

4. Contaminació urbana

La majoria dels residus volàtils que l'home llença no arriben a ascendir més d'uns quants centenars de metres. En aquesta zona de l'atmosfera, la troposfera, l'aire es troba en contacte amb la superfície terrestre i el seu moviment està afectat per la rugositat d'aquesta. Això produeix turbulències i, com a conseqüència, la mescla constant dels components atmosfèrics. Per aquesta raó, la zona més baixa de l'atmosfera terrestre rep el nom de "capa de mescla".

En principi, degut al constant moviment de les masses d'aire, els residus que es verteixen es desplacen mentre es troben en aquesta capa de mescla fins que es dilueixen i són assimilats per l'atmosfera. Només si la quantitat de residus i la seva aportació és constant i, si a més les condicions climàtiques són les favorables, els contaminants poden perdurar en una determinada zona molt local i durant un període llarg de temps, el que provoca que els seus efectes es deixin veure de forma notable.

Aquestes condicions de les que he estat parlant són moltes vegades les que ens trobem a les ciutats densament poblades, així com en centres industrials de gran activitat productiva. Aquests llocs propicien el desenvolupament dels intensos episodis de contaminació, els efectes dels quals són molt negatius per a les persones que hi habiten.

El clima urbà pot ser completament diferent del present al seu voltant. En primer lloc sol haver un relleu més abrupte, format per edificis de diferents alçades, cosa que provoca una major resistència en el transport dels contaminants. En segon lloc el balanç energètic de la ciutat es troba pertorbat per la urbanització del sòl. Els materials de construcció absorbeixen la radiació solar, augmentant així la temperatura del sòl durant el dia.

D'altra banda, la majoria dels afluents aquosos que circulen per la ciutat ho fan a través del clavegueram i de forma subterrània, i per tant, queda reduït el temps de contacte entre l'aire i l'aigua, el que també contribueix a l'escalfament de les zones urbanes.

Sabem també que existeixen encara molts més fenòmens urbans que afavoreixen l'augment de les temperatures: l'activitat industrial, el trànsit, les calefaccions domèstiques, etc.

Finalment, la mateixa presència de contaminants a l'atmosfera dóna lloc a l'increment de les temperatures. Sobretot les partícules sòlides en suspensió, que són residus generats de manera habitual, principalment per la combustió de carburants fòssils sòlids i líquids, que absorbeixen la radiació infraroja que emet el sol al refredar-se. Això produeix l'escalfament de les masses d'aire que es troben directament en contacte amb la superfície urbana.

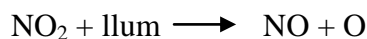
A més, les partícules sòlides en suspensió a l'atmosfera urbana, juntament amb altres contaminants, a l'absorbir la radiació que prové del sol urbanitzat, dóna lloc a la formació d'una inversió tèrmica: una capa de l'atmosfera urbana es torna més calenta que la resta de capes inferiors.

L'estancament de les masses d'aire juntament amb la incidència de la llum solar, afavoreix el desenvolupament de múltiples reaccions químiques.

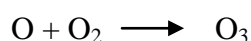
Aquest estancament fa que augmentin els nivells de residus a l'atmosfera. La presència de cada vegada més partícules sòlides en suspensió, provoca sobretot la formació de boirines, i la humitat ambiental s'eleva. Això dóna lloc a l'establiment de l'anomenat *smog*¹. Ja que la majoria d'aquests processos químics atmosfèrics s'activen gràcies a la llum solar, quan ens trobem en un episodi d'intensa contaminació urbana desenvolupada sota aquestes circumstàncies, el denominem "smog fotoquímic".

A part d'això, la presència d'altres contaminants afavoreix el desenvolupament de reaccions químiques entre ells, les quals generen a la seva vegada, altres contaminants secundaris.

La reacció fotoquímica que inicia la cadena de processos a l'atmosfera urbana, és la fotodissociació del NO₂, contaminant típic de les ciutats que es genera a causa de la fixació del nitrogen atmosfèric en els processos de combustió a altes temperatures:

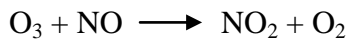


L'àtom d'oxigen és molt reactiu i es combina amb l'oxigen atmosfèric per originar ozó:



¹ Smog: és una barreja d'aire contaminant format de sulfurs i òxids de nitrogen, monòxid de carboni i d'altres gasos que alliberen les fàbriques, els cotxes i les centrals elèctriques. Alguns d'aquests contaminants poden provocar afeccions als ulls, problemes respiratoris i, fins i tot, càncer.

L'ozó, en principi, no s'acumula, ja que reacciona amb l'òxid nítric, format en la primera reacció. D'aquest procés es regenera l' NO_2 :



No obstant, a part dels òxids de nitrogen, a l'atmosfera urbana també existeix una gran varietat de compostos orgànics emesos, principalment, pels tubs d'escapament dels automòbils, a causa d'una



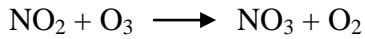
Ciutat molt industrialitzada amb una abundant emissió de gasos contaminants

combustió ineficient. Aquests compostos orgànics reaccionen amb altres agents oxidants, com radicals OH o oxigen atòmic, per donar altres radicals que trenquen el cicle mencionat anteriorment. El resultat final, és l'acumulació de l'ozó a l'atmosfera urbana i la generació d'altres espècies químiques de certa toxicitat. Una d'aquestes és el nitrat de peroxiacetil (PAN), que és el responsable de la típica irritació als ulls en situacions d'intens smog.

L'índex de perillositat d'una atmosfera urbana s'acostuma a mesurar en funció dels nivells d'ozó que presenta. Aquests, comencen a augmentar pel matí, a l'inici de l'activitat humana, arribant a concentracions màximes durant el migdia, aproximadament un parell d'hores després de que es registrin els nivells més alts de NO_2 i d'hidrocarburs en l'atmosfera.

A partir del migdia, la concentració d'ozó disminueix a causa de certes reaccions químiques en les que l'ozó manifesta el seu gran poder oxidant. Així per exemple, l' O_3 transforma el CO a CO_2 i determinats hidrocarburs a aldehyds.

Durant la nit, els nivells d'ozó arriben als mínims, ja que aquest gas reacciona amb els òxids de nitrogen presents a l'atmosfera. Així, l' O_3 reacciona amb NO_2 per donar el radical NO_3 que és molt reactiu i que protagonitza la química nocturna urbana:



Aquests radicals oxiden l'NO a NO₂ i, sobretot, es combinen amb més NO₂ per donar N₂O₅, que és inestable i reacciona amb el vapor d'aigua donant àcid nítric, responsable de l'acidesa de la boirina matinal urbana:



Les conseqüències per a la salut causades per la persistència d'un episodi d'smog poden arribar a ser molt greus. A més dels efectes irritants del PAN, comentats anteriorment, també s'han de destacar els efectes nocius de l'NO₂ i de l'O₃, els quals poden produir problemes respiratoris, si l'exposició a l'smog és persistent. De fet, la sequedat de coll, seguit de mal de cap, són els primers símptomes de la presència d'un excés d'ozó a l'atmosfera.

Hi ha altres constituents de l'smog, que es troben en concentracions més baixes i que també són tòxics. Aquest és el cas del formaldehid (HCHO), que és un gas irritant de les membranes mucoses, o la acroleïna (CH₂=CH-CHO) que, igual que el PAN, produeix irritació als ulls. Per altra banda, en l'smog es troben una gran quantitat de partícules sòlides en suspensió que, a part de produir una reducció dràstica de la visibilitat, origen de molts accidents, poden donar lloc a diferents problemes també respiratoris.

La composició química de l'aerosol² urbà és complexa, ja que depèn dels processos químics que succeeixen a l'atmosfera. En general, les partícules de l'aerosol es componen d'un nucli central, que consisteix en una mescla d'emissions primàries. No obstant, l'aerosol urbà està la major part de les vegades format per negre de grafit procedent de la combustió dels carburants fòssils. Així podem dir que pràcticament la meitat de les partícules sòlides d'origen antropogènic són abocades pels tubs d'escapament dels vehicles motoritzats, sobretot els que funcionen amb motor Diesel. La resta de les partícules sòlides són emeses per les calefaccions domèstiques i les centrals tèrmiques que funcionen amb fuel i carbó, així com també per indústries i d'altres fonts.

Però també s'hi poden trobar òxids metàl·lics, l'origen dels quals pot ser tant natural com antropogènic. Aquests components formen el nucli central de l'aerosol, tanmateix,

² Aerosol: és el nom que rep la mescla heterogènia formada per partícules sòlides o líquides suspeses en un gas.

al seu voltant existeixen altres compostos que es van absorbint a la superfície de l'aerosol. Aquestes substàncies són, en la seva majoria, contaminants secundaris que es van impregnant en l'aerosol al llarg de la seva vida efectiva.

Les partícules d'aerosol poden participar en processos químics que succeeixen a l'atmosfera urbana, actuant fins i tot de catalitzador en determinades reaccions químiques. De fet, les partícules urbanes tenen un cert caràcter àcid, cosa que fa que formin un microambient químicament reactiu i altament corrosiu.

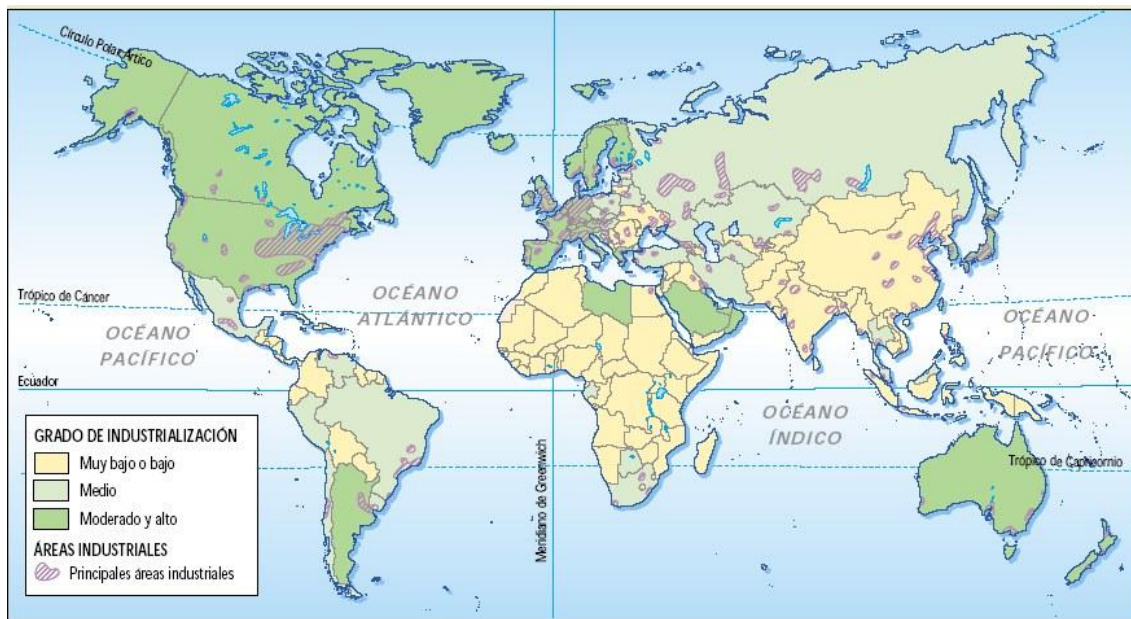
Així per exemple, l' SO_2 emès durant la combustió de carburants fòssils, es transforma ràpidament en àcid sulfúric a la superfície de les partícules d'aerosol que actuen com a catalitzador en el procés. Anàlogament succeeix en la transformació dels òxids de nitrogen a àcid nítric. Per altra banda, s'ha de tenir en compte que les partícules sòlides en suspensió actuen d'agents de condensació del vapor d'aigua present a l'atmosfera. En conseqüència, l'aerosol urbà afavoreix la formació de boires àcides que acostumen a ser presents als nuclis urbans molt contaminats.

L'aerosol urbà també pot provocar greus problemes per a la salut. Les partícules petites respirades per l'home poden penetrar per les vies respiratòries i arribar fins als pulmons dipositant-se en les parets alveolars. La diferent solubilitat de les partícules determinarà la seva transferència a la sang. L'acidesa inherent a les partícules urbanes pot provocar la irritació de les membranes mucoses i conduir a una constricció bronquial.

El plom és una de les partícules metàl·liques més presents de l'atmosfera urbana. Aquest metall és emès a causa de la combustió de gasolines que incorporen com additiu tetraetilplom o altres components orgànics del plom. Aquest metall a l'interior de l'organisme interfereix en el procés de maduració de les cèl·lules vermelles de la sang, així com també indueix l'excreció a través de l'orina de porfirines que són substàncies precursors de l'hemoglobina.

Resumint podríem dir que els principals focus d'emissió de residus a l'atmosfera urbana són el trànsit i les calefaccions domèstiques, responsables d'un 70% de la pol·lució urbana. El 30% restant correspon a les indústries i a processos biogènics. El trànsit urbà és el responsable de l'emissió del 74% del CO , del 53% d'hidrocarburs i del 47% d'òxids de nitrogen, mentre que les calefaccions es responsabilitzen d'un 73% d'emissions de SO_2 i un 42% d'òxids de nitrogen. Així doncs, podem arribar a la

conclusió que la racionalització del trànsit a la ciutat amb la finalitat de fer-lo més fluid, l'augment de l'eficiència de la carburació dels vehicles motoritzats i el consum de combustibles més nets, són les mesures mínimes que s'haurien d'adoptar per tal de minimitzar l'abocament de residus volàtils a l'atmosfera.



Mapa del món que presenta el grau d'industrialització dels diferents països

4.1. Principals gasos contaminants

Després d'haver introduït d'on provenen alguns dels contaminants, em centraré en explicar els set sobre els quals em baso per fer les gràfiques. Aquests són CO, SO₂, PST, NO, NO₂, O₃ i H₂S.

- CO: el monòxid de carboni el podem trobar tant en forma de gas com de líquid, és incolor, no fa olor i tampoc té gust. Es produeix com a conseqüència de la incompleta oxidació del carbó durant la combustió. Al cremar forma una flama de color violeta. És un producte lleugerament soluble en aigua, alcohol i benzè. Es classifica com a un compost inorgànic.

Els llocs més típics on ens podem trobar CO és als escalfadors que utilitzen querosè, a les xemeneies, a les estufes de gas, en generadors que utilitzen gasolina i als tubs d'escapament dels automòbils, entre d'altres.

Aquest producte pot ser perjudicial per a la salut i provoca el que anomenem “la mort dolça”, quan inhalem CO (indistingible del CO₂), el nostre cos no el pot digerir i es va acumulant a la sang fins que comença a matar les cèl·lules i pot arribar a provocar la mort. La sensació que se sent mentre això succeeix és de son, malestar, mareig, mal de cap, respiració accelerada... la persona es va adormint però el que està passant en realitat és que va perdent la vida.

- SO₂: el diòxid de sofre és un gas incolor amb una característica olor asfixiant. És una substància reductora que, amb el temps, el contacte amb l'aire i la humitat, es converteix en triòxid de sofre. L'SO₂ té propietats desinfectants i també s'utilitza com a conservant i antioxidant en la indústria alimentària (E220). En quan al medi ambient, el diòxid de sofre és el principal causant de la pluja àcida, ja que a l'atmosfera es transforma en àcid sulfúric com veurem posteriorment a l'apartat que parla d'aquesta.

Podem trobar SO₂ en els processos de combustió del carbó, el petroli, el diesel o el gas natural, per aquesta raó s'intenten eliminar aquests compostos abans de la seva combustió.

El diòxid de sofre és un gas irritant i tòxic, afecta sobretot a la mucositat i als pulmons, provocant atacs de tos. Si és inhalat pel sistema nassal, l'exposició a

altes concentracions durant curts períodes de temps pot irritar l'aparell respiratori, causar bronquitis i congestionar els conductes bronquials.

- PST: aquest contaminant consta de partícules sòlides o líquides disperses per l'atmosfera com la pols, les cendres, algunes partícules metàl·liques, el ciment i el pol·len entre d'altres, que tinguin el seu diàmetre igual o inferior a $10\mu^3$. Els PST es divideixen segons la seva mida, així ens podem trobar des del PM 2.5 que està constituït per partícules inferiors o iguals a les $2,5\mu$ que no es poden veure a ull nu i per tant són fàcilment respirables i es poden dipositar als alvèols pulmonars i fins i tot poden arribar a la sang, fins a PM 10 que ja podem observar i detectar sense l'ajuda de cap estri.
- NO: l'òxid nítric és un gas incolor, d'olor dolça i penetrant a temperatura ambient i poc soluble en aigua, que es troba present en petites quantitats en els mamífers. És també un gas produït pels automòbils, plantes d'energia, durant la combustió del carbó, el petroli i el gas natural, i considerat un agent tòxic. També s'oxida fàcilment formant així diòxid de nitrogen (NO_2). Una vegada aquest gas es troba a l'aire pot convertir-se en àcid nítric, que és un dels agents causant de la pluja àcida. A més també és un dels participants en la disminució de la capa d'ozó. El seu efecte juntament amb la radiació solar és el doble.
- NO_2 : el diòxid de nitrogen és un agent oxidant, soluble en aigua i d'un color vermell-terros. És un dels precursors de boirina o smog fotoquímic. Com ja he dit abans aquest gas es forma a partir de l'oxidació del NO i la seva bàsica font d'emissions és l'ús de combustibles fòssils. Bàsicament l'NO i l' NO_2 estan molt relacionats en quant als danys que ocasionen al medi ambient.
- O_3 : l'ozó és un gas altament reactiu de color blau pàl·lid. S'origina de forma natural a l'estratosfera mitjançant la fotodissociació de l'oxigen produïda per la radiació solar ultravioleta, es concentra en una capa molt prima anomenada ozonosfera, que filtra i modera la intensitat d'aquesta radiació i d'altres partícules energètiques que incideixen sobre la superfície terrestre. Aquesta acció protectora de la capa d'ozó permet que es duguin a terme diversos

³ μ : representa la lletra grega "mi" i s'utilitza com a unitat de mesura, micròmetre.

processos en els ecosistemes naturals, a nivell cel·lular evita que es trenquin les molècules d'ADN i els enllaços de carboni. En els darrers 50 anys l'emissió de CFC's⁴ ha provocat el deteriorament de la ozonosfera un 3% cada deu anys.

- H₂S: l'àcid sulfhídric és un gas inflamable, incolor i amb una olor característica a ous podrits, per això es pot detectar a nivells molt baixos. Es produeix de manera natural en el petroli, el gas natural, els gasos volcànics i els manantials d'aigües termals. També es poden produir com a resultat de la degradació bacteriana de matèria orgànica. A més se'n pot produir a causa d'activitats industrials com el processament d'aliments, fàbriques de paper, refineries de petroli, etc. Els derivats que es formen a través d'aquest gas, són participants en la formació de la pluja àcida.

⁴ CFC (clorofluorocarboni): són gasos que es fan servir per produir temperatures baixes en frigorífics i aparells d'aire condicionat. També s'utilitzen en aerosols. Quan arriben a l'atmosfera, els raigs del Sol els fan alliberar la clorina, que destrueix l'ozó.