



Contaminación del Aire y Justicia Ambiental en Quito, Ecuador

Andrea Rodríguez-Guerra ¹
Nicolás Cuvi ²

RESUMEN

Investigamos el estado de la contaminación del aire en la ciudad de Quito, las trayectorias para mejorar su calidad, y la relación entre contaminantes y condición socioeconómica medida a partir del valor del suelo urbano. Nos concentramos en tres contaminantes: material particulado fino, material particulado grueso y partículas sedimentables. Utilizamos fuentes secundarias y bases de datos del Municipio de Quito. Han existido políticas y acciones para mejorar la calidad del aire, enfocadas en varios sectores. Pese a ello, los tres contaminantes estudiados sobrepasan lo recomendado en normas nacionales e internacionales de calidad del aire. Existe, además, una relación inversa entre contaminación y valor del suelo: las poblaciones que viven en lugares con menor valor del suelo reciben mayor contaminación. Las regulaciones para mejorar la calidad del aire, si bien han tenido algunos logros, en la mayoría de casos han sido incumplidas.

Palabras Claves: Justicia Socioespacial; Salud Urbana; Partículas Suspendidas.

¹ Máster en Estudios Socioambientales por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO, Ecuador. Coordinadora de Investigación en el Instituto Tecnológico Superior Cordillera, ITSC, Ecuador. andrea.rodriguez@cordillera.edu.ec

² Doctor en Historia de las Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona, UAB, España. Profesor investigador titular principal, Departamento de Antropología, Historia y Humanidades, en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO, Ecuador. ncuvi@flacso.edu.ec.

Las consecuencias negativas de la contaminación del aire han afectado a las poblaciones urbanas desde hace siglos. Son nocivas, en particular, las contaminaciones mediante partículas y gases. Se tiene noticias de esos problemas por lo menos desde la Edad Media en sitios como Londres, donde hubo edictos sumamente punitivos ante el uso de ciertos carbones (Te Brake 1975).

La preocupación por el aire viciado adquirió mayor magnitud desde el siglo XVIII, en el marco de la industrialización y urbanización crecientes. También se prestó mayor atención a la insalubridad, por la disposición de desperdicios sólidos y líquidos. Muchas críticas fueron planteadas desde marcos de pensamiento como el romántico o el higienista, y fueron importantes para el desarrollo de urbanismos que promovían ciudades más verdes, o que suscitaban que muchas personas dejaran las ciudades. Pese a ello, la tendencia ha sido hacia un mayor consumo de combustibles fósiles, fortalecida por el auge de las industrias, el automóvil y la expansión dispersa de las ciudades. Con el automóvil comenzaron a ser contaminadas inclusive las ciudades con pocas industrias.

Desde mediados del siglo XX y comienzos del XXI hubo cambios positivos, como resultado de políticas y acciones relacionadas con la salud pública, prevención de riesgos, calidad de los combustibles, uso de energías renovables, incentivos, implementación de procesos de producción industrial limpia, expulsión y/o restricción de vehículos particulares o colectivos movidos por combustibles fósiles, renovación del parque automotor, entre otras. Varias ciudades monitorean la calidad del aire para alertar a los ciudadanos, tomar medidas de emergencia, y proponer, justificar y ejecutar acciones a todo nivel. La contaminación atmosférica también ha sido integrada en la discusión sobre cambio climático, pues los contaminantes afectan a los sistemas atmosféricos globales.

Los cambios hacia una mejor calidad del aire urbano no han sido generalizados. En nuestros días, más del 80% de personas que vive en zonas urbanas está expuesto a niveles de contaminación que exceden los límites propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Y si bien todas las regiones están expuestas, los países con menores ingresos son los más afectados: en el 98% de ciudades con más de 100.000 habitantes en países de ingresos bajos o medios, se exceden los límites, mientras que en los países de ingresos altos ese porcentaje es del 56% (WHO 2016).

La mala calidad del aire urbano aumenta los riesgos de ataques cerebrovasculares, enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón o enfermedades respiratorias crónicas y graves como asma (Forastiere et al. 2004; WHO 2018). En 2016 se calculó que 4,2 millones de defunciones prematuras eran causadas por la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo (WHO 2018). Juega un papel importante en la incidencia y mortalidad de diabetes tipo 2; podría ser responsable del 14% de nuevos casos diabetes reportados en el mundo (Chen et al. 2016). Para 2060 se

crea que la contaminación atmosférica causará de 6 a 9 millones de muertes prematuras al año y que tendrá un costo de 1% del PIB (OECD 2016). La contaminación del aire en las casas y el material particulado en el ambiente, se contaban entre los diez mayores factores de riesgo para hombres y mujeres en 1990, y siguieron siendo importantes en 2016 (Gakidou et al. 2017).

El material particulado, por sí solo, incrementa la susceptibilidad a infecciones respiratorias y agrava las existentes, como asma y bronquitis crónica (Green y Sánchez 2012; WHO 2018). El PM_{2.5} tiene la capacidad de alcanzar los bronquiolos terminales y alvéolos, desde donde puede ser fagocitado, atravesar la barrera alvéolo-capilar y ser transportado hacia diversos órganos por la circulación sanguínea. También hay partículas ultrafinas, con diámetros menores a 0,1 µm (PM_{0.1}), que pueden pasar directamente al torrente circulatorio. El aumento de 10 µg de PM_{2.5}/m³ de aire incrementa en un 24% el riesgo de tener una afectación en la salud cardiovascular, y en un 76% el riesgo de morir por paro cardíaco (Chen et al. 2016). En Estados Unidos, alrededor de 200.000 muertes prematuras ocurrirían cada año por la contaminación con partículas finas. En el caso del PM₁₀, se calcula que por cada 10 µg/m³ de incremento, aumenta el riesgo de muerte en un 0,5%. En el material particulado no existe un valor límite de “no efecto”, ni un umbral seguro por debajo del cual no ocurran daños en la salud (Green y Sánchez 2012). En un estudio reciente se sostuvo que la exposición a PM_{2.5} es un factor de riesgo para la salud aún mayor de lo considerado hasta ahora (Burnett et al. 2018).

En América Latina suelen destacarse los casos de contaminación del aire en México, Santiago de Chile o Bogotá, con características montañosas como Quito. Históricamente se han resaltado regiones industriales como Cubatão (Brasil), que llegó a tener una mortalidad infantil diez veces mayor que la del Estado de São Paulo, lo cual llevó a medidas de mitigación desde la década de 1980 (McNeill 2011).

Se han establecido relaciones entre la contaminación y el desarrollo social y económico (OECD 2016). Se pierden muchos días de trabajo por la contaminación. En el Ecuador, Southgate et al. (1995) y Jurado & Southgate (1999) sugirieron que la contaminación del aire costaba decenas de millones de dólares en términos de tratamientos médicos, tiempo de trabajo perdido y exceso de mortalidad. Según esos investigadores, Quito ya era, en la década de 1990, el sitio más problemático en el país.

Por otro lado, dentro de las ciudades hay grupos más afectados, sea por su actividad, lugar de trabajo, lugar de residencia, o cantidad de horas en ambientes externos. Algunos ejemplos son los vendedores ambulantes, policías de tránsito, trabajadores en túneles y estacionamientos, empleados en gasolineras, o personas que estudian o viven muy cerca de vías de alto tránsito o zonas industriales. Son

más vulnerables los adultos mayores y las personas con afecciones respiratorias, cardíacas o de la piel. Los grupos que sufren más la contaminación pueden coincidir con los grupos que acceden a menos áreas verdes y/o están más expuestos ante amenazas naturales, entre otras variables. En ocasiones, esos grupos son distinguibles mediante variables étnicas o socioeconómicas.

La incapacidad para mejorar la calidad del aire en las ciudades ha recibido varias interpretaciones, diversas y complejas. En ocasiones la contaminación ha sido considerada como una condición inevitable del desarrollo, crecimiento económico, empleo, producción, etc., por lo que ha sido ignorada o soterrada. Dicho de otro modo, ha sido una “externalidad del desarrollo”. En esa línea, hace décadas se propusieron curvas de Kuznets para la contaminación del aire (véase por ejemplo Selden & Song 1994), aunque esa explicación no siempre ha sido adecuada, al igual que las curvas de Kuznets.

Varias políticas para la erradicación de la contaminación del aire urbano suscitan conflictos, pues llevan a transformar modelos convencionales de producción, comercio, movilidad, que son facilitados por combustibles fósiles. Implican revisar los modelos de desarrollo urbano y encaminarlos hacia un metabolismo que promueva flujos renovables de materia y energía. Eso incluye detener la expansión urbana y el modelo dependiente del automóvil, promover las fuentes de energía no renovables, mejorar los extractivismos, procesos de construcción, procesos industriales y algunos artesanales, fortalecer el papel de ciudadanía, controlar las acciones de gobiernos, empresas y otros actores, entre otros asuntos. En un marco más amplio, la discusión remite a los debates entre paradigmas biocéntrico y antropocéntrico, sustentabilidad débil y fuerte, o a las falsas transacciones construidas alrededor de lo ambiental, que suponen que la mejora de la calidad ambiental estaría disociada de cuestiones de salud y bienestar.

En ese complejo marco de discusiones, nos propusimos varios objetivos. En primer lugar, narrar una breve historia de las políticas, regulaciones, institucionalidad y movimientos sociales que han existido en Quito para abordar el problema, y determinar qué efectos han tenido, especialmente desde la década de 1990. En segundo lugar, ilustrar el estado de ciertos contaminantes en la densa mancha urbana, y lo que se conoce sobre sus impactos. En tercer lugar, dilucidar si, al igual que en otras ciudades, las partículas de todo tamaño, que son los contaminantes en situación más grave en la ciudad, están distribuidas inequitativamente, considerando que en diferentes estudios sobre Quito se han expresado relaciones entre afectaciones a la salud y contaminación que apuntan a los grupos vulnerables (Oviedo 1991; Arcia et al. 1993; Jurado y Southgate 1999; Estrella et al. 2005; Brachtl et al. 2009; Harris

et al. 2011). Analizamos la situación de tres contaminantes y su relación con el indicador de valor del suelo, que agrega cuestiones socioeconómicas.

La legislación existente en Ecuador, en armonía con la internacional, está enfocada hacia la mitigación de contaminantes atmosféricos urbanos y la promoción de un ambiente sano. Desde hace décadas ha habido planes y proyectos promovidos por el Ministerio de Salud, Ministerio del Ambiente, Secretaría de Ambiente de Quito, entre otras instituciones. ¿Han conseguido esas políticas y acciones aliviar el problema de contaminación? ¿Qué buenas y malas prácticas han existido? ¿Qué factores impiden construir trayectorias de sustentabilidad? Además de proveer información relevante, esta discusión puede orientar la planificación y gestión de la ciudad y, en el caso de las injusticias ambientales espaciales, identificar a las poblaciones y lugares que requieren de información, asistencia, vigilancia y control.

JUSTICIA AMBIENTAL Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Muchos estudios sobre la distribución espacial de la contaminación y su relación con condiciones socioeconómicas o étnicas, han sido enmarcados en la justicia ambiental, o en la justicia espacial asociada con la segregación o mala distribución de amenidades ambientales en la ciudad. Se considera que ciertas poblaciones padecen problemas de calidad de vivienda, empleo, seguridad jurídica, atención de salud, y además acceden a menor calidad medioambiental, lo cual incide, por ejemplo, en su vulnerabilidad a padecer enfermedades respiratorias. Aun así, continúan siendo pocos los abordajes de la pobreza que consideran lo medioambiental como un componente crucial, como en el trabajo de Auyero (2010). En las ciudades, aquello responde en parte a que muchos teóricos, salvo contadas excepciones, han negado deliberada o inconscientemente, casi siempre por omisión, cuestiones como la naturaleza en las ciudades o el impacto de las urbes sobre el planeta (Swyngedouw & Kaika 2014).

La justicia ambiental puede ser incluida en la ecología política, que entre otras cuestiones se ocupa del estudio de las relaciones de poder cuando está en juego la transformación de la naturaleza. Un Atlas de Justicia Ambiental está siendo elaborado desde hace años bajo el liderazgo de Joan Martínez-Alier; a fines de 2018 reportó 2.626 casos en todo el mundo, entre los cuales 140 eran sobre polución relacionada con el transporte (EJOLT 2018).

En América Latina la justicia ambiental es rastreable en las praxis y movimientos sociales (Martínez-Alier 2009). Un reciente estado de la cuestión ha sido realizado por Henao & Vásquez (2017). En Estados Unidos hay una mayor tradición de estudios (Reed & George 2011). Dentro de ese campo, la inequitativa distribución espacial de la contaminación del aire en las ciudades cuenta con un

corpus importante de literatura. En Canadá se ha encontrado que ciertas variables socioeconómicas robustas pueden predecir la exposición a contaminantes (Jerrett et al. 2001). En Francia hay una relación entre dióxido de nitrógeno y privaciones (Padilla et al. 2014). En Madrid, Moreno (2007) analizó la distribución del dióxido de azufre y cómo ciertas políticas han atenuado las injusticias ambientales que asociaban su distribución espacial con el valor de renta. En Santiago de Chile la contaminación atmosférica afecta más a los sectores de menores ingresos (Romero et al. 2010a). En América del Norte se suele demostrar una relación entre menor estatus socioeconómico y mayor contaminación del aire, mientras que en Europa los resultados son más variables (Hajat et al. 2015).

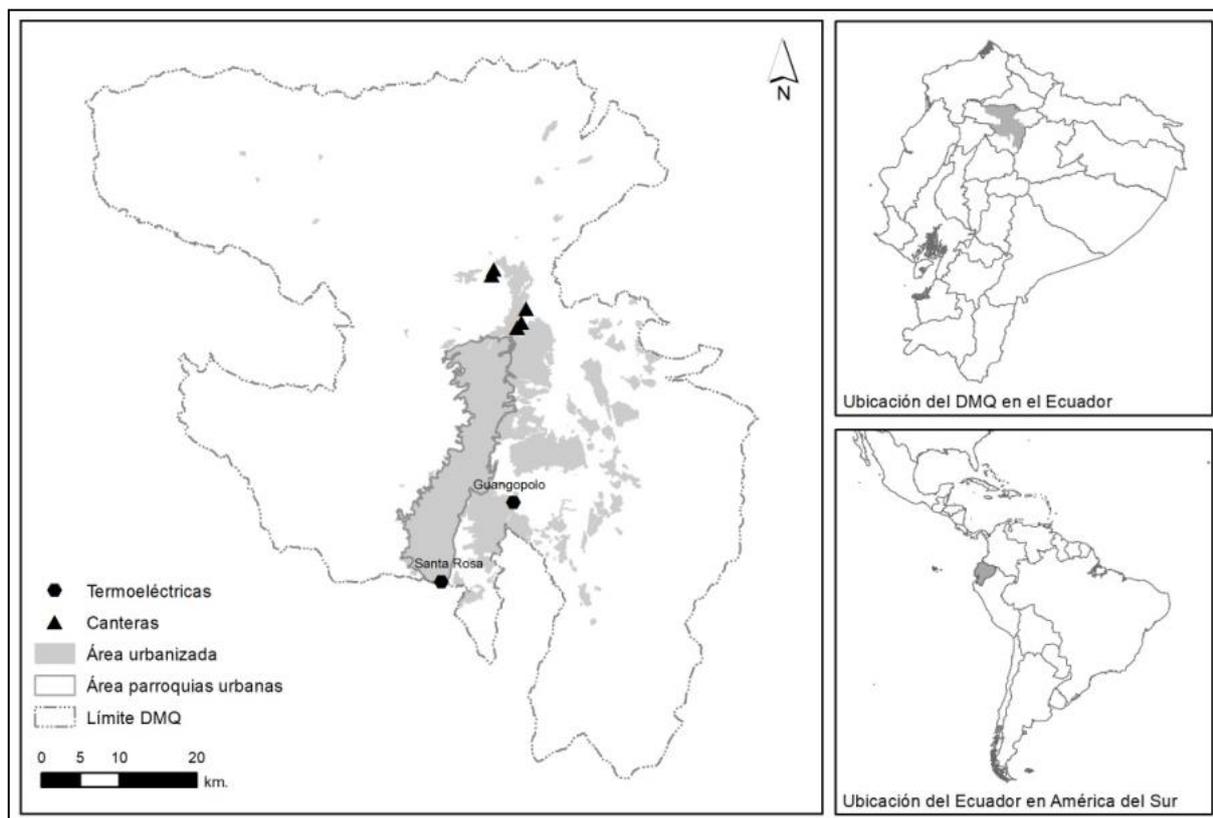
Las injusticias en relación con la contaminación del aire pueden estar acompañadas de otras injusticias ambientales. En Santiago de Chile hay una desigual distribución de las temperaturas superficiales, áreas verdes, calidad del aire y vulnerabilidad ante riesgos climáticos (Romero et al. 2009; Romero et al. 2010b). En Quito también se ha determinado una desigual distribución de las áreas verdes, asociada con el valor del suelo (Gómez 2018).

La justicia ambiental, además de ser espacial, tiene que ver con la percepción del lugar (Walker 2009; Reed & George 2011). En Quito, según Contreras (2004), las percepciones de hombres y mujeres sobre la contaminación del aire son diferentes: en las poblaciones con menores recursos financieros y sociales, las mujeres reciben más impactos pues tienen mayor tiempo de exposición, se encargan del cuidado de enfermos y del mantenimiento y limpieza del hogar afectado.

ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La mancha urbana de Quito está en una meseta ubicada a 2.800-2.850 metros de altitud en las faldas del volcán Pichincha. Desde esa meseta, la urbe tiene un patrón disperso hacia norte, sur y este, y también hacia el oeste, en las faldas del volcán Pichincha, con barrios ubicados sobre los 3.200 metros de altitud (Figura 01). La ciudad tuvo un gran crecimiento poblacional y de superficie desde comienzos del siglo XX, proceso que se intensificó desde la década de 1960.

En 1994 se creó el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) sobre 4.235,2 km², conformado por parroquias urbanas y rurales. En este trabajo nos concentramos en la zona más urbanizada, las parroquias urbanas, que cubren 372,39 km² (Figura 01). Aun así, es importante notar en esa figura que algunos lugares de las parroquias rurales, que cubren 3.862,81 km², también presentan densas aglomeraciones urbanas. Según el Censo de 2010 (INEC 2011), el DMQ tenía por entonces 1.619.146 habitantes en las parroquias urbanas y 620.045 en las parroquias rurales.

Figura 01. El Distrito Metropolitano de Quito, parroquias urbanas y zonas de asentamiento.

Fuente: Autores, a partir de Línea base cartográfica del Distrito Metropolitano de Quito 2013.

La principal fuente de contaminantes atmosféricos es el parque automotor, que los libera a través de los tubos de escape, desgaste de frenos y neumáticos, y abrasión del motor. Contribuye mucho a esa contaminación la mala calidad de los combustibles a nivel nacional. También son fuentes importantes las canteras de materiales de construcción, industrias, incendios, erupciones volcánicas, construcciones, erosión, actividades artesanales como ladrilleras o metalmecánicas, circulación en vías de polvo, quema de basuras o leña, molienda o aplastamiento de rocas, entre otros. Parte de la contaminación del aire proviene de compuestos químicos volátiles que incluyen pesticidas, revestimientos, tintas de impresión, adhesivos, agentes de limpieza y productos de cuidado personal, como fue demostrado en un estudio reciente sobre 33 ciudades de países industrializados (McDonald et al. 2018).

El aire está contaminado, además, con ruidos mecánicos (especialmente pitos y alarmas): una de cada cuatro personas está expuesta a ruido del tráfico sobre 65 dBA (Bravo-Moncayo et al. 2019). También hay contaminación por luces de todos colores, olores nauseabundos y radiaciones electromagnéticas, y por letreros de comercios y publicidad de gran formato (algunos en pantallas), que causan obstrucciones visuales, cansancio, estrés y dolor de cabeza (Correa & Mejía 2015).

Ciertas características topográficas y geográficas, como la altitud, fuertes pendientes, radiación solar, luminosidad, velocidad y dirección de los vientos, aumentan el impacto de los contaminantes (Naumova et al. 2007; Municipio de Quito 2015). La suma de gran altitud, mala calidad de los combustibles y motores diseñados para funcionar al nivel del mar, ocasiona mayores emisiones por la combustión incompleta. Se conoce que los motores de combustión interna que operan a más de 2.000 metros de altitud generan menor potencia, consumen más combustible y producen más contaminación (Rivera et al. 2017). A 2.000 metros de altitud, los motores a diésel tienen una disminución del 24% en potencia efectiva, un incremento de consumo de combustible cercano al 4%, disminuye, su potencia efectiva e incrementan el consumo de combustible (Lapuerta et al. 2006a; Lapuerta et al. 2006b). Eso lleva a que muchos motores a diésel sean manipulados para aumentar la potencia, acción que aumenta las emisiones contaminantes.

La elevada radiación solar genera interacciones entre contaminantes, por ejemplo para formar ozono troposférico, cuyas concentraciones aumentan con la altitud. La menor circulación de viento impide la disipación de contaminantes. También hay inversiones térmicas, especialmente de tipo radiativo, por el enfriamiento de la superficie en noches despejadas, especialmente durante los períodos secos (junio-septiembre y diciembre), lo cual retiene los contaminantes al nivel del suelo. Esas inversiones ocurren en las primeras horas de la mañana y pueden mantenerse hasta el medio día, tras lo cual los contaminantes son dispersados.

En cuanto a las condiciones socioeconómicas, el 29,7% de la población del DMQ era considerada en 2010 como pobre a partir del indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas, que agrega datos sobre cuestiones económicas, educación, vivienda, acceso a servicios básicos y hacinamiento. En las parroquias urbanas la pobreza era del 34% y en algunas parroquias rurales sobrepasaba el 80% (López 2011). Otro indicador es el de Pobreza y Desigualdad por Ingresos, que compara el ingreso per cápita familiar con la línea de pobreza y pobreza extrema; en la zona urbana, a lo largo de 2011 y 2018, esa medida varió entre 6,2 y 12,8% (INEC 2016; Lombeida 2018). Esos indicadores sirven para tener un panorama general del territorio, pero no están disponibles a nivel de barrio, por lo que se buscó un indicador con datos desagregados a escala barrial para el área urbana.

El indicador socioeconómico que estuvo disponible para las áreas urbanas a escala de barrio fue el de Áreas de Intervención Valorativa (AIVA), que agrega variables socioeconómicas relacionadas con servicios e infraestructuras. El AIVA señala el valor catastral del suelo en dólares/m² (Dirección Metropolitana de Avalúos y Catastros 2013). Agrega variables de servicios básicos, tamaño y ubicación

del predio, e infraestructura vial colindante. Para los datos de 2013, la metodología de valoración consta en la Ordenanza 152 del Concejo Metropolitano de Quito (CMQ 2011).

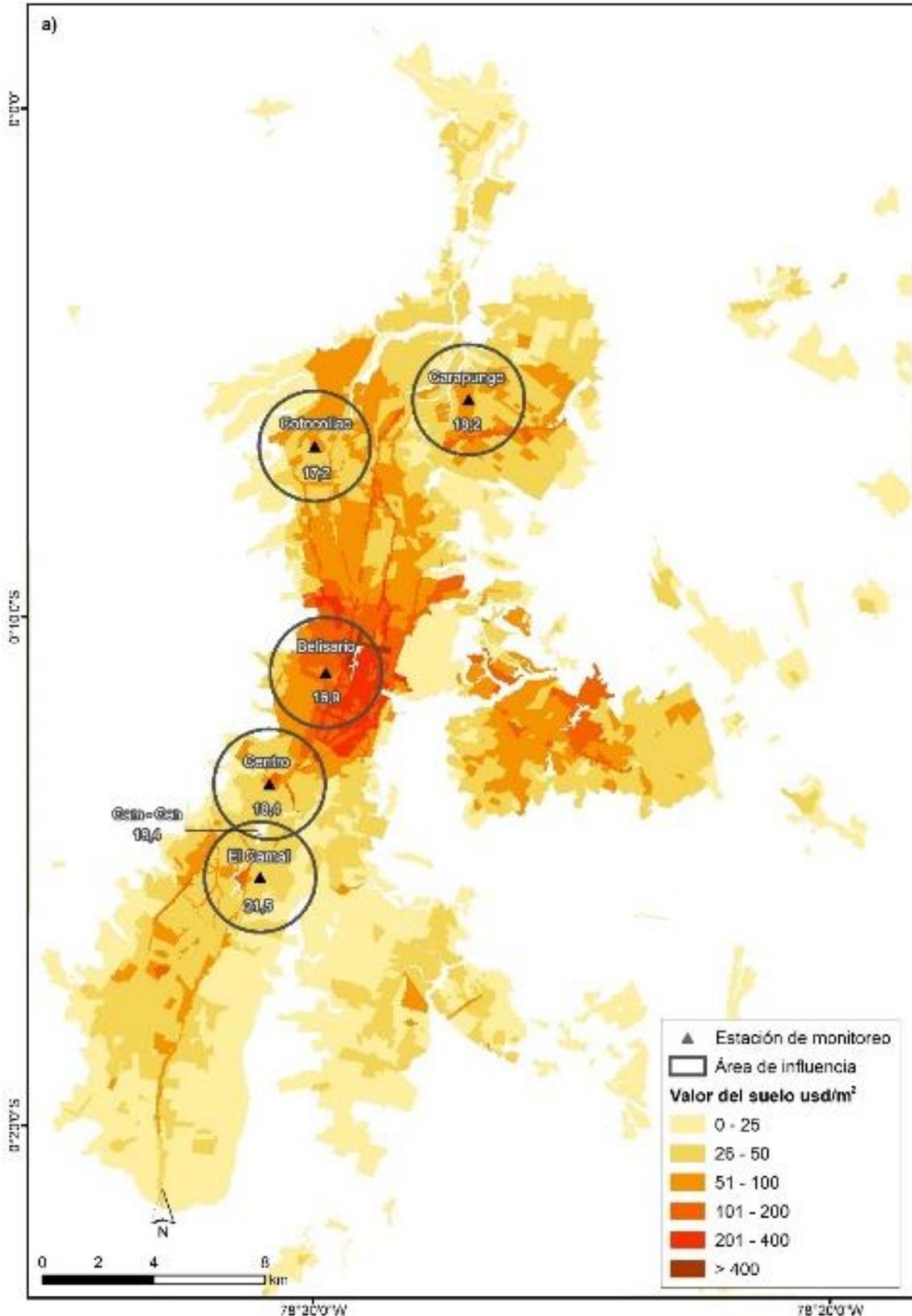
En cuanto a la contaminación del aire, existen datos desde 2004 producidos por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) (CORPAIRE 2006; CORPAIRE 2007; CORPAIRE 2008; CORPAIRE 2009; CORPAIRE 2010; SAMQ 2011; SAMQ 2012; SAMQ 2013; SAMQ 2014; SAMQ 2015; SAMQ 2016; SAMQ 2017; SAMQ 2018). Escogimos los tres contaminantes considerados más preocupantes en la ciudad por la Secretaría de Ambiente: material particulado fino ($PM_{2.5}$), material particulado grueso (PM_{10}) y partículas sedimentables (PS) mayores de 10 micrones. Las diversas partículas provienen de varias fuentes mencionadas en la introducción. Mucho polvo proviene de canteras ubicadas al norte de la ciudad, y también son fuentes importantes las centrales termoeléctricas en Guangopolo y Santa Rosa (Figura 01). De acuerdo con Zalakeviciute et al. (2018a), el $PM_{2.5}$ es estacional en Quito, pues decrece durante la estación seca por la mayor presencia de vientos y menor cantidad de actividades humanas como el tránsito.

Si bien otros trabajos sobre Quito se han enfocado en esas partículas, especialmente el $PM_{2.5}$ (Mendoza & Almeida 2016; Raysoni et al. 2016; Kleine et al. 2017; Raysoni et al. 2017; Zalakeviciute et al. 2018a; Zalakeviciute et al. 2018b), eso no descarta la pertinencia de explorar en trabajos futuros la relación entre variables socioeconómicas y contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), entre otros.

Usamos datos de cinco estaciones que monitorean $PM_{2.5}$, nueve estaciones para PM_{10} , y 33 estaciones para PS³. Se consideró como dato el promedio de concentraciones de cada estación reportado durante 2013 (SAMQ 2014). La información de cada estación fue considerada como válida en un radio de 1,5 km para las PS y de 02 km para el material particulado, a partir de lo expuesto por Sobral (1989), Martins et al. (2004) y Spangl et al. (2007). Dada la extensión de la red de monitoreo, especialmente de PS, se cubrieron extensiones considerables de la ciudad. En el caso de las estaciones de material particulado, cuando estuvieron a menos 02 km de distancia entre sí, el área de solapamiento fue considerada un área adicional de análisis, cuyo valor de contaminación fue el promedio simple de las dos o tres estaciones de influencia. De ese modo, para $PM_{2.5}$ hubo seis áreas y para PM_{10} diez áreas (Figura 02a, b). En el caso de las PS, como la cantidad de estaciones fue mayor, se siguió una heurística diferente: cuando las estaciones tuvieron un solapamiento mayor de 500 metros, fueron unidas en una sola área, y cuando el área de solapamiento fue menor, se creó un área adicional. Con esa lógica se tuvieron 32 áreas de análisis de PS (Figura 02c).

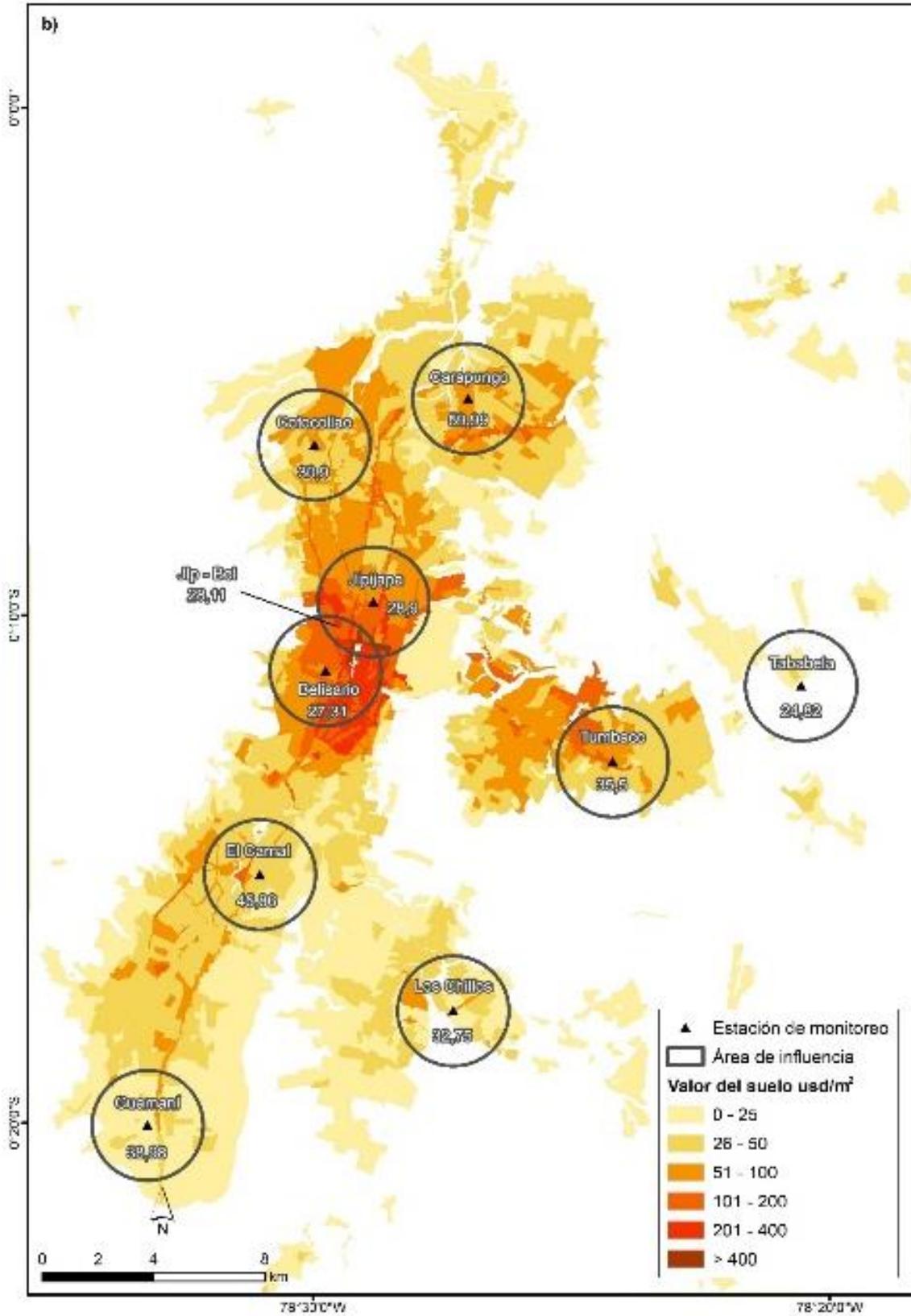
³ Existen 37 estaciones que monitorean PS en las zonas rurales y urbanas del DMQ, pero excluimos cuatro para cuyos sectores no hay datos de AIVA.

Figura 02a. Ubicación y área de influencia de las estaciones de monitoreo de a) PM_{2.5}.



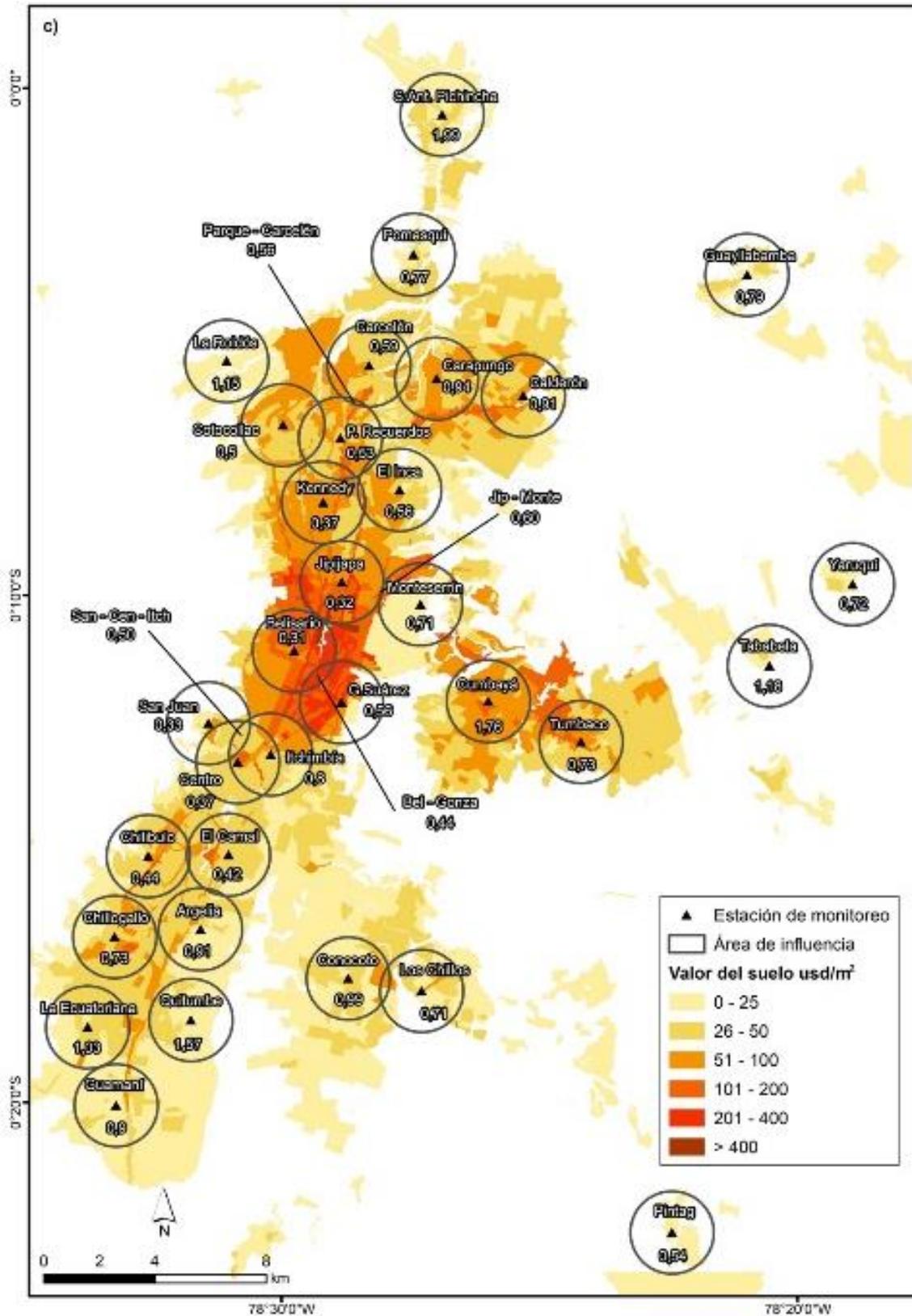
Fuente: Autores, a partir de la Línea base cartográfica del Distrito Metropolitano de Quito 2011 y datos de la REMMAQ 2013.

Figura 02b. Ubicación y área de influencia de las estaciones de monitoreo de b) PM₁₀.



Fuente: Autores, a partir de la Línea base cartográfica del Distrito Metropolitano de Quito 2011 y datos de la REMMAQ 2013.

Figura 02c. Ubicación y área de influencia de las estaciones de monitoreo de c) PS.



Fuente: Autores, a partir de la Línea base cartográfica del Distrito Metropolitano de Quito 2011 y datos de la REMMAQ 2013.

Los datos de contaminación y de AIVA de 2013 fueron georreferenciados mediante ArcGIS 10.1 para todas las áreas de influencia alrededor de las estaciones de monitoreo. La información de contaminación de cada estación fue cruzada con los puntos de AIVA que coincidían en el radio de influencia. Al final obtuvimos 411 puntos para PM_{2.5} (en seis áreas), 566 puntos para PM₁₀ (en diez áreas) y 1.035 puntos para PS (en 32 áreas).

En el caso de los datos usados para visualizar las AIVA de toda la ciudad (Figura 02), se usó información de 2011 que estuvo disponible en formato georreferenciado previamente; esos datos de AIVA no fueron sometidos a análisis de correlación, sino solamente colocados en el mapa para visualizar los valores de suelo en toda la ciudad. Los datos de AIVA de 2011 fueron agregados en seis categorías de valor catastral del suelo: 0-25, 26-50, 51-100, 101-200, 201-400, y >400 usd/m². Así se logró visualizar las diferencias en la valoración del suelo para toda la zona urbana.

Las variables fueron procesadas con STATA 11 y StatTransfer 9. Los valores del suelo fueron heterogéneos y con un patrón poco definido (datos no normales). También la contaminación tuvo una distribución heterogénea. Los datos fueron sometidos a una corrección intragrupos para realizar los análisis de normalidad y correlación posteriores. Como los datos no presentaron una distribución normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov), se realizó una correlación no paramétrica mediante el coeficiente de correlación de Spearman, para determinar la relación entre ambas variables. Luego, mediante un coeficiente de regresión se modeló la variación entre valor del suelo y concentración de contaminantes.

La información sobre políticas y actuaciones fue obtenida de revistas, libros, tesis e informes. En esos documentos se da cuenta del papel de diversos actores alrededor de la contaminación: industrias, vehículos movidos con combustibles fósiles (motocicletas, autos, buses, camiones), centrales termoeléctricas, minería, construcción, algunas actividades artesanales, de carácter público y privado y de movimientos sociales.

HISTORIA Y POLÍTICAS

Un primer informe histórico de las iniciativas para regular la contaminación en ambientes urbanos del Ecuador, incluida la del aire, fue realizado por Southgate et al. (1995). Luego aparecieron otros análisis sobre las primeras políticas, iniciativas y sistemas de monitoreo (Varea et al. 1997; OPS et al. 2003; Contreras 2004; Sánchez 2011).

En la década de 1970, varias ciudades comenzaron a abordar el problema de la contaminación del aire, por ejemplo Ciudad de México (Soto 2017). En el Ecuador, en 1976 se crearon las primeras

condiciones para regular estándares de emisiones. Las industrias debían enviar informes de impacto ambiental y las violaciones serían castigadas con multas económicas y prisión de hasta tres años. Pero no se fijaron los estándares ni hubo sanciones (Southgate et al. 1995). En ese año también se empezó a monitorear la calidad del aire como parte de las actividades de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Se creó la Red Ecuatoriana de Muestreo Normalizado de la Calidad del Aire (Red Ecuair), adscrita a la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Funcionó hasta 1999 con tres estaciones (sur, centro y norte) para medir PS, partículas en suspensión y SO₂ (OPS et al. 2003). La Dirección de Medio Ambiente del DMQ también medía PM₁₀ en varios puntos (Korc & Sáenz 1999).

En la estación del centro las partículas en suspensión se multiplicaron por más de dos entre 1980 y 1994, de 34,8 ug/m³ hasta 76,4 ug/m³. También aumentaron mucho los SO₂. Hacia el sur los valores eran los más altos (IEOS 1980-1994 citado en Metzger & Bermúdez 1996).

Una mayor atención a la contaminación ocurrió desde la década de 1990. En 1992, un estudio de Fundación Natura demostró que las concentraciones de plomo en la atmósfera promediaban 0,67 µg/m³, y que en algunos lugares (dentro y alrededor de túneles) superaban los 7 µg/m³, muy por encima del *USEPA's ambient standard* que fijaba un límite de 1,5 µg/m³ y que fue adoptado como referencia (Jurado y Southgate 1999). En parte como respuesta, en 1996 se eliminó el plomo de la gasolina.

Hubo protestas contra una fábrica recubridora de tubos que contaminaba el aire y que fue reubicada algunos años después, o contra las canteras en la zona de Tanda, que fueron clausuradas (Varea et al. 1997).

En 1992 se promulgó una ordenanza para prevenir y controlar la contaminación producida por las descargas líquidas industriales y las emisiones hacia la atmósfera (CMQ 1992). Esa ordenanza tomó como referencia, en parte, a la norma nacional expedida en 1989, y colocó límites para siete contaminantes: PS, partículas suspendidas totales, SO₂, CO, O₃, NO y plomo. También contaba con formas de control y de sanción, pero en 1995 la implementación de controles (también para el agua) fue obstaculizada sobre todo por tres factores: presupuesto, limitados recursos humanos calificados y escasa capacidad de laboratorios (Southgate et al. 1995). El cumplimiento de la ordenanza fue mínimo, tanto en el registro de las industrias como en su control.

El control de la contaminación industrial era prioridad. Las industrias, principalmente las textiles y de cueros, eran responsables del 44% del SO₂ y 40% de NO_x (Jurado 1991). Se generaron varios estudios e intervenciones, algunos por parte de la Corporación OIKOS (Encalada 1991; Jurado

1991) y hubo ciertos cambios. Algunas industrias descubrieron que si adoptaban tecnologías más eficientes, disminuían la contaminación y el consumo de energía (Jurado & Southgate 1999).

En 1994 el IEOS y el MIDUVI desarrollaron nuevas políticas para el control de contaminación industrial. Pero como en casos anteriores, la existencia y falta de codificación de ordenamientos jurídicos que no se lograban poner en vigencia, generaba confusión y, sobre todo, pérdida de credibilidad (White et al. 1995). De modo reciente, en investigaciones sobre los factores que inciden en el cumplimiento de la normativa por parte de las industrias, se determinó que, entre otras cosas, persisten las fallas en los sistemas de comando y control (Portilla 2012; Heredia 2016).

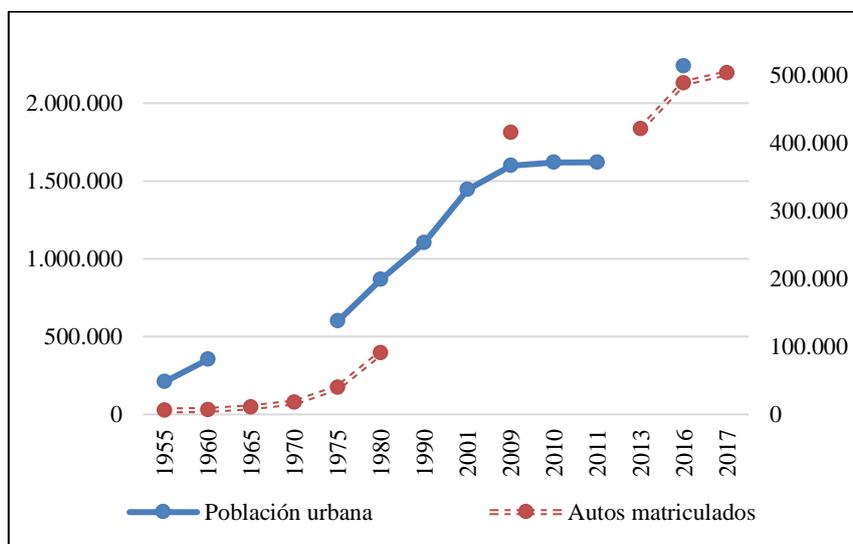
Las industrias eran las principales fuentes de partículas y de SO₂, pero los vehículos las igualaban en otros contaminantes (Metzger & Bermúdez 1996). En un monitoreo rápido realizado en 1993 por la OMS (citado en Southgate et al. 1995), se determinó que los vehículos eran responsables de todo el CO del ambiente, plomo e hidrocarburos no combustionados. Las áreas con mayores emisiones eran cuatro: dos zonas industriales al norte, el centro histórico (por el tránsito vehicular) y la zona industrial del sur. White et al. (1995) determinaron que las industrias del sur de la ciudad eran responsables de las mayores emisiones de material particulado y SO₂. También que el 49% de las emisiones de NO_x salía de las industrias. Sugirieron reducir la contaminación mediante tecnologías limpias y otros medios como impuestos, penalidades o subsidios regulados.

En la Figura 03 se observa el crecimiento del parque automotor y de la población. Entre 1962 y 1990 el parque automotor creció a un ritmo del 10% anual (Southgate et al. 1995). Ya en la década de 1990 se percibía que automóviles, buses y camiones eran las mayores fuentes de contaminación (Jurado y Southgate 1999), pero todavía se prestaba mayor atención a la contaminación de las industrias. Los vehículos, cuya cantidad crecía cada año, se convirtieron en la fuente más importante (Brachtl et al. 2009). La tasa de crecimiento vehicular en Quito ha sido del 7-10% anual, tres a cuatro veces más que la tasa de crecimiento poblacional. En cuanto a los transportes colectivos, alrededor del 59% eran taxis, 18% buses escolares, 17% buses urbanos y un menor porcentaje de buses parroquiales y de turismo (INEC 2014).

El control de los vehículos y de la calidad de los combustibles fue cobrando relevancia. Se promulgaron varias ordenanzas, entre ellas la 2910 explicada antes. En 1994 apareció la ordenanza 3087 (revisada ese mismo año y nuevamente numerada como ordenanza 3120), para regular la contaminación vehicular con disposiciones relacionadas con los escapes. Esa ordenanza ocasionó un conflicto entre transportistas y Municipio, que llevó a la paralización del transporte en la ciudad dos veces ese año (Chauvin 2007). Poco después, en 1995, se implementó el trolebús eléctrico, un sistema

de Bus Rapid Transit, aunque con el tiempo muchas unidades pasaron a moverse con combustibles fósiles. En 1995 apareció la ordenanza 3142 para prohibir el uso de gasolina con plomo, dar normas sobre compuestos aromáticos, filtración de diésel e instalación de convertidores catalíticos.

Figura 03. Población y parque automotor de Quito.



Fuente: Autores, con base en Ministerio de Economía del Ecuador (1960), Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica (1964), INEC (1974; 1982; 1991; 2001; 2011), Carrión (1987), y AMT (2013).

Un trabajo de Fundación Natura y Municipio de Quito (2000) reveló una mayor incidencia de enfermedades respiratorias entre los niños que estudiaban en un sector con alta circulación vehicular. También se realizaron otras encuestas y exámenes de sangre, con el fin de conocer la organización y condiciones de trabajo de poblaciones expuestas a altos niveles de CO, hidrocarburos aromáticos policíclicos, material particulado y otros contaminantes (Jurado y Southgate 1999; Estrella et al. 2005; Estrella et al. 2019; Harari 2007; Brachtl et al. 2009; Harris et al. 2011). Varias investigaciones se han enfocado en parámetros físicos, patrones y procesos, o en el impacto de las políticas para la mejora de la calidad del aire, sobre todo las relacionadas con industrias y tránsito (Díaz & Páez 2006; Ibarra et al. 2006; Noriega et al. 2008; Portilla 2012; Carrillo et al. 2016; Cazorla 2016; Mendoza & Almeida 2016; Raysoni et al. 2016; Raysoni et al. 2017; Cevallos et al. 2017; Kleine et al. 2017; Zalakeviciute et al. 2018a, Estrella et al. 2019). También se ha asociado algunas medidas con el aumento del crimen (Carrillo et al. 2018). En mapas realizados por barrios, la contaminación fue detectada como uno de los principales factores de riesgo (Harari 2007). De modo reciente, se ha demostrado que las ciclovías están en sitios muy contaminados, lo cual, paradójicamente, aumentaría el riesgo de problemas de salud para quienes circulan por esos espacios (Zalakeviciute et al. 2018b).

En 2005 se hizo un plan de manejo de calidad del aire, actualizado diez años después (Oviedo 2015). En 2004 se creó la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), que tuvo

a su cargo la REMMAQ, basada en parámetros de la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos y de la Secretaría de Medio Ambiente de México, por ser consistentes con características técnicas como la altitud o la temperatura. La CORPAIRE se encargó de los centros de revisión y control vehicular obligatorio anual, aunque al mismo tiempo varios mecánicos particulares desarrollaron dispositivos y artimañas para superar los procesos de medición, mediante una suerte de “dopaje” del vehículo. En 2007 apareció una ordenanza sobre la prevención y control del medio ambiente, en la cual se describen las actividades y procedimientos para las acciones de la CORPAIRE (CMQ 2007). Esas funciones fueron transferidas a la Secretaría de Ambiente y a la Secretaría de Movilidad en 2009.

Se han planteado otras medidas en torno a la mezcla, refinación, industrialización, almacenamiento, transporte y comercialización de la gasolina. Se propuso la disminución del contenido de azufre de 2.000 a 650 ppm en gasolinas y diésel, por lo que hoy el diésel premium y las gasolinas tienen 462 ppm de azufre. En 2010 se implementó la medida de pico y placa para intentar, entre otras cosas, agilizar la fluidez del tránsito, reducir la contaminación, disminuir el consumo energético y racionalizar los viajes motorizados (CMQ 2010).

En 2012 se reguló la quema de “años viejos” en lugares no permitidos. La quema de monigotes llamados “años viejos” es una tradición para despedir el año, en la cual se suele manifestar el rechazo a los símbolos o personajes que han causado algún sentimiento negativo. Se establecieron sanciones económicas y privación de hasta siete días de libertad. Esa norma consta en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) sobre uso indebido, destrucción o sustracción de bienes municipales de dominio público (MCPGAD 2011).

Han existido varias políticas, pero pocas han sido implementadas en su totalidad. El diagnóstico de Southgate et al. (1995) sobre la incapacidad del Municipio para controlar la contaminación sigue siendo válido. Existe una permanente transgresión de la legislación. Desde hace más de dos décadas, Varea et al (1997) explicaron las dificultades para regular a la “clase del volante” (choferes de buses) y cómo eso conducía a una ciudad “Patrimonio de la Humaredad”, ironía que alude al estatus de la ciudad como Patrimonio de la Humanidad. Hoy en día existen varias normas sobre control de emisiones de diversas fuentes, ruido, revisión vehicular y mejora de combustibles.

En los análisis del gobierno local se alude a que existe un aire relativamente bueno, pero esa información no es convincente para buena parte de la población, que tiene una percepción material y semiótica diferente:

la ciudadanía permanentemente se queja de “la calidad del aire” de la ciudad, mientras la Red de Monitoreo afirma que la calidad del aire es buena, e incluso óptima. La realidad es que ambos actores tienen la razón: la calidad del aire es en general buena, siempre en función de la NECA [Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire], pero el impacto de las emisiones de los carros a diésel es tan grande y han sido tan desatendidas, que generan la percepción ciudadana de que el aire de la ciudad es de muy mala calidad, aunque las cifras de la Red digan lo contrario. Y es que una cosa es lo que se mide como calidad del aire, y otra son las emisiones vehiculares “crudas” en la calle, aunque estén íntimamente relacionadas (Oviedo 2015, p. 5).

En una reciente encuesta a 1.351 personas sobre nivel de satisfacción con la calidad del aire de los habitantes de zonas urbanas de Quito, el 23% estuvo “muy insatisfecho”, el 36% “algo insatisfecho”, el 24% “algo satisfecho”, el 13% “muy satisfecho”, y el 4% contestó que no lo sabía (IAMU 2018). Por lo tanto, habría un 59% descontento con la calidad del aire. El que un 37% haya mencionado algún grado de satisfacción puede deberse a aspectos como el barrio en el que se vive, menor contacto con el tránsito y sus emisiones (especialmente con buses en las calles), y a que no necesariamente se percibe la contaminación en los domicilios.

ESTADO DEL MATERIAL PARTICULADO Y LAS PARTÍCULAS SEDIMENTABLES (2006-2017)

Si se consideran los límites permisibles en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire (NECA), durante la mayoría del año no se presentan valores alarmantes de contaminación. Pero esos promedios a escala territorial ocultan que hay personas que padecen más los efectos de la contaminación, que hay lugares más contaminados, y que la NECA es más tolerante que la norma de la OMS, a veces más del doble (Tabla 01). En más de una ocasión nos hemos preguntado, de modo irónico, si ello obedece a que los quiteños y ecuatorianos somos más resistentes a la contaminación, o si están equivocadas algunas normas internacionales en las que se ha basado el país.

Tabla 01. Valores máximos en las normativas NECA y OMS.

Contaminante (forma de medición)	Valor OMS	Valor NECA
PM _{2.5} (µg/m ³ ; promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año)	10	15
PM _{2.5} (µg/m ³ ; Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas)	25	50
PM ₁₀ (µg/m ³ ; promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año)	20	50
PM ₁₀ (µg/m ³ ; Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas)	50	100
Partículas sedimentables (mg/cm ² durante 30 días; máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua)	1	1

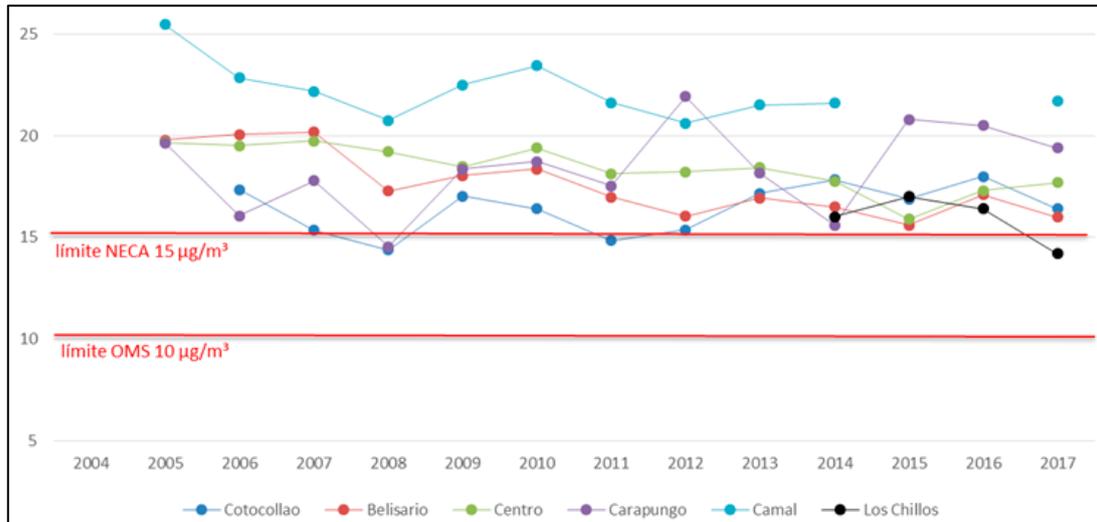
Fuente: OMS (2006) y SAMQ (2015). Elaboración: Andrea Rodríguez-Guerra.

Los máximos históricos registrados entre 2004 y 2017, en el promedio aritmético en un año, fueron de 80 µg/m³ de PM₁₀ en la estación Cotocollao (año 2005), 25,5 µg/m³ de PM_{2.5} en la estación Camal (año 2005), y 2,86 mg/cm² de PS en San Antonio de Pichincha (año 2014).

En la Figura 04 se aprecia la tendencia de la contaminación de PM_{2.5}, PM₁₀ y PS entre 2004 y 2017. En todas las estaciones de PM_{2.5} los valores superaron lo permitido por la norma nacional y

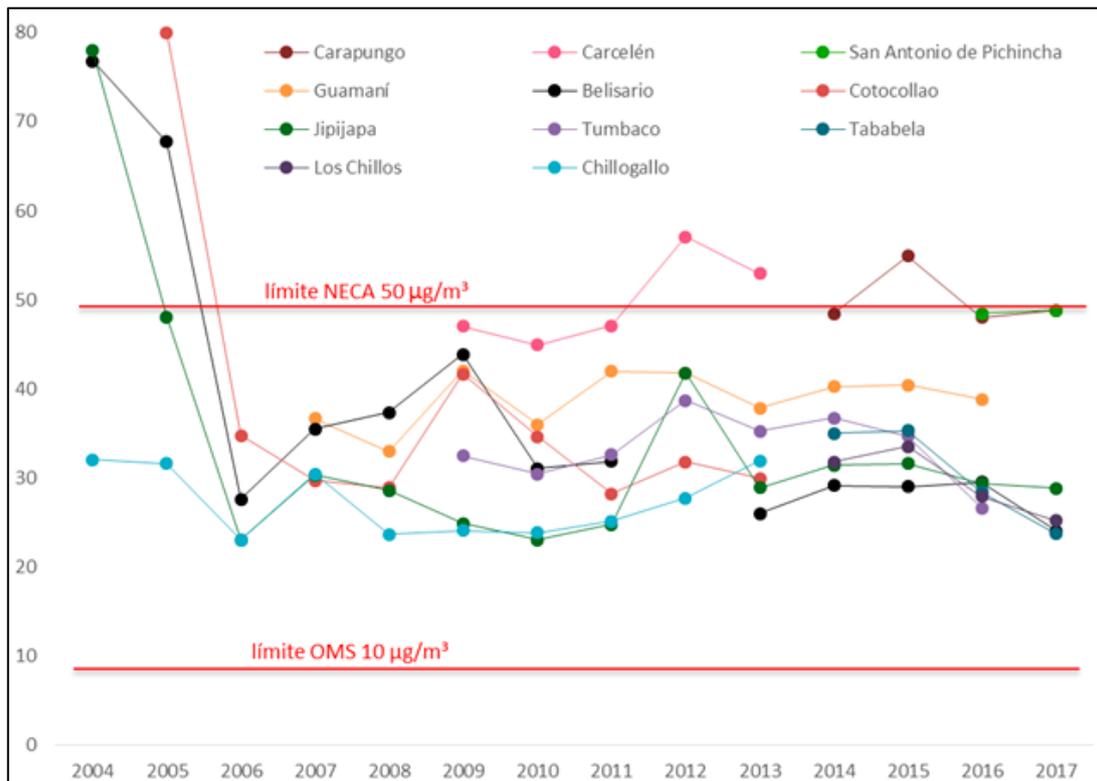
estuvieron muy por encima del valor OMS. En la estación Camal se reiteraron los valores más altos, seguida por la estación Centro con $19,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013, y la estación Carapungo con valores fluctuantes. Un análisis detallado de ese contaminante ha sido desarrollado por Zalakeviciute et al. (2018a).

Figura 04a. Valores promedio anuales de PM_{2.5} (para ubicar las estaciones, véase la Figura 02).

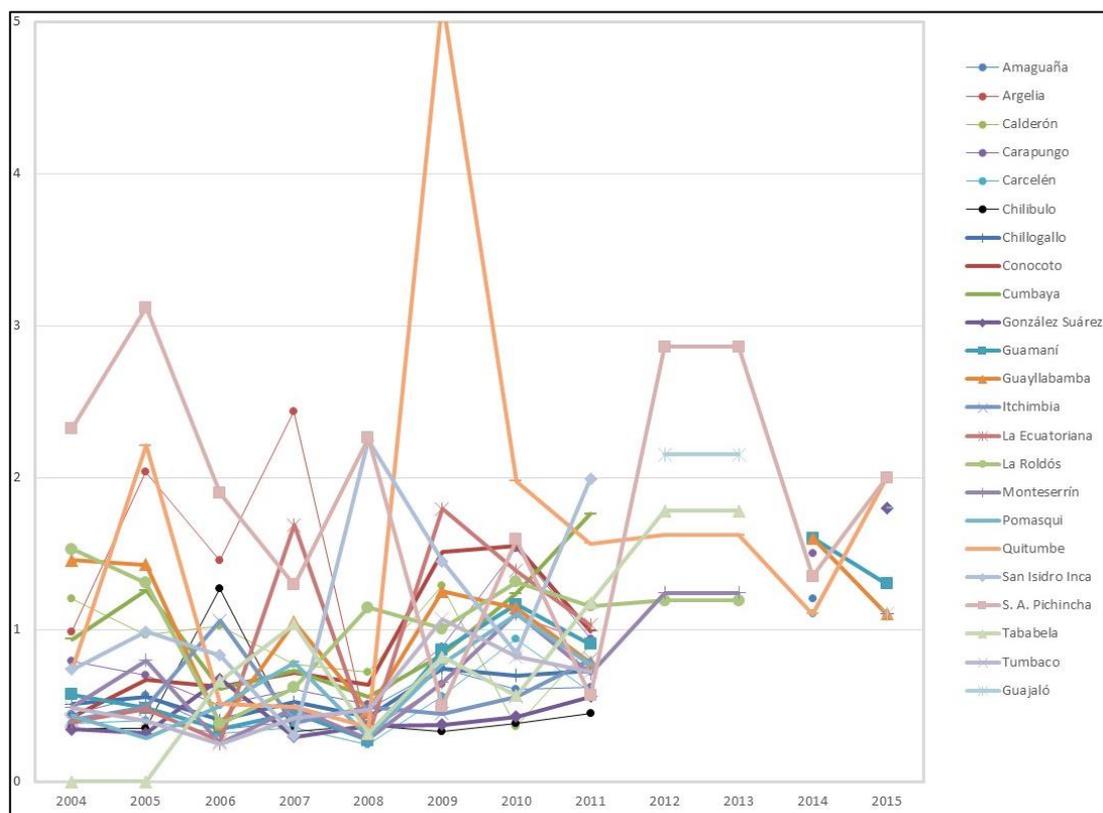


Fuente: Autores, con base en CORPAIRE (2006; 2007; 2008, 2009; 2010), SAMQ (2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018).

Figura 04b. Valores promedio anuales de PM₁₀ (para ubicar las estaciones, véase la Figura 02).



Fuente: Autores, con base en CORPAIRE (2006; 2007; 2008, 2009; 2010), SAMQ (2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018).

Figura 04c. Valores promedio anuales de PS (para ubicar las estaciones, véase la Figura 02).

Fuente: Autores, con base en CORPAIRE (2006; 2007; 2008, 2009; 2010), SAMQ (2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018).

Nota: Para el gráfico de PS solo se graficaron 23 de 32 estaciones que superaron el límite permisible en uno o más años.

RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN Y VALOR DEL SUELO

Los valores de AIVA y contaminación del aire fueron altamente heterogéneos. Los máximos y mínimos de toda la muestra del promedio anual para $PM_{2.5}$ fueron $16,9$ y $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sigma=1,46$; $M_e=18,2$), y el valor de las AIVA relacionadas con ese contaminante varió entre 2 y 715 dólares/ m^2 ($\sigma=107,07$; $M_e=95$).

En el PM_{10} , los valores mínimo y máximo fueron $24,82$ y $52,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sigma=8,85$; $M_e=36,04$), y el de las AIVA relacionadas $1,5$ y 735 dólares/ m^2 ($\sigma=122,93$; $M_e=143,93$).

Los valores mínimo y máximo de PS fueron $0,31$ y $1,99 \text{mg}/\text{cm}^2$ ($\sigma=0,44$; $M_e=0,76$), y el de las AIVA relacionadas osciló entre 0 y 735 dólares/ m^2 ($\sigma=114,74$; $M_e=114,74$)⁴.

A pesar de la heterogeneidad de los datos, hubo una relación entre contaminación y valor del suelo para los tres contaminantes. La regresión fue significativa al 95% en los tres casos, lo que ratificó la relación inversa demostrada en la correlación de variables (Tabla 02).

⁴ Según la base de datos, en el sector Las Tolas de Pomasqui el valor es de 0 dólares. Los valores más bajos corresponden a quebradas.

Tabla 02. Correlación y regresión entre valores de contaminación y del suelo urbano.

Contaminantes vs. AIVA	Coeficiente de correlación de Spearman			Coeficiente de regresión	
	N	rS	Prob> [t]	r	P>[t]
PM _{2.5}	411	-0,551	0,00	-0,004946	0,042
PM ₁₀	566	-0,646	0,00	-0,03393	0,017
PS	1035	-0,4524	0,00	-0,00142	0,002

Fuente: Autores.

El coeficiente de regresión, en el caso de PM_{2.5}, fue de -0,0049, lo cual indica que un sector donde la contaminación sube en 0,494 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tendría una valoración 100 dólares menor por metro cuadrado. En el caso del PM₁₀, el valor del metro cuadrado de suelo aumenta en 100 dólares por cada 3,393 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que sube la contaminación. Para las PS, el valor disminuye en 100 dólares/ m^2 cuando la concentración aumenta en 0,142 mg/cm^2 .

La relación espacial entre valor del suelo y calidad del aire para cada contaminante, puede ser apreciada en la Figura 02, construida con datos de AIVA de 2011 (para toda la mancha urbana) y de contaminación de 2013. En los casos del PM_{2.5} y PM₁₀, las zonas con mayor contaminación del aire están en los sectores con menor valor del suelo, alejadas del hipercentro donde es mayor el valor del suelo. En las PS, medidas en un rango geográfico mayor, las zonas con mayor contaminación también tienen menor valor del suelo y algunas se encuentran en las periferias. Se observa que en Cumbayá, con valor de suelo mayor a las demás periferias, hay un alto valor de contaminación, asunto que en parte puede deberse a que en 2011 se realizaron trabajos de construcción de vías entre la ciudad y el nuevo aeropuerto de Quito.

DISCUSIÓN

La contaminación por PM_{2.5}, PM₁₀ y PS en las zonas urbanas de Quito está muy por encima de los estándares internacionales. Esos contaminantes afectan a toda la población, aunque a partir de otros estudios se sabe que lo hacen con mayor intensidad a quienes pasan más tiempo, por actividad laboral, estudios o residencia, en sitios con alto tránsito, zonas industriales y zonas de canteras. Además, hay mayor contaminación en los sectores donde el avalúo catastral de los terrenos es menor. Eso denota una injusticia ambiental y espacial similar a la detectada en otras ciudades del mundo.

Si bien la calidad del aire y el valor del suelo están relacionados, la contaminación no necesariamente puede ser atribuida como un factor decisivo en el precio del suelo. Hay otros como la inseguridad, localización, presencia de industrias, áreas de vegetación, entre otros factores, que no han sido analizados. Lo que sí se sostiene es que las poblaciones que tienen menos servicios básicos, tamaño y ubicación del predio, e infraestructura vial colindante están más afectadas por la contaminación.

Esos resultados requieren de una discusión que englobe las políticas alrededor de la movilidad, industrias, minería y otras fuentes, pero también sobre actividades que inciden en esas fuentes, como la expansión desordenada y dispersa de la ciudad.

En algunos trabajos se ha sugerido que la contaminación en Quito ha mejorado como resultado de las políticas públicas, en particular las relacionadas con la calidad de los combustibles, control de las emisiones de los vehículos, y restricción del tránsito vehicular (Carrillo et al. 2016; Zalakeviciute et al. 2018a; Estrella et al. 2019). En el caso del pico y placa, sin embargo, la disminución de 9-11% en las concentraciones de CO durante las horas de mayor tránsito (Carrillo et al. 2016) elude mencionar que el CO está muy por debajo de los límites permisibles y que no es un problema mayor de salud pública. Asimismo, no se menciona que las medidas de restricción vehicular han sido cuestionadas porque no atacan la fuente del problema: los vehículos particulares movidos por combustibles fósiles. Ante medidas como el pico y placa, algunas personas compran otro carro o desplazan sus horarios de movilización; en Ciudad de México se ha demostrado que la extensión de esa restricción, inclusive hacia los sábados, no ha mejorado la calidad del aire (Davis 2017).

Mejorar los combustibles y restringir el tránsito son medidas insuficientes para mejorar la calidad del aire. La movilidad en Quito es insustentable y requiere de un profundo cambio de paradigma. Las diferentes administraciones, desde hace décadas, han evitado abordar cuestiones de base como la deficiente calidad del transporte colectivo, mal llamado “público”, porque en realidad es gestionado por cooperativas privadas. Se ha intentado subsanar el problema con parches insuficientes, como los sistemas de BRT trolebús, Ecovía o Metrovía, y en el futuro próximo con un metro subterráneo que cubrirá muy parcialmente la ciudad.

Los intentos por regular el sistema de buses, percibidos como un servicio contaminante y de mala calidad, han sido tibios y pocas veces han tenido resultados positivos. También ha sido deficiente la implementación de los sistemas de bicicleta compartida y la construcción de ciclovías, estancados a una escala menor por las presiones de colectivos de automovilistas y taxistas.

Ahora bien, la mayoría de la población se mueve en esos vehículos colectivos, aunque el porcentaje tiende a disminuir. En 1998 el 80% de viajes en la ciudad se hacía en medios de transporte colectivo y el 20% en transportes individuales privados, mientras que una década después esa proporción fue del 64-36%. Eso obedece a aspectos como las facilidades de acceso a crédito para vehículos (inclusive usados), los subsidios a los combustibles, la forma cada vez más dispersa de la ciudad, y la comodidad y relativa seguridad del vehículo particular en relación con el transporte colectivo. De mantenerse la tendencia, en algunos años la mayoría de desplazamientos será realizada en

transporte individual (Municipio de Quito 2009). Está por verse si el metro subterráneo es capaz de revertir la tendencia, pero parece que por sí solo será insuficiente para contrarrestar las presiones derivadas de una expansión desordenada.

Es necesario enfrentar el tránsito vehicular, pero también las otras fuentes. Las industrias han dejado de ser el principal foco de atención, pero continúan siendo un problema. En varios casos se ha visto que las normativas y el comando y control han sido insuficientes, y que ha fallado el regulador. Las industrias y el Municipio han promovido una política de postergación: reciben multas que no pagan, o negocian cambios de normativa (Portilla 2012). Se ha sugerido la relocalización de industrias, pero eso no funciona sin una regulación seria de la expansión de suelo urbano. Una industria puede ubicarse en una zona despoblada, pero luego la alcanza el crecimiento espacial de la ciudad, como en los barrios El Beaterio, Monje Donoso o El Inca (Metzger 2001), entre otros. En las industrias es necesario ejercer un comando y control eficiente, pero al mismo tiempo promover la inversión y adaptación tecnológica de maquinaria, para disminuir impactos ambientales y promover ahorros energéticos.

Respecto a las políticas, también es necesaria una discusión sobre los límites permisibles. La NECA parece haber sido fijada en función de la realidad existente, no del conocimiento científico en torno a calidad del aire y salud pública. En cierto modo resulta vergonzoso que se hayan fijado límites muy por encima de las normas internacionales, con lo cual se arguye cumplimiento, aunque eso no signifique menores afectaciones a la salud.

Parecería necesaria también la emergencia de movimientos u organizaciones sociales preocupadas por la contaminación del aire. Se conocen apenas algunos en la década de 1990 (Varea et al. 1997), antes de que el Municipio comenzara a regular el tema con mayor intensidad. Queda la sensación de que con la institucionalización del control de la contaminación se limitaron las acciones colectivas, pese a que existe una conciencia social (Verdesoto et al. 2009). Conviene preguntar si estamos ante un caso de transacción o compensación (*trade off*) en el que se acepta como connatural, necesaria, la contaminación en la ciudad. Ese patrón ha sido detectado en lugares como la muy contaminada Villa Inflamable en Argentina (Auyero 2010). Parece necesaria mayor comunicación y educación, no solo acerca de la contaminación, sino de los derechos y deberes alrededor de ella.

En futuras investigaciones será importante evaluar la relación de la contaminación con otras variables. Los espacios con cobertura vegetal, en forma de áreas protegidas, parques, riberas de ríos, árboles de vereda y jardines, son mitigadores naturales, y se conoce que en Quito los barrios con más valor de AIVA, también albergan mayor cantidad de parques (Gómez 2018). También se sabe que las

personas usuarias de parques perciben menor contaminación en la ciudad (Verdesoto et al. 2009). Será importante evaluar esa variable, así como otras de etnia o ingresos per cápita, para entender con mayor claridad las injusticias ambientales y espaciales en torno a la contaminación del aire en la ciudad.

CONCLUSIONES

El aire de la ciudad de Quito está muy contaminado con gases y partículas, en especial con PM_{2.5}, PM₁₀ y PS. Las fuentes de esos contaminantes son varias: explotación de canteras (sobre todo al norte de la ciudad), tránsito vehicular, industrias, termoeléctricas, actividades artesanales, construcciones, quema de vegetación, erosión del suelo, incendios forestales, entre otras. Toda la ciudad padece altos niveles de contaminación por PM_{2.5}, PM₁₀ y PS, pero se detectó una relación entre mejor calidad del aire y mayor valor del suelo. Los sitios más contaminados están, por lo general, en las periferias. Esa distribución desigual es un indicador de injusticia ambiental y espacial en las áreas más urbanizadas.

El aire ha empeorado desde la década de 1990, en buena medida por el aumento del parque automotor y la expansión urbana. Las políticas para la mejora de la calidad del aire desde la década de 1970 han tenido logros parciales, sobre todo asociados con la calidad de los combustibles y algunas transformaciones en industrias.

En el marco de los intentos para generar un modelo de movilidad sustentable, han prevalecido las resistencias para mantener los status quo, promovidas sobre todo por colectivos que se lucran o benefician de medios de transporte como buses, camiones, taxis o vehículos particulares. Hay quejas ante los controles de emisiones, las regulaciones de la forma de conducir, y las infraestructuras para otros medios de transporte como los BRT. Esas resistencias han contado con la avenencia de los gobiernos de turno, ante la mirada crítica de una sociedad que, sin embargo, tampoco ha generado fuertes movimientos sociales que presionen para transformar la situación. De modo general, continúa siendo una realidad lo dicho hace 20 años: “Los gobiernos municipales de turno se han cuidado en no promover instrumentos o políticas que no se puedan cumplir o lleguen a ser ineficaces para contrarrestar la contaminación del aire” (Jurado & Southgate 1999). Los instrumentos más punitivos han quedado en declaraciones y han fracasado, como en el caso de los buses de cooperativas privadas que prestan servicios de transporte colectivo. Esos y otros vehículos a diésel que circulan por la ciudad son percibidos como una de las principales fuentes de contaminación.

Transformar la calidad del aire requiere institucionalizar varios procesos en diferentes ámbitos. Uno fundamental es la mejora o prohibición de ciertos combustibles, especialmente el diésel, una de las peores fuentes de partículas en suspensión. En línea con ello, se requiere mejorar los transportes

colectivos (sobre todo buses), de mala calidad y percibidos como una de las peores fuentes de contaminación del aire. Es necesario promover el uso de vehículos eléctricos de toda escala, y de bicicletas a través de ciclovías seguras.

También es necesario continuar con los monitoreos y fiscalizaciones a las industrias, al tiempo que se promueven incentivos e innovación tecnológica. En cuanto a las canteras al norte de la ciudad, se requiere su cierre definitivo para evitar que continúen enviando partículas suspendidas hacia las zonas urbanas.

En el panorama amplio, es fundamental una ciudad compacta, que retroalimente negativamente el uso de vehículos particulares y viabilice recursos para financiar espacios públicos y sistemas de transporte de calidad. También es urgente promover mayores mitigadores naturales de contaminación, en forma de parques, arbolado de vereda, techos verdes, jardines horizontales y verticales, huertos.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue realizada con el apoyo de FLACSO Ecuador, y la Dirección de Catastros y la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito. Agradecemos el apoyo para el análisis estadístico de Juan Ponce, Julio Sánchez Otero y Ana Lucía Moncayo. También agradecemos las observaciones de los lectores evaluadores de la revista *Fronteiras*.

REFERENCIAS

AMT (Agencia Metropolitana de Tránsito) [base de datos en Internet]. 2013. Número de vehículos matriculados desde el año 2013. [citado 20 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.amt.gob.ec/index.php/30-destacados/114-amt-en-numeros.html>

Arcia G, Brantly E, Hetes R, Powell C, Suárez J, Whiteford L 1993. *Environmental Health Assessment: A Case Study Conducted in the City of Quito and the County of Pedro Moncayo, Pichincha Province, Ecuador*. PRITECH y Water and Sanitation for Health Project, Washington DC., 99 pp.

Auyero J 2010. Infancia en peligro tóxico. Experiencia y negación. *Apuntes de investigación* (16):23-38.

Brachtl MV, Durant JL, Pérez CP, Oviedo J, Sempértegui F, Naumova E N, Griffiths J K. Spatial and temporal variations and mobile source emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons in Quito, Ecuador. *Environ Pollut* [revista en Internet]. 2009 [citado 12 de agosto de 2018];157(2):528-536. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.09.041>

Bravo-Moncayo L, Chávez M, Puyana V, Lucio-Naranjo J, Garzón C, Pavón-García I. A cost-effective approach to the evaluation of traffic noise exposure in the city of Quito, Ecuador. *Case Studies on Transport Policy* [revista en Internet]. 2019 [citado 2 de junio de 2019];7(1):128-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.12.006>

Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, . . . Spadaro JV. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *PNAS* [revista en Internet]. 2018 [citado 25 octubre de 2018]; 115(38):9592-9597. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>

Carrillo PE, Lopez-Luzuriaga A, Malik AS. Pollution or crime: The effect of driving restrictions on criminal activity. *J Public Econ* [revista en Internet]. 2018 [citado 8 de agosto de 2018];164:50-69. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2018.05.007>

Carrillo PE, Malik AS, Yoo Y. Driving restrictions that work? Quito's Pico y Placa Program. *Can J Econ* [revista en Internet]. 2016 [citado 2 de julio de 2018];49(4):1536-1568. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=2240327>

Carrión F 1987. La política urbana del Municipio de Quito. En *El proceso urbano en el Ecuador*. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS), Quito, p. 181-210.

Cazorla M. Air quality over a populated Andean region: Insights from measurements of ozone, NO, and boundary layer depths. *Atmos Pollut Res* [revista en Internet]. 2016 [citado 1 de agosto de 2018];7(1):66-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.07.006>

Cevallos VM, Díaz V, Sirois C M. Particulate matter air pollution from the city of Quito, Ecuador, activates inflammatory signaling pathways in vitro. *Innate Immuni* [revista en Internet]. 2017 [citado 1 de agosto de 2018];23(4):392-400. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28409539>

CMQ (Concejo del Distrito Metropolitano de Quito) 1992. Ordenanza 2910 para la prevención y control de la contaminación producida por las descargas líquidas industriales y las emisiones hacia la atmósfera. Registro Oficial del 27 de enero de 1992.

CMQ (Concejo del Distrito Metropolitano de Quito) 2007. Ordenanza Metropolitana 0213 Sustitutiva del Título V, "Del Medio Ambiente", Libro Segundo, del Código Municipal. Registro Oficial del 5 de abril de 2007.

CMQ (Concejo del Distrito Metropolitano de Quito) 2010. Ordenanza Metropolitana No. 305, reformativa de la Sección IV, Capítulo IX, Título II, Libro 1 del Código Municipal para el DMQ. Medidas de regulación de la circulación vehicular. Resolución del 5 de marzo de 2010.

CMQ (Concejo del Distrito Metropolitano de Quito) 2011. Ordenanza Metropolitana No. 0196 de aprobación del plano del valor del suelo urbano y rural, los valores unitarios por m² de construcción, adicionales constructivos al predio y factores de corrección que determinan los avalúos prediales que regirán para el bienio 2012-2013. Ordenanza sustitutiva de la Ordenanza No. 093 del 2015. Registro oficial del 19 de diciembre de 2017.

Contreras J 2004. *El impacto de la contaminación del aire en la vida y en las percepciones de género en la ciudad de Quito*. Tesis de Maestría en Estudios Socioambientales, FLACSO Ecuador, 145 pp.

CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) 2009. *Informe anual 2008. La calidad del aire en Quito*. CORPAIRE, Quito, 165 pp.

CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) 2008. *Informe anual 2007. La calidad del aire en Quito*. CORPAIRE, Quito, 120 pp.

- CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) 2007. *Informe anual 2006. La calidad del aire en Quito*. CORPAIRE, Quito, 101 pp.
- CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) 2006. *Informe anual 2005. La calidad del aire en Quito*. CORPAIRE, Quito, 83 pp.
- CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) 2010. *Informe anual 2009. La calidad del aire en Quito*. CORPAIRE, Quito, 189 pp.
- Correa V, Mejía A 2015. Indicadores de contaminación visual y sus efectos en la población. *Enfoque UTE* 6(3):115-132.
- Chauvin J 2007. *Conflicto y gobierno local. El caso del transporte urbano en Quito*. Abya Yala, Quito, 284 pp.
- Chen Z, Salam MT, Toledo-Corral C, Watanabe RM, Xiang AH, Buchanan TA, Habre R, Bastain TM, Lurmann F, Wilson JP, Trigo E, Gilliland FD. Ambient Air Pollutants Have Adverse Effects on Insulin and Glucose Homeostasis in Mexican Americans. *Diabetes Care* [revista en Internet]. 2016 [citado 10 de marzo de 2018];39:547-554. Disponible en: <https://doi:10.2337/dc15-1795>
- Davis LW. Saturday Driving Restrictions Fail to Improve Air Quality in Mexico City. *Sci Rep* [revista en Internet]. 2017 [citado 8 de abril de 2018];7:41652. Disponible en: <https://doi:10.1038/srep41652>
- Díaz V, Páez C 2006. Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova* 3(2):308-322.
- Dirección Metropolitana de Avalúos y Catastros [base de datos]. Áreas de Intervención Valorativa (AIVAS) del DMQ 2013 [citado 3 de septiembre de 2015] Municipio de Quito.
- EJOLT.org [base de datos en Internet]. 2018. Mapping Environmental Justice, Barcelona: Environmental Justice Organisations, Liabilities and Trade [citado 1 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.ejolt.org/?cat=17&issue=environmental-health-and-risk-assessment>
- Encalada MA 1991. *Potencial Impacto de las Industrias en el Ecuador: Exploración Preliminar y Soluciones*. Fundación Natura, Quito, 641 pp.
- Estrella B, Estrella R, Oviedo J, Narváez X, Reyes MT, Gutiérrez M, Naumova EN. Acute Respiratory Diseases and Carboxyhemoglobin Status in School Children of Quito, Ecuador. *Environ Health Perspect* [revista en Internet]. 2005 [citado 10 de abril de 2018];113(5):607-611. Disponible en: <http://doi:10.1289/ehp.7494>
- Estrella B, Sempértegui F, Franco OH, Cepeda M, Naumova EN. Air pollution control and the occurrence of acute respiratory illness in school children of Quito, Ecuador. *Journal of Public Health Policy* [revista en Internet]. 2019 [citado 31 de mayo de 2019];40(1):17-34. Disponible en: <https://doi.org/10.1057/s41271-018-0148-6>
- Forastiere F, D'Ippoliti D, Pistelli R 2004. Las partículas transportadas por el aire están asociadas con el incremento de la mortalidad y admisión hospitalaria por enfermedades del corazón y pulmonares. En P Comba, R Harari R (Eds.). *El ambiente y la salud. Epidemiología ambiental*. Abya-Yala e Istituto Superiore de Sanità y Corporación IFA, Quito, p. 195-224.

Fundación Natura y Municipio de Quito 2000. *Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular*. Fundación Natura, Quito, 21 pp.

Gakidou E, Afshin A, Abajobir AA, Abate KH, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, Abdulle AM, Abera SF, Aboyans V. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* [revista en Internet]. 2017 [citado 25 de agosto de 2018];390(10100):1345-1422. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8)

Gómez LA 2018. *Relación del verde urbano de Quito y las condiciones socioeconómicas de la población desde una perspectiva de justicia espacial*. Tesis de Maestría en Estudios Sociambientales, FLACSO Ecuador, 168 pp.

Green J, Sánchez S 2012. *La calidad del aire en América Latina: una visión panorámica*. Clean Air Institute, Washington DC, 36 pp.

Hajat A, Hsia C, O'Neill MS. Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure: a Global Review. *Curr Environ Health Rep* [revista en Internet]. 2015 [citado 7 de septiembre de 2018];2:440-450. Disponible en: <http://doi:10.1007/s40572-015-0069-5>

Harari R 2007. El Mapa Territorial de Riesgos en los barrios quiteños: Técnicas y Resultados. En *Ambiente y salud. Proyecto piloto de Valoración del Impacto en Salud en el DMQ*. Municipio de Quito y Corporación IFA, Quito, p. 33-50.

Harris AM, Sempértegui F, Estrella B, Narváez X, Egas J, Woodin M, Durant JL, Naumova E, Griffiths JK. Air pollution and anemia as risk factors for pneumonia in ecuadorian children: a retrospective cohort analysis. *Environ Health* [revista en Internet]. 2011 [citado 7 de enero de 2018];10(1):93. Disponible en: <http://doi:10.1186/1476-069x-10-93>

Henao J, Vásquez A. Una revisión de la investigación sobre justicia ambiental urbana en latinoamérica. *Rev Direito da Cidade* [revista en Internet]. 2017 [citado 7 de enero de 2018]; 9:1247-1267. Disponible en: <http://doi:10.12957/rdc.2017.29161>

Heredia DE 2016. *El desempeño ambiental de las industrias agroalimenticias de Quito, 2005–2014*. Tesis de Maestría en Estudios Sociambientales, FLACSO Ecuador, 114 pp.

IAMU Observatorio de Percepciones de Ambiente y Sociedad [base de datos en Internet] 2018. Nivel de satisfacción con calidad del aire. [citado 30 de noviembre de 2018] Disponible en: http://www.iamu-utpl.org/calidad_de_vida.html

Ibarra B, Parra R, Valencia V, Páez C. Inventario de emisiones atmosféricas de Quito año 2003 y su distribución espacial y temporal. *Acta Nova* [revista en Internet]. 2006 [citado 7 de febrero de 2018];3:170.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) [base de datos en Internet]. 2016. Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo. Pobreza y Desigualdad. [citado 1 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) [base de datos en Internet]. 2014. Vehículos motorizados matriculados 2008-2014. [citado 15 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Vehiculos_Matr_2008-2014/2008-2014_VehiculosMotorMatri_Metod.pdf

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) [base de datos en Internet]. *Quinto Censo de Población y IV de Vivienda*. 1991. [citado 12 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://biblioteca.culturaypatrimonio.gob.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=176072>

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) 1974. *III Censo de Población 1974*. Junta Nacional de Planificación y Coordinación (JUNAPLA), Quito.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) 1982. *IV Censo de Población, III de Vivienda*. INEC, Quito, 67 pp.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) 2001. *VI Censo de Población y V de Vivienda 2001*. INEC, Quito.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) 2011. *Censo 2010 de población y vivienda*. INEC, Quito.

Jerrett M, Burnett RT, Kanaroglou P, Eyles J, Finkelstein N, Giovis C, Brook JR. A GIS-environmental justice analysis of particulate air pollution in Hamilton, Canada *Environ and Plan A* [revista en Internet]. 2001 [citado 7 de enero de 2018]; 33(6):955-973. Disponible en: <http://doi:10.1068/a33137>

Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica 1964. *Segundo Censo de Población y Primer Censo de Vivienda*. Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, Quito.

Jurado J 1991. *Diagnóstico preliminar estimativo de la contaminación industrial en cuatro ciudades del Ecuador*. Fundación Natura, Quito.

Jurado J, Southgate D 1999. Dealing with air pollution in Latin America: the case of Quito, Ecuador. *Environ Develop Econ* 4(3):375-388.

Kleine Deters J, Zalakeviciute R, Gonzalez M, Rybarczyk Y. Modeling PM_{2.5} Urban Pollution Using Machine Learning and Selected Meteorological Parameters. *J of Elect and Comp Engin* [revista en Internet]. 2017 [citado 18 de noviembre de 2018]:14 p. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/5106045>

Korc ME, Sáenz R 1999. *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*. OPS y OMS, Lima, 20 pp.

Lapuerta M, Armas O, Agudelo JR, Agudelo AF. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 2: Motores Diesel. *Inf tecno* [revista en Internet]. 2006a [citado 11 de octubre de 2018]; 17:31-41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000500006>

Lapuerta M, Armas O, Agudelo JR, Sánchez CA. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. *Inf tecno* [revista en Internet]. 2006b [citado 11 de octubre de 2018]; 17(5):21-30. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000500005>

Lombeida E 2018. Reporte de pobreza y desigualdad. Junio, 2018. INEC, Quito. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2018/Junio-2018/Informe_pobreza_y_desigualdad-junio_2018.pdf

López G [base de datos en Internet] 2011. Población: Necesidades Básicas Insatisfechas 2011. INEC, Quito. [citado 1 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/pobreza-por-necesidades-basicas-insatisfechas/>

Martínez-Alier J 2009. *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Icaria, Barcelona, 416 pp.

Martins MC, Fatigati FL, Vespoli TC, Martins LC, Pereira LA, Martins MA, Saldiva PH, Braga AL. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. *J Epidemiol & Community Health* [revista en Internet]. 2004 [citado 9 de octubre de 2018]; 58(1):41-46. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/jech.58.1.41>

McDonald BC, de Gouw JA, Gilman JB, Jathar SH, Akherati A, Cappa CD, . . . Trainer M. Volatile chemical products emerging as largest petrochemical source of urban organic emissions. *Science* [revista en Internet]. 2018 [citado 20 de noviembre de 2018]; 359(6377):760-764. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/359/6377/760>

McNeill JR 2011. *Algo nuevo bajo el sol. Historia medioambiental del mundo en el siglo XX*. Alianza Editorial, Madrid, 504 pp.

MCPGAD (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados) 2011. *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. MCPGAD, Quito, 235 pp.

Mendoza CIÁ, Almeida OP 2016. Estimación de la contaminación del aire por PM₁₀ en Quito a través de índices ambientales con imágenes LANDSAT ETM+. *Rev Cartográfica* (92):135.

Metzger P 2001. *Perfiles ambientales de Quito*. Municipio de Quito e IRD, Quito, 117 pp.

Metzger P, Bermúdez N 1996. *El medio ambiente urbano en Quito*. Municipio de Quito y ORSTOM, Quito, 202 pp.

Ministerio de Economía del Ecuador 1960. *Primer Censo de Población del Ecuador 1950*. Ministerio de Economía, Quito.

Moreno A. Justicia ambiental y contaminación atmosférica por dióxido de azufre en Madrid: análisis espacio-temporal y valoración con sistemas de información geográfica. *Boletín Asoc de Geógr Esp* [revista en Internet]. 2007 [citado 9 de octubre de 2018] 44:301-324. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10486/670058>

Municipio de Quito 2009. *Plan maestro de movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito: 2009-2025*. Empresa Municipal de Movilidad y Obras públicas, Quito.

Municipio de Quito 2015. *Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito (2 ed)*. Secretaría de Seguridad, Quito, 124 pp.

Naumova, EN, Yepes H, Griffiths JK, Sempértegui F, Khurana G, Jagai JS, Játiva E, Estrella B. Emergency room visits for respiratory conditions in children increased after Guagua Pichincha volcanic eruptions in April 2000 in Quito, Ecuador Observational Study: Time Series Analysis. *Environ Health* [revista en Internet]. 2007 [citado 9 de octubre de 2018];6(1):21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17650330>

Noriega P, Medici A, Murillo A, Bedón J, Haro F, Galecio G 2008. Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores. *La Granja. Rev Cienc Vida* 8:17-24.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*. OECD, 2016 [citado 8 de octubre de 2018] Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264257474-en>

OMS (Organización Mundial de la Salud) 2006. *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos*. OMS, Ginebra, 21 pp.

OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la Salud), (MAE) Ministerio del Ambiente del Ecuador 2003. *Diagnóstico preliminar Gestión de la calidad del aire –Ecuador*. OPS, OMS y MAE, Quito, 217 pp.

Oviedo J 1991. *Correlación neurológica, neurofisiológica y psicológica con los niveles de plomo en sangre de habitantes en la ciudad de Quito*. Fundación Natura, Quito.

Oviedo J. 2015. *Actualización del Plan de Manejo de la Calidad del Aire 2005-2010. Informe final*. Secretaría de Ambiente, Quito, 168 pp.

Padilla CM, Kihal-Talantikite W, Vieira VM, Rossello P, Nir GL, Zmirou-Navier D, Deguen S. Air quality and social deprivation in four French metropolitan areas - A localized spatio-temporal environmental inequality analysis. *Environ Res* [revista en Internet]. 2014 [citado 9 de febrero de 2018];134:315-324. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.017>

Portilla J 2012. *El papel del Municipio como regulador del desempeño ambiental industrial en el Distrito Metropolitano de Quito: el caso de las descargas líquidas en el sector textil*. Tesis de Maestría en Estudios Socioambientales, FLACSO Ecuador, 100 pp.

Raysoni AU, Armijos RX, Weigel MM, Echanique P, Racines M, Pingitore N, Li WW. Evaluation of Sources and Patterns of Elemental Composition of PM_{2.5} at Three Low-Income Neighborhood Schools and Residences in Quito, Ecuador. *Int J Environ Res Public Health* [revista en Internet]. 2017 [citado 9 de enero de 2018]; 14(7):674. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph14070674>

Raysoni AU, Armijos RX, Weigel MM, Montoya T, Eschanique P, Racines M, Li WW. Assessment of indoor and outdoor PM species at schools and residences in a high-altitude Ecuadorian urban center. *Environ Pollut* [revista en Internet]. 2016 [citado 16 de junio de 2018];214:668-679. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.085>

Reed MG, George C 2011. Where in the world is environmental justice? *Prog Hum Geog* 35(6):835-842.

Rivera N, Chica J, Zambrano I, García C 2017. Estudio del comportamiento de un motor ciclo otto de inyección electrónica respecto de la estequiometría de la mezcla y del adelanto al encendido para la ciudad de Cuenca. *Rev Politécnica* 40(1):59-67.

Romero H, Fuentes C, Smith P. Ecología política de los riesgos naturales y de la contaminación ambiental en Santiago de Chile: necesidad de justicia ambiental. *Scripta Nova* [revista en Internet]. 2010a [citado 15 de febrero 2018]14(331). Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-52.htm>

Romero H, Irarrázaval F, Opazo D, Salgado M, Smith P 2010b. Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *EURE* 36(109):35-62.

Romero H, Salgado M, Fuentes C 2009. Segregación socioambiental en espacios intraurbanos de la ciudad de Santiago de Chile. En A Aguilar e I Escamilla (Coords.). *Periurbanización, sustentabilidad y gobernanza en grandes ciudades*. Cámara de Diputados, Instituto de Geografía-UNAM, Conacyt, Miguel Ángel Porrúa, México, p. 55-82.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2011. *Informe anual 2010. La calidad del aire en Quito*. Municipio de Quito, Quito, 80 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2012. *Informes de Calidad del Aire 2011*. Municipio de Quito, Quito, 92 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2013. *Informes de Calidad del Aire 2012*. Municipio de Quito, Quito, 95 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2014. *Informe de la calidad del aire de Quito 2013*. Municipio de Quito, Quito, 60 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2015. *Informe de la calidad del aire de Quito 2014*. Municipio de Quito, Quito, 58 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2016. *Calidad del aire en Quito. Informe anual 2015*. Municipio de Quito, Quito, 56 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2017. *Informe de la calidad del aire-2016. Distrito Metropolitano de Quito*. Municipio de Quito, Quito, 55 pp.

SAMQ (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito) 2018. *Calidad del aire en Quito. Informe anual 2017*. Municipio de Quito, Quito, 49 pp.

Sánchez D 2011. *La gestión de un bien común en una ciudad de altura o el paradigma de la tragedia de los comunes en la contaminación ambiental del aire de Quito*. Tesis de Maestría en Estudios Sociambientales, FLACSO Ecuador, 114 pp.

Selden TM, Song D. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? *J Environ Econ Manag* [revista en Internet]. 1994 [citado 9 de julio de 2018];27(2):147-162. Disponible en: <https://doi.org/10.1006/jeeem.1994.1031>

Sobral, HR. Air pollution and respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil. *Soc Sci & Med* [revista en Internet]. 1989 [citado 9 de octubre de 2018];29(8):959-964. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(89\)90051-8](https://doi.org/10.1016/0277-9536(89)90051-8)

Soto N. El control de la contaminación atmosférica en México (1970-1980): tensiones y coincidencias entre el sector salud y los industriales. *Dynamis* [revista en Internet]. 2017 [citado 30 de mayo de 2019];(37):187-209. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-95362017000100009&nrm=iso

Southgate D, Frederick K, Strasma J, White A, Lach L, Kellenberg J, Kelly P 1995. *An Assessment of Urban Environmental Problems in Ecuador*. University of Wisconsin y United States Agency for International Development, Madison, 81 pp.

Spangl W, Schneider J, Moosmann L, Nagl C 2007. *Representativeness and lassification of air quality monitoring stations*. European Comission, Bruselas. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/report_uba.pdf

Swyngedouw E, Kaika M. Urban Political Ecology. Great Promises, Deadlock... and New Beginnings? *Doc d'Anàlisi Geogràf* [revista en Internet]. 2014 [citado 9 de octubre de 2018];60(3):459-481. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.155>

Te Brake WH. Air Pollution and Fuel Crises in Preindustrial London, 1250-1650. *Tech Cult* [revista en Internet]. 1975 [citado 7 de marzo de 2018]; 16(3):337-359. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3103030>

Varea A, Barrera C, Maldonado A 1997. *Ecologismo ecuatorial. Conflictos socioambientales en las ciudades*. Centro de Educación Popular y Abya Yala, Quito, 238 pp.

Verdesoto L, Donoso RE, Aldaz RA, Valdivieso L, Marcillo J, Chalco S, Morochz I, 2009. *Quito, un caleidoscopio de percepciones -midiendo la calidad de vida*. Corporación Instituto de la Ciudad, Quito, 241 pp.

Walker G. Beyond Distribution and Proximity: Exploring the Multiple Spatialities of Environmental Justice. *Antipode* [revista en Internet]. 2009 [citado 19 de octubre de 2018];41(4):614-636. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2009.00691.x>

White A, Southgate D, Lach L. Industrial Pollution. En *Report to Regional Housing and Urban Development Office and Quito Mission of U.S. Agency for International Development* [documento en Internet]. Washington DC: Environmental Policy Analysis and Training (EPAT) Project; 1995 [citado 5 de junio de 2018]. Disponible en: <https://epat.wisc.edu/.energy/.An-Assessment-of-Urban-Environmental-Pro1/.Document-divided-by-Chapter-with-Search-1/.Industrial-Pollution1.html>

WHO (World Health Organization). *Datos y cifras*. WHO, 2018 [citado 18 de mayo de 2018]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

WHO (World Health Organization). *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016)*, WHO, 2016 [citado 19 de junio de 2018]. Disponible en: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

Zalakeviciute R, Buenaño A, Sannino D, Rybarczyk Y 2018b. Urban Air Pollution Mapping and Traffic Intensity: Active Transport Application. *Chapters*, IntechOpen. Disponible en:

<https://www.intechopen.com/books/air-pollution-monitoring-quantification-and-removal-of-gases-and-particles/urban-air-pollution-mapping-and-traffic-intensity-active-transport-application>

Zalakeviciute R, Rybarczyk Y, López-Villada J, Diaz Suarez MV. Quantifying decade-long effects of fuel and traffic regulations on urban ambient PM_{2.5} pollution in a mid-size South American city. *Atmosph Pollut Res* [revista en Internet]. 2018a [citado 9 de julio de 2018];9(1):66-75. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.07.001>

Air Pollution and Environmental Justice in Quito, Ecuador

ABSTRACT

We studied the state of air pollution in Quito, the trajectories to improve its quality, and the relation between pollutants and socioeconomic condition measured from the value of urban land. We focused on three pollutants: fine particulate matter, coarse particulate matter and sedimentable particles. We used secondary sources and databases of the Municipality of Quito. There have been policies and actions to improve air quality, focused on diverse sectors. Despite this, the three pollutants exceed what is recommended in national and international air quality standards. Moreover, there is an inverse relation between pollution and the value of urban land: those populations living in places with lower land rent value receive greater contamination. Although the regulations to improve air quality have had some achievements, in most cases they have not been accomplished.

Keywords: Socio-Spatial Justice; Urban Health; Suspended Particles.

Envío: 03/12/2018
Aceptado: 06/08/2019