulación de los peatones no se superen los 30 kilómetros por hora, ya que cuando se producen accidentes con vehículos a más velocidad se multiplican por cinco las posibilidades de muerte.

Necesitamos más transporte público y mejor con un máximo grado de conectividad entre sus diversos modos y con la máxima frecuencia de paso. Con una conexión del transporte público tanto en superficie como en subterráneo que tome en consideración, especialmente también, la ciudad como un área metropolitana. Para eso tenemos que hacer un uso racional del automóvil. Redimensionar su utilización. Mover mil kilos para transportar unos pocos kilómetros a una persona es ineficiente. Electrificar el parque circulante no es suficiente, es necesario reducir el número de vehículos que circulan, en otras palabras, descongestionar. El gran reto que tenemos los próximos años es conseguir con muchos menos automóviles, más eficientes, mover el mismo número de personas o más. Más motocicletas –o un vehículo equivalente–. El éxito va a consistir en bajar el peso del automóvil y ahí la moto va a tener un papel clave ya que está conceptualizada para la ciudad y es la gran olvidada. No tiene espacio en el diseño urbano: el coche

tiene su carril, la bici el suyo, el peatón su acera, la moto no. Todo ello complementado por las bicicletas, ya sean las de uso urbano o las personales de recreo. La mayoría son ya eléctricas, teniendo en cuenta que las ciudades cada vez van a estar más habitadas por personas mayores. Siguiendo con los patinetes, los escúteres o las motos de los servicios de movilidad compartida. Todo funciona con baterías. Y continuando con los coches de *carsharing* de pequeño tamaño y eléctricos.

Otro reto es la última milla (*last mile delivery*), que tiene que ver con la entrega de paquetería. No es extraño al movernos por la ciudad ver una furgoneta de reparto bloqueando la vía pública. En el momento que seamos capaces de resolverlo de una manera más eficiente y coordinada, el impacto sobre el tráfico, el ruido y la contaminación también va a ser mucho menor. El objetivo es que los vehículos se desplacen los menos kilómetros posibles y que esos kilómetros sean más verdes. El uso de la tecnología puede transformar sectores como el del reparto de mercancías para reducir la congestión, el consumo de energía y la contaminación. El uso de vehículos sostenibles para hacer la entrega final desde puntos de reparto en el interior de la ciudad es una de las fórmulas con más efectos.

Otro de los problemas de movilidad en las ciudades no tiene que ver con los coches que circulan, sino con los vehículos que están quietos. Cerca del 30 % de los coches que vemos circulando están buscando aparcamiento. Lo que empuja a un uso compartido del vehículo, que transforma el modelo de movilidad, desde la propiedad a compartirlo. Más, cuando, además, el espacio público se comprime en ciudades que crecerán más en vertical que en superficie. Además, en la mayoría de los desplazamientos, la persona que va en coche a su destino suele hacer ida y vuelta, el desplazamiento medio es de unos 12-20 km, así que puede hacer unos 25-40 km/día. Un taxi hace unos 200-250 km en un día laborable, es decir, que multiplica de 6 a 10 los viajes de un particular. Además, un 54,6 % se hacen en vacío buscando pasajero, mientras que un 45,4 % se realizan con algún ocupante (generalmente uno).

La transformación digital está motivando este gran cambio, principalmente en las ciudades. Las aplicaciones de movilidad no son el futuro, son el presente. Y se está observando una rápida adopción de estos servicios en edades muy distintas. El segundo impacto se producirá sobre la forma de gestionar los envíos. La llegada del 5G brinda la posibilidad de que los vehículos de reparto sean más autónomos, incluso que se desarrollen rutas no tripuladas debido al nivel de predicción que tendrán gracias a la gran información de su entorno, pero también con las señales de tráfico de las ciudades. Lo que proporcionará, también gracias a la baja latencia y la inteligencia artificial, realizar rutas a tiempo real para envíos más rápidos y eficaces.

Al analizar los planes de calidad de aire de diferentes ciudades y áreas metropolitanas, su principal objetivo es reducir las emisiones, no mejorar la movilidad de las personas. Y al revés, al analizar los planes de movilidad de diferentes ciudades y áreas metropolitanas, su principal objetivo es mejorar la movilidad, no mejorar la calidad del aire que respiran las personas que viven en dichas zonas. ¿Qué significa esto? Que las medidas que plantean no tienen en cuenta las necesidades de la gente. En consecuencia, el modelo de movilidad de un determinado ente urbano debe ser a la vez sostenible y suficiente.

CAMBIOS EN EL ACTUAL MODELO DE MOVILIDAD

Los patrones de movilidad del siglo XX que hemos conocido hasta ahora están cambiando de forma acelerada, y además necesitamos su cambio. El futuro de la movilidad se encuentra revolucionado. Nos encontramos en una profunda etapa de transición disruptiva. Existe una alta probabilidad que pasemos de una movilidad urbana basada esencialmente en el coche privado, grandes y pesados (tipo SUV) y un transporte público limitado, movidos por un motor de combustión interna alimentados de gasolina y gasóleo, soportando diferentes tipos de impuestos, a un nuevo modelo basado en el transporte público extenso *comodal*, al uso de coches eléctricos alimentados por electricidad, pequeños y ligeros compartidos, pagando por su uso

y totalmente conectados. Ello debería permitir tener unas ciudades con un aire limpio y ser neutras climáticamente. Cambios en los modelos de movilidad ha habido siempre, en la Roma imperial ya había lo equivalente a las Zonas de Baja Emisión, los carruajes de mercancías no podían circular a determinadas horas del día. La previsión del futuro es una cosa muy complicada y normalmente siempre falla, por lo que se debe ser a la vez ambicioso, razonable, y posibilista.

CONCLUSIONES

A día de hoy, la prueba del efecto negativo de la contaminación atmosférica en la salud de las personas está totalmente probado, siendo el cuarto factor de riesgo en producir muerte prematura. Tenemos la imperiosa necesidad de reducir totalmente las emisiones de GEI, y especialmente las de CO₂.

Necesitamos descongestionar las ciudades en el marco de un nuevo modelo urbanístico que tenga como base su crecimiento demográfico y su movilidad. Y que a la vez sean saludables. En consecuencia, se deben definir y llevar a término un conjunto de planes que deben ser muy ambiciosos:

- Planes de descongestión del vehículo en los centros urbanos.
- Planes de electrificación tanto del transporte público (autobuses-taxis) como privado.
- Planes de carga eléctrica intraurbana en garajes privados y de aparcamiento en las zonas urbanas y de alta potencia interurbana.
- Planes de modernización del parque circulante.
- Planes del servicio del transporte público, especialmente en cercanías, con visión de área metropolitana.
- Planes de conexión intermodal.

- Planes de movilidad digital.
- Planes de hidrogenación para el transporte marítimo y aéreo.

El crecimiento todavía exponencial de la población humana, y en consecuencia del tamaño de las ciudades, nos obliga a un cambio radical de perspectiva, pues las recetas actuales se están volviendo insuficientes. Tenemos una perspectiva de los cambios en movilidad para los próximos diez años todavía muy diferentes a los cambios necesarios y potenciales para dentro de los próximos treinta años.

Pero también es muy necesario tomar en consideración que no hay soluciones, ni mágicas, ni únicas. No todas las ciudades tienen la misma dimensión, el mismo urbanismo, la misma cultura, la misma economía, la misma localización, etc. En consecuencia, el nuevo modelo deberá acoplarse a este contexto diverso.

Los estudios de ACV confirman la bondad de los vehículos eléctricos si las recargas se hacen con energías renovables *versus* los vehículos con motor de combustión. El actual cambio climático y la contaminación de las ciudades los hacen necesarios como opción tecnológica.

No obstante, ello nos lleva a cuestionarnos si habrá minerales suficientes sin generar impacto ambiental. La electrificación de los transportes es un paso imprescindible para la salud del planeta, y de los humanos. Necesitamos urgentemente, aun así, avanzar lo antes posible en fusión nuclear. Es tiempo de racionalizar el uso del automóvil, especialmente en el marco de las ciudades y sus áreas metropolitanas, que pasa entre otros factores por su electrificación, en un horizonte temporal máximo de cinco años, mejor que diez, sin olvidar la contribución específica para las ciudades con puertos y aeropuertos.

Estos factores deberían permitir alcanzar una mejora de la calidad del aire que se respira en las mismas y una reducción de las emisiones de CO₂ para

seguir, en un horizonte de medio y largo plazo, avanzando en la evolución de los modelos de movilidad emergentes.

Los patrones de movilidad del siglo XX que hemos conocido hasta ahora están cambiando de forma acelerada y prometen más cambios todavía. El futuro de la movilidad se encuentra revolucionado. Nos encontramos en una profunda etapa de transición.

La reducción de emisiones de GEI a través de diferentes mecanismos de mitigación no solo provocará una reducción global de los GEI, sino que también eliminará la contaminación del aire a escala local y regional, y creará un impacto positivo en la salud humana.

REFERENCIAS

- EEA. 2018 Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. *European Environment Agency Report No 13/2018*, 80 pp. https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle/at_download/file
- EEA. Air Pollution. Health Impacts of Air Pollution. Copenhagen: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), 2019, 10 pp. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution>
- EEA. *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2018 and inventory report 2020*. Copenhagen: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), 997 pp. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2020>
- Epha. *Health costs of air pollution in European cities and the linkage with transport*. Delft: CE Delft, 2020, 86 pp. https://www.cedelft.eu/assets/upload/file/Presentaties/2020/Presentation%20Sander%20de%20Bruyn%20CE%20Delft%20EPA%20Event%20October%202021_2020.pdf
- IARC. IARC: Diesel Engine Exhaust Carcinogenic. Press Release No. 213, 12 June 2012. Lyon: IARC, 2012. https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf

- IARC (2013) IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release No 221, 17 October 2013. Lyon: IARC, 2013. https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf
- IDAE. Emisiones de CO₂ por modos de transporte motorizado (web). Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2020. <https://www.movilidad-idae.es/destacados/emisiones-de-co2-por-modos-de-transporte-motorizado>
- EI. The benefit matrix of greenhouse gas mitigation and health co-benefits from air pollution: The performance of private on-the-road transport. *Environment International* 2020 (en prensa).
- ICCT. Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO₂ emissions. Berlín: International Council on Clean Transportation (ICCT) Europe, 2020, 57 pp. <https://theicct.org/publications/phev-real-world-usage-sept2020>
- IHME. *State of Global Air/2020. A special report on global exposure to air pollution and its health impacts*. Boston: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) - Health Effects Institute (HEI), 2020. 28 pp. <https://www.stateofglobalair.org/>
- INE. Cifras de población (web). Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 2019. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981
- JRC Science for Policy Reports: Crippa M., Guizzardi D., Muntean M. et al. *Fossil CO₂ emissions of all world countries - 2020 Report*, EUR 30358 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, 244 pp. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/fossil-co2-emissions-all-world-countries-2020-report>
- Naturgy. Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada. Madrid: Fundación Naturgy, 2020, 276 pp. <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/hidrogeno-vector-energetico-de-una-economia-descarbonizada/>

- Ritchie H. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? Our World in Data, 2020. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Soret A., Guevara M., Baldasano J.M. The potential impacts of electric vehicles on air quality in the Urban Areas of Barcelona and Madrid (Spain). *Atmospheric Environment* 2014; 99: 51-63. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.09.048
- T&E. *CO₂ emissions cars: The facts*. Bruselas: Transport & Environment, 2018, 53 pp. [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO₂_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf)
- T&E. *Mission impossible: How car makers can reach their 2021 CO₂ targets and avoid fines*. Bruselas: Transport & Environment, 2019, 55 pp. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/T%26E_201909_Mission%20possible_vF.pdf
- T&E. *How clean are electric cars? T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions*. Bruselas: Transport & Environment, 2020a, 33 pp. <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/T%26E%E2%80%99s%20EV%20life%20cycle%20analysis%20LCA.pdf>
- T&E. *Plug-in-hybrids. Is Europe heading for a new dieselgate?* Bruselas: Transport & Environment, 2020b, 93 pp. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_11_Plug-in_hybrids_report_final.pdf
- UN. *The world's cities in 2018: data booklet*. Biblioteca Digital Naciones Unidas, 2018a, 34 pp. <https://digitallibrary.un.org/record/3799524>
- UN. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Naciones Unidas, DESA, 2018b, 34 pp. <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- UN. *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Naciones Unidas, DESA, 2020. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- WB. *The cost of air pollution. Strengthening the economic case for action*. Washington: International Bank for Reconstruction and Development/

The World Bank, 2016, 122 pp. <http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>

WHO. Ten threats to global health in 2019 (web). Ginebra: OMS, 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>

WMO. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019. *WMO Greenhouse Gas Bulletin* 2019, No. 16, 23 November 2020, 8 pp. https://mcusercontent.com/daf3c1527c528609c-379f3c08/files/279cb390-e91d-4506-9c23-bc538d68fa35/GHG_Bulletin_16_print_en.01.pdf

