



**Cooperación técnico-científica internacional en la construcción de
redes de monitoreo atmosférico. El caso de Bogotá (1960-2016)**

*International Technical-Scientific Cooperation in the Construction of
Atmospheric Monitoring Networks. The Case of Bogotá (1960-2016)*

*Cooperação técnico-científica internacional na construção de redes de
monitoramento atmosférico. O caso de Bogotá (1960-2016)*

Mauricio Alberto Ángel Macías (1) y Stefania Gallini (2)

(1) Universidad Nacional de Colombia, maangelm@unal.edu.co,  orcid.org/0000-0002-3527-6133

(2) Universidad Nacional de Colombia, sgallini@unal.edu.co  orcid.org/0000-0002-5394-1854

Fecha de recepción: 11 de septiembre de 2018

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2018

Resumen

Las redes para el monitoreo de la calidad del aire en las ciudades se han posicionado como la tecnología útil para hacer seguimiento e intervenir sobre el peligro que trae consigo la contaminación atmosférica. La necesidad de hacer vigilancia atmosférica a escala global se ha fundamentado en la importancia de este problema ambiental para la salud pública, especialmente después de la segunda posguerra. La tecnología de monitoreo apareció en América Latina en los años sesenta, en un momento en el cual la contaminación del aire no suponía un problema mayor en la región. Aun así, se inició la vigilancia atmosférica, mediada por intereses económicos y políticos propios de las relaciones de poder internacionales características de este periodo. Este artículo toma como caso de estudio la ciudad de Bogotá, para explicar cómo las relaciones desequilibradas de poder entre países del primero y tercer mundo, y luego entre países desarrollados y en vías de

desarrollo, condujeron a la creación de sistemas técnico científicos y redes de monitoreo atmosférico. Estas resultaron al principio más problemáticas que útiles, pero con el paso del tiempo se tornaron muy importantes para la vigilancia sanitaria y ambiental del territorio.

Palabras clave: contaminación atmosférica; política internacional; redes de monitoreo; salud pública

Abstract

Networks for air quality monitoring in cities have been positioned as useful technology to monitor and intervene on the danger posed by air pollution. The need to carry out global atmospheric monitoring has been based on the importance of this environmental problem to public health, especially after the second post war period. Monitoring technology appeared in Latin America in the 1960s, at a time when air pollution was not a major problem in the region. Even so, atmospheric surveillance was initiated, mediated by economic and political interests in the international power relations characteristic of this period. This article takes as a case study the city of Bogota, to explain how the unbalanced power relations between first and third world countries, and then between developed and developing countries, led to the creation of scientific technical systems and networks of atmospheric monitoring. These were at first more problematic than useful, but with the passage of time they became very important for the sanitary and environmental surveillance of the territory.

Keywords: air pollution; public health; monitoring networks; international politics

Resumo

As redes de monitoramento da qualidade do ar nas cidades têm se posicionado como uma tecnologia útil para monitorar e intervir sobre o perigo representado pela poluição do ar. A necessidade de realizar o monitoramento atmosférico global baseou-se na importância desse problema ambiental para a saúde pública, especialmente após o segundo período do pós-guerra. A tecnologia de monitoramento apareceu na América Latina nos anos 60, em um momento em que a poluição do ar não era um grande problema na região. Mesmo assim, a vigilância atmosférica começou, mediada por interesses econômicos e políticos típicos das relações internacionais de poder características desse período. Este artigo toma

como estudio de caso a cidade de Bogotá, para explicar como as relações de poder desequilibradas entre países do primeiro e do terceiro mundo, e depois entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, levaram à criação de sistemas científicos técnicos e redes de monitoramento atmosférico. Estes foram inicialmente mais problemáticos do que úteis, mas ao longo do tempo tornaram-se muito importantes para o monitoramento sanitário e ambiental do território.

Palavras-chave: política internacional; poluição do ar; redes de monitoramento; saúde pública

Introducción

Las redes de monitoreo de la calidad del aire en las ciudades se han posicionado como la tecnología útil para hacer el seguimiento e intervenir sobre el riesgo que trae consigo la contaminación atmosférica en las urbes modernas (Korc y Sáenz 1999). La necesidad de hacer vigilancia al aire se ha fundamentado en la consolidación histórica de la contaminación atmosférica como un problema importante para la salud pública a escala mundial (WHO 2016). El impacto poblacional de este riesgo ambiental ha dejado de ser principalmente agudo y local, pasando al terreno de la construcción de vulnerabilidades crónicas, acumulativas y globales (Korc 2000). Los sistemas de monitoreo, que se complementan con los modelos teóricos de dispersión de contaminantes criterio¹ y el inventario de fuentes de emisiones, aportan la información que permite construir el puente de evidencia entre la emisión, la inmisión,² la exposición y el impacto en salud de la contaminación del aire, en el marco de aproximación y reconstrucción de una atmósfera instrumentada (Gaitán y Behrentz 2007; IDEAM 2002).

Esta tecnología inició su uso en el mundo a partir de la segunda posguerra, en un momento histórico en el cual América Latina ocupaba una posición subordinada en las relaciones internacionales, dominadas por un fuerte discurso desarrollista, de la mano de la superpotencia emergente: Estados Unidos (Miller 1992; Williams 2005; Escobar 1998; Boersner 1996). Las redes fueron impulsadas por el sistema de gobierno internacional del

¹ Se entiende como “contaminante criterio” a aquel regulado con base en suficiente evidencia científica de sus efectos para la salud. Estos contaminantes son objeto de evaluaciones y mediciones específicas en las guías de calidad del aire, con el objetivo de establecer niveles permisibles para proteger la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población (IDEAM 2016; OMS 2005).

² Entendido como el proceso fisicoquímico atmosférico que sufren los contaminantes, luego de ser emitidos (Seinfeld y Pandis 2016).

momento. Conformaron los primeros esfuerzos de vigilancia del aire, liderados por las agencias sanitarias mundiales –Organización Mundial de la Salud (OMS)– y regionales –Organización Panamericana de la Salud (OPS)–,³ financiadas por instituciones económicas mundiales –Banco Mundial (BM) y Comisión Europea– y filantrópicas, y respaldadas por organismos técnicos gubernamentales como la *Environmental Protection Agency* (EPA) estadounidense (Haddad 1972; Liu 2010; Rothman 2017).

Sería tentador interpretar este caso de instalación de una red tecno-científica en una región periférica del sistema mundial, sin que esta respondiera propiamente a dinámicas y necesidades locales, como la ejemplificación de la dependencia tecnológica y política del país frente a la cooperación internacional, en temas de vigilancia ambiental y salud pública (Albornoz 2001; SELA 2013; Escobar 1998). En sentido opuesto, se podría resaltar que las apuestas de cooperación internacional en materia ambiental y sanitaria, como la de este caso, han servido para impulsar la formación de personal calificado local, creando espacios de desarrollo profesional nativo para su mantenimiento y control (García 2007).

Aun reconociendo valor heurístico a esas interpretaciones, la perspectiva que este artículo adopta para comprender el caso de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCA), resultado de un proceso histórico social, es la de las repercusiones del discurso del desarrollo en la región, especialmente en la instalación, el manejo y apoyo para la construcción de redes tecnológicas. A estas se las entiende desde la perspectiva del constructivismo tecnológico en países en vías de desarrollo (Winner 2001; Hughes 2008). Dicha perspectiva conceptual, crítica e histórica permite comprender las dinámicas locales, así como la política internacional que intervino en la conformación de la red, restituyéndole aquella dimensión de complejidad necesaria para su comprensión.

Antecedentes y surgimiento del monitoreo atmosférico internacional

La instrumentación del aire es una idea antigua, extraída de los postulados de la ciencia positiva, desde el siglo VI, con el fin último de quitarle la subjetividad de la percepción a través de los sentidos. Desde entonces, medir e imponer límites ha sido la forma de

³ La OPS tiene una historia de cooperación con los países del tercer mundo (en la posguerra) o en vías de desarrollo, desde las décadas finales del siglo XX. Para el caso de Colombia, ver *La OPS y el Estado colombiano*, de Mario Hernández y Diana Obregón, escrito con motivo de los 100 de años de las relaciones entre esta entidad y el país (Hernández y Obregón 2002).

comprender la atmósfera, proponiendo soluciones tecnológicas para la construcción de la realidad a través de artefactos (Crosby 1998, 27).

El primer esfuerzo estructurado y de origen oficial para entender de forma objetiva los impactos ecosistémicos de la contaminación industrial del aire aparece en 1863, en Gran Bretaña, con las *Alkali Acts*, pioneras en la regulación oficial de contaminantes atmosféricos en la historia global. Esta legislación decimonónica introduce el concepto de “límite máximo permitido” como una medida “objetiva”, obtenida a través de instrumentación, acerca de la cantidad de contaminantes posibles de emitir en el aire, sin afectar la producción económica industrial y procurando causar el menor daño a los ecosistemas aledaños (MacLeod 1965; Jasanoff 2013). Desde entonces y hasta bien entrado el siglo XX, esta fue la legislación vigente para manejar la problemática ambiental.

Las grandes guerras de principios del siglo XX cambiaron el foco de los problemas ambientales relacionados con el crecimiento industrial, hacia la muerte y devastación del conflicto armado. No fue hasta siete años después del fin de la Segunda Guerra Mundial, en medio de grandes tragedias ambientales relacionadas con la contaminación del aire,⁴ que apareció la necesidad de controlar de mejor forma las emisiones contaminantes atmosféricas de la industria. Aparecen entonces las *Clean Air Acts*, también británicas. Formuladas en 1956, se proponían controlar los niveles de emisiones tóxicas de industrias y hogares, para prevenir nuevas catástrofes por el uso del carbón (Mosley 2014; Brimblecombe 2011). Esta normativa inglesa sirvió de guía para las primeras redes de monitoreo en Europa y a escala global –incluida América Latina– en los años 60. Las agencias sanitarias internacionales fueron las encargadas de estructurar los primeros sistemas de vigilancia, a través de apoyos globales administrados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cabeza visible del nuevo gobierno global.

La ONU también sirvió de intermediaria en la expansión del discurso desarrollista, dando apoyo a las acciones coordinadas de cooperación y financiación a los países “subdesarrollados”, con la finalidad de sacarlos de su atraso y llevarlos al nivel de bienestar de los países del primer mundo (Escobar 1998). En este ambiente de ayudas e

⁴ Entre ellas están la nube tóxica de hollín que mató a 4 000 londinenses en diciembre de 1952 y las 25 personas fallecidas en Donora, Pensilvania, en 1948, por la nube de contaminación de Pittsburg (Brimblecombe 2011; Mosley 2014).

intervenciones políticas pro capitalistas en los países de la región, en relaciones asimétricas de poder entre naciones, aparece la Red de Monitoreo Parametrizado de la Calidad del Aire (Red PANAIRE) en América Latina, en 1965 (Haddad 1974; 1976).

La red PANAIRE pretendía hacer un diagnóstico local en las principales ciudades de los países que componían la ONU. Principalmente, buscaba contaminantes relacionados con emisiones industriales, sobre todo en los países –México, por ejemplo– que con su apoyo manufacturero apoyaron a los EE.UU. durante la guerra y posguerra (Haddad 1974; Boersner 1996, 185).

Las convulsas décadas de los sesenta y setenta propiciaron la aparición de nuevas voces, que se alzaron en contra de las acciones devastadoras de la naturaleza de los países industrializados. Junto con la degradación de las condiciones sociales, políticas, ambientales y económicas, dichas acciones lograron quebrar la tolerancia colectiva. Surgieron grupos organizados de protesta ciudadana y académica,⁵ que cuestionaban el sistema productivo destructor del modelo de crecimiento económico capitalista, en crisis (Leff 2012; Lohead y Naredo 2008; Martínez Alier 2008; Boersner 1996, 228).

Se ejerció, entonces, la presión suficiente para la fundación en 1970, durante el mandato de Richard Nixon,⁶ de la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana (EPA, por sus siglas en inglés) (Williams 1993; Liu 2010). En 1972, aparecen las *Clean Air Act* estadounidenses, que sustituyeron a escala global a la legislación británica como guía en el control y la vigilancia de la calidad del aire. A partir de ese momento, se le ha otorgado a la EPA la responsabilidad de establecer límites permitidos para la contaminación del aire y de hacerlos cumplir a escala local e internacional (Dowdey 2007; Jasanoff 2013).

La EPA se posicionó como la más importante consultora técnica en temas ambientales. A través de sus decisiones se han movilizado variedad de intereses sociales, políticos y económicos –por encima incluso de la investigación científica– (Williams

⁵ Un ejemplo de este movimiento ambientalista en la academia fue la publicación del libro ícono de Rachel Carson *Silent Spring*, en 1962 (Carson 1962).

⁶ El presidente Nixon, en su discurso oficial para la creación de la EPA, el 1 de enero de 1970, sustentó su propuesta diciendo: “Vamos a convencernos de que los años setenta deben ser los años en que Estados Unidos paga su deuda con el pasado reclamando la pureza de su aire, sus aguas y su medio ambiente. Es literalmente ahora o nunca” (Liu 2010).

1993).⁷ Las guías de la EPA se han convertido en protocolos globales estandarizados sobre la calidad del aire. Las grandes cumbres de gobernanza ambiental global han utilizado sus recomendaciones como referencia para fijar objetivos comunes (Liu 2010; Jasanoff 2013).

La política internacional y la diplomacia tecno-científica se orientaron hacia la estandarización de las mediciones, los artefactos, los requerimientos técnicos, los métodos y los valores de referencia, así como los modelos teóricos y la formación del personal calificado que, en conjunto, conforman las redes contemporáneas de medición de contaminantes (Landy, Roberts y Thomas 1990; Liu 2010).

El caso de Bogotá

El inicio de las redes de monitoreo de la calidad del aire a escala local se inscribe en la historia de la cooperación científica y técnica de los Estados Unidos en América Latina, en el marco de su liderazgo internacional luego de la Segunda Guerra Mundial. La figura de acciones civilizatorias, modernizantes e higienistas encubría la lucha contra el comunismo en la región (Hernández y Obregón 2002; Cueto 2004; Boersner 1996, 187).

Estas acciones de cooperación tecno-científica y médica tenían como objetivos enfrentar las necesidades sanitarias y fortalecer los recursos técnicos y humanos de los países del tercer mundo, especialmente en Latinoamérica. Dicho acometido, después de la Revolución cubana (1959) y en la creciente tensión de la Guerra Fría, encontró su marco político y económico en la Alianza para el Progreso. Se trataba de

un programa de ayuda externa [económica] propuesto por Estados Unidos para América Latina con el fin de crear condiciones para el desarrollo y la estabilidad política en el continente durante los años sesenta. Con este programa, Estados Unidos inaugura un tipo de intervención sistemática, a largo plazo y a escala regional, con miras a orientar el cambio social en América Latina e impedir el avance del comunismo en el marco de la guerra fría (Rojas 2010).

La OPS, como entidad técnica internacional, les daba la fortaleza necesaria a las acciones sanitarias de Estados débiles. Como lo señalan Hernández y Obregón, para el Estado colombiano, constituyó “un instrumento útil y pertinente para adelantar la labor de

⁷ De casos al respecto está llena la investigación de Sheila Jasanoff. Por ejemplo, relacionados con la emisión de PM 2,5 (transportadores vs EPA) y gases de efecto invernadero (estado de Massachusetts vs. EPA). Ver Jasanoff 2013.

coordinación de la acción sanitaria nacional y continental, mientras que la presencia de la OPS se constituyó en un legitimador del Estado colombiano y de sus políticas de salud” (Hernández y Obregón 2002).

Las acciones de la OPS en la región permitieron la implementación de programas de vigilancia y control ambiental; la red PANAIRE fue uno de ellos. Esta apuesta tecnológica tenía como objetivo seguir de cerca tres contaminantes importantes para la época: el Polvo Sedimentable, las Partículas Totales en Suspensión (TSP) y el dióxido de azufre (SO₂),⁸ los tres relacionados con la contaminación industrial por fuentes fijas (CEPIS 1980; Haddad 1974). Esta iniciativa aterrizó en Bogotá en 1967 (Hughes 2008; Haddad 1976).

El impacto contaminante de las industrias y el transporte no eran los problemas ambientales de mayor preocupación en la Bogotá de finales de los sesenta. La ciudad enfrentaba otras dificultades como asentamientos ilegales, alta migración interna, densificación y pobreza urbana a causa de la violencia del campo. Estos factores favorecían la aparición de problemas sociales como la falta o hacinamiento de vivienda, inadecuados servicios públicos y la insuficiente o nula asistencia social del Estado. Diferente situación vivían ciudades como Sao Paulo, México y Buenos Aires, que afrontaban modelos de desarrollo y condiciones de contaminación significativas en el mismo periodo (Preciado, Leal y Almanza 2005; Acebedo 2006; Haddad 1972; Montoya 2018, 162).

A pesar de ese panorama, el apoyo internacional permitió que en Bogotá se instalaran cinco estaciones de medición durante el periodo 1967-1974, y seis más entre 1974 y 1980. Su ubicación inicial fue en el centro de la ciudad, decidida de acuerdo con los estándares técnicos del convenio. Se procuraba una distribución uniforme dentro del área urbana, sin un criterio técnico claro, basado en la distribución geográfica de la contaminación bogotana para el momento. Ello suponía alto tráfico vehicular en el área. La lógica para dicha ubicación fue más bien intuitiva –por parte de los representantes del Ministerio de Salud Pública, en diálogo con la OPS–, buscando no solo abarcar zonas de probable emisión de contaminantes, sino condiciones de seguridad que protegieran los

⁸ El Polvo Sedimentable se medía mensualmente, recolectándolo en una vasija de plástico, las PST a través del paso de aire, en 24 horas, a través de un papel de filtro. Luego, por medios fotoeléctricos, se medía la pérdida de reflectividad del papel. El SO₂ se obtenía haciendo burbujear el aire que pasaba después del filtro de papel, en una solución de peróxido de hidrógeno, que retiene el anhídrido sulfuroso y lo oxida a ácido sulfúrico, que posteriormente se determina volumétricamente (Haddad 1972).

equipos del vandalismo o del hurto, como lo expresa en el primer informe técnico de la red (periodo 1967-1970) el ingeniero Ricardo Haddad (1972).⁹ De esta forma, edificios de la administración municipal y universidades, en lugar de calles cercanas a industrias contaminantes o de intenso tráfico, resultaron sedes de las estaciones de vigilancia.

Los instrumentos y el personal para esta primera red fueron traídos por la OPS desde Inglaterra, país donde existía mayor desarrollo y legislación respecto a la contaminación, en la década de los 60. Esta decisión fue sustentada en las debilidades técnicas y la falta de personal local, como lo expresaba el mismo ingeniero Haddad.

El problema más grave que afecta en forma general a todos los países latinoamericanos es la falta de personal y la ausencia de una estructura administrativa apropiada, que permita realmente atacarlo y controlarlo [el problema del aire contaminado] (...) Se decidió adaptar los [instrumentos y estándares] empleados para Inglaterra y otros países europeos, estudiados y patrocinados por el Comité Técnico de la Comisión Económica para Europa. Estos presentan la ventaja de su bajo costo y gran sencillez en su montaje y manejo, lo que los hace especialmente apropiados para las etapas iniciales de nuevos programas [de monitoreo] (Haddad 1972).¹⁰

Lo que Haddad describía es un claro proceso de transferencia tecnológica, que dio origen al Sistema Tecnológico de Monitoreo del Aire en la ciudad de Bogotá (Albornoz 2001; Hughes 2008). No solo el personal técnico y la instrumentación, sino la financiación para este programa fue provista por la OPS, a través de patrocinio europeo y norteamericano. Instituciones sanitarias locales fueron las encargadas de administrar las relaciones con la OPS para el manejo de la red. Se designó para ejercer esta labor al Grupo de Sanidad del Ambiente del Instituto de Programas Especiales de Salud, dependiente del recién creado (en 1953) Ministerio de Salud Pública (Téllez y Quevedo 2011; Haddad 1972).

Los resultados finales de la Red PANAIRES terminaron demostrando que hasta el final de su funcionamiento, los más altos valores de contaminación se encontraron en Sao Paulo, Ciudad de México y Buenos Aires. Bogotá, tan solo en 5 al 10% del total de mediciones, en 13 años de monitoreo, superaba los valores de referencia para la época (Haddad 1972; CEPIS 1980). La red terminó su convenio de cooperación en la década de 1980, cuando los cambios en la economía política internacional hicieron insostenible la

⁹ El ingeniero Ricardo Haddad se desempeñó como asesor en contaminación atmosférica en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, en la oficina de la OPS, en Lima, entre 1958 y 1980.

¹⁰ Sobre la falta de personal Haddad, añadía: “El personal que a la fecha trabaja a tiempo completo en todo el continente, con excepción de los Estados Unidos y el Canadá, probablemente no alcanza a 20 personas, con otras 70 a tiempo parcial, algunas de las cuales dedican solo unos pocos minutos diarios a estas actividades. Estas cifras incluyen tanto a los profesionales como a sus colaboradores” (Haddad 1972).

inyección eterna de capitales que soportaran cooperaciones técnicas en países del tercer mundo (Gudynas 2011; Boersner 1996, 190). En el año 1980, las acciones de vigilancia internacional pasaron a ser parte del Programa Global de Monitoreo de la Calidad del Aire (GEMS), establecido por la OMS en 1976 y manejado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Korc 2000). La OPS entregó al Ministerio de Salud el manejo de la Red PANAIRE en Bogotá, haciéndolo responsable del sistema tecnológico para la vigilancia atmosférica en la ciudad.

La Red SICA

En medio de la crisis económica y social latinoamericana de los convulsionados años 80, la ciudad necesitó un lustro para la puesta en marcha del Sistema de Información sobre la Calidad del Aire (SICA). Esta red, herencia tecnológica de la Red PANAIRE, fue una continuación, con una administración local en hombros de autoridades sanitarias.

La Red SICA, también llamada Red Bogotá, mantuvo los parámetros técnicos de su antecesora (medición de TSP y SO₂) y añadió óxidos de nitrógeno (NO_x), originados de la combustión de motores a gasolina. Este contaminante actualizó el inventario de acuerdo con la problemática histórica de los años 80 y 90, relacionada con el aumento del parque automotor (IDEAM 2002).¹¹ La red también incorporó parámetros meteorológicos como medición de velocidad del viento y precipitación. Fue apoyada por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) (Sección de Protección del Medio Ambiente 1987). Manejada por el Servicio de Salud de la ciudad, con base en el Decreto 02 del Ministerio de Salud (1982), que reglamentaba la política del país en cuanto a emisiones atmosféricas, se ajustó a los compromisos firmados por Colombia en la Conferencia de Estocolmo, de 1972. Con los estándares de las *Clean Air Acts* norteamericanas, se dejó atrás la legislación británica de 1956. De esta forma, se evidencia la influencia de las políticas ambientales internacionales en las políticas públicas locales que, frente a la contaminación atmosférica, se estaban apropiando en la ciudad y el país.

La Red SICA intentó mantener las características técnicas y administrativas que le heredó la Red PANAIRE, ampliando a 13 las estaciones de monitoreo, en una estrategia

¹¹ De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Transportes, la ciudad tenía en 1980 150 000 vehículos particulares, número que ha crecido exponencialmente desde finales de los 90 (Ministerio de Transporte 2010).

orientada a darle cobertura de área en una ciudad que se había expandido muchísimo (Preciado, Leal y Almanza 2005).

Para ese entonces, las redes ya eran operadas por talento humano local, ingenieros civiles y químicos, que tenían en su pensum de pregrado la cátedra de Ambiente desde los años 70, dictada por docentes formados en el exterior. Para la década de los 80, se creó la especialización en Ingeniería Ambiental, que asumiría la formación de profesionales idóneos en este campo, posicionándolos como los responsables de la administración y operación de las redes, desde mediados de los años 90. Además del norte jurídico internacional, quienes serían responsables del manejo de las redes también eran talento humano formado en los programas estadounidenses y europeos de Ingeniería Ambiental y afines (García 2007).

La red JICA

En medio del plan de ajuste financiero público provocado por la crisis de la deuda externa y bancaria que afectó al país y la región en los 80, se dejó desatendida la red de monitoreo. Esta fue perdiendo fuerza, por la dependencia de instituciones sanitarias en las que no encontraron ni recursos para mantener al día sus equipos técnicos, ni el interés necesario para su funcionamiento. Quedó abandonada en 1990, y pasó a manos de instituciones técnicas manejadas por ingenieros (IDEAM 2002). Bogotá empezaba en este periodo a percibir el impacto de la contaminación del aire por fuentes móviles. Aún persistían las mismas necesidades históricas insatisfechas de saneamiento básico (falta de acceso a agua potable, alcantarillado, vivienda y basuras), a las que se les daba prioridad desde las políticas públicas (Preciado, Leal y Almanza 2005).

Por otro lado, el país se volcó a la búsqueda del mantenimiento de la cooperación técnica internacional, en el marco de la globalización de la economía, en los 90 (DeGreiff 2011). Un importante actor en ese esquema bidireccional de cooperación técnica, económica y académica fue el Gobierno japonés, quien a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), en conjunto con la Secretaría Distrital de Salud, creó un piloto de red de diagnóstico de la calidad del aire en la ciudad. Se instalaron cinco puntos de monitoreo automático para SO₂, NO₂, TSP, monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metano (NMHC), metano (CH₄) e hidrocarburos totales (THC), todos clasificados como contaminantes criterio para la época. La red, actualizada a los

estándares de la EPA, sirvió de soporte para establecer el primer plan estructurado de control de la contaminación del aire en Bogotá (tabla 1). Este fue el fundamento para las redes propias, que iniciarían labores en los años finales de la década de los 90 (JICA 1992).

Tabla 1. Tipo de contaminantes y sus fuentes, medidos por la red JICA (1991)

Tipo de Contaminante	Origen	Fuente de emisión
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Quema de combustibles fósiles, carbón y diésel	Industria y transporte de carga y pasajeros
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Quema de combustibles fósiles refinados. Gasolina	Vehículos y motores a gasolina
Monóxido de Carbono (CO)	Combustión incompleta de gasolina	Vehículos y motores a gasolina y gas
Partículas Totales en Suspensión (TSP)	Quema de combustibles fósiles, carbón y diésel	Industria y transporte de carga y pasajeros
Metano (CH ₄)	Descomposición de la materia orgánica	Basuras y materia orgánica en descomposición
Hidrocarburos No Metano	Refinamiento del petróleo	Refinerías, estaciones de gasolina

Fuente: JICA 1992. Elaboración propia.

Este tipo de cooperación técnica bilateral fue la principal bandera de la política internacional del Gobierno de Japón, con la que encontró una exitosa reinserción en las relaciones mundiales después de la derrota en la Segunda Guerra Mundial. Eran intervenciones de tipo *soft power*, que aportaban tecnología y recursos a países amigos en vías de desarrollo, en Asia y América Latina principalmente (Ross 2012; JICA 2016; SELA 2013). Ese esquema de apoyo sirvió para conformar la red JICA, con la estructura y estándares de monitoreo adecuados (Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad de Los Andes 2010; IDEAM 2002).

La red JICA proporcionó a la ciudad una herramienta para enfrentar los problemas de la calidad del aire, complejizados de la mano del proceso de expansión urbano, industrial y de transporte público. Este último se disparó en las décadas de los 80 y 90:

pasó de 10 973 vehículos a 20 780 en 1999, entre buses y busetas. Las cifras confirman la problemática compleja que ha enfrentado la ciudad con respecto a las fuentes móviles desde este periodo (Agencia de Cooperación Internacional del Japón 1996; Preciado, Leal y Almanza 2005). La densificación urbana en las periferias de la ciudad, cercanas a zonas de uso industrial, produjo exposiciones aumentadas a contaminación para un número creciente de población vulnerable (Preciado, Leal y Almanza 2005; Acebedo 2006; Montoya 2018). Es en ese momento cuando la contaminación del aire, vinculada principalmente al crecimiento y mal manejo del transporte urbano, aparece como un problema en la ciudad, que era necesario medir, para tomar acciones con políticas públicas (Preciado, Leal y Almanza 2005).

La red JICA propuso un renovado estilo tecnológico para el monitoreo del aire en la ciudad, que venía en decadencia. Instaló la más completa red hasta el momento, permitiendo el análisis de contaminantes (gases, partículas y metales pesados), la determinación de las fuentes de emisión (fijas, volumen vehicular, velocidad de conducción y gases emitidos), el análisis del perfil socioeconómico y legislativo de la ciudad respecto al tema y la caracterización meteorológica del territorio (velocidad y dirección del viento en superficie, distribución vertical, radiación solar y radiación neta) (JICA 1992; IDEAM 2002).

Fueron ubicadas cinco estaciones de monitoreo, de acuerdo con estudios técnicos elaborados por la agencia japonesa. Se eligieron sitios estratégicos, donde existía mayor riesgo ambiental relacionado con la contaminación y donde se podrían medir también las condiciones meteorológicas de la ciudad. La tecnología utilizada introdujo instrumentación automática de origen japonés, actualizando los criterios de medición y artefactos a los requerimientos de la EPA (JICA 1992).

El renovado estilo de la red JICA intentó ser más acorde con la realidad del aire de la capital colombiana. Utilizando artefactos importados, personal técnico local entrenado por los japoneses, junto con un detallado estudio meteorológico y socioeconómico del territorio,¹² ese modelo se proponía ajustar el sistema socio-técnico a ella. La red no pasó de ser un piloto, como se había planteado desde el principio; las

¹² Ver, por ejemplo, el “Estudio del plan maestro del transporte urbano de Santa Fe de Bogotá en la República de Colombia”, cooperación de JICA con el IDU (Agencia de Cooperación Internacional del Japón 1996).

cinco estaciones eran insuficientes para entender la atmósfera urbana de una Bogotá que se había expandido enormemente.

Los resultados fueron claros. En cuanto a material particulado, la ciudad no cumplía con la norma: había excedencias en PM₁₀ y NO_x de origen vehicular. Los valores de SO₂, aunque elevados en zonas de monitoreo industrial, especialmente en la estación de la zona industrial de Puente Aranda (en el centro de la ciudad), no sobrepasaron los niveles umbrales marcados por la legislación ambiental de la época (JICA 1992, 59, 60).

Red DAMAIRE

El fin de la cooperación internacional de Japón coincidió con el cambio en las responsabilidades ambientales, que pasaron de la Secretaría de Salud al Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Con la ayuda técnica de la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL), la institución tomó las riendas de la vigilancia del aire en la ciudad, con la Red DAMAIRE, desde 1995. El DAMA, con base en toda la experiencia de las anteriores redes y con una nueva ayuda extranjera en manos de la consultora argentina ELIOVAC, plantea la conformación de una gran red, de 32 estaciones de medición, para monitorear la concentración de TSP, Material Particulado menor de 10µm (PM10) relacionado, entre otras, con fuentes fijas y móviles que usan combustibles fósiles y biomasa, Ozono O₃ contaminante secundario, resultado de la reacción entre el NO₂ y la luz ultravioleta en la superficie, NO₂ y CO, además de reportar la meteorología en toda el área urbana de la ciudad (IDEAM 2002).

ELIOVAC, firma argentina que ganó la licitación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para liderar la reestructuración de la RMCA, resultó ser una distribuidora de equipos y tecnología para la vigilancia ambiental, más que una consultora técnica. De allí la propuesta puramente comercial de multiplicar el número de estaciones de monitoreo en la ciudad para ampliar la cobertura de área de la red en el territorio.

De las 32 estaciones planteadas para DAMAIRE¹³ por ELIOVAC, solo se pudieron completar 14 en el año 1996. Para su ubicación, la consultora internacional

¹³ En 1995, el DAMA contrató, a través de licitación pública, a la empresa de electrónica profesional española SAINCO, con el fin de que hiciera un estudio de prefactibilidad para implementar una red de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad. Con la información presentada se decide luego, en un nuevo proceso licitatorio, contratar a la empresa argentina ELIOVAC (que vende dispositivos para monitoreo ambiental), para implementar el Sistema de Información para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en

propuso que se mantuvieran las recomendaciones de la Red JICA, así como infraestructura previa de PANAIRE y SICA (IDEAM 2002).

Para ese entonces, la red era una mixtura de influencia local e internacional: británica, dada en sus inicios por la Red PANAIRE; norteamericana, por la adopción de los estándares de la EPA, y japonesa, por la infraestructura de apoyo de la JICA. Todos estos actores fueron clave en la conformación de la Red DAMAIRE, que inició funciones a mediados de los años 90. Esta red, dependiente económicamente de la administración distrital, para entonces del DAMA, contó con personal formado en el país. Asumió el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad desde 1996, con la asesoría y vigilancia del IDEAM.

El inicio de DAMAIRE coincide, en la década de los 90, con la adopción de las políticas económicas neoliberales regionales por el Estado colombiano, que propició la apertura económica de fronteras y, en consecuencia, la necesidad de competitividad en ciencia y tecnología, como requisitos para entrar en las dinámicas económicas internacionales. En 1991 se creó en el país el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, dependiente del Departamento Nacional de Planeación, que se encargaría de fomentar la innovación y el desarrollo. Con ello, se impulsó la necesidad de investigación local que nutriera y sostuviera el sistema tecnológico de vigilancia ambiental en la ciudad (Sánchez 2004; DeGreiff 2011).

La investigación sobre la calidad del aire en el país y la ciudad empezó a generar espacios de discusión desatendidos en las políticas públicas. Tanto que para el decenio final del siglo XX y el primero del XXI aumentó el número de grupos de investigadores que, desde la academia,¹⁴ han jalonado la investigación en ciencias atmosféricas en Colombia. Estos grupos han hecho énfasis en el diagnóstico de la atmósfera local, para el caso de Bogotá, realizando inventarios actualizados de emisiones, estudios de la fisicoquímica de partículas y gases, así como participando en la formulación de informes para los tomadores de decisiones. Un ejemplo de ello es el *Plan Decenal para la Descontaminación del Aire para Bogotá*, formulado en el año 2010 por la Universidad

Santa Fe de Bogotá. La institución daría asesoría y lineamientos para la operación de la red proponiendo las 32 estaciones, en ubicaciones similares a las de las redes previas (IDEAM 2002).

¹⁴ Universidad de Antioquia, Universidad del Valle, Los Andes y La Salle. Véase como ejemplo el grupo sobre “Calidad del aire” de la Universidad Nacional de Colombia.

de los Andes para la alcaldía de la época (Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad de Los Andes 2010).

El DAMA, en el proceso de reestructuración del Estado, se transformaría en la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), entidad que asumió el manejo de la red en el año 2006, con 13 estaciones de monitoreo, 12 fijas y una móvil. Los equipos y métodos de medición fueron adquiridos a empresas certificadas por la EPA e importados al país, a través de proveedores certificados como la norteamericana DASIBI y la suiza OPSIS, que siguen siendo actualmente quienes suministran los dispositivos utilizados en la ciudad para monitorear la calidad del aire (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá 2017). Estas empresas manejan tecnología que cumple con los requerimientos de la agencia internacional; en el país y la región no existen equivalentes certificados que sean posibilidades de uso para nutrir las redes de artefactos técnicos.

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCA)

En el proceso de cambio del DAMA a la Secretaría Distrital de Ambiente, la red de la ciudad pasó a denominarse Red de Monitoreo de la Calidad del Aire, manteniendo la estructura de la red previa (DAMAIRE), en un proceso de continuidad, más que de nacimiento de una nueva. Los contaminantes monitoreados por la RMCA son PM₁₀, PST, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, O₃. Además, se realiza el seguimiento a las condiciones meteorológicas (precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica) (Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad de Los Andes 2010).

Esta red, que opera desde el año 2006 bajo la responsabilidad única de la SDA, fue puesta a punto en el año 2008, actualizando los equipos que cumplieron su vida útil y agregando los equipos automáticos –*Beta Attenuation Monitor* (BAM) – para medición de PM_{2.5} y las nuevas herramientas para la medición de O₃. Por otra parte, la SDA implementó en la RMCA, desde la primera década del siglo XXI, un modelo teórico de dispersión de contaminantes. Se trata de una herramienta matemática que permite, con base en datos de mediciones y tendencias meteorológicas, predecir el comportamiento de la atmósfera frente a situaciones hipotéticas de intervención o exposición, con miras a tomar decisiones de políticas públicas o sanitarias. También se encarga del Inventario de Emisiones de la ciudad, que da cuenta de los contaminantes más importantes y sus

fuentes. Las mediciones, el inventario y el modelo conforman la red completa de vigilancia a las condiciones atmosféricas en la capital (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá 2017; Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad de Los Andes 2010).

La red actual es la principal herramienta de apoyo para entender la contaminación del aire en la ciudad, pero dista bastante de ser la mejor. “La falta de personal capacitado, de mantenimiento y calibración de los equipos y las deficiencias en el aseguramiento de calidad de la información reportada constituyen las principales fallas de las redes de monitoreo”, situación que afecta incluso a la red de Bogotá, en palabras de Rojas (2016).

El estilo tecnológico de la RMCA se ha ido conformando con poco peso local, muy influenciado por la política internacional regional y global. Este sistema tecnológico, transferido hace cinco décadas para vigilar el problema ambiental de la contaminación del aire, ha sido responsable de ir construyendo el riesgo que representa la contaminación atmosférica, consolidado en los últimos 30 años en la ciudad (Beck 2002).

Al mismo tiempo, la red ha ido ajustando sus mediciones de acuerdo con las políticas de Estado respecto al monitoreo atmosférico. Estas se han ido actualizando con las recomendaciones de las entidades internacionales de control y sanitarias (EPA y OMS), firmadas y aceptadas por el Gobierno de Colombia en las grandes cumbres de gobernanza ambiental. La tabla 2 muestra la legislación para el país.

Tabla 2. Política Pública en torno a la calidad del aire en Colombia y Bogotá

Política Pública	Objetivo	Comentario
Decreto 948 de 1995 Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan, en relación con la prevención y el control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire	Actualiza la norma de acuerdo con los compromisos en la Cumbre de la Tierra, de Río de Janeiro, en 1992
Resolución 0601 de 2006 Ministerio de Ambiente	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia	Ajuste de acuerdo con los compromisos firmados en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (2002), adoptando en parte la propuesta de la OMS de 2005
Resolución 2254 de 2017 Ministerio de Ambiente	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones	Actualiza la norma nacional respecto a los lineamientos de la OMS (2016)

Fuente: Ministerio de Ambiente 2017; 2006; Presidencia de la República 1995; Guimarães 2001. Elaboración propia.

Las mencionadas políticas públicas han surgido como respuesta a compromisos internacionales que son resultados de evaluación de problemáticas locales, por lo cual existen grandes dificultades para su cumplimiento en la ciudad. Los valores de excedencias en las mediciones de contaminantes han sido la regla en la RMCAB (IDEAM 2016; Secretaría Distrital de Ambiente 2017).

Esta red, que se ha ido moldeando según parámetros de las experiencias previas, muy de la mano de las necesidades de la estandarización exigida por las agencias ambientales internacionales (en otras palabras, de la EPA), se propone cumplir con las regulaciones de gobernanza ambiental global. Sin embargo, se está quedando corta en la comprensión de una ciudad cambiante y cada vez más compleja.

Conclusiones

La RMCA actual de la ciudad de Bogotá es la última de una serie de redes de monitoreo del aire. Cada una de ellas ha sido el resultado de la combinación de relaciones sociales y políticas, de orden internacional y local. En sus interacciones, han conformado un gran sistema tecnológico, en el que ha primado el peso de la dependencia tecnológica externa del país y el pobre grado de desarrollo colombiano en áreas científico-tecnológicas. Especialmente antes de los años 90, hubo intentos importantes para la implementación de redes de monitoreo de la calidad del aire, pero estuvieron condenados a una rápida desaparición, por falta del recurso humano para su mantenimiento y por déficit de inversión económica local para su funcionamiento (DeGreiff 2011).

Las redes que la ciudad acogió para atender el problema del crecimiento exponencial de la contaminación atmosférica se fueron configurando a partir de equipos y personal foráneo, sin posibilidad real de sustitución local para su operación y bajo una fuerte influencia económica y científico-tecnológica de los países industrializados: EE. UU., Europa y Japón. En las referencias revisadas para este periodo histórico no se encuentran los procesos de innovación, invención y desarrollo en el país que se pudieran esperar de un sistema tecnológico que, aun siendo de importación, debiera tener sólidos enlaces hacia delante y hacia atrás con otros sectores productivos y de investigación, distintos a la adquisición foránea.

Los requisitos de estandarización de equipos de acuerdo con los criterios de la EPA, así como por las condiciones de la investigación y la ciencia en el país durante el

periodo de revisión, representan sin duda dos razones directas para que, tras cinco décadas de implementación de redes de vigilancia del aire, no sea posible concluir que Bogotá cuenta con un sistema que responda a sus problemáticas reales.

Los equipos de la red actual se modernizaron en el año 2008, y aunque aún siguen funcionando (casi 10 años después), tienen tecnologías costosas difíciles de mantener con el cada vez más escaso presupuesto de la Secretaría de Ambiente. Ello limita el muestreo, y aunque hay alternativas técnicas para la medición, estas requieren importantes inversiones económicas para actualizar los equipos a unos de última tecnología (Ortiz 2016; Gaitán, Cancino y Behrentz 2007).

Es esencial tener en cuenta, como lo describe De Greiff (2011), el importante rol de la tecnología en las relaciones políticas y económicas internacionales, y de la negociación de cooperación técnica internacional en los planes de desarrollo. Esto sustenta la necesidad de ir más allá de un ajuste de las políticas al ámbito local, pues se requiere personal capacitado para evaluar la idoneidad de las ofertas presentadas a escala internacional. En ese orden de ideas, el uso de tecnologías foráneas provenientes de la cooperación entre países en desiguales condiciones (económicas, científicas y tecnológicas), en el marco de políticas colonialistas imperiales, trae consigo la idea de transferencia tecnológica de un modelo exitoso, que se inserta en un territorio distinto, más que el uso de estos artefactos de acuerdo con necesidades internas locales. Así ocurrió con las redes en la ciudad, sobre todo en las primeras dos décadas de su funcionamiento (1967 a 1990).

Especialmente en cuanto a determinar los diagnósticos locales –sitios de mayor concentración de problemas relacionados con la calidad del aire–, la red entrega importante información, que sirve de sustento para tomar decisiones de política pública. Sin embargo, su aporte se queda rezagado en una ciudad cambiante y cada vez más grande, que propone a diario nuevos retos ambientales. Un ejemplo es que no existen estudios técnicos que aborden una posible nueva territorialización de la contaminación en la capital, luego de la implementación de las resoluciones 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente y 6982 de 2011 de la SDA. Con estas se modifican los niveles de emisiones de las fuentes fijas (industrias) en la ciudad, lo que obligó al cierre y la reubicación de muchas estaciones de monitoreo fuera del perímetro urbano. Por tanto, se requeriría tomar

en cuenta las nuevas necesidades de ubicación, por solo citar una vertiente a reevaluar (Secretaría Distrital de Ambiente 2011; Ministerio de Ambiente 2008).

La RMCA de la ciudad es el más importante insumo para tomar decisiones y formular políticas públicas sanitarias y ambientales. Está estandarizada y cumple con los parámetros de medición, inventario de emisiones y modelo de dispersión de contaminantes, de acuerdo con las recomendaciones internacionales. De la misma forma, en las últimas dos décadas, la generación de investigación local sobre calidad del aire en la ciudad y el país se ha disparado, lo cual muestra nuevas necesidades y retos para estos sistemas de vigilancia (Vargas y Rojas 2010).

Hace falta, entonces, mejorar la relación entre la academia, la sociedad y el Estado, para entender la atmósfera contaminada en Bogotá como un problema construido a partir de la interacción diacrónica de complejas dinámicas cultura-naturaleza. Así, se apropiaría de mejor manera este importante sistema tecnológico y, al mismo tiempo, se respondería con un estilo tecnológico identitario a las necesidades cambiantes del territorio respecto a la calidad del aire. Esta perspectiva crítica e histórica permite orientar la discusión desde conceptualizaciones teóricas distintas a las que habitualmente abordan el tema, en pro de encontrar nuevas estrategias frente a la problemática de la contaminación del aire en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta análisis sociales, ambientales y territoriales necesarios para su comprensión, y proporcionando un marco ampliado para dar cuenta de su complejidad transdisciplinar.

Bibliografía

- Acebedo, Luis Fernando. 2006. *Las industrias en el proceso de expansión de Bogotá hacia el Occidente*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. 1996. “Estudio del plan maestro del transporte urbano de Santa Fe de Bogotá en la República de Colombia”. Informe Final. Bogotá: Chodai Co., Ltd. en Asociación con Yachiyo Engineering Co., Ltd.
- Albornoz, Mario. 2001. “Política científica y tecnológica una visión desde América Latina”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación* 1: 19. <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00182.pdf>
- Beck, Ulrich. 2002. *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Paidós Básica.

- Boersner, Demetrio. 1996. *Relaciones Internacionales de América Latina: breve historia*. Caracas: Editorial NUEVA SOCIEDAD.
- Brimblecombe, Peter. 2011. *The Big Smoke The History of Air Pollution in London since Medieval Times*. Nueva York: Routledge.
- Carson, Rachel. 1962. *Silent Spring*. Greenwich: Crest Books
- CEPIS. 1980. *Red panamericana de muestreo de la contaminación del aire. Informe Final 1967-1980*. Lima: CEPIS.
- Crosby, Alfred W. 1998. *La medida de la realidad: la cuantificación y la sociedad occidental, 1250-1600*. Barcelona Crítica.
- Cueto, Marcos. 2004. *El valor de la salud: historia de la Organización Panamericana de La Salud. Publicación científica y técnica No.600*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.
- DeGreiff, Alexis. 2011. “Cooperación internacional en ciencia y tecnología”. En *Relaciones Internacionales y Política Exterior de Colombia*, editado por Sandra Borda y Arlene Tickner, 29–409. Bogotá. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Sociales Departamento de Ciencia Política-CESO.
- Dowdey, Sarah. 2007. “History of the EPA - How the EPA Works”, <http://people.howstuffworks.com/epa1.htm>
- Escobar, Arturo. 1998. *La invención del tercer mundo: construcción y deconstrucción del desarrollo*. Bogotá: Norma.
- Gaitán, Mauricio, Juliana Cancino y Eduardo Behrentz. 2007. “Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá”. *Revista de Ingeniería. Universidad de Los Andes* 26: 81–92.
- García, Germán. 2007. “Surgimiento y Evolución de La Ingeniería Ambiental En Colombia.” *Revista de Ingeniería* 26: 121–30.
- Gudynas, Eduardo. 2011. “Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: una breve guía heterodoxa”. *Más Allá Del Desarrollo* 1: 21–54.
- Guimarães, Roberto P. 2001. “La sostenibilidad del desarrollo entre Rio 92 y Johannesburgo 2002: éramos felices y no lo sabíamos”. *Ambiente & Sociedade* 4 (9): 1–20. <http://www.scielo.br/pdf/asoc/n9/16873.pdf>
- Haddad, Ricardo. 1972. “Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire (REDPANAIRES)”. Informe 1967-1970. OPS Serie Técnica, 150.

- Haddad, Ricardo. 1974. “Contaminación del aire. Situación actual en la América Latina y el Caribe”. Informe técnico. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/004499/004499-02B.pdf>
- Haddad, Ricardo. 1976. “Red Panamericana de Muestreo de La Contaminación Del Aire (REDPANAIRES)”. Informe 1967-1974. <http://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/es/rep-157152>
- Hernández, Mario, y Diana Obregón. 2002. *La OPS y el Estado colombiano: cien años de historia*. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud.
- Hughes, Thomas. 2008. “La evolución de los grandes sistemas tecnológicos”. En *Actores y Artefactos, Sociología de la Tecnología*, 101 – 147. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- IDEAM. 2002. “Auditoría a la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá”. Informe. http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1442&shelfbrowse_itemnumber=1553
- IDEAM. 2016. “Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2011 – 2015,” Informe 179. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023637/Informe_del_estado_de_la_Calidad_del_Aire_en_Colombia_2011-2015_vfinal.pdf
- Jasanoff, Sheila. 2013. “Ensamblando el aire”. En *Proyecto ensamblado en Colombia*, editado por Olga Restrepo y Malcom Ashmore, 465–77. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- JICA. 1992. “The Study on Air Pollution Control Plan in Santafé de Bogota City Area: Draft Final Report, December 1991”. Bogotá: Japan International Cooperation Agency.
- JICA. 2016. “Perfil de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón”, https://www.jica.go.jp/english/publications/brochures/c8h0vm0000avs7w2-att/jicapofile_sp.pdf
- Korc, Marcelo. 2000. *Situación de los programas de gestión de calidad del aire urbano en América Latina y el Caribe*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente CEPIS.
- Korc, Marcelo, y R. Sáenz. 1999. *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente.

- Landy, Marc Karnis, Marc Roberts, y Stephen Richard Thomas. 1990. *The Environmental Protection Agency-Asking the Wrong Questions*. Nueva York. Oxford University Press.
- Leff, Enrique. 2012. “Pensamiento ambiental latinoamericano”. *Environmental Ethics* 34: 97–112.
- Liu, Xin. 2010. “The U.S. Environmental Protection Agency: A Historical Perspective on Its Role in Environmental Protection”, https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11770/1/Liu_Xin.pdf
- Lohead, Robert, y José Manuel Naredo. 2008. “Abrir la ‘caja Negra’ del sistema económico para mostrar los flujos ocultos. Entrevista a José Manuel Naredo”. *Ecología Política* 36: 55–64.
- MacLeod, Roy M. 1965. “The Alkali Acts Administration, 1863-84: The Emergence of the Civil Scientist”. *Victorian Studies* 9 (2): 85–112.
- Martínez Alier, Joan. 2008. “Conflictos ecológicos y justicia ambiental”. *Papeles* 103: 11–28. <http://www.fuhem.es/media/ecosocial/file/Análisis/enero>
- Miller, Marian A L. 1992. “Balancing Development y Environment: The Third World in Global Environmental Politics”. *Society & Natural Resources* 5 (3): 297–305.
- Ministerio de Ambiente. 2006. “Resolución 0601 de 2006”, <http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjurMantenimiento/normas/Norma1.jsp?i=19983#0>
- Ministerio de Ambiente. 2017. “Resolución 2254 de 2017”, http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res_2254_de_2017.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2008. “Resolución 909 de 2008.”
- Ministerio de Salud. 1982. “Decreto 2 de 1982”, <http://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/1982decreto02.pdf>
- Ministerio de Transporte. 2010. *Transporte en cifras. Documento estadístico del sector transporte. Versión 2010*. Bogotá: República de Colombia. Ministerio de Transporte.

- Montoya, Jhon. 2018. *De la ciudad hidalga a la metrópoli globalizada. Una historiografía urbana y regional de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Mosley, Stephen. 2014. “Environmental History of Air Pollution y Protection”. En *The Basic Environmental History*, editado por Mauro Agnoletti y Simone Serneri, 143–69. Londres: Springer International Publishing
- OMS. 2005. *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el Ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Ginebra: Organización Mundial de La Salud y Organización Panamericana de Salud.
- Ortiz, Edison. 2016. “Medición y caracterización de la turbulencia atmosférica en Bogotá y su influencia en la dispersión de contaminantes”, <http://www.bdigital.unal.edu.co/55987/>
- Preciado, Jair, Robert Leal, y Cecilia Almanza. 2005. *Historia ambiental de Bogotá, siglo XX: elementos históricos para la formulación del medio ambiente urbano*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Presidencia de la República. 1995. “Decreto 948 de 1995”, <http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjurMantenimiento/normas/Norma1.jsp?i=1479#0>
- Rojas, Diana. 2010. “La Alianza para el Progreso de Colombia”. *Análisis Político* 23 (70): 91–124. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/anpol/article/view/45595/46964>
- Rojas, Néstor. 2016. “Oportunidades para la promoción de la salud ambiental”. En *La gerencia de la calidad del aire en Colombia*, editado por Juan Carlos Eslava, 65–85. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ross, César. 2012. “La política exterior japonesa hacia América Latina y el Caribe: entre la cooperación y los negocios”. *Atenea* 505: 185–217.
- Rothman, Lily. 2017. “Environmental Protection Agency: Why the EPA Was Created”. *Time*. <http://time.com/4696104/environmental-protection-agency-1970-history/>
- Sánchez, Germán. 2004. “Los sistemas de ciencia y tecnología en tensión: su integración al patrón de reproducción global”. *Convergencia* 35: 193–220.
- Sección de Protección del Medio Ambiente. 1987. *La Contaminación del aire en Bogotá 1983 - 1986*. Bogotá: Secretaría de Salud de Bogotá.

- Secretaría Distrital de Ambiente. 2011. *Resolución 6982 de 2011*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2017. *Informe anual de calidad del aire de Bogotá Año 2016*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. 2017. “Red de calidad del aire”, <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>
- Secretaría Distrital de Ambiente, y Universidad de Los Andes. 2010. “Plan Decenal de Descontaminación Del Aire Para Bogotá”, http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886
- SELA. 2013. *Las relaciones económicas de Japón con América Latina y el Caribe. Nuevos senderos de crecimiento y países emergentes*. Caracas: Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe (SELA).
- Seinfeld, John H., y Spyros N. Pandis. 2016. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Téllez, Marlín, y Emilio Quevedo. 2011. “Reconstrucción histórica del proceso de creación del Ministerio de Salud Pública en Colombia”, <http://www.bdigital.unal.edu.co/4138/>
- Vargas, Freddy, y Néstor Rojas. 2010. “Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá”. *Ingeniería e Investigación* 30 (2): 105–15.
- WHO (World Health Organization). 2016. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure y Burden of Disease*. Ginebra: World Health Organization.
- Williams, Dennis. 1993. “EPA’s Formative Years, 1970-1973”, <https://archive.epa.gov/epa/aboutepa/guardian-epas-formative-years-1970-1973.html>
- Williams, Marc. 2005. “The Third World y Global Environmental Negotiations: Interests, Institutions y Ideas”. *Global Environmental Politics* 5 (3): 48–69.
- Winner, Langdon. 2001. “Dos visiones de la civilización tecnológica”. En *Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura en el Cambio de Siglo*, editado por José Antonio López y José Manuel Sánchez, 55–65. Madrid: Biblioteca Nueva.