



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA  
ESTUDIOS FILOSÓFICOS Y SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

**El aire de cada día.  
Internacionalización, culturas epistémicas y prácticas de medición  
de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

P R E S E N T A:  
**NATALIA VERÓNICA SOTO COLOBALLES**

TUTOR:  
Dra. Nuria Valverde Pérez, Posgrado en Filosofía de la Ciencia, UNAM

COMITÉ TUTORIAL:  
Dr. Carlos López Beltrán, IIF-UNAM  
Dr. José Luis Lezama de la Torre, Posgrado en Filosofía de la Ciencia, UNAM  
Dr. Héctor Alfonso Vera Martínez, IISUE-UNAM  
Dra. Laura Cházaro García, Posgrado en Filosofía de la Ciencia, UNAM

MÉXICO, D.F., JULIO DE 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mí querido esposo Kiso por su apoyo y confianza  
A mis sobrinitos Regina, Sofia, Frida y José Manuel para que un día también dediquen sus tesis  
A Silvia por su incondicionalidad  
A Maritza y Jocelyn porque las quiero  
Y a mi tía Anita

# Índice

Índice.....	1
Índice de anexos.....	3
Lista de abreviaturas.....	5
<b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1. Adiós a la región más transparente.....</b>	<b>22</b>
1.1. El smog de Londres. Nacimiento de la contaminación atmosférica.....	24
1.2. Contaminación mexicana.....	27
1.2.1. Las tolvaneras de la ciudad.....	29
1.2.2. Tormentosas tolvaneras.....	33
1.3. En el aire gérmenes y hongos.....	36
1.4. El polvo: “poluyente”.....	39
1.5. Los humos de la industrialización y el crecimiento demográfico.....	44
1.6. La administración del estudio de la contaminación.....	48
1.7. Conclusiones.....	53
<b>Capítulo 2. De “Cielito lindo” ya nada.....</b>	<b>55</b>
2.1. Medir polvo con instrumentos.....	56
2.2. Vigilancia y estandarización de la contaminación. RedPanaire.....	58
2.2.1. Los objetos de estudio: polvos sedimentables y partículas suspendidas.....	61
2.3. Método europeo vs estadounidense.....	68
2.4. El quinto jinete del apocalipsis.....	78
2.4.1. La resistencia de los industriales ante la legislación de lucha contra la contaminación atmosférica.....	82
2.5. Tecnologías para la medición de la contaminación.....	95
2.5.1. La red automática.....	100
2.5.2. La red manual.....	107
2.5.3. El aprendizaje.....	110
2.5.4. La máscara de la contaminación.....	116
2.5.5. Límites, umbrales de peligro.....	122
2.6. Conclusiones.....	129

**Capítulo 3. Tuneo de instrumentos.....133**

3.1. Labotaller.....140

3.2. Trabajo de campo (visita a las estaciones) .....149

3.3. Cuidadores de instrumentos.....156

    3.3.1. Del mantenimiento a la reparación y el tuneo de instrumentos.....159

3.4. Tuneo de instrumentos.....162

    3.4.1. Rediseño de instrumentos.....163

    3.4.2. Creación de artefactos y herramientas, más allá del tuneo.....172

    3.4.3. Sustituciones.....179

3.5. Conclusiones.....182

**Capítulo 4. El sistema de validación y la estabilización de las mediciones 186**

4.1. Complejidad de la medición.....187

4.2. Centro de datos.....189

    4.1.1. Primer filtro: software AirVision.....191

    4.1.2. Segundo filtro: análisis de información.....195

4.3. La normalidad de la calidad del aire.....199

4.4. Los datos y su contexto de producción.....206

4.5. Desconfianza en la medición.....210

4.6. Conclusiones.....212

**Conclusiones.....213**

**Anexos.....221**

**Bibliografía.....267**

**Agradecimientos.....284**

# Índice de anexos

## Anexos del capítulo primero

Anexo 1	Chimenea humeante en el logotipo de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación.....	221
Anexo 2	Tolvaneras en la Ciudad de México.....	222
Anexo 3	Mapa: fuentes de polvo.....	223
Anexo 4	Aparato capta-polvo.....	224

## Anexos del capítulo segundo

Anexo 5	Ubicación y año de incorporación de las estaciones RedPanaire, Cepis-OPS.....	225
Anexo 6	Muestreador de partículas y gases Redpanaire, Cepis-OPS.....	226
Anexo 7	Curva patrón. Redpanaire, Cepis-OPS.....	227
Anexo 8	Formularios de la RedPanaire, Cepis-OPS.....	228
Anexo 9	Funciones de la primera administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Reglamento Interior de la SSA (DOF 10 agosto de 1973).....	229
Anexo 10	Timbre postal y portada de concurso fotográfico.....	230
Anexo 11	Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Primer cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 31 de agosto de 1977).....	231
Anexo 12	Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Segundo cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 9 de junio de 1978).....	232
Anexo 13	Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Tercer cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 16 de marzo de 1981).....	233
Anexo 14	Cambios en la estructura administrativa de la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente, SSA (1972-1982).....	234
Anexo 15	Estructura Dirección General de Saneamiento Atmosférico 1976-1982.....	235
Anexo 16	Mapas de ubicación de las estaciones. Red Nacional de los Países Bajos. Supuesta ubicación de la Redcamavamex de acuerdo al modelo de los Países Bajos y Mapa de la Redcamavamex 1978.....	236
Anexo 17	Red de Monitoreo Automático, Recamavamex, SSA. Estaciones 1976.....	237
Anexo 18	Instrumento Philips modelo PW9790.....	238
Anexo 19	Dispositivos en el centro de control y caseta de monitoreo.....	239
Anexo 20	Muestreador de alto volumen y monitor múltiple de gases (RAC).....	240
Anexo 21	Estaciones de la Red de Monitoreo Manual, SSA (primera parte).....	241
	Estaciones de la Red de Monitoreo Manual, SSA (segunda parte).....	242

Anexo 22	Equipo Andersen.....	243
Anexo 23	Imexca reportes.....	244
Anexo 24	Valores del Imexca y su correspondencia con las concentraciones de PST y fracción respiratoria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	245
Anexo 25	Patrones propuestos por la Unión Soviética, Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud para polvo en suspensión.....	246
Anexo 26	Comparación de las funciones de las diversas direcciones de la SMA para investigar y establecer criterios y normas de la calidad del aire de acuerdo a los reglamentos internos de la SSA.....	247

### **Anexos del capítulo tercero**

Anexo 27	Ejemplo de estación de monitoreo. Xalostoc (XAL).....	248
Anexo 28	Ejemplo de estación de monitoreo. San Agustín (SAG).....	249
Anexo 29	Estructura Dirección de Monitoreo Atmosférico.....	250
Anexo 30	Mapa del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico.....	251
Anexo 31	Logotipos del Simat.....	252
Anexo 32	Imágenes del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico.....	253
Anexo 33	Medición de partículas: red manual y red automática (año 2012).....	254
Anexo 34	Tuneo. Rediseño: incorporación de un serpentín.....	255
Anexo 35	Tuneo. Creación de artefactos: Juyis tool.....	256
Anexo 36	Tuneo. Creación de artefactos: controlador de humedad.....	257
Anexo 37	Tuneo. Caso Marga.....	258
Anexo 38	Tuneo. Caso Marga (fotografía en la página electrónica del Simat).....	259
Anexo 39	Tuneo. Grasa de silicón.....	260
Anexo 40	Tuneo. Sustituciones: recipientes-cubetas.....	261
Anexo 41	Tuneo. Sustituciones: tiras de neopreno.....	262
Anexo 42	Maya en equipo.....	263

### **Anexos del capítulo cuarto**

Anexo 43	Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA).....	264
Anexo 44	Ventana del sistema AirVision (validación de datos).....	265
Anexo 45	Aviso de aplicación de criterio y colocación de bandera.....	266



## Lista de abreviaciones

ACO	Acolman (estación de monitoreo)
AJU	Ajusco (estación de monitoreo)
AMCM	Área Metropolitana de la Ciudad de México
AMIS	<i>Air Management Information System</i> . Sistema de Información para el Control de la Calidad del Aire
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> . Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
ATN	<i>Actor-Network Theory</i> . Teoría Actor-Red
Bvsde	Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental
CAM	Camarones (estación de monitoreo),
Canacintra	Cámara Nacional de la Industria de Transformación
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera
CCHS	Centro de Ciencias Humanas y Sociales
CECA	Comunidad Europea para el Carbón y el Acero
CEE	Comisión Económica para Europea
Cenica	Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental
Cepis	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CES	Cerro de la Estrella (estación de monitoreo)
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CICA	Centro de Información de la Calidad del Aire
CISA	Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental
CNIT	Cámara Nacional de la Industria de Transformación
Conaculta	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes
COY	Coyoacán (estación de monitoreo)
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DDF	Departamento del Distrito Federal
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
DGGCA	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire
DGSA	Dirección General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud
DOF	Diario Oficial de la Federación
Edomex	Estado de México
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> . Agencia de Protección Ambiental
FAC	Facultad de Estudios Superiores Acatlán (estación de monitoreo)
FAO	Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCE	Fondo de Cultura Económica
GEMS	<i>Global Environmental Monitoring System</i> . Sistema Global de Monitoreo Ambiental.
HGM	Hospital General (estación de monitoreo)
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i> . Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer-
Imeca	Índice Metropolitano de la Calidad del Aire

Imexca	Índice Mexicano de Calidad del Aire
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INE	Instituto Nacional de Ecología
Infomex	Sistema Electrónico de Solicitudes de Información
IPN	Instituto Politécnico Nacional
IUV	Índice de Radiación Ultravioleta
IZT	Iztacalco (estación de monitoreo),
LOM	Lomas (estación de monitoreo)
LPR	La Presa (estación de monitoreo)
LVI	La Villa (estación de monitoreo)
LyFC	Luz y Fuerza del Centro
Marga	<i>Monitor for Aerosol &amp; Gases in Ambient Air.</i> Monitor para aerosoles y gases en el aire ambiente
MER	Merced (estación de monitoreo)
NEZ	Nezahualcóyotl (estación de monitoreo)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PED	Pedregal (estación de monitoreo)
Pemex	Petróleos Mexicanos
pH	Potencial de hidrógeno
PM <sub>10</sub>	Partículas menores a 2.5 micrómetros
PM <sub>2.5</sub>	Partículas menores a 10 micrómetros
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSI	<i>Pollutant Standard Index.</i> Índice Estándar de Contaminantes
PST	Partículas Suspendidas Totales
RAMA	Red Automática de Monitoreo Atmosférico
Redcamavamex	Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México
Redda	Red de Depósito Atmosférico
Redma	Red Manual de Monitoreo Atmosférico
Redmet	Red de Meteorología y Radiación Solar
RedPanair	Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire
Repidisca	Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
SAF	Secretaría de Agricultura y Fomento
SAG	San Agustín (estación de monitoreo)
SAHOP	Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas
SAH-SAHOP	Subsecretaría de Asentamientos Humanos-Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SCOT	<i>Social Construction of Technology.</i> Construcción Social de la Tecnología

SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SDN	Secretaría de Defensa Nacional
Secom	Secretaría de Comercio
Sectur	Secretaría de Turismo
Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
Sepafi	Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial
SFE	Santa Fe (estación de monitoreo)
SG	Secretaría de Gobernación
SHA	Secretaría de Hacienda (estación de monitoreo)
SIC	Secretaría de Industria y Comercio
Simat	Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de México
Sinaica	Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire
Singrem	Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases y Medicamentos
SJA	San Juan de Aragón (estación de monitoreo)
SM	Secretaría de Marina
SMA	Secretaria del Medio Ambiente
SMA-SSA	Subsecretaria de Mejoramiento del Ambiente-Secretaría de Salubridad y Asistencia
SP	Secretaría de Pesca
SPM	Salud Pública de México
SPP	Secretaría de Programación y Presupuesto
SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
SRH	Secretaría de Recursos Hidráulicos
SSA	Secretaría de Salubridad y Asistencia
STPS	Secretaría de Trabajo y Previsión Social
SUR	Santa Úrsula (estación de monitoreo)
TAH	Tláhuac (estación de monitoreo)
TEOM	<i>Tapered Element Oscillating Microbalance</i> . Microbalanza de Elemento Cónico Oscilante
TLA	Tlalnepantla (estación de monitoreo)
TLI	Tultitlán (estación de monitoreo)
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UAX	Universidad Autónoma Metropolitana –Xochimilco (estación de monitoreo)
ug/m <sup>3</sup>	microgramos sobre metro cubico
UIZ	Universidad Autónoma Metropolitana–Iztapalapa (estación de monitoreo)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura
Unicef	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
Unipex	<i>Uniform International Air Pollution Index</i> . Índice Uniforme Internacional de la Contaminación Atmosférica
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

UV	Radiación Ultravioleta
VIF	Villa de las Flores (estación de monitoreo)
XAL	Xalostoc (estación de monitoreo)
WHO	<i>World Health Organization</i> . Organización Mundial de la Salud
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

# Introducción

Todos los que vivimos en la Ciudad de México y sus alrededores hemos padecido las molestias y enfermedades ocasionadas por la contaminación atmosférica, sin importar el status económico la contaminación afecta a ricos y pobres, pues el aire proporciona un terreno común compartido. Nuestra salud y algunas de nuestras prácticas –como hacer ejercicio al aire libre y tomar los alimentos a la intemperie– se han visto afectadas. Por muchos años hemos sabido que respiramos veneno y que tenemos una nata amarillenta y parda permanentemente sobre nosotros. Desde los años sesenta la contaminación empezó a estar en boca de los políticos y cada vez más en las preocupaciones y conversaciones de las personas hasta acostumbrarnos a ella e incluso olvidarla en parte por todos los demás problemas que también están presentes cada día. Durante décadas hemos escuchado términos como *smog*, inversión térmica, contingencias ambientales, imecas, polvo, lluvia ácida, ozono, humos y otros conceptos similares, y visto diversas imágenes asociadas con la contaminación atmosférica, desde cielos grises, escapes de automóviles, chimeneas humeantes hasta niños portando máscaras antigases. El conocimiento desarrollado sobre este rubro no solamente es vasto sino desde muy diversas áreas. Las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades han aportado una extensa bibliografía al respecto. Las manifestaciones artísticas no son pocas: cuentos, poemas, pinturas, películas, cortometrajes, fotografías, canciones, caricaturas y exposiciones son parte de nuestro bagaje cultural. Los medios de comunicación como la prensa, la radio y la televisión también han dedicado extensos espacios al desarrollo y análisis de esta problemática. La contaminación importa e impacta nuestra vida por ello ha sido ampliamente discutida y ha ocupado el centro de encontradas controversias, lo que marca una notable diferencia en relación con otros problemas y temas de la ciencia que rara vez se tocan y se mantienen en la arena pública.

*El aire de cada día. Internacionalización, culturas epistémicas y prácticas de medición* comprende un análisis detallado de la “aparición” de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México y sobre cómo se han adoptado, apropiado y puesto en práctica distintos instrumentos, unidades, protocolos, tecnologías y redes para estudiar y medir la contaminación, profundizando de esta manera nuestra comprensión en un tema que tiene amplias consecuencias sociales y políticas. Esta investigación anclada en los estudios culturales sobre ciencia y tecnología pretende mostrar la complejidad de medir la contaminación del aire y también poner de relieve el conocimiento que se ha

generado en torno a la práctica de monitorear. El presente estudio se ha articulado alrededor de los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica (en específico de los instrumentos que miden las llamadas partículas). En efecto, los instrumentos tienen un lugar protagónico en tanto que son un rasgo de la actividad de vigilar la calidad del aire y merecen atención en tanto que sus mediciones impactan nuestra vida y salud. De ahí la importancia de presentar un rápido pero concreto recorrido de las creencias que han rodeado a los instrumentos en la ciencia.

Los instrumentos han justificado las prácticas, su presencia ha ofrecido confianza y autoridad, y es que desde sus orígenes los instrumentos utilizados en la ciencia han ayudado a la configuración de teorías y experimentos, considerándose a menudo como herramientas, intermediarios, extensiones materiales que de ninguna manera configuraban los datos, ni interferían con los resultados. Daniel Rothbart explica que la tradición filosófica del empirismo lógico consideraba que los aparatos de laboratorio y sus hallazgos se regían, presumiblemente, bajo el mismo tipo de normas epistémicas empleadas por los sentidos humanos para la adquisición de conocimiento empírico. Los instrumentos de laboratorio de los siglos XVII y XVIII, como el microscopio compuesto, telescopio, y la bomba de aire, funcionaban como meras herramientas, dispositivos intermedios que extendían el alcance de los sentidos. Un uso adecuado de las herramientas solamente servía para mejorar, corregir o validar las experiencias sensoriales de los observadores. Los métodos de investigación eran casi transparentes, y la posible contaminación se podía eliminar.<sup>1</sup>

Durante mucho tiempo las máquinas adquirieron un lugar central en las investigaciones, convirtiéndose en los observadores ideales. Lorraine Daston y Peter Galison llaman a esto *objetividad no intervencionista o mecánica*,<sup>2</sup> explican que para los científicos del siglo XIX, las máquinas ayudaban cuando las tentaciones y debilidades de la carne y el espíritu aparecían, con su empleo se eliminaba la presencia del observador y su inconsciente manipulación de los “hechos”. La imaginación y el juicio eran sospechosos no porque fueran rasgos personales, sino porque eran rebeldes y requerían disciplina. La falta de ésta última se relacionaba con la auto indulgencia, la impaciencia, la parcialidad en las propias ideas, la pereza e incluso con la deshonestidad. En este sentido las máquinas estaban libres de las flaquezas humanas, sus principales virtudes estaban relacionadas con el trabajo: eran pacientes, honestas, incansables y estaban siempre alertas –al igual

---

<sup>1</sup> Daniel Rothbart, *Philosophical Instruments, minds and tools at work*, 2007, p. 13.

<sup>2</sup> La objetividad moderna, comentan Daston y Galison es una mezcla integrada por componentes dispares, que son histórica y conceptualmente distintos, uno de ellos es la objetividad mecánica. En el texto *The image of objectivity* trata la historia de este componente aparecido en la segunda mitad del siglo XIX. La moraleja de dicha historia es que la objetividad es una cosa mutable, multiforme, capaz de nuevos significados y nuevos símbolos: tanto en un sentido literal y figurado. Lorraine Daston y Peter Galison, “The image of objectivity”, en *Representation*, 1992, p. 123.

que el fenómeno, no dormían—. Las máquinas no vagaban, no aflojaban el ritmo y no se agotaban como los humanos. Dado que las máquinas iban más allá de los límites de los sentidos humanos, podían ser utilizadas en las tareas que requerían la repetición sin fin o de mucha fuerza. Por eso los científicos de aquel siglo alabaron los dispositivos e instrumentos de registro automático. Si la máquina ignoraba la teoría y era incapaz de llevar a cabo un juicio, tanto mejor, así no había mediación. Las máquinas producían no sólo más observaciones sino también mejores, encarnando el ideal de la no intervención, con su moralidad de la restricción y prohibición, de autocontrol. Así, explican estos autores como es que las máquinas han hecho de medio y símbolo de objetividad.

Además de la *objetividad mecánica* que atribuimos a los instrumentos otras ideas también han estado presentes relacionadas tanto con la tesis instrumentalista como con la tesis determinista. La primera supone neutralidad, que la tecnología es indiferente a la variedad de fines en los que puede emplearse, y que no genera en sí misma problemas de valores, de manera que ésta puede tener muchos usos por los individuos, instituciones y organizaciones, quienes encarnan los intereses y valores. Sergio Martínez y Edna Suárez comentan que desde esta perspectiva la tecnología es simplemente parte del escenario en el que se desarrolla la trama social; puede actuar con la misma eficiencia y productividad bajo contextos sociales y políticos o de valores muy distintos: una buena tecnología es buena independientemente del contexto, son los “errores humanos” o los intereses, la corrupción política y económica los responsables de fallas y tragedias tecnológicas.<sup>3</sup> La tesis instrumentalista domina en gran medida las creencias populares, de ahí que se piense que los instrumentos de medición de cualquier laboratorio y los de la contaminación atmosférica en específico son neutros y autónomos respecto a valores y contextos y que pueden ser usados para bien o para mal. Estudios como los de Lagdon Winner en los años setenta han demostrado que las tecnologías pueden ser utilizadas de manera que incrementen el poder, la autoridad y el privilegio de unos sobre otros.<sup>4</sup>

La tesis determinista ampliamente difundida plantea básicamente que el desarrollo de la tecnología se nos impone, que la tecnología tiene una vida propia, autónoma, una forma de desarrollarse tal, sobre la que muy poco podemos hacer, por ello es que su modificación y límites no parecen viables. Además de que se considera que el desarrollo tecnológico es el “motor” del desarrollo de la sociedad, que su impacto es determinante. Sergio Martínez y Edna Suárez comentan que “La

---

<sup>3</sup> Sergio Martínez y Edna Suárez, *Ciencia y tecnología en sociedad: el cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática*, 2008, pp. 19 y 75.

<sup>4</sup> Lagdon Winner, “La ballena y el reactor: Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología”, 1987, p. 41.

popularidad de la visión determinista se manifiesta en los frecuentes intentos por predecir las implicaciones de determinadas tecnologías en la sociedad del futuro”.<sup>5</sup>

Hasta aquí hemos presentado algunas de las ideas más comunes entorno a los instrumentos, las que nos han hecho creer que lo que venga de ellos es puro y libre de interpretación además de confiable. A menudo aceptamos y asumimos que no hay nada o muy poco que cuestionar y observar en aquellas prácticas que conllevan el uso de instrumentos, pensamos que se trata de la parte técnica en la que los expertos saben qué hacer y en la que cualquier otra persona ajena a este ámbito no tiene lugar. Sin embargo, en los últimos años las ideas anteriormente expuestas se han empezado a discutir desde la historia y la filosofía de la ciencia y la tecnología. Estudios diversos han permitido mostrar que las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad son bastante complejas e impredecibles. El reciente interés en los instrumentos de laboratorio y en la denominada cultura material puede decirse que inició con la publicación del ya clásico libro *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental* de Steven Shapin y Simon Schaffer publicado en 1985.<sup>6</sup> Considerado o inscrito en la “nueva historiografía de la ciencia”, analiza los argumentos de la disputa suscitada entre Thomas Hobbes autor del *Leviatán*, y Robert Boyle y sus investigaciones en neumática a partir de la bomba de vacío durante la Restauración Monárquica inglesa de 1660. El texto, además de vincular profundamente dos ámbitos considerados poco relacionados, lo científico y lo político y analizar el contexto histórico en la que surge el experimento, las prácticas científicas y su institucionalización, tiene el mérito de hacer de la bomba de aire, de un *instrumento científico*, el núcleo de la investigación. El manejo de los instrumentos y las relaciones en torno a éste convirtieron al ámbito experimental en un novedoso espacio de estudio. Hasta entonces, el foco exclusivo de consideración y análisis estaba en la palabra escrita, en los conceptos y en las teorías. La tradición dominante en filosofía e historia de la ciencia estaba centrada en el estudio de los resultados de las investigaciones y no en cómo se habían generado o al menos no situaban en el centro del relato la producción de conocimiento. A menudo los instrumentos eran “teoremas rectificadas”<sup>7</sup> o la extensión material de teorías probadas, que podían desplazarse y usarse en cualquier otro lugar en tanto derivados de conocimientos universalmente válidos como Laura Cházaro García comenta,<sup>8</sup> perdiendo con ello una gran cantidad de lo que es epistemológicamente importante.

---

<sup>5</sup> Sergio Martínez y Edna Suárez, *op. cit.*, p. 97.

<sup>6</sup> Antecedentes en la antropología y sociología véase Arjun Appadurai, *La vida social de las cosas. Perspectiva cultural de las mercancías*, Trad. de Argelia Castillo Cano, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Grijalbo, 1991, 406 pp. (Los noventa, 79)

<sup>7</sup> Gaston Bachelard, *Epistemología*, 1971, p. 164.

<sup>8</sup> Véase: Laura Cházaro García, “Recorriendo el cuerpo y el territorio nacional: instrumentos, medidas y política a fines del siglo XIX en México”, en *Memoria y Sociedad*, julio–diciembre 2009, p. 102.



Desde entonces, a casi 30 años de los llamados estudios culturales de la ciencia comenta Juan Pimentel se han escrito una gran diversidad de materiales como biografías de objetos científicos que revelan las intenciones y circunstancias con que fueron fabricados, comercializados o exhibidos; además de estudios sobre colecciones y depósitos de objetos en gabinetes de curiosidades y museos de historia natural; así como una vasta producción de textos sobre la construcción, venta y difusión de los instrumentos científicos que explican no solamente su empleo sino también el conjunto de reglas no escritas para replicar experimentos y observaciones.<sup>9</sup> En general, los estudios culturales de la ciencia han observado que tanto las prácticas como el experimento tienen vida propia, independiente de la teoría y que la ciencia comprende una cultura material determinante para el conocimiento, resaltando que las comunidades científicas no están aisladas de la cultura, dado que a menudo sus prácticas, productos, y normas varían con el contexto, y que hay diferencias significativas en la forma, dirección, reglas y objetivos. Donna Haraway ha contribuido a esta discusión mencionando que los instrumentos no son pasivos, puesto que constituyen maneras específicas de ver:

Los “ojos” disponibles en las modernas ciencias tecnológicas pulverizan cualquier idea de visión pasiva. Estos artefactos prostéticos nos enseñan que todos los ojos, incluidos los nuestros, son sistemas perceptivos activos que construyen traducciones y maneras *específicas* de ver, es decir, formas de vida. No existen fotografías no mediadas ni cámaras oscuras pasivas en las versiones científicas de cuerpos y máquinas, sino solamente posibilidades visuales altamente específicas, cada una de ellas con una manera parcial, activa y maravillosamente detallada de mundos que se organizan. Todas estas facetas del mundo no deberían ser alegorías de movilidad e intercambiabilidad infinitas, sino de especificidad y diferencia elaboradas, y la gente de buen corazón debería ponerse a aprender cómo ver fielmente desde el punto de vista del otro, incluso cuando ese otro es nuestra propia máquina.<sup>10</sup>

Si bien los instrumentos, como vemos, han dejado de ser “teoremas rectificadas” todavía no hay un acuerdo general sobre la noción de instrumento, aparato o dispositivo científico, es difícil encontrar en la literatura de los estudios culturales sobre ciencia y tecnología una conceptualización explícita aceptada. Veamos a continuación algunas de las clasificaciones contemporáneas para los instrumentos desde esta perspectiva.

Laura Cházaro explica que se suele distinguir entre grupos o familias, por un lado menciona se encuentran los instrumentos matemáticos, entre los que se incluyen las reglas, balanzas, relojes,

---

<sup>9</sup> Véase: Juan Pimentel, “¿Qué es la historia cultural de la ciencia?”, en *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, mayo–junio 2010, pp. 422.

<sup>10</sup> Donna Haraway, *Conocimientos situados: la cuestión científica en el feminismo y el privilegio de la perspectiva parcial*, en *Ciencia, cyborgs y mujeres: la reinención de la naturaleza*, 1995, p. 327.

cuadrantes, brújulas, telescopios, cuartos de círculo, sextantes y octantes utilizados en la navegación y la astronomía, y por otro lado, los instrumentos científicos, aquellos manufacturados alrededor del siglo XVIII y usados en “experimentos” como el microscopio y la bomba de aire, que de alguna manera recrean la naturaleza. Además de los instrumentos médicos, que como menciona esta historiadora han sido hechos para viajar y hacer reconocimientos y no para ser usados al interior de laboratorios, no obstante, a pesar de esta especial característica una vez han sido incluidos dentro de los científicos y en otras ocasiones han sido propuestos como una categoría aparte:

Para algunos historiadores de la medicina, la tecnología médica no entra en estas clasificaciones, especialmente cuando se trata de los aparatos de diagnóstico y del material quirúrgico (*coutellerie*). Sin embargo, los instrumentos de laboratorio de fisiología y medicina experimental (mediciones de las funciones corporales o estandarizadas de los componentes químicos) sí son considerados como parte del arsenal científico.<sup>11</sup>

Esta posible clasificación poco nos aclara sobre donde ubicar los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica de los cuales queremos hablar en el presente estudio. Otra clasificación pero de corte epistemológica ha sido propuesta por Davis Baird. Este autor distingue tres tipos de instrumentos: modeladores –*model knowledge*–, generadores de fenómenos –*working knowledge*– y de medición –*encapsulated knowledge*–.<sup>12</sup> Dado que los instrumentos de medición son un híbrido de los dos anteriores explicaremos brevemente cada categoría.

Los instrumentos modeladores operan epistemológicamente de manera muy similar a la teoría, representando una parte del mundo. En ellos está contenido una determinada explicación de cómo funcionan las cosas: denotan, demuestran e interpretan. Son una forma de desarrollar la teoría, conectándola con el mundo. En sus versiones más actuales explican y predicen de manera simple y precisa. Una característica importante es que pueden ser manipulados ampliando nuestra capacidad para conocer e influir en el mundo. Son ejemplos de estos instrumentos los planetarios de principios del siglo XVIII, el modelo de la rueda hidráulica de John Smeaton a finales de ese mismo siglo, y el modelo de la estructura del ADN de Watson y Crick a mediados del siglo XX.

Los instrumentos creadores de fenómenos como el motor eléctrico de Michael Faraday y los aceleradores de partículas tienen la cualidad de sorprender y convencer, permitiendo sondear algunos de los secretos más profundos del cosmos. Esta clase de instrumentos goza de autonomía cognitiva,

---

<sup>11</sup> Laura Cházaro García, *op. cit.*, pp. 103–104.

<sup>12</sup> Para Davis Baird los productos materiales de la ciencia y la tecnología constituyen el conocimiento del mundo, por lo que tanto la ciencia como la tecnología deben incluir productos materiales y no simplemente palabras y ecuaciones. Así los instrumentos deben ser entendidos a la par con la teoría. Davis Baird, *Thing knowledge: a philosophy of scientific instruments*, 2004, pp. 4–5.

de agencia material, cuando el fenómeno creado es constante y permanece en el futuro independientemente de las teorías que le expliquen. Baird utiliza el concepto de *working knowledge* para referirse a estos dispositivos, construidos para hacer algo de una manera particular, con éxito, de forma fiable, controlada y regular. *Working knowledge* es una forma de conocimiento material, que apela a nociones pragmatistas de conocimiento como acción eficaz.

Baird menciona que medir supone representar, ubicar lo medido en un espacio ordenado. De manera que una representación o modelo de ese espacio ordenado tiene que ser incorporado en un instrumento de medición –como la escala en el termómetro–. Los instrumentos de medición conllevan *working knowledge*, en el sentido que deben producir "el mismo" fenómeno cuando se somete a las mismas condiciones, por ejemplo, el mercurio de un termómetro debe estar a la misma altura del tubo. Baird describe esta integración como *encapsulated knowledge*, donde la acción efectiva y la representación trabajan juntos en un instrumento material para proporcionar la medición. Así los instrumentos de medición proporcionan información confiable sobre el mundo y en consecuencia se puede actuar. En un sentido general, los instrumentos de medición, nos dicen algo acerca de un "especimen" que miden de alguna manera mediante la generación de una señal a través de una interacción con él. Esta señal se somete a una serie de transformaciones que finalmente resulta en información para aquellos que utilizan el instrumento.

Aunque esta última clasificación nos dice algo sobre los instrumentos de medición no es suficiente o no explica del todo a los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica estudiados en este texto. Si bien a partir de esta clasificación podemos deducir que los instrumentos de medición: por un lado, tienen la capacidad de estandarizar la diversidad de lo observado, medido o registrado, proporcionando modelos de lo normal y lo patológico; y por otro lado, que ayudan a comprender y a ordenar el mundo, es importante destacar que esta clasificación no incluye su agencia, función, consecuencias y en general el entramado en el que se ubican los instrumentos. De ahí que acudamos a la teoría del actor-red para explicar parte de esto último, sin embargo, como veremos a lo largo de esta investigación tampoco corresponde cabalmente con lo encontrado en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico del Gobierno del Distrito Federal.

Para la teoría del actor-red los instrumentos son tanto mecanismos de inscripción como cualquier estructura, sea cual sea su tamaño, naturaleza o coste, siempre y cuando proporcionen una exposición visual de cualquier tipo en un texto científico. Así, por ejemplo un instrumento puede ser un telescopio óptico y también un conjunto de radio telescopios –incluso si sus componentes están separados por miles de kilómetros–, así como la muestra de una cobaya y un instituto de estadística.

La definición no la proporciona el costo ni la sofisticación, sino que la inscripción constituya el último estrato de un texto científico.<sup>13</sup> Dicha perspectiva advierte sobre tener cuidado en creer que lo que provenga del instrumento es la propia naturaleza. El problema con la inscripción de los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica es precisamente la reducción del objeto de estudio a una característica a pesar de su amplia variedad de tamaños<sup>14</sup> formas y composiciones químicas<sup>15</sup> por lo que la inscripción no es la partícula en sí.

Pero además según esta teoría del actor-red los instrumentos se definen por sus actuaciones, de tal forma que se consideran actores no humanos, estructuras de acción social y política. Una de las aportaciones más significativas de esta teoría es su explicación sobre los procesos a través de los cuales se transmite el conocimiento desde su punto de origen. En este sentido se menciona que los instrumentos-actores no humanos se mueven por las cadenas o redes sin modificación alguna, es decir, que viajan sellados como cajas negras, así mientras más se alejan de su centro de origen adquieren más autoridad, lo que significa que la distribución del conocimiento por la red no implica nuevas interpretaciones de los instrumentos. Y aquí está precisamente el punto de desacuerdo, la presente investigación muestra que los instrumentos son modificados, adaptados, tuneados, es decir, reinterpretados por sus usuarios, que contemplan una diversidad de situaciones no tomadas en cuenta en sus orígenes, lo que hace del proceso de innovación algo complejo con múltiples centros.

Mi hipótesis de trabajo es que la generación de la calidad del aire está lejos de ser el resultado de lecturas mecánicas, en las que nada o muy poco tienen que decir sus gestores. Por el contrario argumento que es el resultado del trabajo colectivo de los diversos actores humanos y no humanos que la constituyen, quienes configuran, ordenan y van definiendo y afectando las prácticas, la manera

---

<sup>13</sup> Bruno Latour, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, 1992, pp. 67–68.

<sup>14</sup> La gama de “tamaño de las partículas de polvo está clasificado, por convención, en una escala de diámetros que va desde alrededor de 0.0001 micras (la millonésima parte de un metro), hasta los 100 micras.” Óscar Augusto Peralta y Marcovich Gustavo, *Percepción de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México*, 1999, p. 36.

En el límite superior de lo considerado como partículas se encuentran la arena muy fina, los polvos de cemento, esporas y polen, que pueden apreciarse a simple vista. Mientras que las más pequeñas son invisibles para el ojo humano y por lo regular son también las más dañinas. Bárbara Finlayson, *Atmospheric Chemistry: fundamentals and experimental techniques*, 1986, p. 727.

<sup>15</sup> La mayoría de las partículas presenta formas irregulares, el asbesto por ejemplo, es semejante a barras, sin embargo, se les suele considerar como esféricas con el fin de determinar su tamaño. Químicamente no son uniformes, como lo es por ejemplo, el monóxido de carbono; “una molécula de monóxido de carbono es idéntica a otra.” Noel De Nevers, *Ingeniería de control de la contaminación del aire*, México, McGraw-Hill Interamericana, 1998, p.183.

Las partículas están formadas por una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos; la fracción orgánica incluye material biológico como polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas, pero también puede ser una mezcla compleja de ácidos, fenoles, alcoholes. La parte inorgánica puede estar compuesta por nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados como fierro, plomo, manganeso, zinc, vanadio, entre otros. De tal forma que una partícula puede componerse por cientos de sustancias. Además de que la composición de cada una varía con el tamaño, el lugar geográfico e incluso con la estación del año. Esto significa que no hay una forma, tamaño, composición estándar o única de las partículas.

misma en la que se estudia la problemática. Defiendo que la práctica de medición de la contaminación atmosférica es el resultado de culturas epistémicas locales por lo que ningún aspecto de la medición de la calidad del aire es neutro, por el contrario está marcado por selecciones y decisiones.

El monitoreo atmosférico es mirado como una formación cultural por lo que es examinado a través de los recursos que lo articulan y la forma en la que transforma las situaciones. Se trata de comprender esta práctica científica-técnica como algo situado, local y contextual. Parto de la idea que hay un conocimiento propio, tomo en cuenta los instrumentos, materiales, y habilidades técnicas; y pongo de relieve la particularidad de esta comunidad de técnicos. Resaltó que esta práctica no está aislada de la cultura. Mi labor ha consistido en contextualizar la producción del conocimiento, entender y ver cómo o de qué manera se ha armado el discurso en torno a la contaminación atmosférica y su monitoreo desde las instancias gubernamentales de México, así como indagar las características que componen esa red de conocimiento. El fin ha sido comprender por qué se produce de esa manera y qué función cumple. Las preguntas que han estado presentes a lo largo de esta investigación son: ¿Qué es contaminación? ¿Por qué se mide? ¿Con qué se mide? ¿Para qué se mide? ¿Quiénes la miden? ¿Cuál es el objeto de investigación? ¿Cómo se ha ido transformando ese objeto de estudio? y ¿Qué sostiene a estos instrumentos de medición?

Las ventajas de mirar desde el interior la producción de la calidad del aire son hacer visible la cultura, el conocimiento local y las prácticas con el fin de observar lo que ocurre en el proceso de generación de la calidad del aire. A diferencia de otras investigaciones que encierran los aspectos técnicos del monitoreo atmosférico para centrar sus reflexiones en diversas cuestiones –como política, programas, riesgos, percepciones–, la aportación de esta investigación consiste en abrir la caja negra, en mirar su interior, desde el exterior con el fin de mostrar qué es lo que sucede, cómo se llevan a cabo la generación de la calidad del aire, quiénes la producen, cómo lo hacen y en qué consiste. Pues a menudo lo único que se sabe es lo que la propia Secretaría del Medio Ambiente da conocer a través de sus diversos canales de comunicación (informes, página electrónica, boletines, etc). En este sentido es que el objetivo de esta investigación consiste en reconstruir esa red hecha de humanos, de instrumentos, de datos, de cifras.

En el primer capítulo veremos cómo los objetos de estudio se transforman con la tecnología y con los actores que le observan. Se discute el problema de cómo el fenómeno de la contaminación aparece y cómo se abandona un modelo de contaminación para empezar a conceptualizarse como el resultado del desarrollo industrial y el crecimiento demográfico. En los años sesenta, el polvo deja de ser un

dato relevante y, en su lugar, aparecen aparatos que medirían variables químicas del ambiente. En esta discusión, el trabajo en cuestión permite ver que los instrumentos producen una atmósfera distinta y, muestra cómo ellos mismos son producto de negociaciones epistemológicas como políticas y comerciales. En el segundo capítulo veremos que las tecnologías no generan automáticamente resultados fiables y cómo los instrumentos han sido diseñados para su uso en redes. En ambos puede observarse el contexto en el que es debatida la problemática de la contaminación, las controversias y las disputas entre las instancias internacionales, el gremio industrial, el gobierno federal e investigadores por la tecnología, los objetos de estudio, las medidas de control, los programas y la política.

En el tercer y cuarto capítulos se estudia el monitoreo atmosférico en acción. Concretamente en el tercero se abordan las modificaciones (los *tuneos*) que sufren los instrumentos para llevar a cabo la medición de los contaminantes, además de que se exponen el contexto particular en el que se realiza el monitoreo atmosférico y las muchas contingencias que surgen al medir. El tipo de preguntas que se abordan son ¿Cómo se produce de la calidad del aire? ¿Qué culturas epistémicas imperan en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico? Y en el cuarto capítulo se observa el proceso de selección de los datos y de estabilización de las mediciones. Las preguntas que se tratan de responder son las siguientes ¿Cómo se estabiliza algo que es caótico, que no es fijo, que se mueve? y ¿Cómo se mide, se ordena y jerarquiza un problema que está en el aire, pero que es manejado y controlado desde una institución gubernamental? En ambos capítulos se observa con detalle lo que ocurre en el día a día en la gestión del aire, por lo que para entender la producción de ese conocimiento es que realice un estudio etnográfico en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico del gobierno del Distrito Federal con la intención de comprender lo distinto y particular de esta práctica.

Analizar la contaminación atmosférica a partir de los instrumentos que la generan y la red que los sostiene fue ardua por la gran cantidad de antecedentes, de actores y de información que contiene. Los desafíos de llevar a cabo una investigación como ésta no han sido pocos: van desde comprender cómo se manejan los instrumentos lo suficiente para tener una idea y comprender la labor del técnico hasta entender la estructura gubernamental encargada de llevar a cabo la medición de la contaminación. Así como observar el espacio de trabajo, las rutinas y en general el ambiente laboral. Abrir el sistema de producción de la calidad del aire requirió estudiar conceptos de otras áreas del conocimiento ajenas a las ciencias sociales y a las humanidades, insertarse en otros gremios y localizar sus creencias y sus mitos, hablar con mucha gente involucrada, exponer dudas y debatir las formas. Comprender justamente el contexto en el que se genera la contaminación del aire, requirió de

mucho análisis y búsqueda de información para discutir y no dejarse llevar por los discursos institucionales ya fuera de la ciencia o del gobierno.

Entre las peores dificultades a las que me enfrenté durante el estudio etnográfico fue el constante control que algunos de los gestores de la calidad del aire buscaban ejercer sobre mi investigación y el interés de que su discurso se reprodujera con el efecto de impresión y respeto que suelen imponer los laboratorios y sus instrumentos. Aunque en un principio se me proporcionó vasta información cabe mencionar que esta fue disminuyendo con el crecimiento de mi interés por conocer a detalle lo que ocurría en la producción de la calidad del aire.

Gran parte de la información también se obtuvo de las entrevistas a los técnicos durante el estudio etnográfico en el Laboratorio de Monitoreo; de las entrevistas y conversaciones con los técnicos del Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA); de las entrevistas con los técnicos José Zaragoza Ávila y Rogelio González García de la desaparecida Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Muchos de los documentos históricos como memorándums, manuales, memorias, folletos, trípticos, reportes, borradores referentes al tema de investigación fueron proporcionados por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire (DGGCA) y sus respectivos departamentos, como por el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, (Cenica). Otros muchos fueron localizados en la Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (Bvsde); el Centro Documental del Instituto Nacional de Ecología (INE); el Archivo Histórico de la Secretaría de Salud; la biblioteca conjunta de Ciencias de la Tierra de la UNAM; la Hemeroteca Nacional de México, entre otras muchas bibliotecas de la UNAM que resguardan libros, periódicos y revistas que fueron de utilidad para esta investigación. Así como también de los siguientes investigadores que desde diversos ámbitos tocan la problemática y ampliaron mi conocimiento en el tema compartiendo sus saberes: Humberto Bravo Álvarez, Omar Amador Muñoz, Armando Báez y Óscar Augusto peralta del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM; Peter Krieger y Laura González Flores del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM; Federico Navarrete y Sergio Miranda Pacheco del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM; Enrique Leff Zimmerman del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM; José Luis Lezama del Colegio de México; y Ernst Homburg de la Universidad de Maastricht. Relevante información sobre la problemática también se obtuvo de las conversaciones con otros agentes involucrados como Sara Alvarelos y su proyecto *The data-citizen driven city*. Así como a Nerea Calvillo responsable del proyecto *In the air* y de Saúl García Dos Santos del Área de Contaminación Atmosférica del Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto Carlos III de España.

De gran importancia para la formación y discusión de esta investigación fueron por un lado las dos estancias de investigación en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, España. La primera realizada de marzo a mayo del 2012 y la segunda durante los meses de marzo a junio de 2013, bajo la tutoría de María Jesús Santesmases Navarro de Palencia. Y por el otro, los siguientes coloquios, talleres y seminarios que a continuación cito en orden cronológico en los que me fue posible discutir diversos puntos de esta investigación: “Breve historia de la contaminación atmosférica en México” expuesta en el taller *Diseño de programas de aseguramiento y control de la calidad en sistemas de monitoreo atmosférico* organizado por el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del Instituto Nacional de Ecología del Instituto Nacional de Ecología en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas realizado del 31 de agosto al 2 de septiembre de 2011. La ponencia “Las partículas invisibles y los instrumentos que las ven” presentada en el taller *Circulación de saberes: instrumentos y colecciones en la historia*, realizado del 5 al 6 de diciembre de 2011 en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM. El trabajo “Instrumentación, conocimientos y prácticas entorno a las partículas atmosféricas” expuesto en el *Coloquio Circulación Internacional de Conocimientos: cuestiones académicas y científicas en los países en desarrollo*, llevado a cabo del 9 al 11 de octubre de 2012 en el Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigaciones Avanzadas del IPN. El trabajo “Los polvos de México” discutido en el *Seminario Internacional de Jóvenes Investigadores* organizado por el Instituto de Filosofía del Centro de ciencias Humanas y Sociales en Madrid, España, el día 16 de mayo de 2012. “Instrumentos Beta. Prácticas del monitoreo atmosférico en la Ciudad de México” comentado también en el *Seminario Internacional de Jóvenes Investigadores* un año después el 22 de mayo de 2013. La ponencia “El contaminante partículas en datos, o de la fabricación de la calidad del aire” presentada en el *Coloquio del Posgrado en Filosofía de la Ciencia 2013 “La ciencia y la tecnología desde las humanidades”*, realizado del 2 al 4 de octubre de 2013 en el Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM. Finalmente, la ponencia “Contaminación mexicana en la primera mitad del siglo pasado” expuesta en el *IV congreso de historiadores de las ciencias y las humanidades* en Morelia, Michoacán durante marzo de 2014. Pero donde constantemente he pensado ciertos temas que atraviesan esta investigación han sido en los siguientes seminarios: “Seminario de Historia de los Instrumentos” perteneciente al proyecto Conacyt (Ciencia básica No. 130847) *Historias de Instrumentos, colecciones y saberes en movimiento* del Departamento de Investigación Educativa del Cinvestav, del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades y del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM. En el “Seminario de Equilibrium, estudios sobre ciencia, tecnología y conocimiento” perteneciente a la división de humanidades y ciencias sociales de la Universidad



Autónoma Metropolitana, campus Cuajimalpa, al que he asistido desde el año 2012. Y también en el Seminario Interdisciplinario sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales del Colegio de México al que asistí durante el primer semestre del 2014. Así como de numerosas conversaciones sobre todo con Nuria Valverde, Antonio Lafuente, Laura Cházaro, Carlos López, Elisa Silvana, Lidia Barajas. Finalmente, la presente investigación tiene como antecedente mi tesis de maestría *Medio siglo de monitoreo de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México, 1960-2009. Aspectos científicos y sociales*.

## Capítulo 1.

### Adiós a la región más transparente<sup>1</sup>

Aunque en la actualidad la mayoría de las personas relacionen la contaminación atmosférica con los humos de las fábricas y los escapes de los automóviles, la idea de contaminación es vieja, ha existido durante miles de años y podemos encontrarla en todas las culturas humanas.<sup>2</sup> Sin embargo, lo considerado como contaminación en un determinado contexto cultural e histórico no corresponde con lo que se clasifica en otro. En este texto veremos que el concepto de contaminación es flexible e históricamente contingente, que se encuentra constantemente definiéndose y reinventándose, capaz de nuevos significados y nuevos símbolos. Pues, hasta no hace mucho, la contaminación atmosférica de la Ciudad de México eran las *tolvaneras*. Los peligros por el abuso de la tecnología, por los desechos nucleares y por los productos químicos cancerígenos –principales preocupaciones de las naciones más desarrolladas– no formaban parte de las inquietudes de los habitantes de la Ciudad de México. Sin embargo, en el increíblemente corto espacio de apenas unos años, especialmente en los años setenta, las *tolvaneras* pasaron a segundo plano frente a los nuevos peligros que el mundo occidental consideraba; nuevos peligros que desplazaron a los viejos y a través de los cuales lo clasificado como contaminación se vio reducido al estudio de ciertas sustancias y gases en la atmósfera. Como veremos, el entendimiento de lo que es contaminación atmosférica es una cuestión política.

En este proceso de transformación jugaron un papel crucial tanto factores internacionales como nacionales. En este capítulo abordaré precisamente cómo se configuró una noción de riesgo global asociado a un determinado tipo de contaminación local y cómo un riesgo local asociado a unas particulares nociones de salubridad y a una definición precisa de calidad de vida se difuminó hasta prácticamente desaparecer bajo la nueva concepción de contaminación. Para ello presentaré en

---

<sup>1</sup> La transparencia del aire del Valle de México fue una cualidad apreciada por el viajero alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) a principios del siglo XIX. Un siglo después Alfonso Reyes (1889-1959) en su obra *Visión de Anáhuac* recogía el comentario de Humboldt. Más tarde el escritor Carlos Fuentes (1928-2012) tituló a su primera novela *La región más transparente*, a mediados del siglo XX, cuando la ciudad distaba mucho de ser la región más transparente.

<sup>2</sup> En la siguiente obra puede consultarse algunas de las diferentes ideas sobre lo que se ha denominado contaminación en diferentes momentos a lo largo de la cultura occidental. Clarence J. Glacken, *Huellas en la playa de Rodas. Naturaleza y cultura en el pensamiento occidental desde la antigüedad hasta finales del siglo XVIII*, Trad. de Juan Carlos García Borrón. Pres. de Horacio Capel. Barcelona, Ediciones del Serbal, 1996, 729 pp.

primer lugar el episodio conocido como el *Gran Smog de Londres*; no solamente porque es el caso más conocido de las consecuencias catastróficas ocasionadas por la contaminación atmosférica, sino por su impacto a la hora de definir qué clase de ciencia debería desarrollarse para controlar este fenómeno, y en general porque a partir de este evento no hubo duda del peligro que se corría al respirar aire contaminado con cierto tipo de sustancias, orientando en un sentido muy preciso lo que debía considerarse como un riesgo, y colonizando completamente el espectro conceptual de la contaminación atmosférica. En segundo lugar, y en contrapunto, expondré lo que ciudadanos y científicos identificaban como contaminación atmosférica al menos hasta finales de la década de los años sesenta. La preocupación estaba muy lejos del *smog*, en los remolinos de polvo y el inevitable esparcimiento de detritus y microorganismos, así como de ruidos y suciedad, que condicionaban la vida cotidiana y terminaban deteriorando la salud humana. El objetivo de presentar ambos casos es resaltar que no ha habido, ni hay, una manera única de concebir lo contaminado, aún en un mismo contexto o grupo; que ello depende de un sinfín de situaciones locales y también de la cultura. Pero también evaluar qué tipo de pérdidas y transformaciones implican el paso de una noción de contaminación a otra. Parte de la hipótesis que se defiende es que en este tránsito se produjo una pérdida de crítica social, o mejor dicho, los factores sociales que afectaban a la contaminación quedaron progresivamente diluidos en el nuevo concepto.

## 1.1. El smog de Londres. Nacimiento de la contaminación atmosférica

El Gran Smog de Londres de 1952 es uno de los episodios más importantes de la historia de contaminación atmosférica en términos de su impacto en la ciencia, la percepción pública de la contaminación del aire, y la regulación gubernamental.<sup>3</sup> Es un ejemplo paradigmático, por su densidad y duración, los cientos de muertos y las medidas que de este acontecimiento se derivaron para Gran Bretaña y para el mundo. Aunque no es el único; entre los más famosos se encuentran los ocurridos en las ciudades estadounidenses de Donora, Pensilvania en 1948 y en la ciudad de Los Ángeles, California en diversas ocasiones.<sup>4</sup> Desde entonces el Gran Smog de Londres es referencia obligada de cualquier trabajo de introducción a la contaminación atmosférica, dado que marcó el inicio de la preocupación mundial por esta clase de polución. Veamos lo que ocurrió y cómo determinó el rumbo de la investigación.

Durante el Gran Smog de Londres, ocurrido del 5 al 8 de diciembre de 1952, las empresas fúnebres se quedaron sin ataúdes, las ventas de flores aumentaron y los hospitales recibieron un inusual número de personas. La escasa visibilidad era tal que retrasó el tráfico aéreo y provocó la suspensión de las rutas de autobús y tranvía. El diario *The Times* informaba que aquellos conductores que se habían aventurado a salir a las calles en la penumbra de lo que tendría que haber sido la luz del día avanzaban poco debido a la densa niebla, obligando a muchos a abandonar sus automóviles y caminar.<sup>5</sup> En el teatro Sadler's Wells, donde se presentaba la ópera *La Traviata*, la función tuvo que ser abandonada después del primer acto, porque estaba lleno de smog y no podía verse el escenario. El número de muertes atribuibles al fenómeno fue similar a las cifras causadas por la epidemia de cólera de 1854 o por la epidemia de influenza de 1918. De acuerdo al Ministerio de Salud inglés murieron entre 3 mil 500 y 4 mil personas.<sup>6</sup> La mortalidad no volvió a los niveles normales durante varios meses después del episodio.<sup>7</sup> El humo (*smoke*) y los niveles de dióxido de azufre alcanzaron

---

<sup>3</sup> Michelle Bell, Devra Davis y Tony Fletcher, "A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution", en *Environmental Health Perspectives*, 2004, p. 6.

<sup>4</sup> Véase: Mark Jacobson, *Atmospheric pollution: history, science, and regulation*, Cambridge University Press, Cambridge / New York, 2002, 399 pp.

<sup>5</sup> Peter Thorsheim, *Inventing pollution: coal, smoke, and culture in Britain since 1800*, 2006, p.163.

<sup>6</sup> Mayor of London, *50 years on: the struggle for air quality in London since the great smog of December 1952* [en línea], 2002, pp. 3-5.

<sup>7</sup> Las tasas globales de mortalidad en diciembre de 1952 fueron un 80 por ciento más altas que un año antes, y un 50 y un 40 por ciento superiores, respectivamente, en enero y febrero de 1953. De diciembre de 1952 a marzo de 1953 hubo 13, 500 muertes más de lo normal. Una fracción de ellas probablemente se debió a la contaminación del aire y otra a la influenza... las cifras exactas relacionadas con la influenza y con las muertes relacionadas con la contaminación del aire son desconocidas y continúan generando debate. Michelle Bell, *op. cit.*, p. 6.

concentraciones excepcionales. El *London Country Council* encargado de llevar a cabo las mediciones registró niveles de hasta 4.46 miligramos por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>) para el humo y de 3.83 mg/m<sup>3</sup> para el dióxido de azufre.<sup>8</sup> Estas cifras son orientativas, pues como Peter Brimblecombe observa es difícil conocer realmente los picos de aquellas concentraciones durante todo el episodio, ya que las series de mediciones y los dispositivos eran diferentes a los que se utilizan en la actualidad, y no eran especialmente adecuados para mostrar los rápidos cambios en las concentraciones durante el incidente.<sup>9</sup> Los instrumentos estaban diseñados principalmente para dar mediciones a largo plazo de las concentraciones de óxidos de azufre y humo (*smog*). Por lo que algunas personas creyeron que las mediciones oficiales eran inexactas y otros que habían sido manipuladas.

Hasta entonces, la presencia de chimeneas humeantes en una ciudad todavía tenían frecuentemente una connotación positiva: eran símbolo de productividad económica y poder, por eso muchos organismos las incluían en sus logotipos.<sup>10</sup> Los abundantes humos y las nieblas espesas de Londres la caracterizaban como una ciudad rica y próspera. Por muchos años, predominó la idea de que el humo era inofensivo, e incluso beneficioso.<sup>11</sup> Sin embargo, como Peter Thorsheim menciona, esta idea empezó a cambiar a finales del siglo XIX y primera mitad del XX: algunas de las personas que vivían en ciudades industriales empezaron a comprender y a entender los humos de las chimeneas como contaminación. En Gran Bretaña, periódicos, revistas y publicaciones especializadas dedicaron una gran atención al humo de carbón, en numerosas comunidades se reunieron ciudadanos, industriales y funcionarios públicos para encontrar maneras de reducir o eliminar aquellos humos.<sup>12</sup> Sin embargo, las quejas y denuncias en el mejor de los casos se convirtieron en regulaciones locales, las acciones por parte de las administraciones eran débiles y por lo regular las industrias negaban su responsabilidad. Pero el asunto cobró fuerza después del Gran Smog de Londres, cuando el Estado británico reconoció la asociación entre salud y contaminación atmosférica, e intervino para regular la contaminación mediante leyes federales. Así en julio de 1956 se aprobó la *Clean Air Act*,

---

<sup>8</sup> Mayor of London, *op. cit.*, p. 6.

<sup>9</sup> Peter Brimblecombe, *The Big Smoke: A history of air pollution in London since medieval times*, 1987, p. 168.

<sup>10</sup> En México, el logotipo de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (Canacintra) era una fábrica con chimeneas que desprendían humo. [Véase. Anexo 1. Chimenea humeante en el logotipo de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación].

<sup>11</sup> Los argumentos esgrimidos a favor del humo, durante una reunión celebrada en 1853 para protestar contra la Ley de Alcantarillado –*Sewers Act*– incluyen sus supuestas cualidades curativas y antisépticas así como los efectos tónicos de los gases sulfúricos. Véase la ilustración: “Important meeting of smoke makers”, en *Mayor of London, op. cit.*, p. 12.

No obstante, algunos antecedentes de que el humo podía causar daños a la salud, los encontramos en el libro *Fumifugium or the Inconvenience of the Aer and Smoake of London Dissipated*, de John Evelyn (1620-1706), publicado en 1661, donde sugirió que la contaminación del humo podría acortar la vida de las personas que vivían en Londres. Véase: Peter Brimblecombe, *op. cit.*, pp. 39–62.

<sup>12</sup> Véase: Peter Thorsheim, *op. cit.*, pp. 80–109.

prohibiendo la emisión de humo negro de las chimeneas, los trenes y hornos industriales, y estableciendo la creación de zonas sin humo.

Los miles de muertos y enfermos del Gran Smog de Londres así como los de otros episodios similares ocurridos en ciudades altamente industrializadas como Nueva York y Los Ángeles contribuyeron a la reconsideración del vínculo entre contaminación y salud. El aire, elemento indispensable para la vida humana, sin el cual el ser humano no puede vivir por más de cinco minutos, estaba contaminado por humos y gases. Como puede observarse, aquello que en primera instancia se asoció con lo contaminado fue el humo de las chimeneas de las fábricas, de los hogares, y de los medios de transporte. El humo, reconocible a simple vista, mezcla de sustancias muy diversas, se consideraba un contaminante atmosférico universal. De hecho el término *smog*,<sup>13</sup> tan de amplio uso durante la segunda mitad del siglo pasado, es una combinación entre las palabras *smoke* (humo) y *fog* (niebla), lo que nos permite destacar que lo que se asoció en primera instancia como contaminación atmosférica fueron los humos derivados de la quema de combustibles fósiles utilizados en la fabricación de bienes y servicios, y en los diferentes medios de transporte. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) ratifican la nueva mirada sobre el aire al definirlo en los siguientes términos: las concentraciones de humo o de *materia en suspensión permanente* “es un aerosol formado por la combustión de materias carbonosas. En las colectividades que hacen gran consumo de dichos combustibles esa mezcla compleja de carbón, cenizas, cristales y alquitrán, es el contaminante que se ha de medir con más frecuencia”.<sup>14</sup> Como veremos más adelante, la categoría general de humo se especificará en las llamadas partículas suspendidas.

El término contaminación atmosférica se empezó a usar para denominar los cambios en la composición y concentración “normales” de la atmósfera. Este concepto excluía a los microorganismos y sustancias emitidas por fuentes naturales. En 1958 el Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud, que asesoraba y organizaba programas para combatir y prevenir la contaminación atmosférica en los países miembros, “decidió solamente ocuparse de la

---

<sup>13</sup> La palabra “*smog*” fue acuñada en 1905 por H.A Des Voeux, tesorero de la organización *Coal Smoke Abatement Society* (Railroad Commission of Texas, *The History of Smog* [en línea]. p. 1.) Este vocablo describía en general la contaminación atmosférica londinense –gotas de niebla impregnadas con humo–. Y aunque su significado es ambiguo, ha sido uno de los vocablos más utilizados para denominar la contaminación atmosférica producida por los seres humanos. Es común encontrar expresiones como el *smog* de Los Ángeles y el *smog* de la Ciudad de México aunque rara vez estas ciudades experimentan condiciones de niebla con humo. (Véase: Council of Europe, *European Conference on Air Pollution: 24th June-1st of July*, Council of Europe, Strasbourg, 1964, 670 pp.)

<sup>14</sup> OMS, *Contaminantes de la Atmósfera*, 1964, p. 11.

contaminación atmosférica causada por las actividades humanas (contaminación artificial) y descartar de su examen los contaminadores de origen natural, como el polen, las sustancias de origen volcánico, los productos de la desintegración de las rocas y de la descomposición de la materia orgánica y los polvos de origen extraterrestre.”<sup>15</sup> La “contaminación de origen natural” perdió terreno, al considerarse que la carencia de bienestar no perturbaba la salud. El enfoque de estudio, acción y control se centró en la “contaminación artificial” por considerarse que era la principal causa de la pérdida de la salud humana. El antecedente de esta clase de contaminación se localizaba en la higiene industrial. La experiencia de la medicina del trabajo fue una importante fuente de información para la identificación de posibles contaminantes del medio y riesgos para la población general.<sup>16</sup> Todo compuesto que había sido causa de enfermedad aguda o crónica en obreros industriales y trabajadores de minas podía causar efectos análogos en la población. Diversas investigaciones en toxicología, farmacología y epidemiología permitieron recoger cuantiosa información sobre la exposición a ciertas sustancias y sus efectos adversos en la salud humana. Además, muchas de las primeras mediciones para estimar la contaminación atmosférica emplearon diversos métodos que se emplean corrientemente en la industria para analizar el aire. Así pues, en un primer momento el aire dentro de las fábricas se convierte en modelo del aire libre.

## 1.2 Contaminación mexicana

¿Es esta la región más transparente del aire? ¿Qué habéis hecho, entonces, de mi alto valle metafísico? ¿Por qué se empaña, por qué se amarillece? Corren sobre él como fuegos fatuos los remolinos de tierra. Caen sobre él los mantos de sepia, que roban profundidad al paisaje y precipitan en un solo plano espectral lejanías y cercanías, dando a sus rasgos y colores la irrealidad de una calcomanía grotesca, de una estampa vieja artificial, de una hoja prematuramente marchita.<sup>17</sup>

Mientras en las grandes ciudades industriales se vivían los desastrosos efectos de la contaminación atmosférica que despertaron preocupación por sus efectos en la salud humana, en la Ciudad de México –donde se tenía un problema de antaño– sus habitantes se veían afectados durante la temporada de secas por las tolvaneras. Como bien describe el periodista Roberto Núñez y Domínguez, en una nota publicada en la revista semanal del diario *Excelsior*:

---

<sup>15</sup> OMS, *op. cit.*, pp. 3–4.

<sup>16</sup> Véase: Jean Baptiste Fressoz, *L'Apocalypse Joyeuse: une histoire du risque technologique*, Du Seuil, Paris, 2012, 320 pp. (L'Univers Historique)

<sup>17</sup> Alfonso Reyes, *Visión de Anáhuac: palinodia del polvo: historia documental de visión de Anáhuac*, 2002, p. 20.

Si los habitantes de Londres están habituados a los permanentes rigores de la niebla que dificulta el tránsito de peatones y vehículos en las calles y últimamente también los moradores de la urbe de los rascacielos se han visto acometidos por el tóxico “smog”, nosotros también padecemos de la furia del polvo que arrojan los vientos procedentes de la región oriente del Valle.<sup>18</sup>

Las tolvaneras eran el principal problema de contaminación atmosférica en la Ciudad de México, al menos durante los primeros 70 años del siglo pasado. En lo que sigue exploraré cómo afectaban a sus habitantes y cómo se las incorporó al discurso científico. El objetivo es enfatizar la existencia de otras maneras de concebir lo contaminado, previas y simultáneas a lo que la retórica internacional concebía como contaminación atmosférica. En este apartado podrá observarse que lo estimado como contaminación en la Ciudad de México difiere de los problemas de los países más industrializados. Sin embargo, con el aumento de las emisiones industriales y automovilísticas, el crecimiento de la población, la expansión de la ciudad y también con la presión de los organismos mundiales y naciones interesadas en la contaminación de origen industrial, la manera de abordar la problemática empieza a transformarse en la siguiente dirección: se abandonan las manifestaciones locales de contaminación, y se impone un lenguaje estandarizado en relación a lo considerado impureza. Así, las emisiones relacionadas con la quema de combustibles fósiles se convirtieron en el eje del estudio sobre la contaminación. Aunque esta perspectiva de estudio fue adoptada por los organismos mexicanos correspondientes, en realidad las medidas y acciones fueron muy endebles: por un lado, hubo mucha resistencia del sector industrial que no aceptaba su responsabilidad; y por otro lado, varios simpatizantes en el seno de la Secretaría de Salubridad y Asistencia apoyaban la industrialización, convencidos de que la inversión en este sector contribuiría al desarrollo de México. Y de esta forma el análisis social del fenómeno, que ya se diluía al dejar de lado el discurso local y experiencial a favor de una noción orientada a la internacionalización y estandarización del análisis de los componentes en suspensión, encontró una fuerte barrera ideológica y política.

---

<sup>18</sup> Roberto Núñez, “Ante la gris embestida de las tolvaneras”, en *Jueves de Excelsior*, 18 de abril, 1968, p. 32.



### 1.2.1. Las tolvaneras de la ciudad

Nubes de polvo y basuras ligeras, envuelven la ciudad toda, aún el pulcro centro de ella, en un espeso manto de tierra cargada de microbios y gérmenes infestos, que todo lo invade y penetra, las habitaciones más apartadas y abrigadas, los muebles, las ropas, los alimentos, los almacenes comerciales y toda especie de mercancías, principalmente los comestibles frescos, carne, manteca, pan, frutas, verduras, golosinas, envenenando la población, y atacando directa y gravemente las vías respiratorias de los habitantes, causándoles algunas enfermedades infecciosas, inflamatorias y agudas, que aumentan mucho la mortalidad.<sup>19</sup>

El Lago de Texcoco a principios del siglo pasado era una extensa área polvosa, blanquísima de salitre y peligrosamente encharcada con una larga historia de angustias y preocupaciones. El México contemporáneo se levantaba sobre un lago desecado, producto de la iniciativa de los colonizadores por crear una ciudad más cómoda y “salubre” pero cuya idea finalmente se consuma en la expansión de la ciudad durante el porfiriato. En consecuencia, durante la época de secas la ciudad se veía envuelta por las tolvaneras, remolinos de polvo y suciedad levantados por el viento. Un alto porcentaje de las tolvaneras se atribuían a las extensiones de tierra degradadas, con excesivos problemas de salinidad, sodicidad y alcalinidad del ex Lago de Texcoco. Un porcentaje menor a la aridez y deforestación de terrenos sin poblar, calles y camellones no pavimentados y amplias zonas de agricultura de temporal, que durante la estación de secas se dejaban en barbecho, sobre todo en el sureste de la ciudad.<sup>20</sup> [Véase. Anexo 2. Tolvaneras en la Ciudad de México]

En temporada de lluvias, el problema de las tolvaneras se convertía en el lodazal de los jardines y plazuelas que no tenían una cubierta vegetal, y en el fango de las calles sin pavimento, ni banquetas. El agua de las lluvias se estancaba, enormes charcos malolientes y pantanosos se convertían en depósitos de basura, animales muertos y toda clase de inmundicias y materias sépticas. Testimonios

---

<sup>19</sup> “Enfermedades de la estación”, en *El Popular*, 5 de febrero, 1903, p. 1.

<sup>20</sup> En la prensa puede encontrarse una serie de quejas como las siguientes: “Ajusco, Xochimilco, Milpa Alta, Chalco, y Santa Clara son verdaderos focos de polvo y tierra que según soplen los vientos y por falta de agua contribuyen a dar su contingente de cortinas de polvo finísimo”. Fernando Leal Novelo, “Las Tolvaneras de Texcoco”, en *La Prensa*, 26 de abril, 1947, p. 15.

En 1951, el señor Gustavo Garza denunciaba en una carta enviada al periódico *Excélsior*: “Toda esta acera [se refiere a Fray Servando] está sin pavimento, levantándose enormes tolvaneras que perjudican la salud de los vecinos y en particular, la de los niños.” “Toda una acera sin pavimentar”, en *Excélsior*, 19 de febrero, 1951, p. 25.

En ese mismo año “El señor Agustín Olvera y García denuncia al Jefe de Parques y Jardines, que el camellón que se extiende de la primera a la quinta calle de Lauro Aguirre, está en el más completo abandono. Hace años que no siembran pasto y se levantan tremendas tolvaneras, peores que las procedentes de Texcoco. “Tolvaneras en camellones abandonados”, en *Excélsior*, 3 de febrero, 1951, p. 26.

Véase: “La ruina forestal en los lomeríos y serranías del suroeste del Distrito Federal” en *México Forestal*, núm. 7–8, vol. 11, México, julio–agosto 1933, pp. 127–130.

sobre esta situación pueden encontrarse en las secciones de los diarios dedicadas a la Ciudad de México:

Los vecinos de la 7ª. Calle del Insurgente Pedro Moreno en la colonia Guerrero, piden atentamente a las autoridades que ordenen el desazolve de las tuberías del drenaje en dicha arteria. Explican que durante la temporada de lluvias, la calle se convierte en una enorme laguna, y los vecinos sufren grandes molestias. Los dos últimos días, que han sido los primeros pluviosos del año, fueron una advertencia de que el problema subsiste. Grandes lodazales se formaron y durante todo el día y la noche insoportable fetidez se levantó de las aguas acumulada en la calle mencionada. Exponen que no menos de 50 niños que habitan en la zona, están en constante peligro de enfermar, a causa de su exposición cotidiana a ese foco de infección que denuncian.<sup>21</sup>

También conocidas como polvaredas, terregales, atierres, aluviones, nubarrones, trombas, nubes y tormentas de polvo, las temidas tolvánicas se formaban cuando la fuerza de los vientos aflojaba los granos más expuestos de las grandes extensiones de tierra seca, éstos eran movidos a una distancia corta sobre la superficie, haciéndolos saltar; la altura de los saltos variaba con la fuerza del viento, el tamaño y densidad de las partículas y la rugosidad del suelo. Las partículas más grandes no saltaban, sino rodaban. Algunas partículas saltaban entre 30 y 60 centímetros, al saltar y caer sucesivamente, se iniciaba la suspensión y el transporte, una vez elevadas subían más, impulsadas por las corrientes convectivas turbulentas.<sup>22</sup> Este peculiar fenómeno se agravaba por la falta de lluvia durante los primeros meses del año y porque la ciudad está ubicada en la parte más baja de una cuenca rodeada por macizos montañosos.

Las tolvánicas se hicieron más frecuentes principalmente con la desecación del Lago de Texcoco al noreste de la ciudad y la inmediata serranía de Guadalupe, desprovista de vegetación. Además de la erosión de los lomeríos y montañas al suroeste, los que constituían la cuenca hidrográfica de los diversos arroyos que vertían sus aguas en el Lago de Texcoco. No obstante, de los ríos Cuautitlán y el de la Magdalena, que atravesaban la ciudad, para 1930, no quedaba más que sus cauces convertidos en barrancas –Barranca del Muerto, Barranca del Diablo, Barranca de la Piedad, y Barranca de San Buenaventura–. Para esa misma fecha, el Lago de Chalco y el Lago de Xaltocan ya no existían. Quedaban el de Zumpango, el de Xochimilco y el de Texcoco aunque estos estaban disminuidos considerablemente.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> “En cambio”, en *Excelsior*, 22 marzo, 1951, p. 22.

<sup>22</sup> Humberto Bravo Álvarez, *op. cit.*, p. 2.

<sup>23</sup> Cenobio Blanco, “La cuenca hidrográfica del Valles de México. El problema del Lago de Texcoco y la Reforestación”, en *México Forestal*, febrero 1931, pp. 28–32.

La desertificación de los terrenos ocupados por los Lagos se debió en gran parte a las muchas obras, realizadas desde la época colonial como los canales para desviar los ríos, la construcción de diques y desagües para arrojar fuera del ella los excedentes de aguas pluviales y residuales y con ello evitar las continuas inundaciones de la Ciudad de México. Las grandes obras que contribuyeron de manera significativa a la desecación del Lago de Texcoco, de acuerdo con el documento *El hundimiento de la Ciudad de México y proyecto Texcoco* fueron la apertura del Tajo de Nochistongo a finales del siglo XVIII y los túneles de Tequisquiac en el siglo XIX,<sup>24</sup> los que alteraron sus condiciones, pues de ser una cuenca cerrada, la transformaron en una cuenca abierta. La *Memoria del saneamiento y cultivo del Lago de Texcoco* menciona también la destrucción de los bosques que rodeaban a la ciudad debido a la excesiva demanda de maderas durante el Porfirismo;<sup>25</sup> el deslavamiento de los cerros por la falta de vegetación descubrió el tepetate, lo que dio lugar a la torrencialidad de los arroyos y a la sedimentación de los ríos; los terrenos ocupados por el lago disminuyeron considerablemente, de modo que entre 1878 y 1926 el lago se redujo a una tercera parte de su superficie anterior.<sup>26</sup>

Así pues, la gran mayoría de las tolvaneras eran una consecuencia de la desecación del Lago de Texcoco. El ingeniero Francisco Garay, quien en 1857 ganó un concurso para llevar a cabo el desagüe del Valle de México, en sus informes comenta:

Vemos, además, que ese estado salado del terreno, viene a formar un verdadero desierto que es muy conocido en el valle, y que puede llamarse del Salado. Cuando está bajo el Lago de Texcoco, en las orillas de este desierto se levantan nubes de polvo que pueden ser comparadas con las de los desiertos de África... Querer conservar estos vasos es pretender conservar la aridez del Valle; los *atierres* aumentan de día en día, el fondo del lago sube, las aguas van perdiendo su corriente y de día en día van volviéndose peores para la salud.<sup>27</sup>

---

<sup>24</sup> Véase: Nabor Carrillo, *El hundimiento de la Ciudad de México y proyecto Texcoco*, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, 1969, 328 pp.

Gerardo Cruickshank García, *Proyecto Lago de Texcoco: rescate hidroecológico*, [s.e], México, 1998, 137 pp.

<sup>25</sup> El Porfirismo es el periodo histórico que va de 1876 a 1910, durante este tiempo el ejercicio del poder en México estuvo bajo control de Porfirio Díaz.

<sup>26</sup> En 1878 la extensión del lago tenía una superficie de 258 mil 390 mil metros cuadrados, en 1906 era de 75 mil 440 mil metros cuadrados, lo cual significa que en 28 años el lago había disminuido de tal forma que conserva menos de la tercera parte de su superficie anterior. Carlos Contreras Servín, “El crecimiento urbano de la Ciudad de México y la desecación del lago de Texcoco”, en *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 1998, p. 137.

<sup>27</sup> Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos, Servicio Meteorológico Mexicano, “Influencia que ha tenido en la climatología de la Ciudad de México la desecación de los Lagos del Valle. Resumen del estudio que la Dirección de Estudios Geográficos y climatológicos presentó al Secretario de Agricultura y Fomento”, en *Boletín anual del Servicio Meteorológico Mexicano*, 1924, p. 99.

A principios del siglo XX el ingeniero Mariano M. Barragán, autor del Proyecto de Bonificación de las Tierras del Vaso del Lago de Texcoco, repetía prácticamente la misma idea cuando mencionaba que “el terreno abandonado por las aguas del lago, presenta un aspecto desolador, pues es una llanura completamente desprovista de vegetación, que en la época de secas se cubre de una costra de eflorescentes, llamadas tequesquite, y que son arrastradas por el viento formando densas nubes de polvo que tanto molestan y perjudican a los habitantes de la capital”.<sup>28</sup> Barragán mencionaba que “cuando se haya cubierto de vegetación el ahora estéril vaso del Lago, cuando se haya realizado la repoblación de bosques y regularizado el curso de los ríos del Valle, es indudable que la salubridad de la capital habrá mejorado notablemente”.<sup>29</sup>

En este mismo sentido el ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, estaba preocupado por “evitar las perniciosas tolvaneras que cada nuevo año se presentan más molestas y perjudiciales para la salud y el bienestar de los habitantes de la Ciudad de México y demás poblados,”<sup>30</sup> por eso en repetidas ocasiones en su revista *México Forestal* abogaba por la más pronta y económica cubierta de suelo, bajo un plan forestal de pastos y arboledas adecuados.

Las soluciones al problema, sin embargo, no se dieron inmediatamente. Según el documento titulado *Calificación Metropolitana* de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) se menciona que durante 35 años (1923-1958) fueron registradas en promedio anual 67.7 tolvaneras con duración de una a tres horas, y 28.5 con duración de más de tres horas.<sup>31</sup> Esto es, una media de aproximadamente una cada dos días durante dicho periodo. Aunque la prensa documenta que se presentaban “polvaredas” diariamente durante la primavera, con mayor frecuencia después del mediodía,<sup>32</sup> así como durante los primeros y últimos meses del año.

El problema de las tolvaneras no era meramente “natural”. Como hemos visto, desde la época colonial se llevaron a cabo varios proyectos para desecar el Lago de Texcoco lo que daba lugar a que durante los meses de menos precipitación y fuertes vientos se levantaran los polvos de aquellas extensas áreas que alguna vez fueron el fondo del lago. Así, dado que la desecación no fue por

---

<sup>28</sup> *Ibidem*, p. 97.

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 98.

<sup>30</sup> Miguel Ángel de Quevedo, “Consideraciones complementarias al estudio sobre las polvaderas de los terrenos tequexquitosos del antiguo Lago de Texcoco y los procedimientos de enyerbe para remediarlas”, en *México Forestal*, mayo-junio 1933, pp. 99-104.

<sup>31</sup> Véase: A., Cacho, “Calificación Metropolitana”, Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 212, expediente 2, 1968-1971, 354 fojas.

<sup>32</sup> Roberto Núñez y Domínguez, *op. cit.*, p. 32.

causas naturales, sino una obra planeada por diversas administraciones, las frecuentes tolvaneras no podían ser de origen natural como se les clasificó. Más aún, aunque el fenómeno afectaba a la ciudad en general había áreas, social y políticamente más desfavorecidas, que padecían las consecuencias de forma más acuciante. [Véase. Anexo 3. Mapa: fuentes de polvo]

### 1.2.2. Tormentosas tolvaneras

¡Vaya tolvanera! De extremo a extremo, el Distrito federal recibió ayer en la tarde varias toneladas de tierra salitrosa del ex Lago de Texcoco. De las 18 a las 19 horas... el terrible y nativo “simún” traía verdaderamente locos a los capitalinos. Además de la broma pesada que hizo a las mujeres, las que a duras penas consiguieron mantener las faldas en su lugar, el vientecito cargado de polvo hizo estragos en las gargantas y dejó momentáneamente ciegos a quienes no dispusieron de apropiadas gafas. El resultado lo veremos hoy: voces enronquecidas y ojos irritados.<sup>33</sup>

Consideradas “molestas”, “nefastas” y “terribles” eran la contaminación atmosférica de la Ciudad de México, durante los primeros setenta años del siglo pasado. Estas tormentas de polvo constituían un problema local muy particular e importante que afectaba de muchas formas la vida de sus ciudadanos. Suponían un riesgo para la salud de la población al llenar el aire y dispersar toda clase de polvos de origen mineral, metálico, vegetal así como derivados de animales –lana, pelos, plumas, escamas, huesos– además de bacterias y hongos. En época de secas eran bien conocidos sus efectos, resequedad de la garganta, conjuntivitis, resfriados, tos, estornudos, fluido nasal, lloriqueo e irritación de los ojos.<sup>34</sup> Además la frecuencia diaria entorpecía las actividades y no ofrecía tregua para la recuperación.

En 1957 los doctores Antonio Prado y Pablo Murillo publicaron en *La Gaceta Médica Nacional*, una revisión clínica de 210 historias de Laringo-traqueo-bronquitis infecciosa atendidas en el Hospital Infantil de México, durante el periodo de 1943 a 1956. La preocupación de estos médicos se centraba en la frecuencia de este padecimiento ocasionado por las condiciones sanitarias climatológicas propias de la Ciudad de México: “el mayor contingente de enfermos proviene de la parte oriente de la población, estos sectores de la ciudad, son los más bajos y reciben vientos dominantes sin protección forestal o geológica alguna; son la puerta de entrada de las tormentas de polvo

---

<sup>33</sup> “Febrero Loco, Marzo...”, en *La Prensa*, 25 de marzo, 1947, p. 1.

<sup>34</sup> Incluso a principios del siglo pasado se les llegó a responsabilizar de incidir en la mortalidad, debido a que se consideraba que eran la causa de algunas enfermedades de las que la gente podía fallecer como neumonía, bronquitis aguda, bronco-neumonía, congestión y apoplejía pulmonares y afecciones a la laringe. Alberto Pani, *La higiene en México*, 1916, pp. 39–40.

(tolvaneras) que frecuentemente azotan la Ciudad de México”.<sup>35</sup> . La zona oriente era una de las más desfavorecidas: desprovista de jardines, parques y fuentes, con calles mal pavimentadas, cuya riqueza en polvo y sequedad atmosférica era considerable dada su cercanía con los terrenos desecados del Lago.

Se les responsabilizó también de algunas enfermedades gastrointestinales, al transportar materia fecal y con ello microorganismos patógenos y no patógenos, protozoarios y parásitos, como la salmonella, la bacteria E. Coli y estafilococos. Entonces, las aguas de lago de Texcoco semejaban a una playa, pero una playa oscura, que en tramos era violácea o verduzca, de las que al menos la mitad de las 14 mil 500 hectáreas que lo constituían estaban cubiertos por aguas negras que dejaban una costra de dos a tres centímetros de detritus y que en época de secas eran llevadas a la zona metropolitana por las diversas corrientes que confluían en ese lugar.<sup>36</sup> No obstante, una buena parte de la contaminación fecal del aire provenía de la periferia, donde medio millón de habitantes vivía en condiciones deplorables, sin drenaje, sin agua y sin letrinas, en asentamientos no controlados, en las llamadas “ciudades perdidas”, que contribuían con media tonelada diaria de heces fecales. Además había que contar con la tonelada diaria de estiércol de las 300 mil vacas que había también en las áreas periféricas, las que se pulverizaban y viajaban con el viento depositándose en los alimentos, en el agua. Esto hizo de la enteritis y otras enfermedades diarreicas causas principales de defunción entre 1922 a 1965.<sup>37</sup> Es así que a finales de los sesenta abundaba el estreptococo fecal en la colonia Roma; bacilos coliformes y estreptococo fecal en la Campestre Churubusco; estreptococo fecal en las inmediaciones del Hospital de la Raza; estreptococo fecal, bacilos coliformes y salmonella del grupo B en todas las zonas cercanas al puerto aéreo; bacilos coliformes y estreptococo fecal en la colonia Balbuena y también, bacilos coliformes y estreptococo fecal en la colonia Lindavista.<sup>38</sup>

Las tolváneras también afectaban a los cultivos y a la ganadería según explicaba Enrique Beltrán, en un estudio publicado en la *Gaceta Médica de México*: “Cuando sopla el viento, y corre sobre las tierras que carecen de una cubierta protectora, de árboles o pastos, levanta grandes tolváneras y acarrea toneladas de buena tierra fértil, que va a depositar en algún otro sitio donde no se necesita o,

---

<sup>35</sup> Antonio Prado Vértiz y Pablo Murillo Pulido, “Revisión clínica de 210 historias de Laringo-traqueo-bronquitis infecciosa” en *Gaceta Médica de México*, 1957, p. 775.

<sup>36</sup> Marco Aurelio Carballo, “Costra de detritus en tierras del Plan Texcoco”, en *Excélsior*, 7 de agosto, 1972, pp. 1, 14-15.

<sup>37</sup> Rogelio H. Valenzuela y Salomón Calderón, “Bacteriología del aire en el Distrito Federal”, en *Memoria I Reunión Nacional sobre problema de Contaminación Ambiental*, 1973, p. 856.

<sup>38</sup> Samuel Maynez Puente, “Festín de microbios: La región más intransparente”, en *Excélsior*, 23 de octubre, 1969, p. 8.

lo que es aún peor, en donde, cubriendo las cosechas o los pastos, causa un verdadero perjuicio.”<sup>39</sup> Este mismo autor comenta que mientras ciertos terrenos perdían su cubierta vegetal convirtiéndose en páramos estériles, aquellas toneladas de tierra también podían contaminar las fuentes de agua potable que surtían a las poblaciones e industrias originando escasez de agua.

Otros testimonios incluso observan el mal aspecto de la ciudad y las negativas impresiones que los extranjeros recibían de la capital. En 1913, James Mc Connell Sanders, en su estudio *Los peligros del polvo* advierte que México goza de la triste reputación, sobre todo entre los extranjeros, de ser “el país del polvo”.<sup>40</sup> En 1923, una nota del diario *El demócrata* menciona que ante aquellos terribles “simouns” los delegados norteamericanos que visitan el país de seguro no habrán de formarse un concepto muy lisonjero del estado sanitario.<sup>41</sup> Más tarde en 1947, la columna “Tópicos palpitanes” del diario *La Prensa* comenta que la difícilísima atmósfera que se respiraba en épocas de secas, y que había sido motivo de acres censuras, por parte de propios y extraños que visitaban la ciudad, constituían indudablemente una cortapisa para el fenómeno del turismo.<sup>42</sup>

Las tolvaneras perturbaban la vida de los ciudadanos de muchas formas, durante los meses de su ocurrencia los habitantes de la metrópoli debían tomar ciertas precauciones: no tender la ropa lavada por la tarde o quitarla a medio día antes de que las polvaredas la ensuciaran; cubrirse bien la boca y la nariz con algún pañuelo para evitar el polvo; usar lentes para evitar la tierra salitrosa en los ojos; y si se tenía alguna cita o reunión lo mejor era prevenir y llevar un cambio de ropa limpia. Las tormentas de polvo cubrían la ciudad, ensuciándolo todo, deteriorando y corroyendo sus monumentos y estructuras.<sup>43</sup> En ocasiones también impedían que los aviones aterrizaran en el aeropuerto internacional de la Ciudad de México.

---

<sup>39</sup> Enrique Beltrán, “Problemas médicos en la conservación de los recursos naturales”, en *Gaceta Médica de México*, 1945, pp. 257–258.

<sup>40</sup> James Connell Sanders, “Los peligros del polvo”, en *Anales del Instituto Médico Nacional*, 1913, p. 159.

<sup>41</sup> “El peligro de las tolvaneras”, en *El demócrata. Diario Independiente*, 8 de junio, 1923, p. 3.

<sup>42</sup> Fernando Leal Novelo, *op. cit.*, p. 8.

<sup>43</sup> A continuación presentamos algunas de las quejas respecto a la suciedad de la ciudad:

“Otra estatua totalmente abandonada a pesar de lo céntrico del lugar donde está situada, es la de Colón, en el Paseo de la Reforma. La efigie del descubridor de América se encuentra cubierta de tierra de los pies a la cabeza y ofrece un espectáculo vergonzoso”. “Colón necesita un baño”, en *Excelsior*, 12 marzo, 1951, p. 13.

“En lo que respecta a Patricio Benito Juárez, la mugre y la tierra le forman unas terribles ojeras que, cuando llueve, le chorrean por la cara como si fueran rímel. Las orejas del Benemérito de las Américas también se encuentran llenas de tierra. El espectáculo es deprimente”. “Las orejas de Juárez”, en *Excelsior*, 12 marzo, 1951, p. 13.

Véase: Laura González Flores, *La Ciudad de México: seis paseos fotográficos*, México, Fundación Televisa, 2008, 389 pp. En este libro podrá observarse una serie de fotografía en torno a la Ciudad de México, de especial interés son las imágenes de los fotógrafos: Rodrigo Moya y sus series “Polvareda” y “Lluvia”, así como las de Juan Guzmán y sus

### 1.3. En el aire gérmenes y hongos

No hay alumbrado, ni pavimento, ni mercados higiénicos, ni banquetas en buen estado, ni atención a delegaciones, pueblos, colonias y barrios. Los parques y jardines están abandonados en elevada proporción. Los servicios de limpia se comercializan. La ciudad está siempre sucia, con muros, fachadas y paredes residenciales que dan a la capital un aspecto de gran zoco árabe.<sup>44</sup>

Los problemas de contaminación en la metrópoli estaban relacionados con la higiene de la ciudad. Las acciones de saneamiento ambiental estaban encaminadas al cuidado del medio urbano para mejorar las condiciones sanitarias de los sectores más desfavorecidos, buscaban regular múltiples aspectos como la interacción entre las personas y su medio, la distribución de espacios y el aprovechamiento de recursos. Las enfermedades urbanas estaban acompañadas de suciedad y carencia, la restauración de la salud era función del aire puro, el agua potable, las calles pavimentadas, la vivienda apropiada y los alimentos en buen estado. El origen o causa de enfermedad estaba asociado a las colonias de bacterias y hongos, que podían encontrarse en el aire, desde que la higiene se vio transformada con las investigaciones de Luis Pasteur: aquellas alertas sobre los olores, el aire viciado, la aridez de la tierra y en general sobre las condiciones físicas y geográficas perdieron terreno; las teorías miasmáticas resultaron un tanto inútiles o dejaron de tener sentido “la verdad sanitaria ya no se enunciaba mediante el inventario de incidentes físicos o geográficos sino mediante la identificación de colonias bacterianas localizadas y precisas.”<sup>45</sup> A finales del siglo XIX cuando Pasteur finalizó con la crisis de la industria textil de Francia ocasionada por la muerte de los gusanos de seda, al observar que ciertos parásitos en los huevos de los gusanos de seda eran los responsables de enfermarlos; la viruela, la tifoidea, las fiebres pestilentes y otras enfermedades infecciosas se empezaron a atribuir a la vida parasitaria. Las explicaciones de la bacteriología daban otra posibilidad de interpretación de las enfermedades y reforzaban las ideas a favor de la limpieza como menciona María del Carmen Zavala Ramírez:

---

series “Inundaciones en la Ciudad de México” y “Tráfico en la Ciudad de México”, tomadas durante la década de los años cincuenta.

<sup>44</sup> “Distrito Federal” en *Excelsior*, 3 de diciembre, 1952, p 17.

<sup>45</sup> Georges Vigarello, *Lo sano y lo malsano: Historia de las prácticas de salud desde la Edad Media hasta nuestros días*, 2006, p. 327.



La identificación de agentes causantes específicos no desechó la idea de que el medio ambiente influía en el estado de salud-enfermedad, sino que la reinterpretó. Los climas, las condiciones atmosféricas, no serían ya las causas de las enfermedades, pero podían favorecer o impedir, la propagación de agentes patógenos.<sup>46</sup>

Las tolvaneras que arrastraban grandes cantidades de polvos constituían un peligro para los habitantes de la ciudad que constantemente enfermaban durante su incidencia. Los siguientes estudios que exponemos fueron un esfuerzo por conocer los microorganismos presentes en la atmósfera de la Ciudad de México; basados en la sospecha de que los polvos arrastrados por los vientos pueden traer consigo gérmenes patógenos, son pioneros en observar, definir y clasificar la contaminación de origen orgánico en la ciudad. En 1943 el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales publica el estudio: *Los hongos del aire en la Ciudad de México, sus relaciones con los factores atmosféricos*, sus autores, Antonio González y Catalina Orozco, querían conocer los habituales contaminantes presentes en el aire: “consideramos de alguna importancia el conocer la población micológica del aire en diferentes meses del año y horas del día, y las relaciones que pudiera tener con los factores atmosféricos.”<sup>47</sup> Sus resultados mencionan el alcance del aumento bacteriano en el aire en época de estiaje, especialmente en los meses de abril a julio: “sí hay correlación entre la variación total de colonias por una parte y la velocidad del viento, la humedad y la tensión por la otra.”

Por su parte, Gerardo Varela y Marta Percastegui autores del *Estudio bacteriológico del aire en la Ciudad de México*, publicado en 1957 también por el Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales, querían conocer qué microorganismos se encontraban habitualmente presentes en el aire en ciertos lugares públicos —como la Catedral Metropolitana, la Basílica de Guadalupe, el Monumento a la Raza, el Monumento a la independencia, el Monumento a la Revolución, la Torre Latinoamericana de San Juan de Letrán, el Multifamiliar Benito Juárez, en Ciudad Universitaria, entre otros— antes y durante una tolvanera. Los resultados de este estudio mostraban que efectivamente la tolvanera implicaba una movilización de gérmenes patógenos en grados relevantes hacia lugares concurridos, favoreciendo la dispersión epidémica, de forma que los autores podían concluir que “los datos recogidos muestran la importancia de la contaminación atmosférica del aire

---

<sup>46</sup> Carmen Zavala Ramírez, *El arte de conservar la salud en el Porfiriato. Higiene pública y prostitución en Morelia*, 2010, p. 25.

<sup>47</sup> Antonio González Ochoa y Catalina Orozco, “Los hongos del aire en la Ciudad de México, sus relaciones con los factores atmosféricos”, en *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 1943, p. 259.

de la Ciudad de México.”<sup>48</sup> La noción de contaminación aquí correlacionaba los movimientos de las masas de la población con los trayectos seguidos por los microorganismos en suspensión.<sup>49</sup>

Desde este enfoque los microorganismos eran los contaminantes. Durante la primera mitad del siglo pasado, lo que se relacionaba y entendía por contaminación del aire en la Ciudad de México estaba mucho más ligado con la presencia de colonias de hongos y bacterias en la atmósfera por las deficientes condiciones de insalubridad, que con las partículas y gases procedentes de la industria y los automóviles. Las enfermedades respiratorias y gastrointestinales fueron en gran medida producto de las condiciones de vida de la población. La insalubridad se debía a la falta de agua potable, de alcantarillado, a la deficiente disposición sanitaria de los excreta y de los desechos sólidos y a la abundante fauna transmisora de enfermedades en espacios como el hogar, la escuela, las centros de trabajo, los sitios sociales de reunión y en los medios de transporte. Los remolinos de polvo venían a empeorar los problemas de salud entre los sectores más pobres, especialmente durante los meses de menos precipitación y fuertes vientos, pues eran estos quienes vivían en las periferias. Los pobres eran los más contaminados. La pobreza también fue sinónimo de suciedad y enfermedad por lo que los esfuerzos higienistas estaban enfocados a estos sectores. Entre las medidas preventivas se encontraban los intentos por mejorar y ampliar los servicios en la ciudad, asear los espacios públicos y controlar los posibles focos de infección, así como el barrido y riego de las calles, la desecación y apertura de caños o acueductos para eliminar las aguas contaminadas y estancadas y la elección de un lugar propicio para el depósito de las inmundicias. La tradición higienista de México se centró en el mejoramiento de las condiciones de vida de los sectores populares, a fin de alcanzar las anheladas exigencias de “orden y progreso” de un Estado moderno. No obstante, y a diferencia de esta aproximación que pretendía resolver el problema con la reforma de las costumbres del sector más desfavorecido de la sociedad, los nuevos estudios mostraban una relación más compleja al develar los problemas de la concentración regular de personas y la dispersión de material potencialmente patógeno. El espacio público en general, y no los barrios más deprimidos en exclusiva, deberían verse protegidos contra estas convergencias. Parecía que una noción más orgánica y dinámica de la contaminación, en la que podían trazarse aún los recorridos entre las fuentes de emisión y los

---

<sup>48</sup> Gerardo Varela y Marta Percastegui, “Estudio bacteriológico del aire en la Ciudad de México”, en *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, 1957, p. 125.

Los gérmenes identificados durante una tolvanera por estos autores son los siguientes: *bacillus subtilis*, *bacillus subtilis* var. *aterribius*, *bacillus antracomorpho*, *streptococcus haemolyticus*, *diplococcus pneumoniae*, *neisseria flava*, *gaffkya tetragera*.

<sup>49</sup> Sobre estas investigaciones cabe destacar que para captar las muestras de los microorganismos se exponían al aire libre “cajas de Petri” con diversos medios de cultivos –Endo, Sabouraud y también gelosa simple y gelosa sangre– en sitios escogidos durante un determinado periodo. Posteriormente estas eran encubadas, aisladas, tanto para llevar a cabo su conteo como estudios bioquímicos y serológicos de las colonias desarrolladas.

mecanismos de transmisión —entre la traza urbana y las redes políticas— y una concepción más general del bien común, comenzaban a abrirse hueco.

En los próximos años, como veremos, el problema de la contaminación atmosférica se enfocará en las emisiones contaminantes de la industria y los automóviles, de naturaleza muy distinta a los que estos estudios sugerían. No obstante, esta línea de investigación no desaparece, durante las décadas de los años sesenta y setenta, otros estudios similares surgen como los efectuados por Rogelio H. Valenzuela y Salomón Calderón quienes exploran la bacteriología del aire en el Distrito Federal, pero ahora involucrando al “smog”, como factor que impide la penetración de las radiaciones solares, mecanismo natural bactericida.<sup>50</sup> La nueva aproximación epistemológica, basada en el muestreo y análisis del material particulado y otras sustancias como el anhídrido sulfuroso, cambiará completamente el enfoque que se tenía sobre la contaminación atmosférica. La contaminación atmosférica entonces afectará a todos los sectores de la población, ricos y pobres, no habrá salida para los habitantes de la ciudad, la contaminación, la suciedad ya no será una condición especial de los más pobres, tendrá una dimensión unificadora, donde todos son afectados. Pero al mismo tiempo, la contaminación se despegará de la traza urbana, la atmósfera de la ciudad se convertirá en un espacio homogéneo en el que las políticas erróneas serán más difíciles de detectar, ya que los trayectos de dispersión se hacen (en la economía de las estimaciones y evaluaciones del error de medición, como veremos en próximos capítulos prácticamente instantáneos y generalizados.

#### **1.4. El polvo: “Poluyente”<sup>51</sup>**

Las catástrofes ocurridas en las ciudades industriales abrieron un nuevo campo de estudio. Lo que alertó y preocupó fueron las emisiones que podían enfermar seriamente a la población e incluso llegar a causar la muerte. Un nuevo cuerpo de expertos surgió para delimitar cómo se podía hablar con rigor de las causas de estos desastres; es decir, cuáles eran las “configuraciones epistémicas” que correspondían a la nueva cultura que aspiraba a definir el objeto de estudio sobre el que se habría de planificar el riesgo.<sup>52</sup> Las investigaciones sobre contaminación atmosférica pusieron atención

---

<sup>50</sup> Rogelio H. Valenzuela y Salomón Calderón, *op. cit.*, pp. 855–862.

<sup>51</sup> La palabra “poluyente” se encuentra en los primeros informes escritos que dan cuenta de la problemática de la contaminación atmosférica, es muy probable que se trate de la castellanización del término inglés “*pollutant*” utilizada para nombrar cualquier material extraño a la composición normal de la atmósfera. Véase: Gustavo Viniestra, “La contaminación atmosférica”, en *Salud Pública de México*, núm. 1, vol. 8, México, julio-agosto 1966, pp. 601–607. En este texto podrá observarse una descripción amplia de los “poluyentes” naturales y artificiales.

<sup>52</sup> Hasta hace muy poco la creación de conocimiento parecía una cuestión de procedimientos racionales y cognitivos llevados a cabo por científicos, la idea de la cultura relacionada con el conocimiento tenía poca credibilidad, en gran

principalmente en las sustancias gaseosas y sólidas suspendidas en el aire generadas por la quema incompleta de combustibles fósiles utilizados en la fabricación de bienes y servicios y en los sistemas de transporte. Así, las primeras investigaciones en México sobre contaminación atmosférica bajo esta perspectiva reconocen a las tolvaneras como un vehículo de contaminación, y señalan la importancia de las emisiones industriales y automovilísticas. Esto significa que la preocupación por las tolvaneras, aunque todavía ocupa un lugar primordial, ya no se centra en los microorganismos y detritus que pueden dispersar, sino en los propios polvos salitrosos y alcalinos procedentes de los suelos del ex Lago de Texcoco y también en los polvos y residuos expuestos al aire libre de los hornos de tabique, ladrillos y tejas, de las fábricas de cemento, así como la sosa de las fábricas de jabón y los polvos de los procesos de cribado procedentes de las minas de arena. En los años setenta, sin embargo, las tolvaneras perdieron relevancia en la medida que se otorgaba prioridad al estudio de las emisiones de origen industrial y automovilístico y también porque éstas disminuyeron con la construcción de nuevas colonias en algunos de los terrenos que antes eran del Lago de Texcoco y por los programas de pastización y forestación en ciertas áreas desnudas del lago.<sup>53</sup> Además las calles sin pavimentar eran cada vez menos y los parques y camellones comenzaron a cubrirse con vegetación. Veamos cómo se impone en este contexto y se realiza la transición hacia la nueva forma de abordar la contaminación como objeto.

---

medida dada la supuesta unidad y universalidad de la ciencia que contribuía a la división entre el conocimiento y la cultura (si sólo había un método científico y un conocimiento ¿cómo podría la noción de cultura aplicarse a la ciencia). Sin embargo, en la década de los setentas esto entró en discusión al insistir en que los procesos de conocimiento eran invariablemente sociales y técnicos mostrando que la cultura constituía el trabajo científico. Véase: Karin Knorr Cetina, *Epistemic cultures. How the sciences make knowledge*, Harvard University Press, Cambridge, 1999, 329 pp.

<sup>53</sup> Varias administraciones con anterioridad llevaron a cabo acciones relacionadas con el rescate hidrológico del lago: El 31 de mayo de 1923 el presidente Álvaro Obregón, expidió un acuerdo, para que la Secretaría de Agricultura y Fomento mediante la Dirección Forestal de Caza y Pesca procediera a la inmediata reforestación de la cuenca hidrográfica del Valle de México. (“Se procede a la reforestación de la cuenca hidrográfica del Valle de México”, en *El demócrata*, México, 27 de junio, 1923, p 1). El presidente Pascual Ortiz Rubio (1930–1932) concibió un plan para dividir las 50 mil hectáreas de la superficie del Lago de Texcoco, en fracciones pequeñas, para que la iniciativa agrícola privada lavara esas tierras para hacerlas productivas, lo que no funcionó básicamente porque estos no contaban con los recursos económicos para emprender tan proyecto. Más adelante el Presidente Lázaro Cárdenas (1934–1940) por consejo de Miguel Ángel de Quevedo plantó en los terrenos de San Juan de Aragón y San Cristóbal Ecatepec una cortina de árboles (eucaliptus y casuarinas). (Fernando Leal Novelo, *op.*, *cit.*). Durante la gestión de Miguel Alemán Valdés (1946–1952) el Departamento del Distrito federal y la Secretaría de Recursos Hidráulicos emprendieron un estudio del problema. (“Comisión para luchar contra las tolvaneras” en *La Prensa*, 29 de marzo, 1947, p. 2.). Por mucho tiempo se habló de un sistema para colonizar las tierras del Lago de Texcoco, sin embargo, el problema del salitre, entre otros de tipo administrativo, a menudo entorpecían la reforestación de los terrenos del Lago. Sin embargo, el 20 de marzo de 1971, se publicó en el *Diario Oficial de la Federación*, el “Acuerdo por el que se constituye una comisión intersecretarial transitoria que se denominará Comisión de Estudios del Lago de Texcoco” para disminuir las tolvaneras, aprovechar las aguas que pudieran captarse para fines agrícolas, industriales, recreativos, turísticos y recreativos. El plan se llevó en tres etapas, la primera consistió en llevar a cabo obras urgentes de infraestructura hidráulica y de cobertura vegetal para evitar las tolvaneras así como de control con el fin de disminuir las inundaciones, además de trabajos de conservación de agua y suelos. En la segunda etapa, se reforzaron las obras de la primera fase desarrollando una amplia área boscosa con criaderos de caballos, actividades piscícolas y deportivas, parques de venados y también recreativos. En esta fase se construyó la autopista de cuota Peñón–Texcoco. Y en la última etapa, se llevaron a cabo trabajos relacionados con el manejo de la cuenca montañosa, lagos, canales, plantas de tratamientos y caminos construidos. Véase: Gerardo Cruickshank García, *Proyecto Lago de Texcoco: rescate hidrológico*, México, [s.e], 1998, 137 pp.

El estudio de Humberto Bravo, Armando Báez y S. Lares, y la investigación de Ángel Silva fueron pioneras en México por cuantificar el polvo en espacios abiertos y a partir de ello afirmar la existencia de contaminación atmosférica en la Ciudad de México. En junio de 1960 la revista *Ingeniería Química* publicó “Estudio del Depósito de polvo por gravedad en la Ciudad de México” realizado por Humberto Bravo, Jefe del Programa de Contaminación Atmosférica y del Laboratorio de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia e investigador del Instituto de Ciencia Aplicada de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNESCO-UNAM); Armando Báez, Jefe de la Sección de Química del Instituto de Ciencia Aplicada UNESCO-UNAM; y S. Lares asistente de Humberto Bravo en el programa de contaminación atmosférica de la Dirección de Higiene Industrial. Este estudio daba cuenta del problema de contaminación en la ciudad, responsabilizando en buena medida a las tolvaneras, ya que, alegaban:

Observamos un incremento de los valores en las cuatro zonas durante los meses de sequía, empezando en noviembre... hasta el mes de mayo. El incremento en cantidades de polvo depositadas se debe en estos meses a la acumulación de polvo y partículas en la atmósfera favorecida por los vientos fuertes que regularmente soplan en febrero y marzo en la ciudad, y por la falta de lluvias... La zona industrial norte es la más afectada por el fenómeno de las tolvaneras, efecto que cesa al comenzar la estación de lluvias.<sup>54</sup>

La novedad de este artículo era que por primera vez en la Ciudad de México se intentaba medir la contaminación, y que el método empleado se basaba en la colección y estimación de la cantidad de polvo precipitada por gravedad en un periodo determinado.

Al estudio de Bravo le seguiría, en diciembre de 1960, la publicación de otro estudio semejante en la *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, titulado “Consideraciones biológicas sobre la naturaleza de los polvos captados en la región lacustre de la Cuenca de México”. Su autor, el biólogo Ángel Silva Bárcenas, se tituló con esta investigación que formaba parte del Seminario para Estudios Cenozoicos del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual buscaba contribuir al conocimiento de la sedimentología y de las condiciones atmosféricas de la Cuenca de México. Sin embargo, sus aportaciones más importantes fueron las relacionadas con el comportamiento y naturaleza de los polvos captados en la región Lacustre de Texcoco las que

---

<sup>54</sup> Humberto Bravo, Armando Báez y S. Lares, “Estudio del depósito de polvo por gravedad en la Ciudad de México”, en *Ingeniería Química*, 1960, p. 28.

demostraban la existencia de grandes cantidades de polvo en la atmósfera como lo indica la siguiente cita: “una superficie de 4 mil kilómetros cuadrados de la Cuenca de México es afectada por los remolinos de polvo que tienen su origen en el lago de Texcoco al encontrarse corrientes frías del norponiente con las que vienen del sur con temperatura más elevada”.<sup>55</sup> Con la cuantificación del polvo su autor señaló los meses en los que la cantidad de polvo aumentaba y disminuía; el promedio del tamaño de las partículas en época de secas y durante los meses de lluvia, así como el número de partículas biológicas encontradas.

Veamos ahora brevemente los dispositivos y métodos empleados para estimar la cantidad de polvo de los que se valieron estos investigadores con el fin de observar los cambios en los dispositivos, en los métodos y también en el objeto de estudio cuantificado en los años posteriores.

Bravo y su equipo enfocaron la identificación del material contaminante de acuerdo con los procedimientos de la gravimetría. Los frascos de vidrio para coleccionar el polvo precipitado tenían una capacidad de 2.5 litros aproximadamente, altura de 20 centímetros y una superficie de la boca colectora de 90 centímetros cuadrados. Para coleccionar el polvo se utilizaba una solución de bicloruro de mercurio en agua. Este compuesto, que es muy tóxico, se usaba para impedir que el material biológico estuviera presente en la muestra. Durante 30 días los frascos se dejaban en las azoteas de 28 edificios, en las 9 zonas estudiadas, a una altura promedio de 12 metros y distantes de fuentes contaminantes directas como chimeneas o fábricas. Después de la exposición, los frascos eran sellados y transportados al laboratorio para su análisis. La segunda parte de esta práctica consistía en secar y pesar el polvo recolectado, expresando los resultados en toneladas por kilómetro cuadrado, en un periodo de 30 días.<sup>56</sup>

Los llamados aparatos capta-polvo por el grupo de Ángel Silva Bárcenas presentaban notables diferencias: el exterior era un recipiente sexagonal de lámina galvanizada con ranuras horizontales, para que el aire circulara, impidiendo que hojas, ramas y basuras se depositaran en las muestras. En el interior, había dos cajoncillos, uno superior y otro inferior, donde se colocaba una lámina de vidrio de 26 x 76 milímetros impregnada con una delgada capa de glicerina para adherir el polvo en la atmósfera. [Véase. Anexo 4. Aparato capta-polvo]. Las láminas se colocaban en dirección a los vientos dominantes (norponiente y nororiente), se recogían cada semana y se llevaban al laboratorio

---

<sup>55</sup> Ángel Silva Bárcenas, “Consideraciones biológicas sobre la naturaleza de los polvos captados en la región lacustre de la Cuenca de México”, en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 1960, p. 363.

<sup>56</sup> Humberto Bravo, Armando Báez, y S. Lares, *op. cit.*, p. 26.

para contar las partículas de cada una de las ocho estaciones instaladas en la zona lacustre del Lago de Texcoco y también para analizar su contenido. Para contar las partículas se utilizaba un microscopio petrográfico y una cuadrícula micrométrica. Para distinguir entre el material ópticamente isotrópico (es decir, cuando sus propiedades ópticas son las mismas en todas las direcciones, como el vidrio volcánico, ópalo de origen vegetal) y anisotrópico (las propiedades ópticas difieren en función de la dirección, partículas de cuarzo, feldespatos y ferromagnesios) se utilizaba la luz polarizada del microscopio.

Los fragmentos opacos bien sean minerales o biológicos se identificaban por su forma extrema... En la cuantificación se tomaba la media aritmética de las dos láminas y se estimaba asimismo el número de partículas en un tiempo de siete días cuyo número global representa las partículas de polvo por microárea.<sup>57</sup>

Los frascos recolectores y los aparatos capta-polvo utilizados para cuantificar los polvos permiten observar que el objeto de estudio es particular de cada una de estas investigaciones. Mientras Bravo, Báez y Lares utilizan bicloruro de mercurio en agua para eliminar cualquier tipo de material biológico en sus muestras –dado que el interés está centrado en aquel material particulado procedente de las emisiones industriales–; Silva cuantifica e identifica las partículas de origen biológico, de manera que estas investigaciones estaban orientadas al análisis de distintas clases de polvos –químicos y biológicos–. Es importante mencionar que el estudio de este último no tenía como objetivo inicial reportar las grandes cantidades de polvo en la atmósfera capitalina, sin embargo, gran parte de su trabajo y resultados se orientó en ese sentido. La investigación de Bravo, Báez y Lares, sin embargo, desde el inicio pretendía dar cuenta de las grandes cantidades de polvo depositadas sobre la ciudad. Ambas investigaciones afirmaban la existencia de contaminación atmosférica de la Ciudad de México, identificaban a las tolvánicas como el principal problema en la temporada de secas y resaltaban la importancia de controlar las emisiones industriales. Pero es obvio que existía una diferencia sobre el tratamiento socioterritorial y dinámico en ambos casos: el equipo de Bravo monitoreaba 9 zonas de la ciudad con 28 dispositivos (frascos). Los resultados no intentaban iluminar el origen de la contaminación recolectada, simplemente cuantificar la presencia. Por otro lado, al ser la recogida de muestras mensual era muy difícil determinar las causas de posibles variaciones en el incremento o descenso de los componentes de la muestra respecto de ocasiones anteriores. Pues, los dispositivos para captar las muestras y el análisis eran muy precarios, no se discriminaba sobre la base de su tamaño. Por su parte el trabajo de Silva se circunscribía al área

---

<sup>57</sup> Ángel Silva Bárcenas, *op. cit.*, pp. 361–363.

de Texcoco, considerada como el origen de la contaminación de una enorme superficie, y la recogida semanal permitía detectar con mayor facilidad las correlaciones posibles en las variaciones de componentes de la muestra. Ambos compartían, a pesar de todo, unas características materiales que hacían que estas iniciativas todavía guardasen una poderosa inmediatez en relación a los espacios en los que se realizaba el muestreo.

Los frascos recolectores para tomar las muestras de polvo utilizados por Bravo, Báez y Lares, podían ser adquiridos con relativa facilidad no solamente por su bajo costo, sino también por la disponibilidad de éstos en el mercado. Tampoco en el caso de Silva los aparatos capta-polvo – desarrollados al parecer por el propio grupo de investigación– requerían de una gran inversión, ni de instalaciones especiales, ni conexiones eléctricas. En ambos casos los dispositivos para recoger las muestras eran muy sencillos, los requerimientos eran mínimos. La toma de la muestra requería simplemente que el polvo cayera en los frascos o se adhiriera en las láminas de glicerina para su posterior análisis en el laboratorio. Unos años más tarde, como veremos, el muestreo y análisis de los contaminantes implicará la utilización de instrumentos específicos, en parte debido a las exigencias de la estandarización e internacionalidad de las medidas legales contra la contaminación.

Pero de momento daba comienzo el debate sobre la terminología y las unidades de medición, los límites de tolerancia, los instrumentos y métodos de medición, es decir, daba inicio la consolidación de una cultura epistémica.<sup>58</sup> Aunque en este periodo los conocimientos sobre el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera eran muy limitados en todo el mundo, y había mucha incertidumbre acerca de la relación entre la exposición y su efecto sobre la salud humana. Por último, todavía no se habían desplegado los componentes políticos que a la larga caracterizarían las actividades de monitoreo.

## **1.5. Los humos de la industrialización y el crecimiento demográfico**

La contaminación no era producto exclusivo de las preocupaciones de los técnicos–científicos. Las quejas por los humos, polvos, olores, y ruidos molestos empezaron a surgir por parte de las personas que vivían en los alrededores de las industrias. Nótese en las siguientes citas que la percepción sobre una atmósfera contaminada no se limita a las tolveneras, sino también se empieza a hacer referencia

---

<sup>58</sup> El término “cultura epistémica” guarda relación con lo que Karin Knorr-Cetina ha mencionado sobre el conocimiento de una determinada comunidad. Véase: Karin Knorr-Cetina, *Epistemic Cultures, How the sciences make knowledge*, Cambridge, Harvard University Press, 1999, 329 pp.



a un nuevo entorno que perturba el lugar donde se vive. Estas quejas datan de los años cincuenta precisamente cuando la ciudad experimenta una serie de cambios por las muchas industrias que empiezan a establecerse.

Las familias que viven cerca de la refinería de Azcapotzalco no sólo tienen que soportar día y noche el tremendo olor y los gases que se desprenden de la fábrica, sino tienen que sufrir todos los días, al filo de las 5 de la mañana, el ensordecedor, molesto silbato de la refinería.<sup>59</sup>

Nubes de hollín cubren extensa zona cercana a las calles de Mar Célebes y Mar Egeo 104, procedentes de un molino de nixtamal, cuya chimenea da al patio del edificio ubicado en la segunda dirección. Todo lo de uso para el hogar está sucio. Cinco amas de casa elevan esta queja al director de Gobernación y al director de Trabajo del Departamento del Distrito.<sup>60</sup>

Un grupo de modestas inquilinas de las vecindades situadas en los números 92, 94 y 96 de las calles de Dr. Liceaga, nos han enviado una carta protestando contra unos industriales... Describen la espantosa serie de ruidos que se sucede durante el día y la forma en que tienen que ingerir su comida, llena de grumos de lana y algodón.<sup>61</sup>

La gran mayoría de literatura de los años sesenta y setenta menciona que los problemas ambientales son el resultado del desordenado y rápido crecimiento de la industria y de la población. Estas son las dos principales tesis mediante las que es explicado el origen de la contaminación.<sup>62</sup> Y aunque sin duda, se observa un incremento en la población y en la producción industrial, esto no quiere decir

---

<sup>59</sup> “El silbato de la refinería”, en *Excelsior*, 23 de marzo, 1952, p. 20.

<sup>60</sup> “Hollín de una chimenea”, en *Excelsior*, 15 de diciembre, 1952, p. 20.

<sup>61</sup> “Fábrica insoportable”, en *Excelsior*, 2 de mayo, 1951, p. 17.

<sup>62</sup> El debate entre estas dos tesis fue encabezado en gran medida por el estadounidense Barry Commoner y por el alemán Paul Enrich. Barry Commoner autor de varios libros como *Science and survival* (1966), *The closing circle* (1971), *The poverty of power* (1976) y *The politics energy* (1979) defendía que la tecnología era el origen de la crisis ambiental. Este catedrático de biología de la Universidad de Washington fundó un partido político para promover su posición e introducir temas polémicos dentro de la comunidad científica. Paul R. Enrich autor del libro *The population bomb* (1968) y catedrático de biología de la Universidad de Stanford argumentaba que las catástrofes ecológicas tenían su origen en la falta de control en la reproducción humana, en el crecimiento desmedido de la población. Para una crítica a las tesis del desarrollo industrial y crecimiento democrático: Véase: Hans Magnus Enzensberger, *Contribución a la crítica de la ecología política*, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 1976, 64 pp. Este autor destaca al carácter clasista del debate ecológico, en tanto que los movimientos ecológicos están encabezados por la clase media, por la burguesía. Su crítica está dirigida a las tesis del crecimiento demográfico y a la del desarrollo industrial desde los intereses que ocultan y fomentan. El apocalipsis ecológico para Hans Magnus es una pieza de utilería ideológica. Y para una defensa de la política ecológica Véase: Luis LEMKOW y Fred Buttel, *Los Movimientos ecologistas*, Madrid, Mezquita, 1982. 121 pp. Estos autores examinan las similitudes y diferencias entre los movimientos ecologistas en América del Norte y en Europa Occidental pero no para criticarlos sino más bien para destacar sus logros como la legislación sobre el medio ambiente y la creación de una base educativa en el tema del medio ambiente en las escuelas y universidades.

que en épocas pasadas no hubieran existido graves problemas ambientales,<sup>63</sup> sino más bien, que es en este periodo cuando se empieza a cuestionar el modelo de producción capitalista y a preocuparse sobre sus consecuencias a menudo catastróficas.<sup>64</sup>

En México, por ejemplo, a partir de 1950, aumentó la fabricación de fibras sintéticas, resinas, fertilizantes, plásticos, pinturas, pigmentos, papel y cemento. Las ramas de productos metálicos y eléctricos, de química y refinación de metales así como de vehículos y sus accesorios también se incrementaron.<sup>65</sup> En 1965 había 4 mil calderas industriales, entre las que destacaban las de la Refinería de Petróleo 18 de Marzo y la planta Termoeléctrica de la Ciudad de México por sus emisiones contaminantes.<sup>66</sup> Cabe comentar que una buena parte de estas industrias usaba básicamente el combustóleo y el diésel lo que hacía menos eficiente el proceso de combustión. Además de que estas industrias estaban distribuidas sin ningún orden por casi por toda la ciudad y sus alrededores –excepto en las colonias donde tradicionalmente ha vivido la elite política como La Condesa, La Roma y El Pedregal–. Antes de 1970 no se aplicaba ningún criterio de tipo ambiental para el desarrollo de la industria, tampoco para el ordenamiento de los asentamientos humanos que tomara en cuenta la protección del ambiente y la conservación del territorio, así como tampoco había restricciones para el uso de las materias primas, predominaba la idea de que eran fuente inagotable.<sup>67</sup>

La industrialización atrajo migrantes de otras partes del país, y en unas cuantas décadas la población creció rápidamente ocupando zonas cada vez más alejadas del centro histórico. Entre 1950 y 1960 se incorporaron cuatro delegaciones (Cuajimalpa, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco) y dos municipios del

---

<sup>63</sup> Véase: William H. Te Brake, “Air Pollution and fuel crises in preindustrial London, 1250-1650”, en *Technology and Culture*, núm. 3, vol. 16, julio 1975, pp. 337-359.

<sup>64</sup> Para Ulrich Beck son los procesos de modernización ciegos y sordos a las consecuencias y los peligros los que despiertan un pensamiento reflexivo característico de la sociedad de riesgo en la que colapsa la idea de control, certidumbre o seguridad. “La modernización reflexiva es una era de incertidumbre y ambivalencia, que combina la amenaza constante de desastres de una magnitud enteramente nueva con la posibilidad y necesidad de reinventar nuestras instituciones políticas y de inventar nuevas formas de ejercer la política en “lugares” sociales que antes se consideraban apolíticos”. Ulrich Beck, *La sociedad del riesgo global*, 2006, p. 146.

<sup>65</sup> Véase: Ma. Eugenia Romero Sotelo, coord., *La industria mexicana y su historia: siglos XVIII, XIX y XX*, México, UNAM, Facultad de Economía, 1997, 494 pp.

<sup>66</sup> Cepis, *Seminario Latinoamericano de Contaminación del Aire*, 1970, p. 101 y 113.

<sup>67</sup> Véase: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, *Programa de medio ambiente 1995-2000* [en línea]. México, Instituto Nacional de Ecología, 1996, 332 pp.

<[http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=100](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=100)> [Consulta: 13 de abril, 2009]

Para Ulrich Beck hubo un tiempo en que la industria podía lanzar proyectos sin someterlos a controles y regulaciones especiales. En esta primera modernidad (como el la llama) la naturaleza tiene un papel de materia prima, de medio para la realización y desarrollo de las sociedades. Después en la segunda modernidad (modernidad reflexiva o sociedad del riesgo) “la propia naturaleza no es naturaleza: es un concepto, es una norma, un recuerdo, una utopía, un plan alternativo. La naturaleza está siendo redescubierta, mimada, en un momento en el que ya no existe. El movimiento ecologista está reaccionando al estado global de fusión contradictoria de naturaleza y sociedad que ha superado ambos conceptos en una relación de vínculos y perjuicios mutuos del que todavía no tenemos un concepto”. Ulrich Beck, *op. cit.*, p. 32.

Estado de México (Chimalhuacán y Ecatepec), con 582 mil 185 habitantes. Y entre 1960 y 1970 se incorporaron al área metropolitana de la Ciudad de México la delegación Milpa Alta y los municipios del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán, Huixquilucan, Nazahualcóyotl, La Paz y Tultitlán con 830 mil 907 habitantes.<sup>68</sup>

El crecimiento poblacional propició el aumento de casas habitación, una mayor demanda del transporte, el incremento de energía calorífica, de industrias y de artículos de consumo. Empezaron a surgir una extensa gama de establecimientos pequeños como panaderías, baños públicos, tintorerías, tortillerías, lavanderías y loncherías,<sup>69</sup> que utilizaban grandes cantidades de leña, carbón vegetal y petróleo para alimentar sus calderas y hornos. Por su parte, la demanda de vivienda y con ello el aumento de producción de los materiales de construcción provocó un agravamiento en el problema del polvo ya que la producción de cemento y de tabiques emite partículas sólidas en todos sus procesos. Las tabiqueras hacían más delicada la contaminación ambiental dado el uso de materiales y combustibles de bajo costo como desperdicios industriales y basuras de escaso rendimiento térmico tenían una deficiente combustión.<sup>70</sup> No obstante, empezó a darse un incremento en la explotación no reglamentada de las canteras de arena, en la extracción sin control de arcillas, canteras y grava y en el funcionamiento de talleres de mampostería al aire libre.<sup>71</sup>

Todo contribuía, pues, a la degradación de la calidad del aire y la exacerbación de otros problemas ambientales, lo cual parecía exigir una pronta respuesta política al problema, como veremos, sin embargo, esto no fue así. La complejidad de la problemática a menudo se redujo a las especiales características topográficas y meteorológicas de la Cuenca de México que confinan el aire contaminado obstaculizando la dispersión de los contaminantes. La Ciudad de México está rodeada por una serie de montañas: en el sur la Sierra del Ajusco y los volcanes de la Sierra Nevada –Iztaccíhuatl y Popocatepetl–, en el poniente el Monte de las Cruces; además, dentro de la cuenca se levantan la Sierra de los Pitos, el Peñón de los Baños, el Peñón del Marqués o Peñón Viejo y el Cerro de la Estrella que entorpecen la circulación del aire. En invierno, se presentan frecuentes inversiones térmicas que contribuyen a empeorar la contaminación atmosférica. La altitud promedio sobre la que

---

<sup>68</sup> José Luis Lezama, Rodrigo Favela *et al.*, “Factores que propician la emisiones contaminantes en el AMCM”, en Luisa Molina y Mario Molina coord., *La Calidad de aire en la megaciudad de México: un enfoque integral*, 2005, p. 94–95.

<sup>69</sup> Subsecretaría para el Mejoramiento del Medio Ambiente, *La calidad del aire en el Valle de México. Síntesis histórica y perspectivas*, 1980, p. 16.

<sup>70</sup> Véase: Dirección General de Operación, “Estudio para solucionar los diversos problemas creados por la fabricación actual de tabique recocido”. Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 214, expediente 1, 1968–1972, 446 fojas.

<sup>71</sup> Subsecretaría para el Mejoramiento del Medio Ambiente, *op. cit.*, p. 20.

se ubica la Ciudad de México de 2 mil 240 metros también contribuye al problema de la contaminación del aire:

Primero, el aire contiene alrededor de 23 por ciento menos oxígeno... como consecuencia, los motores de combustión interna necesitan ser afinados cuidadosamente... El segundo efecto es biológico y tiene consecuencias directas sobre la salud respiratoria. Puesto que a mayor altitud debe inhalarse más aire para obtener una cantidad equivalente de oxígeno, también es inhalada una dosis más alta de contaminantes.<sup>72</sup>

Los problemas de contaminación atmosférica en unas pocas décadas empezaron a parecerse a aquellos de los países industrializados y todavía peor, porque el desordenado y rápido crecimiento de la industria y de la población tendió a crear problemas de contaminación de un tipo más complejo. No solamente había sustancias contaminantes, abundaban también microorganismos, protozoarios, hongos, virus y parásitos en la atmósfera a los que se les asociaba con la falta de higiene dada la pobreza y el subdesarrollo: ahora las fuentes de emisión estaban más distribuidas y se combinaban o superponían, pero además, debido a al aumento demográfico y la explosión urbana en condiciones desreguladas, se producía un cambio de escala en la emisión.

## 1.6. La administración del estudio de la contaminación

Emprender el estudio de la contaminación atmosférica era imprescindible si se quería ser parte del grupo de países desarrollados, pues la suciedad se veía como contraria a la civilización y progreso. En general, se aceptaba que los habitantes en las naciones modernas y ricas “desarrolladas”, gozaban de mejor salud que los que vivían en sociedades atrasadas y pobres “subdesarrolladas”, de manera que mejorar las condiciones de salud era el pase al primer mundo, un paso obligado para el futuro.<sup>73</sup> La principal razón para reducir la contaminación atmosférica era de orden sanitario y político. Correspondía al servicio de salud pública velar por la limpieza del aire por eso muchas administraciones de diversos países subdesarrollados llevaron a cabo cambios dentro de sus dependencias de salud para empezar a gestionar la contaminación, en un esfuerzo por converger con las exigencias de los países más industrializados, pero no del todo convencidos. Estas asimetrías, como veremos con mayor detalle en el siguiente capítulo, plagarían de contradicciones la aspiración y el proceso de control de la contaminación atmosférica.

---

<sup>72</sup> Luisa Molina y Mario Molina, “La calidad del aire: un problema local y global”, en Luisa Molina y Mario Molina coord., *La Calidad de aire en la megaciudad de México: un enfoque integral*, 2005, p. 62–64.

<sup>73</sup> Iris Borowy, “Global Health and Development: Conceptualizing Health between Economic Growth and Environmental Sustainability”, en *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* [en línea]. p. 3.

En México, como hemos mencionado, los problemas de contaminación que hasta entonces se consideraban estaban relacionados por un lado con la higiene de la ciudad, la pobreza y el subdesarrollo, y por otro con la reciente industrialización y crecimiento de la población. Sin embargo, no existía una dirección o un departamento dentro de la estructura administrativa local o federal especializado en atender lo relativo a la contaminación; tampoco se contaba con alguna legislación específica, solamente se tenía el artículo 141 del Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos que ordenaba lo siguiente:

se consideren molestos los establecimientos, instalaciones o actividades que, sin ser peligrosas por sí mismas puedan causar, de acuerdo con los reglamentos, o falta de ellos, a juicios de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, incomodidades manifiestas al vecindario, por sonidos o ruidos, trepidaciones, polvos, humos, malos olores, temperaturas, luces, chispas, vapores u otras causas.

Y la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado que establecía que era de competencia de la Secretaría de Salubridad y Asistencia poner en práctica las medidas tendientes a conservar la salud.

En la década de años cincuenta se encomendó a la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia la tarea de llevar a cabo ciertas mediciones para analizar si la Ciudad de México estaba contaminada. Esta decisión no fue exclusiva de México. La mayoría de las naciones consideraba que el sector salud y sus áreas de higiene industrial eran las más adecuadas para atender la polución atmosférica ocasionada por las emisiones industriales, dado que por lo regular tenían experiencia en llevar a cabo mediciones de algunas sustancias nocivas para la salud humana en áreas de trabajo.<sup>74</sup> En México al Departamento de Higiene Industrial le había correspondido desde su creación, en 1954, poner en práctica medidas para conservar la salud y la vida de los trabajadores que laboraban en las industrias, particularmente en lo referente a la prevención de enfermedades. Además había investigado sobre el riesgo potencial y real en los trabajadores de la industria polvosa –cerámica, cemento y asbesto–. La medición instrumental y el análisis de laboratorio para coleccionar, analizar y medir contaminantes del aire en el ambiente laboral había sido una práctica que no era ajena a esta área.<sup>75</sup> No obstante, había atendido quejas relacionadas con las molestias de los humos y los polvos ocasionados por las industrias.<sup>76</sup>

---

<sup>74</sup> Véase: Jean Baptiste Fressoz, *op. cit.*, pp. 149–235.

<sup>75</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Actividades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la evaluación de la contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, 1972, p. 418.

<sup>76</sup> La Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en 1953 recibió algunas quejas por parte de los residentes de las colonias Villa de Obregón y Jardines del Pedregal así como de académicos de la UNAM

Durante la administración de Adolfo López Mateos (1959-1964), la Dirección de Higiene Industrial creó una sección de Polución Atmosférica. La novedad más importante fue la colección y análisis de polvo en espacios abiertos, porque hasta entonces los muestreos de los contaminantes se habían realizado en interiores, es decir, en fábricas, hospitales y sitios de recreo. Durante la XII Reunión Anual de la Sociedad Mexicana de Higiene esta sección en la que laboraba Humberto Bravo, presentó un estudio donde afirmaba la existencia de contaminación atmosférica en la Ciudad de México. El documento reconocía la importancia de las emisiones de origen industrial y de los motores de combustión interna en el problema de contaminación atmosférica:

...la industrialización del Distrito Federal y del Estado de México en San Bartolo Naucalpan, Tlalnepantla, Santa Clara, Cuautitlán, representan lugares fecundos de pululantes atmosféricos... El aumento sin precedente de la población, con el aumento correlativo de los vehículos de combustión interna, de las diversas combustiones en el hogar, edificios de departamentos y en general de servicio, por los procesos de la industria y por consumo de los combustibles... representan ya una polución atmosférica.<sup>77</sup>

Este documento también identificaba a las tolvaneras como una importante fuente natural de contaminación, sin embargo, como hemos mencionado, varias administraciones llevaron a cabo la desecación del lago, por lo que es cuestionable aquella supuesta naturalidad. No obstante, los funcionarios públicos de aquel momento clasificaron a las tolvaneras como contaminación de “origen natural”, lo que las eliminó del centro de estudio (excluyendo con ello el análisis de las trayectorias sobre las fuentes u origen de algunos de los factores contaminantes). Dicha clasificación estaba relacionada con que en 1958 la Organización Mundial de la Salud, decidió ocuparse de la contaminación atmosférica causada por las actividades humanas descartando aquellos particulares remolinos de polvo tan frecuentes en la ciudad, dado que se consideraba que no perturbaban gravemente la salud humana. Sin embargo, como hemos visto, sí afectaban a la población en general y en especial a aquellos de las zonas más pobres, ubicados casi siempre en las periferias, donde los servicios básicos eran escasísimos. Esta clasificación fue reivindicada con la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental publicada en el *Diario Oficial de la Federación*, el

---

relacionadas con los humos y polvos desprendidos de los molinos de polvo de piedra para la producción de asfalto, instalados cerca de Ciudad Universitaria dado la molestia y fuente de peligro que resultaban. Véase: “Resumen de quejas”, Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 86, expediente 3, 1952-1988, 263 fojas.

<sup>77</sup> Gustavo Viniegra y Humberto Bravo, “Informe preliminar acerca de la polución atmosférica”, en *Boletín de la Dirección de Higiene Industrial*, 1960, p. 15.

23 de marzo de 1971, donde las fuentes emisoras de contaminantes se catalogaron en artificiales y naturales en estas últimas se incluyeron “las áreas de terrenos erosionados y terrenos desecados”, entre otras.

En 1965 durante la gestión del presidente Gustavo Díaz Ordaz la sección de Polución Atmosférica de la Dirección de Higiene Industrial suspendió casi en forma total sus trabajos por falta de presupuesto. El laboratorio no contaba con el equipo necesario, ni con el personal para llevar a cabo los análisis –anualmente se destinaban 10 mil dólares; el director y coordinador del programa era el mismo Director de Higiene Industrial, más tres personas para atender los equipos, un supervisor y un químico–.<sup>78</sup> El muestreo periódico de los parámetros meteorológicos y la recolección de muestras en las estaciones 2, 3 y 4 ubicadas respectivamente en la caseta de vigilancia de la Unidad Habitacional Barrientos en Tlalnepantla, al noroeste de la ciudad; en la calle de Donceles número 39, en el centro histórico de la ciudad; y en el Aeropuerto Internacional en la zona oriente, que rutinariamente se habían llevado a cabo durante la administración anterior fueron suspendidas por falta de vehículos y equipo para hacer el recorrido; de las cuatro estaciones ya solamente operaba la estación 1, ubicada en la zona poniente en Tacuba, en la calle de Mariano Escobedo número 20, en el edificio que ocupaba dicha dirección.<sup>79</sup> El director de higiene industrial, Gustavo Viniegra, en su informe de actividades de ese año comenta la falta de interés por parte de las autoridades sanitarias para fortalecer las actividades de su área:

“Esta dirección, al rendir su primer informe anual de labores, expresa con pena que las limitaciones presupuestales han provocado que su trabajo pierda intensidad y calidad, volviéndose rutinario y deficiente, cuando el progreso y la pujanza industriales que vive nuestra patria debieran ser incentivos de su mayor atención para ampliar el servicio e intensificar la labor.”<sup>80</sup>

Esta cita, nos permite observar el poco interés que se tenía en realidad para abordar la problemática de la contaminación. Si bien se reconoce que existe contaminación atmosférica ocasionada por las tolvaneras, hay poca aceptación de que haya contaminación atmosférica de origen industrial. Reconocer oficialmente y públicamente desde la Secretaría de Salud que el crecimiento industrial afectaba la salud de la población, perturbaba al sector que más recursos generaba en el país. Además de que en esa época el humo y el smog todavía no se consideraban un problema prioritario, existía cierta incredulidad relacionada con el daño a la salud, preocupan mucho más los isótopos radiactivos.

---

<sup>78</sup> Cepis, “Seminario Latinoamericano de contaminación del aire”, 1970, p. 146.

<sup>79</sup> “Dirección de Higiene Industrial”, en *Salud Pública de México*, 1965, p. 913.

<sup>80</sup> *Ibidem*, p. 914.

No obstante el sector salud tenía muchos otros asuntos de mayor envergadura y prontitud que atender como la contaminación de los alimentos y del agua.

El apoyo para el estudio de la contaminación atmosférica vendrá de parte de los organismos internacionales principalmente de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) –Así como de la Comunidad Europea para el Carbón y el Acero (CECA), la Comisión Económica para Europa, (CEE),<sup>81</sup> la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, (UNICEF), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo– que apoyaban programas de contaminación del aire, pero también desarrollaban una retórica sobre la prevención en los llamados países subdesarrollados de los problemas de contaminación que ya existían en las naciones más ricas, buscando con ello expandir su normativa y sus procedimientos, generando así dependencia con sus suministros tecnológicos y también colonizando definitivamente el espacio conceptual de la contaminación: las tolveneras durante la época de secas no serán ningún problema para ellos. Su procedencia supuestamente de origen “natural”, las excluirá de sus estudios.

---

<sup>81</sup> La OMS emprendió algunas investigaciones en materia de contaminación del aire desde 1955 relacionadas con: la formación de personal; el muestreo y análisis regulares de algunos contaminantes atmosféricos; la instalación de equipos de prevención en la industria; el desarrollo de una legislación adecuada; la difusión de información sobre la contaminación atmosférica así como diversas actividades para fomentar la cooperación entre los países afectados. También llevo a cabo estudios sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana. Council of Europe, *op., cit.*, p. 391

El trabajo principal en contaminación del aire desarrollado por la OCDE mediante su esquema, en el cual las instituciones miembros compartían sus recursos humanos y materiales, llevó a cabo un programa de investigación sobre la normalización de los métodos de medición entre 1957 y octubre de 1963 como veremos en el siguiente capítulo. También fueron investigados varios contaminantes, como partículas sedimentables, humo, dióxido de azufre, trióxido de sulfuro, hidrocarburos y fluoruros. *Ibidem.* p. 392.

La actividad de la CECA en el campo de la contaminación atmosférica consistió esencialmente en sus considerables contribuciones monetarias. Y en la realización de diversos proyectos para proteger la salud de los trabajadores de las industrias del carbón y del acero. Este organismo también apoyó el diseño de dispositivos para la extracción de polvo y humo. *Ibid.*

La CEE a través de sus comités técnicos llevo a cabo varias investigaciones relacionadas con la contaminación del aire generada tanto por los productos de desecho producidos por la minería del carbón, como por las plantas de los hornos de coque. *Ib.* p. 393.



## 1.7. Conclusiones

A pesar de que en este periodo no se consolida el interés político por identificar los focos más importantes de contaminación e imponer medidas de control, muchos otros procesos llevados a término alimentaban el camino para la recepción de la normativa internacional, la difuminación del discurso social y el desanclamiento de las reflexiones sobre las condiciones específicas de la Ciudad de México y sus contornos desecados que alteraban la salud de sus habitantes.

La atmósfera irrespirable por las avalanchas de tierra sucedidas en épocas de secas, que dejaba a su paso estornudos, catarros, conjuntivitis, bronquitis y neumonías, era la contaminación de un país *subdesarrollado*, de la pobreza de sus habitantes, de sus viviendas, de su falta de higiene y servicios, de la ruina de sus recursos forestales, de sus lagos y ríos azolvados. Son los vientos cargados de polvos los que ensuciaban la atmósfera. Durante aproximadamente setenta años la noción de contaminación fue estática, la atención de los habitantes y de los servicios de salud se centraba en estos polvos perceptibles a simple vista. Sin embargo, con la configuración que organismos internacionales y países industrializados van definiendo, restringen el concepto de contaminación, los humos de chimeneas y de los escapes de los autos se promueven y se les empieza a hacer visibles como un problema. Así se dice que los polvos salitrosos también empieza a llevar otras cosas: residuos volátiles de los procesos de producción. Las tolvaneras, producto de las obras de desecación del lago, empiezan a considerarse como contaminación natural, básicamente no tenían preeminencia porque no eran tóxicas. Es la contaminación artificial la que envenenará el aire, serán las sustancias químicas, el *smog* fruto del desarrollo los que afectaran la salud de todos los habitantes sin importar el lugar donde se resida. El riesgo se delimita a específicos peligros invisibles.

La atmósfera de la ciudad se convertirá en un espacio homogéneo en el que las políticas erróneas serán más difíciles de detectar. Bajo esta nueva perspectiva, no solo se transforma lo entendido como contaminación sino también los objetos de estudio, se abandonan las manifestaciones locales de contaminación y se impone un lenguaje estandarizado en relación a lo considerado impureza. Se pierde la crítica social y se ignorara la importancia de las percepciones culturales quedando diluidas en el nuevo concepto, las experiencias ya no serán individuales porque los instrumentos desplazan la heterogeneidad de los cuerpos. El riesgo se volverá global, las principales preocupaciones se tornarán mundiales porque no pueden definirse espacial y temporalmente. Los peligros ya no tendrán fronteras serán universalizados por el aire, el viento, el agua y las cadenas alimenticias, como dice

Ulrich Beck los nuevos tipos de riesgos serán simultáneamente locales y globales, o “glocales”,<sup>82</sup> lo que desencadenará la cooperación internacional y el surgimiento de programas y departamentos especializados para tratar de gestionar las incertidumbres. La contaminación atmosférica entonces requerirá previsión y control, estableciendo un nuevo orden, en el que a pesar de que no hay certidumbre, se construirá una normalización para generar la sensación de seguridad. Los riesgos serán híbridos hechos por el hombre, incluirán y combinarán política, ética, matemática, medios masivos de comunicación, tecnologías, definiciones culturales y preceptos.<sup>83</sup>

---

<sup>82</sup> Ulrich Beck, *op. cit.*, p. 225.

<sup>83</sup> Ulrich Beck, “La política de la sociedad de riesgo”, en *Estudios Demográficos y Urbanos* [en línea]. 1998, p. 503.

## **Capítulo 2.**

### **De “Cielito lindo” ya nada**

A partir de las catástrofes sucedidas en las ciudades industriales un nuevo cuerpo de expertos germina, quienes van definiendo cómo se puede discutir con rigor las causas de estos desastres. En este periodo se definen las “configuraciones epistémicas” correspondientes a la nueva cultura y se define el objeto de estudio sobre el que se planifica el riesgo. Son las emisiones relacionadas con la quema de combustibles fósiles, los llamados contaminantes criterio el eje de estudio. Es así, que la sensación e idea de riesgo en relación a la contaminación atmosférica se genera en función de la probabilidad de efectos nocivos en los seres humanos. La concentración de contaminantes es la clave en función de un umbral o un límite por debajo del cual supuestamente no hay peligro.

En esta década se consolida la forma como se abordará la contaminación atmosférica. Bajo la nueva mirada, cargada de contradicciones, de pérdidas y transformaciones, la contaminación atmosférica se relaciona con una serie de normas que regularán y controlarán las diversas sensibilidades, creando nuevas formas de concebir la vida, el cuerpo, las relaciones con el ambiente y los objetos, es así que el análisis social del fenómeno se diluye al dejar de lado el discurso local y experiencial, se prioriza entonces una noción orientada a la internacionalización y estandarización del análisis de los llamados contaminantes criterio.

En este capítulo podrá observarse el contexto en el que la contaminación atmosférica se ubica así como los diversos actores que negocian y van moldeando la actividad. Se trata de un panorama general pero detallado del momento en el que se instala en México la política y medidas que habrán de gestionar la calidad del aire. Se busca vincular las características de los objetos estudiados (contaminantes) con las redes político-administrativas en las que se incrustan. Así como exponer las particulares circunstancias mediante las que se lleva a cabo los primeros estudios de medición de la contaminación atmosférica.

El primer apartado menciona cómo es que la medición mediante instrumentos específicos se capitalizó, y da cuenta de los objetos de estudio medidos. La siguiente sección expone los dos

métodos más conocidos para la medición de partículas en el mundo y la controversia que de ello se derivó por la elección de uno en México. Se da cuenta también de los muchos problemas que rodearon la gestión de la contaminación atmosférica y la ambigüedad de la legislación. Se presenta el debate entre el sector industrial y la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente por hacer valer un concepto de contaminación que minimizara sus responsabilidades. Posteriormente se exponen las tecnologías utilizadas para llevar a cabo el estudio de las sustancias en el aire, así como los avatares para la puesta en marcha tanto de la red manual como de la automática. En otro apartado se da cuenta del aprendizaje que implicó poner en marcha sistemas tecnológicos para la medición de la contaminación atmosférica. En la penúltima sección se expone como los resultados de aquellas mediciones son maquillados mediante el Índice Mexicano de Calidad del Aire (Imexca). Y finalmente, se aborda los umbrales de peligro que fueron establecidos en México.

## **2.1. Medir polvo con instrumentos**

La principal motivación para cuantificar la contaminación atmosférica se derivó de la necesidad de contar con información fiable para evaluar la situación, planear su prevención y su control, conocer la disponibilidad de los recursos humanos y materiales, así como para la estimación de costos, la organización urbana y rural, pero sobre todo para regular la sociedad y sus actividades.

Los organismos internacionales como la OMS y la OCDE coincidían en que la evaluación comprendía la aplicación de métodos de recogida de muestras de aire, para conocer con más precisión la naturaleza y extensión del problema y para formular un programa planificado de control. Se consideraba que la cuantificación de la contaminación atmosférica era la base fundamental para lograr el establecimiento racional de un programa de control.<sup>1</sup> Desde esta perspectiva el uso de instrumentos se hacía indispensable para llevar a cabo las mediciones de las precipitaciones de polvo, de los humos y de los contaminantes gaseosos, sin el sesgo de la percepción humana. Si se quería ser objetivo en el estudio de la pureza de la atmósfera debían emplearse instrumentos que proporcionaran medidas precisas, lo que implicaba la honradez y la elegancia en las acciones o productos de los seres humanos y las máquinas, o dicho de otra forma, todo lo que la ambigüedad, la incertidumbre, el desorden y la falta de fiabilidad no son.<sup>2</sup>

Adecuarse a las exigencias internacionales implicaba unirse a una cultura de la objetividad soportada por aparatos y tecnologías estandarizadas. Pues no bastaban los juicios y percepciones humanas para

---

<sup>1</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “La contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, enero–febrero 1970, p. 48.

<sup>2</sup> Norton Wise, ed., *The values of precision*, 1995, p. 3.

afirmar la existencia de contaminación atmosférica y llevar a cabo los programas de control, se requería de instrumentos de medición. La siguiente cita es un ejemplo de lo anterior:

La arenilla y el polvo, y las molestias que causan, se descubren con facilidad mediante la simple inspección visual, pero se puede confirmar fehacientemente su presencia con algunas mediciones sencillas efectuadas con un medidor de depósito, para observar cuánto la tasa de depósito sobrepasa en ese lugar la que existe en una zona normalmente limpia.<sup>3</sup>

El reconocimiento de contaminación atmosférica, aunque considerada como “manifiesta u obvia para cualquier persona cuyos sentidos no estuvieran embotados por la fatiga o la adaptación”<sup>4</sup>, no era suficiente para justificar y echar a andar un programa de control. Con las mediciones se confirmaba y admitía su existencia, pero además se lograba determinar contaminantes que están más allá de la percepción humana. Las partículas consideradas como peligrosas por acceder al sistema respiratorio humano han sido las menores a 10 micrómetros, prácticamente invisibles, pues el límite en tamaño de lo que el ojo humano puede ver es de aproximadamente ente 50 y 100 micrómetros, su presencia no siempre ha implicado un olor, o una sensación y esto fue lo que capitalizó el discurso de la medición. En este sentido, los polvos de las tolveneras perdieron relevancia, su gran tamaño impedía su entrada al sistema respiratorio, aunque no imposibilitaba la inhalación de partículas. Ulrich Beck comenta que un número significativo de peligros inducidos tecnológicamente (contaminación química, radiación atómica, organismos modificados genéticamente) se caracterizan por su inaccesibilidad a los sentidos humanos dado que operan fuera de la capacidad de la percepción. Esta “expropiación de los sentidos” hace insegura la vida cotidiana en tanto que es ciega a los peligros que le amenazan.<sup>5</sup> Las percepciones y sensaciones de los habitantes son desplazadas, prescindiendo entonces de las experiencias directas con lo que toda la autoridad se desvió hacia los instrumentos con ello, los habitantes dejan de tener voz.

Desde que los científicos empezaron a sospechar de los juicios y percepciones humanas, las máquinas adquirieron un lugar central en las investigaciones. Lorraine Daston y Peter Galison han mostrado cómo las máquinas comenzaron a considerarse portadoras de lo que ellos denominan *objetividad no intervencionista o mecánica*,<sup>6</sup> lo que nos ayuda a comprender cómo los instrumentos se convirtieron en los observadores ideales y cómo es que nuestra confianza en ellos está relacionada

---

<sup>3</sup> M. J. Suess y S. R. Craxford, ed., *Manual de calidad del aire en el medio urbano*, 1980, p. 5.

<sup>4</sup> *Ibidem*.

<sup>5</sup> Ulrich Beck, *La sociedad del riesgo global*, 2006, p. 86.

<sup>6</sup> La objetividad moderna –comentan Daston y Galison– es una mezcla integrada por componentes dispares, que son histórica y conceptualmente distintos, uno de ellos es la objetividad mecánica, aparecida en la segunda mitad del siglo XIX. Véase: Lorraine Daston y Peter Galison, “The image of objectivity”, en *Representation*, núm. 40, 1992, pp. 81–128.

con la creencia de que no hay lugar para la interpretación y el desvío de los sentidos. En este sentido, el empleo de instrumentos en la evaluación de la pureza del aire se ha considerado esencial para llevar a cabo la cuantificación y análisis de ciertos contaminantes. La *objetividad mecánica* juega un importante papel en la medición de la contaminación atmosférica, remplazando las experiencias y percepciones de los habitantes, a pesar de su precariedad y falta de precisión se prefirió confiar en ellos antes que en las apreciaciones humanas, con miras a estandarizar lo medido y hacer del objeto de estudio un objeto comparable, manipulable, gestionable. Como vemos, se jerarquizó la contaminación con criterios que excluían la detección humana de la contaminación, aunque pudo otorgársele un mayor peso a estas apreciaciones.

## **2.2. Vigilancia y estandarización de la contaminación. RedPanaire**

Para obtener resultados precisos y comparables era necesario establecer una normalización internacional de los instrumentos, de los métodos de análisis y de la recogida de muestras que los estandarizaran y homogeneizaran. Pues, las mediciones de precisión requieren un acuerdo acerca de lo que se valora y cómo es que se valora. Mayor precisión requiere acuerdos con más matices, así como instrumentos más refinados. Por lo tanto la precisión, junto con la objetividad que cosifica, es un producto conjunto del trabajo material y social. Corresponde a la precisión crear amplios dominios, extender el orden y el control sobre diferentes cosas o comunidades bajo un orden sistemático, que unifique, que controle. La búsqueda de las características de sostenimiento de medición, es decir de precisión, también encierra la preocupación por el control de los dominios económicos y políticos.<sup>7</sup> En este sentido, las organizaciones internacionales como la OCDE y la OMS, interesadas en controlar los objetos de estudio y la manera de concebirlos, se atribuyeron diversos tipos de funciones entre las destacan la transmisión de tecnología; la investigación en la materia y el intercambio de información; el establecimiento de criterios y normas en forma de recomendaciones y la administración de programas. Así en 1967, la OMS inició su programa de vigilancia de la contaminación del aire para el que estableció métodos normalizados para la medición de los contaminantes atmosféricos, los que eran una adaptación de los métodos estudiados y patrocinados por la OCDE.

En junio de 1967, el gobierno mexicano firmó una carta-convenio con la Organización Panamericana de la Salud (OPS, la rama latino-americana de la OMS, para incorporarse al programa Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (RedPanaire), operado a

---

<sup>7</sup> Norton Wise, *op. cit.*, pp. 3–7.

partir de 1969 por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis), dirigido por el ingeniero sanitario Odyer A. Sperandio, un estadounidense afincado en Lima, Perú. En México dicho programa fue coordinado por Enrique Márquez Mayaudón, Director de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Las primeras estaciones se instalaron en los sitios que con anterioridad la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia utilizaba para medir polvo. Empezaron a operar en agosto de 1967 las estaciones de Tacuba y Tlalnepantla, ubicadas en el poniente y noroeste respectivamente; en octubre de ese mismo año, se instaló la del Aeropuerto en el oriente y un mes después la estación ubicada en el centro de la ciudad. En los siguientes cinco años se instalaron otras 10 nuevas estaciones. En total operaron 14 estaciones hasta 1975, año en el que la operación de las estaciones fue suspendida dada la inauguración del nuevo sistema de monitoreo automático computarizado, así como la red manual de monitoreo atmosférico de las cuales hablaremos más adelante. [Véase. Anexo 5. Ubicación y año de incorporación de las estaciones RedPanaire, Cepis–OPS]

La finalidad del convenio era llevar a cabo mediciones de los contaminantes habituales en la atmósfera para subsanar la escasez de información técnica en el campo de la ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente, que permitiese estudiar comparativamente la situación y contribuyesen a determinar las tendencias del problema.<sup>8</sup> Este organismo al reivindicar que no había estudios suficientes que guiaran las políticas para proteger la salud humana, buscaba llevar a cabo las investigaciones desde sus propios intereses, con lo que acumulaba autoridad, poder y relevancia.

El objetivo de proporcionar asesoría técnica y científica en los campos de la ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente para formar profesionales tenía la intención igualmente de regir las actividades de evaluación, prevención y control, desde los conceptos, procedimientos y normativas de este organismo con el objetivo de crear dependencia en los países de América Latina –Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú y Venezuela– donde se desarrollaba el programa. Una forma de hacer política o una retórica política que necesariamente echaba tierra sobre el asunto de las peculiaridades locales y formaba la visión de un determinismo tecnológico.

---

<sup>8</sup> Este sistema regional de información se convirtió en 1977 en la Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Repidisca) de la Organización Panamericana de la Salud. (Odyer Sperandio, *Informe final*, 1980, pp. 35–36). En la actualidad, la OPS tiene una red con el mismo acrónimo: Repidisca, para referirse a la Red Panamericana de Información en Salud Ambiental, cuyo objetivo general es difundir información sobre el área de desarrollo sostenible y salud ambiental. *Veáse*: Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental, *Acerca de la Repidisca* [en línea]. última actualiz. 5 de octubre, 2012. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/acerca.html>> [Consulta: 23 de abril, 2014]

Se esperaba que utilizando los avances científicos y tecnológicos se pondría fin a la contaminación ambiental: la ciencia y la tecnología tenían que encontrar u ofrecer un remedio al problema. Por un lado, con el desarrollo de tecnologías que controlaran las emisiones contaminantes en las fuentes – como el empleo de convertidores catalíticos en los automóviles, y para captar partículas sólidas o líquidas en las instalaciones industriales, el empleo de cámaras de sedimentación, diversos dispositivos ciclónicos de retención y precipitadores electrostáticos–. Y por otro lado, con el uso de instrumentos para conocer la problemática y poderla combatir. Sin embargo, como veremos, no fue así de sencillo, pues la tecnología requiere de una infraestructura que la soporte, que a su vez está determinada por intereses políticos y económicos.

El polvo sedimentable, las partículas en suspensión y el anhídrido sulfuroso (dióxido de azufre) fueron los contaminantes seleccionados con los que se inició el programa RedPanaire, posteriormente también se midió la corrosividad atmosférica. Se consideró que estos representaban el problema de contaminación del aire por ser los más abundantes y típicos de las zonas urbanas, que tenían importantes efectos en la salud humana, además de que podían cuantificarse mediante técnicas sencillas. La OPS–Cepis no estimó factible incluir determinaciones de contaminantes ocasionados por el transporte automotor –como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ozono y otros oxidantes– principalmente por dos motivos: el primero porque éstos exigían equipos costosos, personal especializado y capacidad de laboratorios que estaban más allá de su presupuesto; y segundo, porque este organismo consideraba que el número de vehículos en operación en la mayoría de las ciudades era todavía relativamente bajo.<sup>9</sup> Sin embargo, la administración mexicana llevó a cabo la medición esporádica de óxidos de nitrógeno, aldehídos, ozono, ácido sulfhídrico, índice de sulfatación, e índice de oxidación,<sup>10</sup> así como de monóxido de carbono.<sup>11</sup>

Las técnicas de muestreo y análisis necesitaban ser sencillas para que pudieran ser empleadas por personal no capacitado y departamentos gubernamentales de recursos económicos limitados, que a menudo no estaban interesados en llevar a cabo estudios sobre la contaminación atmosférica, principalmente porque temían que los programas de control afectarían su industrialización y con ello su desarrollo económico. Se pretendía cierta estandarización para sostener la validez de las mediciones, como que el muestreo y análisis de los contaminantes atmosféricos funcionaran con idénticos métodos y el empleo de nomenclaturas y unidades normalizadas con el fin de establecer

---

<sup>9</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe final 1967–1980*, 1982, p. 13.

<sup>10</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Evaluación de la contaminación del aire en el Valle de México”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1970, pp. 631–632.

<sup>11</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Actividades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la evaluación de la contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, mayo–junio 1972, p. 422.



comparaciones valederas e integrar una red continental que permitiría conocer la magnitud del problema.<sup>12</sup> En este sentido la normalización ayudaría a homogenizar la problemática, jerarquizando y ordenando de una cierta forma, en vez de comprender la complejidad del fenómeno de esta manera las partículas fueron reducidas o simplificados al homogenizarlas y con ello se invisibilizó su diversidad y las muchas sustancias tóxicas que podían contener.

Sin embargo, este nivel de normalización fue teórico. La estandarización de cada uno de los componentes de los dispositivos o instrumentos no se produjo de forma inmediata, como veremos. Tanto entre éstos como entre los procedimientos y métodos, la terminología y las unidades de medida utilizadas en los diversos países para evaluar la contaminación del aire –así como en la dispersión y en los efectos de los contaminantes– existían grandes diferencias que dificultaban considerablemente la interpretación de los resultados obtenidos por los diversos estudios.<sup>13</sup>

### **2.2.1. Los objetos de estudio: polvos sedimentables y partículas suspendidas**

Veamos en primer lugar qué tipo de normalización consideraba deseable una institución internacional como la OPS–Cepis en lo que se refiere a los elementos que dominaban el discurso: polvo en suspensión y polvo sedimentable.

La OPS–Cepis definía el polvo en suspensión – o materia particulada en suspensión, o humo– como aquel que “corresponde en general a partículas de tamaño muy fino, normalmente inferior a 5 micras de diámetro, que debido a esto permanecen suspendidas en el aire por periodos prolongados e ingresan con relativa facilidad a los pulmones.”<sup>14</sup> El interés por medir este tamaño de polvos, estaba relacionado con las investigaciones que desde el área de la Higiene Industrial se habían realizado en ambientes contaminados, la cuestión estaba centrada en aquellos polvos como el amianto y asbesto al que obreros de fábricas y minas estaban expuestos. Desde 1952, la *British Medical Research Council* había definido el polvo respirable como la fracción de partículas que podía penetrar en los alveolos pulmonares, capaz de originar neumoconiosis.<sup>15</sup> No obstante, el tamaño de polvos que debían considerarse peligrosos estaba en discusión.

A partir de la información generada por el grupo de trabajo de la OCDE sobre los métodos de medición para los contaminantes atmosféricos, la OPS–Cepis elaboró su *Manual de Operaciones*

---

<sup>12</sup> Cepis, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 3.

<sup>13</sup> OMS, *Contaminación de la atmósfera: quinto informe del comité de expertos en saneamiento del medio*, 1958, p. 24.

<sup>14</sup> Cepis, *RedPanairé, Resultados obtenidos junio 1967–diciembre 1970*, 1970, p. 10

<sup>15</sup> Julián Velasco Ortega, *et. al.*, “Fracción respirable de materia particulada: convenios y evaluación ambiental”, en *Prevención*, julio-septiembre 2008, p. 25.

con el fin de normalizar los métodos de medición y procedimientos para la evaluación de la contaminación del aire. El instrumento para la toma de la muestra de las partículas suspendidas y también para el anhídrido sulfuroso (dióxido de azufre), también conocido como tren de burbujeo, consistía de una bomba eléctrica de vacío que succionaba aire del ambiente. El aire entraba por un embudo de plástico, que se colocaba con la parte ancha hacía abajo para minimizar la entrada de agua e insectos al sistema. Por la manguera pasaba el aire absorbido, que en primer lugar cruzaba un filtro de papel –sostenido por lo que se hacía llamar un portafiltro–, con el fin de que las partículas se quedaran detenidas. La OCDE sugería un “filtrador de humo” (portafiltro) de bronce, aluminio anodizado, o duraluminio de diversos tamaños dependiendo del filtro que se fuera a utilizar; sin embargo, la OPS–Cepis con el fin de estandarizarlo, para que el tamaño y forma de este dispositivo no variara, solicitó a la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Argentina la elaboración del portafiltro de cobre “modelo Red Panamericana de Muestreo”, que tenía un costo de 8 dólares.<sup>16</sup>

Continuando con la descripción del funcionamiento del tren de burbujeo, el aire filtrado seguía por la manguera de cloruro de polivinilio hasta llegar al frasco lavador o burbujeador, que contenía una solución diluida de agua oxigenada con pH (potencial de hidrógeno) de 4.5 para la absorción del anhídrido sulfuroso. Finalmente, para conocer el volumen de aire muestreado durante las 24 horas de operación, el aire pasaba por un rotámetro –instrumento para determinar el caudal de líquidos o gases en tuberías–. (En la introducción a la segunda edición del *Manual* se comenta que el rotámetro fue sustituido por un gasómetro –un indicador de flujos gaseosos– aunque no se indican las causas de esta situación).<sup>17</sup> [Véase. Anexo 6. Muestreador de partículas y gases Redpanaire, Cepis–OPS]. En México, el volumen muestreado se conocía por la lectura de un gasómetro de manufactura nacional, previamente calibrado, que se incorporaba al sistema.<sup>18</sup> En entrevista con Rogelio González García<sup>19</sup> ex funcionario de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, nos ha comentado que se utilizaba un medidor de flujo de burbuja de jabón. Para finalizar cabe mencionar que este dispositivo estaba

---

<sup>16</sup> Cepis, *RedPanaire, Informe 1967-1974*, 1976, p. 136.

<sup>17</sup> En la segunda edición del *Manual de Operaciones* se menciona que: “La experiencia de más de 2 años ha sugerido la introducción de algunas modificaciones en las operaciones de la Red, que no representan un cambio importante en sus métodos de muestreo o análisis. Las más notorias son el reemplazo del rotámetro por un medidor volumétrico registrador...” Cepis, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 2.

<sup>18</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Evaluación de la contaminación del aire en el Valle de México”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1970, p. 631.

<sup>19</sup> Entrevista realizada en las instalaciones de la Asociación Civil Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases y Medicamentos (Singrem), el día 11 de junio de 2014. Rogelio González García se desempeñó como Subdirector de Evaluación y Análisis en la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de 1973 a 1979, entre sus funciones se destaca la implantación y operación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, la operación del programa coordinado para el control de la contaminación atmosférica y el diseño, operación y administración del programa de evaluación de la calidad del aire.

cubierto por una coraza de protección, para resguardarlo de la intemperie, llamada caja de embarque, que llevaba el símbolo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Y que la razón para medir las partículas suspendidas y el anhídrido sulfuroso (dióxido de azufre) conjuntamente se debía, por un lado, a que a menudo tenían un origen común: la quema de combustibles fósiles, además de que su presencia se tomaba como indicio de que también se encontraban otros contaminantes producidos por la combustión, y por otro lado, debido a la gran interacción observada entre ambos contaminantes y a la numerosa cantidad de estudios epidemiológicos que los estudiaban juntos.<sup>20</sup>

La estandarización de los métodos de medición que la OPS pretendía, estuvo llena de inconvenientes. En sí mismo este dispositivo no era un instrumento estandarizado. Para su montaje había que adquirir ciertos componentes como los frascos, el papel filtro y las bombas de aspiración, que se recomendaba importar de Estados Unidos de América e Inglaterra; otros materiales se adquirían localmente, como la tubería y las curvas de metal o de plástico; y otros no estaban a la venta, requerían ser fabricados expresamente como los soportes para los frascos y las casetas para proteger los medidores de gases<sup>21</sup>, y en el caso de México como hemos comentado también se fabricaba el medidor de flujos. Como vemos estos instrumentos no venían en una caja con todas sus piezas e instructivo listo para ser armados, correspondía a los técnicos de cada departamento responsable de llevar a cabo el programa RedPanaire de montarlos.

Por otra parte, este dispositivo, como muchos otros instrumentos que se utilizaban en los laboratorios de química, eran construidos por los propios investigadores y técnicos con algunas instrucciones de uso, que en el este caso no daban gran detalle. A continuación se reproducen los dos párrafos que las constituían:

Se selecciona el sitio de muestreo eligiendo un punto alejado de fuentes de contaminación, que podrían alterar la muestra, y protegido de la interferencia de personas extrañas. Se instala firmemente, a una altura no inferior a 3 metros ni superior a 10 metros sobre el nivel del suelo, un trozo de tubería rígida, terminada en una curva dirigida hacia abajo, que sobresalga aproximadamente 1 metro hacia el ambiente exterior, pasándola a través de una pared o ventana si fuese necesario. Por el interior de la

---

<sup>20</sup> Véase: M. J. Suess y S. R. Craxford, ed., *Manual de calidad del aire en el medio urbano*, 1980, pp. 35–43. En el *Capítulo 3. Criterios y pautas de calidad del aire en relación con ciertos contaminantes del medio urbano*, podrá encontrarse algunas de las investigaciones más conocidas en el mundo que relacionaban los niveles en la atmósfera de óxido de azufre y partículas en suspensión con los efectos sobre el hombre y la vegetación así como algunos estudios experimentales realizados antes de 1970.

<sup>21</sup> Véase: Cepis, *RedPanaire: Resultados obtenidos junio 1967–diciembre 1970*, 1970, p. 134-146. En el *Anexo II, Equipo y materiales para su estación* se encontrará tres listas de quipos y materiales. La primera corresponde a los necesarios para una estación completa, incluye varios proveedores sobre todo de Estados Unidos y de Inglaterra, así como los precios estimados en dólares. La segunda lista, enumera los materiales y equipos para una estación adicional. La tercera lista distribuye los materiales según su uso.

tubería se hace pasar un tubo de PVC de ¼” de  $\theta$  interior, de una longitud máxima de 6 metros, en uno de cuyos extremos, que debe sobresalir hacia el exterior, se acopla un embudo boca abajo, que impida la entrada de lluvia.

El otro extremo del tubo de PVC se conecta a la parte inferior del portafiltros, cuya salida superior se une a un frasco Drechser, para la determinación simultánea del anhídrido sulfuroso, acoplando luego el medidor para gases y finalmente la bomba. Este orden no debe alterarse. Toda curvatura de las conexiones debe tener un radio no inferior a 5 cm para evitar turbulencias excesivas que aumentarían la resistencia, y podrían provocar depósitos de polvo si ocurriesen antes del filtro.<sup>22</sup>

Este texto iba acompañado de una imagen que puede apreciarse en el *Anexo 6*. Sin minimizar los problemas que debieron surgir tanto en la instalación como en la puesta en marcha del instrumento, la OPS consideraba que se trataba de un instrumento relativamente fácil de montar y operar por personal, como dijimos, no capacitado. Pero, ciertamente más complejo que colocar los frascos en las azoteas, como hicieron H. Bravo, A. Báez y S. Lares; o poner los aparatos capta-polvo en dirección a los vientos dominantes de acuerdo con Ángel Silva, como estos investigadores indicaban en sus respectivos estudios.<sup>23</sup>

El muestreo debía realizarse cada 24 horas, de las 12:00 horas del día a las 12:00 horas del día siguiente según las recomendaciones de la OPS, lo que seguramente no fue así de puntual, dada la conocida falta de personal que pudiera visitar diariamente cada una de las 14 estaciones instaladas en los diferentes puntos de la ciudad. No obstante, es realmente imposible que mediante este dispositivo pudieran captarse las partículas suspendidas menores a 5 micrómetros que la OPS identificaba como polvo en suspensión. Pues, de acuerdo con las características del papel filtro utilizado, Whatman número 1, circular de 55 milímetros de diámetro, este solamente puede retener partículas de hasta 11 micrómetros, lo que significa que partículas menores a este tamaño, pasarían a través del filtro.

Como vemos los problemas con la toma de muestra no eran menores. Y ahí no terminaba el asunto de la medición, una vez que se tenía la muestra esta debía llevarse al laboratorio para su análisis, el cual consistía en estimar la oscuridad de la mancha. Con un reflectómetro para manchas de humo, *–Smoke Stain Reflectometer*, del fabricante Evans Electroselenium Limited, importado de la ciudad de Halstead, en el distrito de Essex, Inglaterra–, se medía la transmitancia o la reflectancia de las partículas depositadas en los filtros, mientras más intenso fuera el color de la mancha la reflectividad sería menor. Con ese resultado se calculaba el Índice de Oscurecimiento representado con la letra “I” mediante la siguiente fórmula:  $I = 100 (-) R$ , donde a 100 se le restaba el resultado obtenido del

---

<sup>22</sup> Cepis, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 11.

<sup>23</sup> Véase: Capítulo primero, sección 1.4. El polvo “Poluyrnte”.

reflectómetro. Con esa lectura que iba de 0 a 100 se acudía a la *curva patrón* del *Manual de Operaciones* para leer en las ordenadas la concentración de la muestra recogida por centímetro cuadrado. [Véase. Anexo 7. Curva patrón. Redpanaire, Cepis–OPS]. Finalmente, para conocer la concentración del polvo en suspensión se llevaban a cabo los siguientes cálculos:

Se calcula el área (A) de la mancha del papel filtro en cm<sup>2</sup>, esta es siempre la misma para cada portafiltros y alcanza aproximadamente 20 cm<sup>2</sup> para los de bronce.

Se calcula el volumen (V) del aire aspirado, en m<sup>3</sup>.

Se calcula la concentración del polvo en suspensión en el aire (P) mediante la siguiente formula:  $P=C \times A/V$ .

Los resultados se expresarán en microgramos de humo normalizado por metro cubico de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).<sup>24</sup>

Cabe mencionar que estos resultados debían colocarse en un formulario específico, el formulario número 2 para polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso, los que debían enviarse mensualmente a las oficinas de la OPS–Cepis en Lima, Perú. [Véase. Anexo 8. Formularios de la RedPanair, Cepis–OPS]

Veamos ahora como se definía y medía el polvo sedimentable. De acuerdo con la OPS–Cepis:

El polvo sedimentable corresponde a las partículas de tamaño relativamente grande, que por ello pueden depositarse con cierta facilidad. En general su diámetro es superior a 10 micras, lo que hace difícil su ingreso al aparato respiratorio... Contribuyen en forma importante a ensuciar superficies, paredes, ropa y cortinajes y pueden llegar a ocasionar daños y molestias de consideración.<sup>25</sup>

Aunque el programa RedPanair las incluyó, la OCDE consideraba que su medición estaba fuera de interés, y no eran de utilidad para las autoridades de salud pública. De acuerdo con sus investigaciones realizadas para la normalización de métodos de los contaminantes más importantes, entre 1957 y 1963, decidió no idear internacionalmente un procedimiento estandarizado de las mediciones de polvo sedimentable (*dust-fall*) ya que consideraba que estas eran sólo de interés local.<sup>26</sup> Y puesto que estaban relacionadas con factores naturales como la erosión del suelo, y no con los procesos de la industrialización quedaba fuera de sus intereses. Pero, en espacios como la Ciudad de México, que habían sufrido una profunda desecación y transformación del entorno, el polvo sedimentable era un factor a tener en cuenta en la valoración de la contaminación, pues como hemos

---

<sup>24</sup> Cepis, *op. cit.*, pp. 13–14.

<sup>25</sup> Cepis, *Red Panair: Resultados obtenidos junio 1967–diciembre 1970*, 1970, p. 10.

<sup>26</sup> Council of Europe, *European Conference on Air Pollution: 24th June-1st of July*, 1964, p. 144.

señalado en el capítulo primero, tenía impacto no sólo en la salud, sino también en la economía, la agricultura y el turismo.

Para la recogida y estimación de los polvos sedimentables había una gran variedad de dispositivos y técnicas, entre las más populares se encontraban los dispositivos para los materiales sólidos y líquidos que se recogían en un recipiente abierto como jarras o frascos, como habían hecho Bravo, Báez y Lares y también la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Y los dispositivos que solamente recogían material sólido en una superficie que podía ser una placa horizontal plana, recubierta con vaselina u otro material como glicerina tal y como Ángel Silva había realizado. Aunque no se les consideraba plenamente científicos, por su limitada aplicación, y falta de especificidad, la OPS a diferencia de la OCDE, eligió incluirlos en su programa de mediciones dado que en América Latina estos polvos resultaban de interés para controlar de inmediato los problemas más “notorios” de contaminación del aire, relacionados con la falta de pavimentación de las calles y con fuentes naturales de contaminación. La OPS–Cepis también argumentaba que su cuantificación permitía establecer variaciones ente distintos puntos de una misma ciudad y entre las que podían ocurrir en un mismo lugar en diferentes épocas del año.<sup>27</sup> Ricardo Haddad asesor de contaminación del aire de este organismo adicionalmente opinaba que su implementación representaba una oportunidad para adiestrar al personal, además de que con ello podía ganarse el apoyo de la comunidad y de las autoridades para llevar a cabo programas de largo alcance y mayor envergadura.<sup>28</sup>

A falta de otro método mejor, la OPS–Cepis eligió los frascos o jarras de plástico rígido para la recolección de la muestra, tratando de normalizar su forma con el fin de evitar pérdidas y para obtener resultados uniformes y comparables, los frascos debían colocarse sobre un soporte que los sujetara, en las azoteas de los sitios seleccionados, que preferentemente debían estar entre 3 y 10 metros del nivel del suelo, alejados de chimeneas u otras fuentes de contaminación. Sin embargo, de acuerdo al testimonio de Rogelio González García<sup>29</sup> ex funcionario de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, en la Ciudad de México los frascos recolectores en su mayoría se colocaron con un soporte de alambre en los posters de luz, y con una moneda de bronce debajo de ellos para medir el índice de corrosión. De estos dispositivos diseñados y construidos por los técnicos de la Dirección de Higiene Ambiental (después por la Dirección de General de Investigación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente) se tenía una red de 252 dispositivos a principios de 1973, llegando a

---

<sup>27</sup> Cepis, *RedPanair: Informe final 1967–1980*, 1982, p. 7.

<sup>28</sup> Ricardo Haddad, “Programas de contaminación del aire: metodología”, en *Simposio sobre medio ambiente, salud y desarrollo en las américas*, 1976, p. 11.

<sup>29</sup> Entrevista realizada en las instalaciones de la Asociación Civil Singrem, el día 11 de junio de 2014.

instalarse hasta 800 frascos. Entonces era trabajo de un técnico subir a los postes de luz a retirar las muestras, y también a los árboles para colocar las bujías preparadas con peróxido de plomo para determinar el índice de sulfatación. De ahí que al técnico José Zaragoza le apodaran “el chango” y a su equipo de trabajo “los changos”, comenta Rogelio González.<sup>30</sup>

Los frascos se dejaban por treinta días en el sitio de muestreo, una vez transcurrido este periodo se tapaba el frasco con la muestra y se llevaba al laboratorio para su análisis. Los frascos se retiraban el día primero de cada mes y en su lugar se colocaba uno nuevo. En el laboratorio el frasco se lavaba con agua destilada, el líquido recolectado se filtraba para eliminar cualquier trozo grueso, posteriormente se concentraba al “baño María”, se evaporaba a sequedad y finalmente se pesaba.<sup>31</sup> Al igual que el caso de los polvos sedimentables los resultados de esta medición debían colocarse en un formato específico en el formulario número 1 y para ser enviados a las oficinas de la OPS–Cepis como mencionados en Lima, Perú. [Véase. Anexo 8. Formularios de la RedPanaire, Cepis–OPS]

Este método no resultó una novedad para la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, que como hemos mencionado en el capítulo anterior, desde finales la década de los años cincuenta, llevaba a cabo la medición de polvo sedimentable en cuatro puntos de la ciudad –Centro, Aeropuerto, Tacuba y Tlalnepantla–.

La estandarización en este caso también fue muy difícil, pues, el tamaño de los frascos o jarras donde el *polvo sedimentable* debía depositarse variaba ampliamente, aunque el *Manual de Operaciones* de la OPS–Cepis indicaba que debían ser de aproximadamente 20 cm de diámetro y 25 cm de altura. Según comentaba en 1970 Enrique Márquez Mayaudón, Director de Higiene Ambiental de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, los frascos tenían un diámetro de 10.5 cm y una altura de 18.2 cm,<sup>32</sup> y de acuerdo con lo que mencionaba cuatro años después Luis Eugenio Enrlich, funcionario de la siguiente administración (de la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente), el diámetro era de 5 cm de diámetro y de 15 cm de altura.<sup>33</sup> Estas notables diferencias en los tamaños de los frascos entre una y otra gestión durante los años que el programa operó nos permiten observar que las muestras no fueron uniformes, ni comparables entre sí, ni con otras naciones.

---

<sup>30</sup> Entrevista realizada en las instalaciones de la Asociación Civil Singrem, el día 11 de junio de 2014.

<sup>31</sup> El resultado se calculaba mediante la siguiente fórmula: El peso neto del material recogido expresado en microgramos se multiplicaba por treinta. Esto se dividía entre el resultado de la superficie útil de la boca del frasco expresada en centímetros cúbicos multiplicado por treinta. (Treinta eran los días de recolección) Cepis, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 9–8.

<sup>32</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Evaluación de la contaminación del aire en el Valle de México”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1970, p. 631.

<sup>33</sup> Luis Enrlich, “Administración del recurso aire en México”, en *Simposio sobre Ambiente Salud y Desarrollo en las Américas*, 1976, p. 224.

Cabe mencionar que lo captado por estos frascos, y que la OPS–Cepis definía como polvo sedimentable, era una amplia gama de polvos generalmente de gran tamaño, entre 50 y 100 micras, ya que son los que con mayor frecuencia bajan antes que aquellos más pequeños y ligeros, que por lo mismo podían permanecer suspendidos un mayor tiempo. Y aunque no era posible discriminar entre unos y otros tamaños, esta manera de definir a los polvos de acuerdo a su tamaño orientó la forma de conceptualizar la experiencia, de estudiarla y clasificarla.

La pretendida normalización de los instrumentos y métodos tanto para el polvo sedimentable como para las partículas en suspensión no se logró. Pues, la responsabilidad de la operación de las estaciones, y la calidad de los resultados, correspondía a cada país participante, por lo que cada miembro del programa incorporó sus propios criterios y prácticas como hemos visto para el caso de México, es por ello que la homogenización de los dispositivos y de las prácticas estuvo lejos de realizarse.

No obstante, con las mediciones realizadas con el programa OPS–Cepis se llegó a la conclusión de que el polvo era el contaminante que en mayor grado padecía la Ciudad de México. Sus efectos en la salud estaban muy poco estudiados, excepto en lo referido a la irritación las vías respiratorias.<sup>34</sup>

### **2.3. Método europeo vs estadounidense**

Los países Europeos –Bélgica, Francia, República Federal de Alemania, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza y Reino Unido– y Estados Unidos frente al riesgo de sufrir episodios catastróficos por contaminación desarrollaron una variedad de innovaciones legales y organizativas para coordinar las políticas y llevar a cabo las acciones tendientes a resolver los problemas ambientales. Entre estas innovaciones estaban los métodos de medición, que no eran coincidentes. Los países europeos utilizaban comúnmente el método de la reflectancia para estimar las partículas en suspensión, mientras que en Estados Unidos se desarrollaba una variante del método gravimétrico. Como veremos, ambos métodos encarnaban valores y problemas políticos diversos.

La OMS y la OCDE se mostraron de acuerdo en encontrar un método común de medición para los contaminantes más importantes –el polvo o material depositado, el humo o material particulado en suspensión y el dióxido de azufre–. Utilizar métodos con resultados comparables era una necesidad de acuerdo a estos organismos, sobre todo en los casos en los que las áreas de contaminación eran frontera. En el año de 1957, la OCDE organizó un grupo de trabajo para estudiar los métodos de

---

<sup>34</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Aire sucio: Contaminación”, en *Salud Pública de México*, marzo–abril 1970, p. 134.



medición que podían utilizarse, bajo el argumento de que antes de que un método pudiera ser aceptado como un estándar debía probarse en varios sitios escogidos, ampliamente separados geográficamente para garantizar la exposición al mayor número posible de sustancias, y también para conocer cómo podía verse afectado ante las variaciones meteorológicas, como la velocidad del viento y la humedad. Por lo que, el desarrollo de un método estándar para la determinación de un contaminante del aire, era más convenientemente llevarlo a cabo mediante una investigación cooperativa y preferiblemente internacional, patrocinada y administrada por una organización reconocida.<sup>35</sup> Permitiéndole el monopolio del conocimiento, y el poder para instaurar mecanismos y modos de llevar a cabo los estudios e investigaciones.<sup>36</sup>

El método más común para la medición de partículas en suspensión o de humo<sup>37</sup> se basaba en el método de la *reflectancia* diseñado por el *Warren Spring Laboratory* del Departamento de Investigación Científica Industrial de Reino Unido. Éste implicaba un sistema de recolección de partículas a partir del paso del aire a través de un filtro, y en una segunda fase, en la estimación de la oscuridad de la mancha mediante el reflectómetro, la curva patrón –*British Smoke Curve*– y una serie de fórmulas matemáticas. Este método fue investigado y establecido por la OCDE como el método estándar para la medición de humo o material particulado en suspensión. Mediante la red de cooperación que dirigía la OCDE entre varios organismos gubernamentales europeos llevo a cabo un programa de investigación que consistió en la comparación de un gran número de curvas individuales obtenidas en diferentes países para humos de diversas composiciones, mediante una técnica de muestreo proporcional para obtener las manchas de humo de diferentes intensidades por deposición simultánea de humo en incrementos proporcionales conocidos.<sup>38</sup> De acuerdo con esta investigación la forma básica de la curva era idéntica, por consiguiente, se estableció una curva única en la que los humos se estimarían en “*Units of an Equivalent Standard Smoke*” conocidas como “Unidades Internacionales de Humo Normalizado”.

La OCDE presentó ante la Organización Internacional de Normalización este procedimiento para estandarizar dicho método, la curva patrón correspondía a una cifra promedio que, por un lado, podía

---

<sup>35</sup> Council of Europe, *op. cit.*, p.142.

<sup>36</sup> Héctor Vera comenta que “Históricamente, la legitimación de la institución de la medición se lleva a cabo por expertos que están respaldados por los grupos de poder con intereses políticos y económicos claramente definidos. Estos expertos y grupos tratan de inhibir la aparición o propagación de cualquier forma alternativa de medición. Si logran eso, son capaces de mantener el monopolio de las unidades, conceptos, instrumentos, métodos y sistemas de medición utilizados en una sociedad”, Héctor Vera, “The social construction of units of measurement: institutionalization, legitimation and maintenance in metrology” en *Standardization in Measurement: Philosophical, Historical and Sociological Issues*, 2015, p. 174.

<sup>37</sup> *Ibidem*.

<sup>38</sup> *Ibid.*

ser empleada en diversas atmósferas contaminadas, y por otro, servía para realizar comparaciones entre unos y otros países. La OMS reiteraba los métodos utilizados por este organismo patrocinado estudios sobre la relación de la contaminación atmosférica y el cáncer de pulmón, con base en los datos obtenidos por las mismas técnicas de medición en diferentes países. Los métodos de la OCDE fueron adoptados por la OMS para sus programas de mediciones como hemos visto en la sección anterior, por eso cuando en 1967, México se unió al programa RedPanaire, este fue el método seleccionado para la medición de polvo en suspensión.

Por su parte, Estados Unidos entre 1950 y 1970 promulgó una serie de leyes públicas relacionadas con el control de la contaminación atmosférica. La Ley de Contaminación del Aire (*Clean Air Act*) autorizó las primeras investigaciones sobre contaminación del aire financiadas con fondos federales, lo que contribuyó a que se desarrollaran métodos de análisis para varios contaminantes, entre ellos una versión del método gravimétrico para el análisis de las partículas suspendidas. Este método se basaba en el uso de muestreadores de alto volumen, que contenían un filtro donde se hacía pasar aire durante un periodo de 24 horas. La concentración en masa de las partículas en suspensión medida en microgramos sobre metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se determinaba mediante la medición gravimétrica de la masa de las partículas recogidas y el volumen de aire muestreado. Es decir, se pesaba el filtro limpio, antes del muestreo y después de éste, con la carga de partículas colectadas durante el tiempo de muestreo. La diferencia entre ambos pesajes correspondía a la masa de las partículas.

Así a principios de la década de los años setenta los dos métodos de análisis más conocidos para partículas suspendidas eran la reflectancia y la gravimetría. El primero basado en las características fotométricas de las partículas y el segundo en el principio de gravimetría. Estas técnicas no eran comparables: las mediciones de la mancha de humo y las obtenidas sobre muestras de gran volumen daban resultados mediocres.<sup>39</sup> Pues, las características físicas de las partículas no permitían establecer la correlación entre las mediciones ópticas y las mediciones de masa. Ambos métodos presentaban ventajas e inconvenientes, veamos cómo se desarrolló el debate en torno a la elección de los métodos de medición de partículas empleados en México.

La discusión en México sobre el uso del método de la reflectancia surgió antes de que México firmara el acuerdo con la OPS–Cepis, en 1966. Humberto Bravo quien en ese momento era Jefe de la Sección de Contaminación Atmosférica del Instituto de Geofísica de la UNAM señaló tanto a la OPS–Cepis como a la Dirección de Higiene Industrial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia que la tecnología disponible para evaluar la calidad del aire en la Ciudad de México no debía ser

---

<sup>39</sup> OMS, *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire*, 1977, p. 3.

necesariamente la empleada en otros países como Inglaterra, por existir diferencias básicas en las características de emisión de los contaminantes por medir.<sup>40</sup> La OMS no ignoraba sus limitaciones, pues dicho método estaba clasificado por la OCDE en la categoría de provisional, interino, si bien se había demostrado que era adecuado para su uso en un rango de ciertas condiciones, no se habían plenamente explorado sus capacidades, su elección estaba relacionada con las numerosas comprobaciones de las que había sido objeto y también en atención a su sencillez. Aunque este organismo reconocía que en algunos casos no podían compararse las mediciones dado las características de las partículas, lo que también era válido para la técnica gravimétrica:

Se ha adoptado un método, empírico como todos los demás, que debido a su empleo en condiciones estrictamente normalizadas permite obtener resultados cuya comparación para una misma estación, es perfectamente válida. Es posible que esta validez no se extienda a la comparación entre diversas estaciones, porque las características de las partículas en suspensión pueden variar de una ciudad a otra, e incluso para una misma ciudad de una zona a otra, o para diferentes épocas del año. Una situación similar se presenta con la técnica gravimétrica.<sup>41</sup>

No obstante, consideraba que las técnicas de muestreo y análisis propuestas en su Manual de Operaciones, desarrolladas en Inglaterra, empleadas en muchos países, normalizadas por la OCDE y preconizadas por un comité de expertos de la OMS, eran precisas, por lo que las instituciones que integraban la RedPanaire podían estar razonablemente tranquilas, en especial en lo que se refería a la validez de los promedios y de las tendencias observadas.<sup>42</sup> Años más tarde este organismo en su informe correspondiente a 1967–1980 reconocería que “Todas las técnicas empleadas son empíricas y deben estandarizarse cuidadosamente para poder comparar los resultados. Se considera que ésta es una determinación bastante cruda.”<sup>43</sup>

Bravo consideraba que el programa de mediciones de la OPS, carecían de rigor científico, por eso proponía el uso de instrumentos, metodologías y criterios desarrollados por Estados Unidos, los que supuestamente sí estaban basados en criterios científicos. Bravo consideraba que la solución que se debería dar a la problemática era básicamente técnica, las decisiones debían ser realizadas por científicos y no por personal administrativo, y la tecnología que debía emplearse era aquella que de acuerdo a las evaluaciones resultaba más confiable, lo que permitiría comparar las mediciones del aire de la Ciudad de México con el aire de otras metrópolis. En 1971 reiteraba su postura

---

<sup>40</sup> Humberto Bravo, *Importancia del uso de tecnología correcta en la determinación de la calidad del aire*, 1973, p. 1.

<sup>41</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe 1967–1974*, 1976, p. 8.

<sup>42</sup> *Ibidem*, p. 9.

<sup>43</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe final 1967–1980*, 1982, p. 7.

públicamente mediante una entrevista realizada por el reportero Federico Ortiz, publicada en el periódico *Excélsior*:

Es urgente realizar una investigación exhaustiva del aire en el Valle de México por medio del estudio científico denominado “monitoreo del aire” para conocer la magnitud del problema de la contaminación, que se va a combatir... Se requiere preparar personal para el estudio y control de la contaminación y la resolución que se dé al problema ha de ser básicamente técnica...

En materia de tecnología que requieren los procesos para controlar la contaminación no podemos ser nacionalistas. Es una ciencia nueva y debemos recurrir a la tecnología de otros países.<sup>44</sup>

El cambio de tecnología no era sencillo, sobre todo porque el acuerdo con la OPS–Cepis se encontraba vigente hasta diciembre de 1972. Además se requería de un fuerte financiamiento para la compra del instrumental y no todos los funcionarios públicos estaban de acuerdo con que fuera positivo el cambio de tecnología. Humberto Bravo continuó insistiendo en el cambio de instrumentos y metodología para la medición de contaminantes, y en 1973, durante el segundo simposio y exposición de equipo sobre contaminación ambiental, presentó un texto titulado *Importancia del uso de tecnología correcta en la determinación de la calidad del aire*, en el cual aseguraba que la metodología usada para evaluar partículas suspendidas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia en el programa RedPanair no era la adecuada para la Ciudad de México, razón por la cual los hallazgos epidemiológicos basados en estos datos debían ser tomados con cierta reserva.<sup>45</sup> Agregaba que la selección de la metodología era una decisión que debía ser hecha por personas que pudieran evaluar la base científica y la aplicabilidad de los métodos existentes en base a criterios científicos y no político-burocráticos. En ese texto, Bravo basa sus argumentos tanto en un estudio realizado en Inglaterra por la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA por sus siglas en Inglés, *Environmental Protection Agency*). en 1970 para comparar el método de la reflectancia y otros, con el método gravimétrico,<sup>46</sup> como en un análisis de datos obtenidos por las metodologías de reflectancia y gravimetría en una misma área de muestreo en la Ciudad de México, que él mismo había realizado. Según el estudio de la EPA, las ventajas de la gravimetría eran las siguientes:

a) Un incremento notable en la concentración de partículas suspendidas en los lugares de muestreo, fue observado durante los meses de abril–mayo, por el método gravimétrico; sin embargo, con el método de reflectancia, este incremento no se observó. Se sugiere que este incremento pudo deberse a polen suspendido, lo cual no es registrado en gran parte por reflectancia.

---

<sup>44</sup> Federico Ortiz, “Si la contaminación no se reduce en 20 % en 10 años, fracaso”, en *Excélsior*, 26 de marzo, 1971, p. 10.

<sup>45</sup> Humberto Bravo, *op. cit.*, p. 1.

<sup>46</sup> *Ibidem*, p. 2.

- b) Cuando las partículas suspendidas no son en su mayoría carbonáceas, producto de combustiones incompletas, la concentración de partículas suspendidas no es evaluada correctamente por el método de reflectancia.
- c) Los resultados usando el método gravimétrico en Gothenburg fueron 50 % más altos que los obtenidos con el método de reflectancia.
- d) Estos métodos (gravimétrico y reflectancia) pueden correlacionarse cuando el principal contaminante son partículas carbonáceas producto de uso de combustiones incompletas.<sup>47</sup>

Asimismo, Bravo también manifiesta cierta sospecha por las Unidades Internacionales de Humo Normalizado estandarizadas por la OCDE, al sugerir que la curva patrón basada en el obscurecimiento del carbón, principal combustible utilizado en otros países, no era especialmente adecuada para la Ciudad de México donde los procesos industriales y las fuertes corrientes convectivas de la atmósfera –tolvaneras– incorporaban otros componentes con coeficientes de reflexión y peso diferentes a los del carbón.

La OPS–Cepis, por su parte, en sus publicaciones técnicas y sobre todo en el *Informe 1967-1974*, dedicó algunos puntos a exponer tanto las ventajas e inconvenientes del método de la reflectancia como a señalar los inconvenientes con el instrumental utilizado para la captura de la muestra y también con el método de análisis gravimétrico.<sup>48</sup> Veamos en sus argumentos esgrimidos a favor y en contra de estos métodos.

Dicha organización reiteraba su preferencia por el método óptico inglés dado su bajo precio y sencillez en el montaje y manejo, pues no precisaba un gran presupuesto, material costoso o instalaciones especializadas para llevar a cabo los análisis, ni tampoco de personal especializado en los países participantes, lo que –mencionaban– hacía de este método especialmente apropiado para las etapas iniciales de nuevos programas.<sup>49</sup> La OPS–Cepis estimaba que el costo completo para una primera estación –incluía la toma de muestra y el análisis de los tres contaminantes– se podía adquirir en aproximadamente 1050 dólares, la mayor parte, 900 dólares, correspondía a material de importación de Estados Unidos y de Inglaterra; y el resto, 150 dólares, para material de fabricación o adquisición local–. Estaciones adicionales en una misma ciudad tendrían un costo de 500 dólares, mientras que el costo anual de mantención era de menos de 100 dólares por estación.<sup>50</sup> Muy al contrario, la gravimetría precisaba medidores de alto volumen para captar la muestra de las partículas y filtros costosos.

---

<sup>47</sup> *Ibíd.*

<sup>48</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe 1967–1974*, 1976, pp. 4–8.

<sup>49</sup> Cepis, *RedPanaire: Resultados obtenidos junio 1967–diciembre 1970*, 1970, p. 4.

<sup>50</sup> *Ibidem*, p. 132.

Este método para evaluar la contaminación por partículas graduando la opacidad del papel filtro, además de ser sencillo y barato, como decía la OPS, también presentaba la ventaja de que en algunos países la correlación de la morbilidad con el ennegrecimiento del filtro podía ser más estrecha que con la simple masa de las partículas recogidas en un colector. No obstante, no podía dejar de reconocer que un inconveniente del método de la reflectancia era a que algunos contaminantes ennegrecían menos que otros. El método reflectométrico presenta el grave inconveniente de depender, en forma importante, del color de las partículas. Ciudades con mucho humo producirían manchas más oscuras, con resultados erróneos por exceso. Partículas muy claras, como algunos polvos naturales y el cemento, podían ocasionar importantes errores por defecto.<sup>51</sup> Otra desventaja era que la mayoría de las veces el contenido de contaminantes de la mancha no era suficiente para llevar a cabo análisis químicos que determinaran sus características. Si bien se reconocería, sobre todo a mediados de la década de la setenta, que este método no era el más sensible, ni exacto, se justificaba su elección debido a las numerosas comprobaciones de las que había sido objeto.<sup>52</sup> Respecto al instrumental para la colección de la muestra analizada por el método gravimétrico este organismo señalaba que:

El tamaño de las partículas recolectadas por el medidor de alto volumen depende fundamentalmente de la velocidad de captura, que es a su vez función de la potencia del motor y de la estructura y dimensiones del aparato. A medida que el filtro acumulaba polvo disminuye considerablemente la velocidad del aire y, por lo tanto, el tamaño de las partículas que pueden ser capturadas. Las de mayor tamaño son precisamente las más difíciles de captar y las que tenían una influencia más importante sobre la masa total.<sup>53</sup>

Respecto al análisis de la muestra mediante el método gravimétrico la OPS mencionaba que un inconveniente relevante era la humedad que podían absorber los filtros en el lugar de la toma de muestra, durante su transporte y en el laboratorio, puesto que la humedad no controlada alteraba los resultados.

El cambio de tecnología no parecía en un principio atractivo ni a las autoridades del programa de mediciones de la contaminación de la Dirección de Higiene Ambiental de la Secretaría de Salubridad y Asistencia ni a la OPS-Cepis dado que el método gravimétrico presentaba algunas desventajas relacionados con el instrumental y sobre todo con el análisis de la muestra. Pues, para mantener un muestreo comparable, se requería de un impecable manejo de los filtros por parte de los técnicos

---

<sup>51</sup> Cepis, *RedPanair: Informe 1967-1974*, 1976, p. 8.

<sup>52</sup> OMS, *op., cit.*, 1977, p. XI.

<sup>53</sup> Cepis, *op., cit.*, p. 8.

tanto al colocarlos y retirarlos como en el laboratorio y durante su transporte, para que su contenido no fuera alterado por la humedad en el ambiente, afectando con ello el peso del filtro, comprometiendo la validez de los resultados. Además, el instrumental requería calibraciones y trabajo de mantenimiento constante para el cual los técnicos no estaban capacitados.

No obstante, esta controversia también tenía connotaciones personales entre Humberto Bravo y Enrique Márquez Mayaudón, quienes habían trabajado juntos en la Dirección de Higiene Industrial al mando de Gustavo Viniegra en la administración anterior. Es tal vez por esta razón que en un principio Enrique Márquez, en ese momento Director de Higiene Ambiental y responsable del programa de mediciones con la OPS, no veía con buenos ojos el cambio de tecnología, pues los esfuerzos realizados hasta el momento para evaluar la calidad del aire en la Ciudad de México –el montaje e instalación de los dispositivos, el muestreo y el análisis de los contaminantes, los reportes generados y las diversas reuniones de trabajo– estaban siendo desacreditados por Humberto Bravo. La incorporación de nuevas metodologías e instrumentos significaba también empezar la serie de mediciones de nuevo. En 1971, además de suscribir el argumento del mayor costo, argumentaba que estos no eran lo suficientemente confiables, porque pesar pequeñas cantidades podía producir más errores que medir la mancha:

Para la identificación y cuantificación de contaminantes se utilizan equipos y métodos complicados. En el caso del aire, las concentraciones existentes a veces son fracciones de millonésimas de gramo de sustancia por metro cúbico de aire. Los equipos y métodos no pocas veces resultan de poca confiabilidad para precisar estas concentraciones y la mayoría de las veces no es justificable una fuerte erogación para realizar programas de investigación sobre la concentración de contaminantes, utilizando estos métodos de alto costo que además, requieren personal especializado y mantenimiento bastante oneroso.<sup>54</sup>

No obstante, sería el propio Enrique Márquez Mayaudón quien apoyaría unos años más tarde la compra de los instrumentos de alto volumen y el uso del método gravimétrico. Pero no por sugerencia de Humberto Bravo, sino básicamente porque, por un lado, la Dirección de Higiene Ambiental y su sucesora la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente empezaron a tener muchísimo contacto y también a trabajar con personal de las agencias ambientales de Estados Unidos. La difusión de instrumentos y técnicas a través del contacto directo se institucionalizó, con visitas y estancias cortas y largas, así, por ejemplo, en el informe de actividades de septiembre de 1971 a agosto de 1972, se reporta un amplio intercambio con este país:

---

<sup>54</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Contaminación ambiental”, en *Salud Pública de México*, marzo-abril, 1971, p. 136.

En materia de preparación de personal se ha enviado para especialización a dos elementos a Durham Carolina del Norte...

Visita del Sr. William D. Ruckleshaus de la Agencia Ambiental Estadounidense y reunión de trabajo para intercambiar puntos de vista sobre problemas de contaminación ambiental.

Seminario sobre problemas de contaminación entre la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y representantes de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, del 3 al 5 de febrero de 1972.

Se realizó un curso sobre control de partículas suspendidas en colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Agencia de Protección Ambiental estadounidense, del 3 al 7 de abril de 1972, con asistencia de 96 participantes públicos y privados.

Viaje de estudio a la ciudad de Los Ángeles y San Francisco, California, Estados Unidos, de un grupo de miembros de la subsecretaría e iniciativa privada, del 1 al 6 de mayo de 1972, para obtener e intercambiar información sobre métodos de investigación y control del deterioro ambiental.<sup>55</sup>

Puede apreciarse el inicio de una buena relación entre las autoridades mexicanas responsables del programa de medición de la contaminación atmosférica y los mandos de las agencias ambientales estadounidenses. Aunque evidentemente detrás de ello estaba el interés estadounidense de promover su tecnología, pues ésta no se difunde sola requiere convencer, mostrarse y enseñarse.

Y por otro lado, por el reconocimiento que iba ganando el método gravimétrico, pues en 1976 la OMS y la OCDE lo incorporaron en sus programas de medición, esto puede verse en el documento *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire*,<sup>56</sup> donde se reúnen los métodos que a juicio de la OMS eran los más eficaces para la evaluación de la contaminación atmosférica. Entre ellos podemos encontrar al método gravimétrico de la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA) para muestras de gran volumen, el método gravimétrico de la OCDE, el método del filtro manchado de la OCDE y el método del filtro manchado de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés, American Society for Testing and Materials). En aquel momento estos métodos eran mejor conocidos y más utilizados.

No obstante, el programa de mediciones de la OPS–Cepis continuó trabajando durante toda la década de los años setenta con el método de la reflectancia. El cambio de tecnología en un principio tampoco parecía agradaarle al director de OPS, Abraham Horwitz, pues durante su discurso en la ceremonia de clausura del Simposio Ambiente, Salud y Desarrollo de 1974 realizado en la Ciudad de México, hizo el siguiente comentario respecto al uso de metodologías e instrumentos de última generación: “Ellas [las normas y las técnicas más adecuadas] no deberán de ser necesariamente

---

<sup>55</sup> Véase: Informe de actividades (septiembre de 1971 a agosto de 1972), Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, Sección: Secretaría Particular, caja 1, expediente 4, 1958-1969, 100 fojas.

<sup>56</sup> Véase: OMS, *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire*, Ginebra, OMS, 1977, 114 pp.



siempre las más modernas en cuanto a equipos e instrumentos.”<sup>57</sup> En este comentario vemos la crítica y el desacuerdo de este organismo, pues el cambio de tecnología le restaba miembros en su programa y con ello también preminencia en el asunto. México era uno de los miembros más activos en el programa, había contribuido desde que se inició y hasta el año de 1974, con un total de 44 mil 290 muestras, la cifra más alta para toda la red, que equivalía al 29.2 % de todas las muestras recibidas.<sup>58</sup> También era uno de los países con el mayor número de estaciones: Colombia tenía el primer lugar con 19 estaciones, Brasil el segundo lugar con 15 estaciones y México el tercero con 14 estaciones. No obstante reconocería unos años más tarde que la tendencia en la mayoría de las ciudades para la medición de partículas suspendidas era el empleo del método gravimétrico, a pesar de su mayor costo y complejidad, por considerarse más directo y exacto.<sup>59</sup>

Otros funcionarios mexicanos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente también se oponían. Humberto Romero Álvarez, opinaba que la OPS–Cepis era “sin duda el organismo que más había contribuido en todos los órdenes a mejorar la tecnología y el propio saneamiento ambiental en Latinoamérica”.<sup>60</sup> Insistía en la conveniencia de estudiar y perfeccionar la tecnología que ya se utilizaba en el programa RedPanaire, la que argumentaba se encontraba acorde con la realidad económica y social latinoamericana –pero como veremos más adelante esta postura también estaba relacionada con no afectar las actividades industriales del país—. En este mismo sentido Gerardo Cruickshank García, subsecretario de planeación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, subrayaba también el hecho evidente de que los métodos y normativas no podían difundirse sin ajustes, sin reflexionar sobre las condiciones locales:

... no es prudente importar indiscriminadamente una tecnología desarrollada en los países más avanzadas en la materia, porque ello nos llevaría a aplicar soluciones que incrementarían nuestra dependencia tecnológica. Tenemos que actuar con base en nuestra propia investigación, desarrollando una tecnología adecuada para cada país y resolver los problemas en el marco de las características físicas de su territorio y, fundamentalmente, de acuerdo con nuestra realidad humana y económica.<sup>61</sup>

No obstante, en 1975 la administración mexicana abandonó completamente el programa de mediciones con la OPS, en su lugar se compró la red automática de monitoreo atmosférico de origen holandés, así como los muestreadores de grandes volúmenes de origen estadounidense para las

---

<sup>57</sup> Abraham Horwitz, “Discursos de ceremonia de clausura”, en *Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas*, 1976, p. 559.

<sup>58</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe 1967-1974*, 1976, p. 39.

<sup>59</sup> Cepis, *RedPanaire: Informe final 1967-1980*, 1982, p. 8.

<sup>60</sup> Humberto Romero Álvarez, “El saneamiento ambiental, la tecnología y su correlación internacional”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1974, p. 762.

<sup>61</sup> Gerardo Cruickshank García, “Discursos de ceremonia de clausura” en *Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas*, 1976, p. 546.

partículas suspendidas y los equipos medidores de gases para el bióxido de azufre con los que se formaría la red manual de monitoreo atmosférico como veremos más adelante.

## 2.4. El quinto jinete del apocalipsis

En la década de los años setenta la contaminación atmosférica, del agua y el suelo cobró importancia. Fue el centro de debate en múltiples conferencias, simposios, y congresos mundiales; además del motivo de lucha de movimientos ciudadanos<sup>62</sup> y el argumento de los influyentes libros *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson y el informe de *Los Límites del Crecimiento* realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, así como de publicaciones como *Una sola Tierra: el cuidado y conservación de un pequeño planeta*, escrito por Barbara Ward y René Jules Dubos. Pero además, lo que puso en el centro del debate a la contaminación ambiental fue tanto el crecimiento exponencial del planeta que tenía como consecuencia el incremento desmedido de bienes y servicios; como la crisis del petróleo, que cuestionó el modelo industrial y puso en evidencia el problema de la limitación de recursos. La relación con la naturaleza que hasta entonces había sido de dominio, de explotación desmedida y de servicio para el supuesto progreso de la humanidad empieza a ser problematizada. Nace entonces la preocupación por las consecuencias del desarrollo económico.

La actividad de medir el polvo en la atmósfera creció con el número de estaciones, y con ello la Dirección de Higiene Industrial cambió su nombre en 1970 a Dirección de Higiene Ambiental. El cambio estaba justificado por sus nuevas funciones y orientación, pero sobre todo indica que el espacio industrial ya no podía funcionar como modelo para la determinación de los análisis de contaminación. Esta dirección empezó a justificar su existencia no sólo como organismo controlador de emisiones contaminantes industriales, sino como vigilante del “ambiente” en general, de toda la atmósfera de la nación. Se asistía a y también se organizaba, cursos, seminarios y conferencias internacionales. También se capacitaba a “personal sanitario de Guadalajara, Jalisco; Monterrey, Nuevo León; Ciudad Juárez, Chihuahua y a elementos de la Comisión Federal de Electricidad”<sup>63</sup> para el desarrollo de programas de control de la contaminación ambiental.

Con la administración del presidente Luis Echeverría, la Dirección de Higiene Ambiental fue sustituida en enero de 1972, por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente,<sup>64</sup> la tercera

---

<sup>62</sup> Véase: Luis Lemkow y Fred Buttel, *Los Movimientos ecologistas*, Madrid, Mezquita, 1982. 121 pp.

<sup>63</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Contaminación ambiental”, en *Salud Pública de México*, marzo-abril 1971, p. 138.

<sup>64</sup> SSA, “Acuerdo por el que se crea en la Secretaría de Salubridad y Asistencia la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente”, en *DOF*, 29 de enero, 1972, pp. 2-3.

dependencia de mayor jerarquía de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.<sup>65</sup> Sus funciones y personal aumentaron increíblemente: en sus orígenes la dependencia quedó integrada por un Consejo Técnico con calidad de órgano asesor y cinco direcciones generales abocadas a los aspectos de coordinación, investigación, operaciones y promoción, planeación, evaluación y supervisión, así como unidades de apoyo en asuntos internacionales, legales y administrativos, además de delegaciones de mejoramiento del ambiente en el interior del país.<sup>66</sup> [Véase. Anexo 9. Funciones de la primera administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Reglamento Interior de la SSA (DOF 10 agosto de 1973)]. Es de destacarse que sus atribuciones y margen de acción se ampliaron. A esta nueva estructura le tocaba desarrollar la política mexicana para el mejoramiento del ambiente, establecer programas en relación con la prevención y control de la contaminación, aplicar medidas correctivas y de seguridad, evaluar y certificar emisiones contaminantes así como desarrollar las normas técnicas que considerara necesarias y llevar a cabo los estudios científicos en dicho ámbito. Dentro de esta estructura fue la Dirección General de Investigación, a cargo de Enrique Márquez Mayaudón, la encargada de llevar a cabo las mediciones de los contaminantes. En la Subsecretaría de Mejoramiento Ambiental laboraban “450 funcionarios, de los cuales aproximadamente el cincuenta por ciento correspondía a profesionales de distintas disciplinas”<sup>67</sup> que tenían como función principal “abatir la creciente contaminación ambiental en sus diversas formas”<sup>68</sup>. Como vemos, se reorganizó completamente la estructura administrativa para la gestión y control de la problemática. La contaminación se había incorporado a la política como un nuevo actor. En estos años se llevaron a cabo grandes reuniones, por ejemplo, en enero de 1973 se organizó la Primera Reunión Nacional sobre problemas de Contaminación Ambiental y un año después el Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas, un evento al que asistieron representantes de América Latina, Estados Unidos y Canadá. Además también se empezaron a producir diversos materiales para dar a conocer la problemática como timbres postales, cuentos infantiles, folletos de caricaturas, y hasta un cortometraje: *Contaminación, quinto jinete* de Alfredo Gurrola González, exhibido en 1976. También se organizó un concurso fotográfico y se llevó a cabo la campaña “adopta un árbol”. [Véase. Anexo 10. Timbre postal y portada de concurso fotográfico]

---

<sup>65</sup> Cabe mencionar que Francisco Vizcaíno Murray ocupó el cargo de Subsecretario de Mejoramiento del Ambiente solamente después de que Marco Aurelio Torres se viera obligado a renunciar la primera semana de su nombramiento por problemas de salud. “5 días duró en el cargo el Subsrio. del Ambiente”, en *Excelsior*, 25 de enero, 1972, pp. 1 y 10.

<sup>66</sup> SSA, “Manual de Organización de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente” [en línea], p. 13.

SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 10 de agosto, 1973, pp. 17–29.

<sup>67</sup> Ricardo Haddad, “Contaminación del aire, situación actual en la América Latina y el Caribe”, en *Simposio sobre ambiente salud y desarrollo en las américas*, 1974, p. 133.

<sup>68</sup> SSA, “Manual de Organización de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente” [en línea], p. 23.

Esta primera estructura administrativa fue modificada en tres ocasiones durante la siguiente gestión correspondiente al presidente José López Portillo (1976–1982). La estructura horizontal administrativa con la que surgió la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, que básicamente trataba de asegurar un proceso, tenía el inconveniente de no poder atender programas y problemas específicos, por lo que el cambio se orientó hacia una cobertura más amplia, que cubriera los campos del saneamiento ambiental –agua, aire, desechos sólidos, ruido, alimentos entre otros– con el fin de determinar los efectos que producía la contaminación en el medio ambiente y en la salud.<sup>69</sup> Así el Reglamento Interior de la Secretaría de Salubridad, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 31 de agosto de 1977, señalaba que la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente la integraban las siguientes ocho direcciones generales: en Jefe de Mejoramiento del Ambiente; Efectos del Ambiente en la Salud; Investigaciones y Normas Sanitarias de los alimentos; Programas Especiales de Saneamiento; Saneamiento del Agua; Saneamiento Atmosférico; Promoción del Saneamiento Ambiental y finalmente de Sistematización y Análisis Ambiental. Además de unidades de apoyo en materia legal y administrativa así como las delegaciones estatales de mejoramiento del ambiente. [Véase. Anexo 11. Funciones de la segunda administración de la Subsecretaria de Mejoramiento del Ambiente. Primer cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 31 de agosto de 1977)]. En esta nueva estructura, la Dirección de Saneamiento Atmosférico fue la encargada de llevar a cabo la vigilancia de la calidad del aire mediante la Subdirección de Evaluación, que a su vez tenía a su cargo la red manual y la red automática.

No obstante, esta estructura se modificó al año siguiente: el 9 de junio de 1978 se publicaron los cambios en el *Diario Oficial de la Federación*, y en esta ocasión desaparecieron las direcciones generales de: Investigaciones y Normas Sanitarias de los alimentos así como la de Sistematización y Análisis Ambiental, en tanto que se disminuyó el rango de la de Promoción del Saneamiento Ambiental, quedando como Dirección de Promoción y Divulgación del Saneamiento Ambiental. Las cinco direcciones generales de esta nueva estructura fueron las siguiente: Coordinación y Control Ambiental (antes Jefe de Mejoramiento del Ambiente), Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud, Programas Especiales de Saneamiento, Saneamiento del Agua y Saneamiento Atmosférico. Aunque aparentemente no cambiaron mucho, sus competencias fueron acortadas durante este periodo –sobre todo en el ámbito de investigación y expedición de normativas–. Este fue el periodo más difícil hasta ese momento para la vigilancia de la calidad del aire, como veremos en los siguientes apartados. [Véase. Anexo 12. Funciones de la segunda administración de la Subsecretaria

---

<sup>69</sup> *Ibidem*.

de Mejoramiento del Ambiente. Segundo cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 9 de junio de 1978)].

Una vez más esta organización fue reestructurada cuando en 1980 Emilio Martínez Manatou, Secretario de Salubridad y Asistencia, fue sustituido por Mario Calles López Negrete; en tanto que Humberto Romero Álvarez, Subsecretario de Mejoramiento del Ambiente fue remplazado por Manuel López Portillo y Ramos. La nueva organización de esta subsecretaría adquirió legitimidad con la publicación del Reglamento Interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en el *Diario Oficial de la Federación* del 16 de marzo de 1981. La subsecretaría quedó integrada por cuatro direcciones generales: Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud; Saneamiento Atmosférico; Saneamiento del Agua y finalmente Saneamiento del Suelo y Programas Especiales, sus nuevas atribuciones les permitirían formular normas de saneamiento y vigilar su aplicación. La Dirección General de Coordinación y Control Ambiental desapareció. Adicionalmente se crean dos unidades: una de Análisis de Obra Pública e Impacto Ambiental y otra de Educación y Promoción de Saneamiento Ambiental. Así, como la Coordinación General de Delegaciones Estatales. [Véase. Anexo 13. Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Tercer cambio. Reglamento Interior de la SSA (DOF 16 de marzo de 1981)].

Como vemos, los cambios no son menores sobre todo porque se realizaron en un periodo muy corto, lo que pone en evidencia lo poco operante de la misma, si bien es cierto que el asunto de la contaminación y la protección al ambiente era algo muy reciente abordado por el gobierno en la magnitud y en la medida con la que se efectuaron también lo es que no quedaba claro la política y las acciones que debían emprenderse. Los ajustes en la estructura y en las funciones no pararon, con ello puede advertirse también la falta de planeación y organización para resolver los problemas ambientales locales, lo que hace pensar, hasta qué punto realmente se tomaba en serio la protección del ambiente [Véase. Anexo 14. Cambios en la estructura administrativa de la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente, SSA (1972-1982)].

Adicionalmente, estaba el problema de la duplicación o traslape de las actividades, pues varias secretarías de estado convergían en el asunto, no estaba claro la responsabilidad de cada una de ellas o hasta qué punto les correspondía atender una determinada situación. Ante este caos, en agosto de 1978 se creó por acuerdo presidencial, la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental (CISA),<sup>70</sup> integrada por 15 secretarías<sup>71</sup> y el Departamento del Distrito Federal (DDF), con el

---

<sup>70</sup> Véase: SSA, “Acuerdo por el que se crea la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental”, en *DOF*, 25 de agosto, 1978, pp.15–16.

propósito de formular y proponer las bases de coordinación entre las dependencias participantes, con las entidades federativas y otras de carácter público y privado, así como elaborar y promover la realización de estudios y brindar asesoría, aunque seguramente no resolvió todos los problemas si elaboró el *Programa coordinado para mejorar la calidad del aire en el Valle de México*.<sup>72</sup>

#### **2.4.1. La resistencia de los industriales ante la legislación de lucha contra la contaminación atmosférica**

La propuesta política mexicana para el control de la contaminación atmosférica estaba centrada en lo que era conocido como “la aplicación de las mejores técnicas disponibles” también llamada “mejores medios practicables”<sup>73</sup> que consistía en el control de las fuentes con el fin de evitar emisiones contaminantes, mediante el uso de todos los conocimientos tecnológicos existentes y en la actualización de esa tecnología conforme surgiera, Reino Unido era pionero en la aplicación de esta metodología, desde los años cincuenta había fijado normas de emisión que limitaban la concentración de los contaminantes descargados, e incluso en algunos casos obligaba a las fábricas a utilizar tecnología de última generación para evitar las emisiones. En 1977, el Departamento del Ambiente de esa nación sostenía: “Nuestro enfoque consiste en atacar las fuentes de la emisión, de donde se sigue una calidad de aire generalmente aceptable”.<sup>74</sup> Se suponía que si las fábricas usaban los mejores métodos de control disponibles a un costo accesible, la calidad del aire no empeoraría. El marco regulatorio mexicano constituido por la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental y el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos estaban basados en este modelo como a continuación veremos, sin embargo debido a la amplia resistencia del sector más afectado: los industriales, es que este modelo poco contribuyó al control de la contaminación, en este apartado

---

<sup>71</sup> Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Defensa Nacional (SDN), Secretaría de Comercio (Secom), Secretaría de Turismo (Sectur), Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (Sepafi), Secretaría de Gobernación (SG), Secretaría de Marina (SM), Secretaría de Pesca (SP), Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS).

<sup>72</sup> Para un análisis de las estrategias políticas de este programa véase: José Luis Lezama, *Aire Dividido: Crítica a la política del aire en el Valle de México*, México, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de desarrollo Urbano, 2000, 330 pp.

<sup>73</sup> El enfoque “administración del recurso aire” consideraba la anterior propuesta por lo que proponía la promulgación de normas de calidad del aire con el fin de indicar cuánta contaminación podía tolerarse supuestamente sin peligro en el aire, Estados Unidos de América, la Unión Soviética y Alemania fueron pioneros en este rubro.

<sup>74</sup> Maurice Frankel, *Manual de anticontaminación: Cómo evaluar la contaminación del ambiente y de los lugares de trabajo*, 1982, p. 175.

observaremos la red de conflictos en la que confluyen y colisionan conocimiento, poder, y posibilidades de acción.

En México la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 23 de marzo de 1971, fue la primera medida en la materia, establecía normas obligatorias para el mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente, así como sanciones para los infractores, en todo el país, aunque en realidad su primer ámbito de aplicación era el Distrito Federal. Estaba integrada por 34 artículos, desarrollados en 5 capítulos y 2 artículos transitorios. El esquema de esta ley era el siguiente: Disposiciones Generales (artículos del 1 al 9); De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire (artículos del 10 al 13); De la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas (artículos del 14 al 22); De la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos (artículos del 23 al 28); Sanciones (artículos del 28 al 34). El Capítulo Segundo De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire constaba de cuatro artículos. En el primero se declaraba que quedaba prohibido, sin sujetarse a las normas correspondientes, expeler o descargar contaminantes, que alteraran la atmósfera en perjuicio de la salud y de la vida humana, la flora, la fauna y en general los recursos o bienes del estado o de particulares, por lo que la descarga de contaminantes en la atmósfera como polvos, vapores, humos, gases, materiales radioactivos entre otros, debería sujetarse a las normas que se especificarían en el reglamento. En el segundo, se clasifican las fuentes emisoras de contaminantes en naturales y artificiales. Las fuentes naturales incluían áreas de terrenos erosionados, terrenos desecados, emisiones volcánicas y otras semejantes (como he señalado en el primer capítulo, la desecación del lago de Texcoco no fue un proceso natural, las muchas administraciones, desde la colonia hasta el siglo XIX, interesadas en evitar las inundaciones de la ciudad elaboraron proyectos para desecar el lago, por lo que esta clasificación es cuestionable, parece más bien que con ella el gobierno encuentra una manera de deslindarse de la responsabilidad). Las fuentes artificiales se clasificaban en fijas –fábricas, calderas, talleres, termoeléctricas, refinerías y plantas químicas y cualquiera otra análoga a las anteriores–; las móviles –vehículos automotores de combustión interna, aviones, locomotoras, barcos, motocicletas, automóviles y demás similares–; y las diversas –incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos y otras que consumieran combustibles que pudieran producir contaminación–. En el tercero, se asignaba la función de supervisar y calificar a toda actividad generadora de contaminación del aire a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, al Consejo de Salubridad General y también a las Secretarías de Recursos Hidráulicos, Agricultura y Ganadería e Industria y Comercio. Y en el cuarto, se refería a la creación de un programa para evaluar e investigar la calidad del aire.

Poco después, el 4 de mayo de 1971, se formó la Comisión Jurídico Consultiva<sup>75</sup> para definir los programas, disminuir la contaminación y para crear un reglamento que tendiera a facilitar el cumplimiento de la ley antes mencionada. Sin embargo, esta comisión dada la importancia que el asunto tenía para el gremio industrial quedó sustituida dos semanas después, el 17 de mayo de 1971, por la Comisión Nacional Tripartita creada por el Presidente de México con el fin de que el gobierno junto con el sector empresarial y el sector obrero estudiaran los diez temas más importantes del país, entre ellos la contaminación ambiental, lo que derivó, no sin debate y desacuerdo en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 17 de septiembre de 1971. El Reglamento sería válido en todo el país con el fin de proveer la observancia de la Ley en cuanto a emisión de humos y polvos en la atmósfera, correspondiendo a las autoridades dependientes del ejecutivo en cada estado de la república apoyar su aplicación. Estaba integrado por 79 artículos, desarrollados en 9 capítulos y 4 artículos transitorios. El esquema y las disposiciones más importantes eran las siguientes:

1. Disposiciones Generales (artículos del 1 al 8). Se exponía por un lado, la necesidad de expedir licencias o permisos para las industrias nuevas que por sus procesos productivos lanzaran grandes cantidades de emisiones contaminantes a la atmósfera. Y por otro, hacía referencia a las medidas fiscales que el ejecutivo dictaría para facilitar la adquisición de equipo para evitar, controlar y abatir la contaminación causada por emisión de humos y polvos provenientes de las industrias.

2. Emisión de Humos y Polvos (artículos del 9 al 33). En este apartado se señalaba como se valorarían las emisiones vehiculares e industriales. Respecto a las primeras, la SSA describiría las características, uso e interpretación de la Carta de Humo Ringelmann,<sup>76</sup> para evaluar las emisiones de humos provenientes de equipos estacionarios de combustión existentes, equipos estacionarios de combustión nuevos e incineradores, así como de vehículos de combustión interna que operaran con

---

<sup>75</sup> La comisión estaba integrada por Enrique Márquez Mayaudón Director de Higiene Industrial de la SSA. Los ingenieros químicos Francisco A. Sáenz y Sáenz y Francisco Ciprés Huante de la Dirección General de Gas de la Secretaría de Industria y Comercio y el ingeniero Jorge Augusto Velasco Jiménez de la Dirección de Obras Públicas del Departamento del Distrito Federal. Se contemplaban los siguientes aspectos: 1. legislación, 2. procesos industriales, 3. combustibles, 4. desperdicios, 5. recolección y tratamiento de basuras, 6. obras en zonas urbanas y suburbanas, 7. inspección y vigilancia (se creará un cuerpo inspectores que verá que se cumpla el reglamento), 8. sanciones y recursos, y 9. información al público y educación. A. Ortiz Reza, “Funciona ya la Comisión Contra el *Smog* en el DF”, en *Excelsior*, 28 de enero, 1970, p. 1.

<sup>76</sup> Este método desarrollado para evaluar el humo negro de las calderas que utilizaban carbón como combustible fue desarrollado por Maximilian Ringelmann a finales del siglo XIX en París. En México se ha utilizado oficialmente desde la década de los años setenta para medir los humos producidos por combustión en fuentes fijas. Véase: SSA, “Instructivo que describe las características, uso e interpretación de la Carta de Humo de Ringelmann”, en *DOF*, núm. 20, México, 25 de enero, 1972, p. 10–12.



gasolina y con diésel. Además se retirarían de la circulación los vehículos en mal estado de su motor, y se someterían a horarios y rutas los vehículos de carga y descarga. Respecto a las emisiones industriales se mencionaba que en toda operación, proceso o actividad industrial, la emisión de polvos no debía exceder las cantidades indicadas en el reglamento respecto al peso del proceso correspondiente o en relación al volumen de gas en la fuente. Además de que en toda actividad industrial el propietario del establecimiento debería adoptar y aplicar el sistema establecido para la emisión de polvos fugitivos, base para obtener licencia de instalación de industrias nuevas.

3. Medidas de orientación y educación (artículos del 34 al 43). Correspondía a la Secretaría de Agricultura y Ganadería, el Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización, la Secretaría de Educación Pública, la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, la Secretaría de la Defensa, la Secretaría de Marina, a las Cámaras de la Industria y las Nacionales de Comercio, así como sus confederaciones practicar actividades tendientes a la orientación, difusión, y educación del problema de contaminación atmosférica, sus consecuencias y medidas para controlarla, prevenirla y abatirla de acuerdo a sus campos de operación.

4. Vigilancia e Inspección (artículos del 44 al 58). La SSA establecería estaciones de muestreo para determinar el grado de contaminación atmosférica y haría visitas a través de un cuerpo de inspectores para la evaluación de las fuentes contaminantes y para verificar el cumplimiento del reglamento, pudiendo dictar medidas de prevención inmediatas conforme la gravedad de la fuente contaminante. Las visitas podían ser ordinarias o extraordinarias sujetándose a las órdenes de la SSA giradas mediante oficio.

5. Sanciones (artículos del 59 al 64) Respecto a las sanciones, las multas iban de 50 mil a 250 mil pesos (el salario mínimo general promedio en México durante 1971 era de casi 28 pesos) para los propietarios de motores de combustión interna de gasolina o de diésel que emitieran humos contaminantes. Para las industrias las sanciones podían ser desde multas que iban de los 20 mil a 100 mil pesos, la clausura temporal hasta la clausura definitiva. Finalmente se explicaba el procedimiento para aplicar las sanciones (artículos del 65 al 70), cómo procedería el recurso administrativo de inconformidad (artículos del 71 al 74), las acciones populares para combatir la contaminación atmosférica (artículos del 75 al 78) y en el artículo 79 se incluían las definiciones de los términos caloría, emisión, equipo existente, nuevo, de combustión y de control, combustión a cielo abierto, fuente de operación múltiple, humo, incinerador, opacidad, peso de proceso, peso de proceso por hora, polvo, polvo fugitivo y proceso.

Derivado de este reglamento se generaron una serie de medidas fiscales enfocadas en la descentralización de la industria y en la modificación o adquisición de equipo anticontaminante. Para fomentar la descentralización de la industria se creó un fideicomiso para el desarrollo regional y la creación de conjuntos, ciudades y parques industriales; se pusieron en marcha comisiones con el fin de promover el desarrollo fuera del Distrito Federal,<sup>77</sup> y se fomentó la creación de una política educativa tendiente a fortalecer la enseñanza técnica y universitaria en la provincia, así como la creación de institutos tecnológicos regionales. Y para la adquisición de equipo anticontaminante se establecieron estímulos, ayudas y facilidades fiscales<sup>78</sup> que consistían en subsidios y extensiones para su compra, los que debían obtenerse antes del 17 de mayo de 1974, momento en el que mediante la SSA se empezarían a hacer cumplir las sanciones que indicaba el Reglamento, lo que evidentemente causó descontento en el sector industrial a quien nunca antes se le habían puesto medidas ambientales.

Con estas políticas el sector industrial se sintió amenazado como lo expresa Fernando Yllanes Ramos, miembro de la Confederación de Cámaras Industriales de la República Mexicana: “Al ser atacado el Sector Industrial como responsable de la contaminación, ya un poco a la defensiva, hubimos de decir al señor Presidente que *el buen juez por su casa empieza* y que si la contaminación ambiental se provocaba en mayor parte por dependencias del gobierno, que este cumpliera su deber”.<sup>79</sup> El gremio industrial se escudaba mencionando la gran contaminación proveniente de las refinerías, las termoeléctricas y los ferrocarriles, así como de la falta de transporte público y de camiones de basura, que propiciaban respectivamente el uso del automóvil particular y los muladares. José Terrones Langone presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (Canacintra) mencionaba: “Nos dolemos de ver las áreas deforestadas, la erosión creciente; el crecimiento en nuestros municipios de basureros.”<sup>80</sup> Como vemos el sector industrial se defendía señalando la responsabilidad del gobierno sobre estos rubros y otros como el crecimiento demográfico, enfocando la problemática lejos de la industria, haciendo valer otro concepto de contaminación, que ocultaba o por lo menos suavizaba su responsabilidad.

---

<sup>77</sup> Véase: Sergio Luis Cano, “Descentralización industrial”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, pp. 179–187.

<sup>78</sup> Véase: Secretaría de Industria y Comercio, “Decreto que señala los estímulos, ayudas y facilidades que se otorgarán a las empresas industriales a que se refiere el Decreto del 23 de noviembre de 1971”, en *DOF*, núm. 17, México, 20 de julio, 1972, pp. 3–7.

<sup>79</sup> Fernando Yllanes Ramos, “Criterios legales en el control de la contaminación ambiental”, en *I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 162.

<sup>80</sup> José Terrones Langone, “Palabras del presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 30.

Los descontentos originados por las medidas establecidas en las leyes, reglamentos y decretos del sector privado en particular de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (Canacintra) fueron expuestos y discutidos en la *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental* realizada del 14 al 19 de enero de 1973, en la unidad de congresos del Centro Médico Nacional. En este foro se pusieron sobre la mesa los argumentos del sector industrial, el cual se resistía claramente a las medidas que la administración federal había establecido, mientras que los funcionarios de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente comentaban las acciones emprendidas y las ventajas de las medidas propuestas para la lucha contra la contaminación. No obstante, ambos bandos coincidían en diferentes niveles que la industrialización no podía detenerse en aras de la protección al ambiente. Veamos ahora la disputa entre ambos sectores:

Dos de las iniciales posturas adoptadas por el sector industrial fue el cuestionamiento de la veracidad de la problemática, pues a menudo se exigían pruebas firmes de que las concentraciones existentes eran nocivas; y segundo la creencia de que se trataba de un impedimento por parte de los países desarrollados para que países como México, que estaban en vías de desarrollo, no alcanzarán tan deseado progreso. William D. Ruckelshaus, administrador de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (EPA) mencionaba en enero de 1973, durante la *I Reunión Nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, que sabía muy bien de la desconfianza hacia la problemática ambiental de algunas personas que:

“Afirman que eso de la contaminación era un plan, bastante mal disimulado, para obligar a los países en desarrollo a pagar los excesos que quienes los precedieron por la senda de la industrialización. Están convencidas de que la preocupación por el medio natural del hombre no es sino un esfuerzo de las naciones desarrolladas para impedir que el resto del mundo alcance sus legítimas aspiraciones de progreso.”<sup>81</sup>

En este mismo sentido Allen Kneese, director del proyecto de recursos para el futuro de la región del suroeste de Estados Unidos de América, en su ponencia “Desarrollo y Ambiente”, durante el Simposio sobre Ambiente Salud y Desarrollo en 1974, hace referencia a una postura similar entre los países en desarrollo respecto a la protección del ambiente:

El argumento es el siguiente: ustedes (los países desarrollados) han extinguido especies, corrido riesgos, y utilizando promiscuamente sus recursos para lograr el desarrollo, y ahora ustedes son ricos y sensibles con respecto a su salud y su contorno, y desean permanecer por encima de los demás. No nos

---

<sup>81</sup> William D. Ruckelshaus, “Algunas observaciones sometidas a la consideración de la conferencia nacional sobre problemas de la contaminación del ambiente”, en *I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 27.

quieren dar a nosotros (los países en desarrollo) la oportunidad de utilizar nuestros recursos en forma de mejorar nuestra riqueza material si esto involucra cualquier riesgo o la destrucción de cosas que ustedes consideran valiosas. Una vez que nos hayamos desarrollado como ustedes lo hicieron comenzaremos a preocuparnos por los problemas del ambiente. Para entonces puede que también contemos con recursos como los que ustedes tienen ahora, lo que hará esto posible sin mucho sacrificio para nuestro bienestar material.<sup>82</sup>

Para no pocos industriales y algunos funcionarios públicos esta perspectiva parecía muy injusta, dado que se quería imponer a los países pobres, cargas o responsabilidades que consideraban desproporcionadas para la solución de problemas que ellos no habían creado, por lo que argumentaban que eran justamente los países industrializados a quienes les correspondía un significativo y primordial papel en la lucha contra la contaminación ambiental debido a los desequilibrios ecológicos que habían causado. Humberto Romero Álvarez, en ese momento Subdirector General de Aguas y Saneamiento del Departamento del Distrito Federal y quien ocuparía en 1976 la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente, opinaba que ya que eran los países más desarrollados los que generaban más contaminación y los que se aprovechaban de los países en desarrollo tanto al venderles las tecnologías anticontaminantes, como debido a que estos países y sus empresas trasnacionales accedían en los países pobres a mano de obra y energía más baratas, escapando también de la normativa estricta contra la contaminación de sus países, reclamaba de las naciones industrializadas mayor solidaridad y comprensión en el aprovechamiento equitativo de los recursos naturales,<sup>83</sup> permitiendo así que el crecimiento de los países pobres se hiciera con mayores recursos. Este funcionario, abogaba por políticas en la materia que no comprometieran el crecimiento de México, y como hemos visto por tecnologías laxas para la medición de la contaminación atmosférica.

Un argumento bastante utilizado por el sector industrial era el siguiente: dado que el desarrollo industrial estaba asociado con el mejoramiento de la calidad de la vida en los países que como México reinaba la insalubridad y la miseria este no debía verse frenado por el control ambiental. José Terrones Langone, presidente de Canacindra reiteraba en la *I Reunión Nacional de Problemas sobre Contaminación Ambiental* que eran los industriales de México, quienes luchaban por seguir generando riqueza para el país: “Debemos seguir manteniendo la lucha contra la miseria precisamente incrementando las fuentes de trabajo, es innegable que en la trayectoria del actual gobierno y así lo dijo el señor Presidente de la República el día de la inauguración de esta I Reunión,

---

<sup>82</sup> Allen Kneese, “Desarrollo y Ambiente”, en *Simposio sobre Ambiente Salud y Desarrollo en las Américas*, 1976, p. 85.

<sup>83</sup> Humberto Romero Álvarez, *op. cit.*, pp. 756–759.

está prioritariamente la generación de empleos, la generación de empleos, señoras y señores...”<sup>84</sup> El gremio industrial enfatizaba que lo que se hiciera en la lucha contra la contaminación no debía representar un sacrificio en el proceso de industrialización. Idea que era compartida en diferentes grados por algunos funcionarios públicos, entre ellos José Campillo Sáinz, Subsecretario de Industria, de la Subsecretaría de Industria y Comercio, quien mencionaba:

En este batallar constante de nuestro país para mejorar nuestros niveles de desarrollo en todos los órdenes, debemos tratar de hacer compatibles el desenvolvimiento de la actividad económica que permita la elevación de los niveles de vida de quienes constituyen la inmensa mayoría de nuestra población y los esfuerzos que realicemos para la preservación de nuestros recursos naturales en la lucha contra la contaminación del medio ambiente. Se trata, en suma, de mejorar la calidad entera de la vida humana; pero al hacerlo, no debemos olvidar que la insalubridad y la miseria son los más graves contaminantes de los países más pobres.<sup>85</sup>

Enrique Márquez Mayaudón Director General de Investigación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente también mostraba una amplia tolerancia hacia el sector industrial, y aunque no negaba los problemas derivados de su desarrollo, pensaba que el énfasis debía ponerse en los inconvenientes ambientales causados por la pobreza, la ignorancia y la insalubridad, como dos años atrás expresaba:

Hay que tomar en cuenta que para proteger el medio ambiente no se debe realizar una campaña sistemática contra el desarrollo industrial, que representa mejoramiento del nivel de vida y de la economía del país. Pero es de recomendarse una campaña mediada, no solamente contra estos factores de contaminación ambiental, sino contra otros, como los abusos y dispendios que causan proliferación de desperdicios.<sup>86</sup>

En estas citas puede observarse que se enfrentan dos conceptos de contaminación: uno relacionado con la pobreza, el subdesarrollo y la falta de servicios y otro afín con el desarrollo industrial, lo que ha de considerarse como contaminación está relacionado con clasificaciones que no son políticamente inocentes, el énfasis en un determinado aspecto, por un lado, evita la consideración en un tipo de problemas, y por otro, enfoca las políticas y acciones en otro. Como Matthew Crenson muestra las fuerzas económicas y políticas pueden actuar tanto para evitar el acceso a la arena

---

<sup>84</sup> José Terrones Langone, “Palabras del Ing. José Terrones Langone”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 254.

<sup>85</sup> José Campillo Sáinz, “Aspectos Económicos de la Contaminación Ambiental”, en *I Reunión Nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 140.

<sup>86</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Contaminación ambiental”, en *Salud Pública de México*, marzo– abril 1971, p 134.

pública de determinados problemas, como para exponer y resaltar ciertos asuntos.<sup>87</sup> Es así que la lucha contra la contaminación ambiental, no debía afectar las actividades económicas del país de tal forma que comprometiera las perspectivas de crecimiento. El propio Presidente de la República lo manifestaba así en la inauguración de la reunión: “los países en proceso de desarrollo, no por los peligros de la contaminación deben de dejar de industrializarse, para –como a veces se ha querido– ser menos productores de materias primas, sobre todo agropecuarias y seguir dependiendo –como pasa con los países del Tercer Mundo– de la importación de los productos industrializados”<sup>88</sup>

Otro argumento que ponía de manifiesto la resistencia del sector industrial fue el costo que implicaría la adquisición de equipo anticontaminante. José Campillo Sáinz, Subsecretario de Industria de la Subsecretaría de Industria y Comercio expresaba: “El deseo de reparar una parte de los daños infligidos al medio ambiente y de reducir al mínimo el costo ambiental del desarrollo del futuro, representará, en la mayoría de los casos, una nueva absorción de recursos productivos y un factor adicional en el costo de producción.”<sup>89</sup> Lo que dio pie a que bajo este argumento el sector industrial incluso planteara la idea de que los costos por modificación o adquisición de tecnología anticontaminante podían propiciar la inflación en el país.

No obstante, para ganar tiempo en la implementación del equipo anticontaminante, y supuestamente con el fin de no elevar los costos, el gremio industrial propuso tomar la responsabilidad del desarrollo de tecnología nacional anticontaminante, José Terrones Langone mencionaba: “buscamos un desarrollo económico nacionalista... sentimos la necesidad de contar con una tecnología propia y evolutiva que, en vez de subsidiar a la investigación extranjera con excesivos pagos por concepto de

---

<sup>87</sup> Véase: Matthew Crenson, *The un-politics of air pollution: a study of non-decisionmaking in the cities*, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1971, 227 pp. Matthew Crenson muestra las distintas fuerzas políticas involucradas que impiden que el problema de la contaminación del aire se convierta en una preocupación pública. Se pregunta: ¿Por qué algunas ciudades atacan el problema de la contaminación del aire mientras que otras ignoran este mismo problema? ¿Estas variaciones en las agendas políticas son arbitrarias o dependen de factores políticos y económicos? ¿Qué determina que no se tome ninguna decisión ante una problemática como la contaminación del aire? Para responderlas llevo a cabo por un lado un estudio comparativo de las políticas en contaminación del aire, en dos ciudades vecinas, East Chicago y Gary (en Indiana, Estados Unidos) a mediados del siglo pasado. Mientras en East Chicago se realizó una rápida y eficaz política, en 1957 ya tenía una ordenanza para controlar la contaminación del aire, en gran medida dada la fragmentación de la elite industrial –aunque después estas empresas se resistieran a efectuarla con una variedad de gestiones evasivas–. En Gary las acciones fueron lentas e ineficaces dado que la industria siderúrgica estaba dominada por una sola empresa (United States Steel) que hacía lo posible por retrasar la implementación de la ordenanza, la que sólo fue posible hasta el año de 1962, e incluso después de eso, tal industria se negaba a cumplirla. Y por otro lado una encuesta en 51 ciudades estadounidenses con el fin de analizar los factores determinantes que hacían de la contaminación del aire una cuestión política. Crenson sostiene que en ciudades con poca diversidad política y económica el poder industrial puede mantener temas como la contaminación del aire fuera de la agenda política local. Muestra que la política local puede afectar la relevancia de los problemas, para que esté presente o sea ignorada en la escena pública. Crenson ve al gobierno local como una organización política cuyos programas de acción manejan el conflicto en lugar de representar a los ciudadanos.

<sup>88</sup> “Declaratoria de la inauguración por el C. Presidente de la República Lic. Luis Echeverría Álvarez”, en *I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 20.

<sup>89</sup> José Campillo Sáinz, *op. cit.*, p. 138

regalías y asistencia tecnológica, alentaré la nuestra...”<sup>90</sup> Con lo que aceptaban la medida, pero a cambio solicitaban que el desarrollo de la tecnología se llevara bajo su propia supervisión, posponiendo dicha política ganando tiempo y control.

La respuesta a las objeciones del gremio industrial fueron en su mayoría abordadas por Eduardo Echeverría Álvarez, presidente del Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y hermano del presidente de México, en tanto que la postura oficial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia correspondió a Francisco Vizcaíno Murray Subsecretario de Mejoramiento del Ambiente, vemos a continuación en que consistieron:

Eduardo Echeverría Álvarez puso de manifiesto que el gobierno cumplía con los reglamentos en vigor relacionados con la emisión de humos y polvos ya que Pemex había instalado en dos refinerías un sistema de quemadores que realizaban combustiones completas eliminando así la emisión de humo, uno de ellos en la Refinería 18 de Marzo en Azcapotzalco en octubre de 1971. Argumentaba también que “Pemex, producía diésel especial con bajo contenido en azufre para el Área Metropolitana, Guadalajara, Monterrey”<sup>91</sup>. En tanto, que en materia de transporte se sustituía la flota de autobuses que contaminaban altamente la atmosfera por “El autobús de pasajeros “Delfin” que producía menos ruido, menos humo y menos olor a azufre”.<sup>92</sup> Y para reducir la contaminación de los vehículos fabricados en México comentaba que desde 1971 todos los vehículos nuevos tenían ventilación cerrada del cárter y desde 1972 se les había incorporado a los vehículos con motor a gasolina un sistema de control de emisiones evaporativas.<sup>93</sup>

Respecto a los costos por la compra de equipo anticontaminante Eduardo Echeverría Álvarez exponía que no solamente serían para los industriales sino también para el gobierno y para los habitantes en general.

Debemos saber que la lucha contra la contaminación tiene un costo. Constituye una deuda que todos tenemos que cubrir tarde o temprano. Por ejemplo, producir petróleo con menos plomo y azufre sube los costos en un 10 por ciento. Disminuir los gases del escape de un automóvil y recircularlos o introducir un catalizador, tiene un costo extra para el consumidor.<sup>94</sup>

---

<sup>90</sup> José Terrones Langone, “Palabras del presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación”, en *I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 31.

<sup>91</sup> Eduardo Echeverría Álvarez, “Planes y actividades del gobierno federal”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 40.

<sup>92</sup> *Ibidem*.

<sup>93</sup> *Ibid.*

<sup>94</sup> *Ib.*, p. 35.

Además mencionaba que “curar a nuestros pacientes de lesiones por contaminación como conjuntivitis, bronquitis, asma, cáncer pulmonar, diarreas infecciosas y parasitarias, intoxicaciones hematológicas por el DDT [Dicloro Difenil Tricloroetano] y otros hidrocarburos clorados...”<sup>95</sup> implicaba dedicar una buena suma del presupuesto. Y respecto a la tecnología anticontaminante comentaba que amplias eran las ayudas proporcionadas por el gobierno mexicano tales como financiamiento, tratamiento fiscales preferenciales (depreciación y amortización acelerada) y facilidades para la importación de aquella tecnología.

En respuesta al problema de las áreas erosionadas y de los basureros que tanto condenaban los industriales como importantes fuentes de contaminación atmosférica, Eduardo Echeverría Álvarez reconocía la problemática: “Nuestros lomeríos circundantes fueron víctimas de la tala imprevista, pastoreo sin control y cultivos inapropiados. Estos factores han modificado desfavorablemente nuestro clima, facilitan la erosión por el viento y el escurrimiento de las lluvias, azolvan cauces y destruyen manantiales”.<sup>96</sup> Pero, adjudicaba tales errores a las administraciones del pasado y exponía las acciones iniciadas por la presente gestión para disminuir las tolvaneras: “se ha emprendido el 'Plan Verde' que consiste en plantar suficiente número de árboles para la formación de suelos vegetales, para la retención de la humedad, para evitar la erosión y para mejorar la temperatura y la humedad”.<sup>97</sup> Y respecto a los lotes baldíos convertidos en basureros mencionaba lo siguiente: “se estudia un plan para que iniciado primero en lotes propiedad del gobierno y después con la cooperación de los particulares se hagan pequeños jardines y centros de recreación y deporte”.<sup>98</sup>

Respecto al reproche por el desmedido crecimiento demográfico Enrique Márquez Mayaudón en su ponencia “La contaminación atmosférica en México” enfatizaba las acciones en el programa Planificación Familiar y Paternidad Responsable de la Secretaría de Salubridad y Asistencia sobre sus posibles repercusiones positivas en la tasa actual de crecimiento de la población y en la descentralización de la industria. Sobre esto último Sergio Luis Cano presidente del Banco de México aclaraba en su ponencia “Descentralización Industrial” que la presente administración federal “No buscaba crear un medio ambiente favorable para los pobres, sino nuevas y mejores formas de vida, dentro de un marco de dignidad para el mexicano, asegurándole el acceso a

---

<sup>95</sup> *Id.*, p. 36.

<sup>96</sup> Eduardo Echeverría Álvarez, *op. cit.*, pp. 42–43.

<sup>97</sup> *Ibidem.* p. 43.

<sup>98</sup> *Ibid.*



volúmenes crecientes de bienes y servicios, partiendo de los que le son indispensables para su subsistencia”.<sup>99</sup>

Francisco Vizcaíno Murray, Subsecretario de Mejoramiento del Ambiente, durante la ceremonia de clausura de la *I Reunión sobre problemas de contaminación ambiental* dejaba en claro la postura oficial de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la materia:

Definitivamente no aceptamos la tesis de que los costos, por modificación o adquisición de tecnología anticontaminante propicien la inflación en el país. Luis Echeverría ha dado instrucciones expresas y terminantes a su eficiente Secretario de Hacienda para propiciar: a) financiamientos para estas adquisiciones; b) tratamientos fiscales preferenciales (depreciación y amortización acelerada) para estas mismas inversiones; c) facilidades para la importación, en subsidios hasta de un cien por ciento a los impuestos de importación por aquella tecnología no producida todavía en nuestro país.<sup>100</sup>

Y aunque también advierte al sector industrial sobre el cumplimiento de la ley, es muy ambiguo sobre cómo se resolverá los problemas de contaminación, por ejemplo, ¿qué habrá querido decir cuando dice que se resolverá a la mexicana?

Oportuno es señalar que el Gobierno Federal está dispuesto, en esta materia, a cumplir y hacer cumplir la Ley, condicionado al conocimiento y sensibilidad suficientes de que esta Ley, en nuestro país, se debe aplicar dentro de un marco de realidades propias a un país en desarrollo. De ahí que en varias ocasiones y públicamente hayamos declarado, convencidos de ello, de que México resolverá los problemas de la contaminación a la mexicana, sin dejar de reconocer la respetabilidad de otros parámetros, en otras naciones.<sup>101</sup>

La siguiente cita también sobre la postura de la Secretaria de Salubridad y Asistencia es interesante porque permite observar las contradicciones y lo turbio de la política ambiental, ya que se deslinda de toda responsabilidad al gremio industrial y al gobierno federal, concluyendo que son todos los habitantes los responsables de la contaminación, el énfasis se ha puesto desde entonces en las emisiones de los automóviles. En lo consiguiente, se invita a reorientar los hábitos de movilización usando el transporte público –altamente deficiente–, al mismo tiempo que se sugiere dar un mejor uso al automóvil particular, considerado como “una maravilla del siglo XX. Puede observarse, que no hay una reflexión profunda sobre la problemática, ni políticas claras, ni acciones concretas.

---

<sup>99</sup> Sergio Luis Cano, *op. cit.*, p. 187

<sup>100</sup> Francisco Vizcaíno Murray, “Palabras pronunciadas por el C. Subsecretario de Mejoramiento del Ambiente”, en *I reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 258.

<sup>101</sup> *Ibidem*.

Aceptamos que no es imputable cien por ciento el problema a los industriales del país. Hasta hoy, estamos conscientes de que el problema, en un setenta por ciento en la Ciudad de México y su zona de influencia, lo propiciamos todos nosotros, de ahí que cada vez que querramos llamar a cuentas al causante de este problema, primero revisemos la viga en nuestro propio ojo, cuidándonos de señalar la paja en el ajeno. En pocas palabras, si nosotros queremos limpiar, no purificar, el aire que respiramos en esta hermosa Ciudad de México, necesario es que empecemos a cuidar las condiciones de nuestros propios automóviles; que reorientemos nuestros hábitos de movilización ciudadana, que empecemos a usar el transporte colectivo, en fin, que aprendamos a manejar, a usar esta maravilla del siglo XX que es el automóvil, y que por su mal uso, y sobre todo por el abuso, se está trocando en la amenaza mayoritaria a nuestra salud y a nuestro paisaje.<sup>102</sup>

La lucha contra la contaminación ambiental que buscaba condicionar y limitar el modelo tradicional de crecimiento económico y del uso de los recursos naturales fue muy difícil de llevar a cabo, por varios motivos como hemos visto en primer lugar, debido a la administración inestable, pues en múltiples ocasiones la estructura de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente se vio modificada, así como su personal removido de sus cargos. Segundo la legislación mexicana era imprecisa, pues además de que los asuntos ambientales podían ser parcialmente responsabilidad de prácticamente todas las secretarías de Estado, no había voluntad por parte de los obligados, ni mucho interés de los gestores por realmente cumplirla. Tercero, en la propia Secretaría de Salubridad y Asistencia existían diversas posturas respecto al desarrollo industrial vinculado con la contaminación atmosférica; con la tecnología que debía utilizarse y con el modelo de gestión que había de emplearse. Por todo lo anterior es que la “contaminación atmosférica” se movía en un ámbito de incertidumbre en el que se trataba de hacer compatibles el desenvolvimiento de la actividad económica, que permitiera la elevación de los niveles de vida de la población mexicana, y los esfuerzos para la preservación de los recursos naturales.

Para finalizar cabe llevar a cabo una observación más: sobre la tecnología anticontaminante. Con esta medida, con su instalación se esperaba solucionar rápidamente y eficazmente la contaminación, como si se tratara de un antídoto, o una fórmula a la medida con la que sin disminuir el ritmo de producción se lograra mantener un aire limpio. Lo que muestra una visión simplista del desarrollo tecnológico, que pierde de vista innumerables factores contingentes que juegan un papel crucial en la comprensión de las relaciones entre tecnología y sociedad, las cuales son bastante más complejas que simplemente colocar un dispositivo anticontaminante.

---

<sup>102</sup> *Ibíd.*

## 2.5. Tecnologías para la medición de la contaminación

En 1972, del 5 al 16 de junio, se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente realizada en Estocolmo, Suecia, que fue crucial porque introdujo en la agenda política internacional la dimensión ambiental, condicionando del crecimiento económico y el uso de los recursos naturales. De ahí, surgió la Declaración de Estocolmo, y sus 26 Principios y 109 recomendaciones. Entre ellas, la definición de los agentes contaminantes resultaba esencial para poder luchar contra la polución, es así como la Recomendación 77 abogaba por sistemas de vigilancia en las zonas donde pudiera existir un riesgo para la salud debido a la contaminación. Y la Recomendación 79 apoyaba el establecimiento de:

...aproximadamente diez estaciones base en zonas alejadas de toda fuente de contaminación, a fin de vigilar las tendencias mundiales a largo plazo de los componentes y las propiedades de la atmósfera que puedan provocar cambios en las propiedades meteorológicas, incluso cambios climáticos;... [y] una red mucho más amplia, de no menos de 100 estaciones, para vigilar sobre una base regional las propiedades y los componentes de la atmósfera y especialmente los cambios de la distribución y concentración de los agentes contaminantes.<sup>103</sup>

Estas recomendaciones sentaron las bases para pensar en una vigilancia continua, permanente y sistemática con el fin de establecer programas específicos en la Ciudad de México. El monitoreo atmosférico constituía la clave para atender la problemática ambiental. Con este marco de referencia y justificación el Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente encabezado por el hermano del presidente de la República Mexicana, Eduardo Echeverría Álvarez, a quienes correspondía “emitir opiniones respecto a dispositivos, equipos, sistemas y estudios... para su posible aplicación en el control de la contaminación ambiental”<sup>104</sup> adquirieron los instrumentos de la compañía *Philips Electronic Instruments*, para la vigilancia de la contaminación atmosférica en la Ciudad México. Los que conformarían la Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México (Redcamavamex).

Los recursos se obtuvieron del fondo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) derivado de la Conferencia de Estocolmo y del que México formaba parte y también de recursos federales. La compra de esta red fue muy polémica, se criticaba su altísimo precio de más de dos millones de dólares y se rumoraba acerca de las cuantiosas comisiones con su adquisición. Pero, sobre todo destaca la resistencia a esta tecnología, y es que se esperaba que los instrumentos

<sup>103</sup> “Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano” [en línea], p. 44,

<sup>104</sup> SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 10 de agosto, 1973, p. 20. (Artículo 12)

fueran de origen estadounidense, dado que los técnicos mexicanos y al menos el jefe del área aire Enrique Márquez Mayaudón conocían los instrumentos y métodos, debido a la buena relación con las agencias ambientales estadounidenses. Además de que en 1972, primero en la estación 11 ubicada en el Instituto de Enfermedades Tropicales y después en la estación 1 localizada en Tacuba, se había puesto a trabajar un equipo muestreador de grandes volúmenes de la compañía estadounidense Staplex.<sup>105</sup>

Es por ello que al esperar la tecnología estadounidense y recibir la holandesa, esta última fue desprestigiada desde que se adquirió –al parecer en 1974–, es así que durante sus aproximadamente seis años de operación no logró la confianza sobre todo de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Además de que de alguna manera había sido una imposición por parte del Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, que no había tomado en cuenta las opiniones de quienes operarían el instrumental. Por lo que, como una medida de oposición y resistencia también con los fondos del programa PNUMA y antes de concluyera la primera administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, se adquirieron instrumentos para una segunda red de monitoreo, La Red Metropolitana del Valle de México –o Red Manual de Monitoreo Atmosférico– constituida por muestreadores de grandes volúmenes para la captación de partículas suspendidas y analizadores múltiples de gases para el dióxido de azufre, como hemos dicho, los contaminantes que con mayor frecuencia se medían en el mundo. La red manual estaría auspiciada por la credibilidad de los métodos estadounidenses, que junto con las tecnologías alemanas resultaban las más reconocidas en la materia. En este afán de disputa los instrumentos de esta segunda red no fueron colocados en los mismos sitios. Mientras los primeros, como veremos más adelante, se intentaron colocar según el modelo del fabricante holandés, los segundos se instalaron de acuerdo a las reglas estadounidenses.

Cabe señalar que mientras ocurría la compra e instalación de los instrumentos de ambas redes, se continuaba con el programa de mediciones de la OPS–Cepis, el que como hemos mencionado llegó a su fin en 1975. Al igual que el periodo administrativo del Presidente Luis Echeverría Álvarez y su gabinete, por lo que en 1976, entraba una nueva administración que como hemos comentado en el apartado anterior cambiaría la estructura de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en tres ocasiones, creando entre otros, la Dirección General de Saneamiento Atmosférico a cargo de Enrique Tolivia Meléndez, que a su vez estaba integrada entre otras por la Subdirección de Evaluación y Análisis dirigida por Rogelio González García, la que tenía a su cargo el Departamento de Redes

---

<sup>105</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Actividades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la evaluación de la contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, mayo–junio 1972, p. 421.

Manuales al mando de Ignacio Hernández y el Departamento de Redes Automática administrado por Ignacio Jiménez. [Véase. Anexo 15. Estructura Dirección General de Saneamiento Atmosférico 1976–1982] Es durante este periodo administrativo cuando realmente operarían tanto la Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México como la Red Metropolitana del Valle de México –o Red Manual de Monitoreo Atmosférico–.

Para desfortuna de la vigilancia de la contaminación atmosférica el nuevo Subsecretario Humberto Romero Álvarez, quien al parecer apoyaba la industrialización del país, no estaba muy de acuerdo con la compra de ambas redes, se resistía al uso de estas tecnologías según lo expresaba en el artículo *El saneamiento ambiental, la tecnología y su correlación internacional*,<sup>106</sup> con lo que podrá entenderse porque durante su gestión (1976-1980) las redes de monitoreo recibieron muy poco apoyo. Este funcionario consideraba a la tecnología como un recurso fundamental para la ejecución de cualquier plan que buscará el mejoramiento económico y social de la colectividad tal como hacía el sector industrial, pero a la hora de utilizar aquella para controlar la contaminación atmosférica mencionaba que debía adecuarse a las necesidades propias, cuestionando fuertemente la conveniencia de los sistemas tecnológicos importados:

¿Hasta qué grado son aplicables en este momento, sin sacrificio económico para los países pobres, los procesos tecnológicos altamente perfeccionados que se exportan a elevado costo, para diagnosticar, prevenir y controlar la contaminación? ¿Están ajustados a la realidad latinoamericana los criterios beneficio-costos, cuando no estrictamente políticos, que determinan en dónde es necesario emplear sistemas onerosos de monitoreo del agua y del aire con procesos de telecomunicación y registro electrónico central, que la experiencia ha probado que requieren una servidumbre tecnológica cara en su mantenimiento? ¿A caso no sería más razonable ahondar en el perfeccionamiento de los procedimientos tradicionales que resultan menos espectaculares pero sin duda más económicos y quizá más confiables?<sup>107</sup>

Como vemos, Humberto Romero Álvarez abogaba por el perfeccionamiento de la tecnología tradicional, consideraba que el programa de mediciones de la OPS–Cepis había sido el que más había contribuido en todos los órdenes a mejorar la tecnología en relación con el control de la contaminación atmosférica. Se oponía a la compra del sistema telemétrico, pero ya que la tecnología se había importado, insistía en que al menos el beneficio de transferencia de tecnología fuera completo y se le hicieran los ajustes necesarios a la realidad mexicana, le parecía indispensable “reglamentar y vigilar el intercambio y la transferencia de tecnología adecuada a las necesidades

---

<sup>106</sup> Véase: Humberto Romero Álvarez, “El saneamiento ambiental, la tecnología y su correlación internacional”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1974, pp. 755–764.

<sup>107</sup> *Ibidem.*, p. 758.

locales: para asegurar que sólo se importe lo indispensable y lo estrictamente compatible con los intereses del país que la recibe”.<sup>108</sup> De lo contrario, le resultaba más un negocio de las naciones industrializadas para frenar el desarrollo de México. La idea del desarrollo de la propia tecnología para reducir la dependencia tecnológica fue uno de los argumentos centrales del sector industrial para demorar el establecimiento de controles en la industria, y en este caso, para cuestionar la credibilidad de los sistemas de medición, retrasando y entorpeciendo su funcionamiento.

Sin embargo, la resistencia hacia estas tecnologías no fue lo único que sesgó la medición de la calidad del aire, a principios de la década de los años setenta todavía algunos funcionarios ponían en duda la toxicidad de los contaminantes. Así por ejemplo, en 1972, Blanca Raquel Ordoñez de la Mora en ese momento Subjefa del Departamento de Medicina Preventiva del Instituto Mexicano del Seguro Social y esposa de Humberto Romero Álvarez, en su artículo *Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre*, mencionaba: “por lo que se refiere a nuestro país, no hay hasta la fecha resultados de ningún estudio que demuestren científicamente que la contaminación atmosférica esté produciendo daño a la salud.”<sup>109</sup> Unos años más tarde, en 1977, cuando entonces esta funcionaria ocupaba el cargo de Directora General de Coordinación y Control Ambiental, aunque reconocería que los contaminantes atmosféricos habían sido relacionados de manera irrefutable con la mayor frecuencia de enfermedades respiratorias agudas en niños, ancianos y fumadores,<sup>110</sup> de todas formas se resistía a informar sobre la problemática, “no quería que se supiera nada” comenta en entrevista Rogelio González.<sup>111</sup>

No obstante, la contaminación atmosférica competía con otros problemas similares como la contaminación de los alimentos y del agua por gérmenes y por metales pesados,<sup>112</sup> es así que se consideraba dentro de toda la gama de problemas de salud que el país confrontaba, muchos de ellos relacionados con el subdesarrollo, donde millones de personas estaban privadas de alimentación y vestido, de vivienda y educación, de sanidad e higiene, lo que justificaba precisamente el desarrollo industrial del país, pues con éste, supuestamente, los problemas conexos con la pobreza disminuirían, al aumentar el nivel de vida de los habitantes.

---

<sup>108</sup> *Ibid.*, p. 762.

<sup>109</sup> Blanca Raquel Ordoñez, “Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre”, en *Salud Pública de México*, marzo-abril 1972, p. 215.

<sup>110</sup> Blanca Raquel Ordoñez, “La contaminación ambiental como problema de salud pública”, en *Salud Pública de México*, noviembre-diciembre 1977, p.781.

<sup>111</sup> Entrevista realizada en las instalaciones de la Asociación Civil Singrem, el día 11 de junio de 2014.

<sup>112</sup> Véase: Arnoldo de la Loza Saldívar, *et. al.*, “Las condiciones de la salud en México en 1973”, en *Salud Pública de México*, núm. 5, vol. 17, septiembre-octubre 1975, pp. 627-656.

Según la clasificación internacional de enfermedades, las infecciosas y parasitarias, en concreto la enteritis y otras enfermedades diarreicas habían sido la causa principal de mortalidad en México durante 1973.

Otro motivo que seguramente impidió llevar a cabo las actividades de lucha contra la contaminación fue la resistencia del sector industrial a cumplir con la legislación y los procesos ilícitos que pudieron surgir precisamente de la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones legales relativas al control de la contaminación atmosférica,<sup>113</sup> primero mediante la Dirección General de Operaciones y Promoción y después a través de la Dirección General de Saneamiento Atmosférico, pues correspondía a éstas, de acuerdo con el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos, sancionar a las industrias en caso de que infringieran las disposiciones legales sobre emisión de contaminantes, por lo que las multas podían ser cuantiosas situación que seguramente se prestó a malos manejos, pues, el pago de una cantidad menor respecto a la multa a los inspectores, a cambio de no tener que reducir las emisiones y adquirir tecnología anticontaminante, que además no era económica, con tal de no verse sometido a procesos burocráticos, seguramente resultó más atractivo para algunos industriales. No obstante, la extorsión también pudo venir de los funcionarios que podían amenazar con suspender sus actividades o incluso cerrarlas. Sin embargo, esto es tema para otra investigación cabe mencionar que extorsiones similares ya habían sucedido en otras administraciones<sup>114</sup> y que sin duda el control de la contaminación dio lugar a que se llevarán a cabo procesos ilícitos.

Una vez comentado el contexto en el que la contaminación atmosférica se ubica y las redes de monitoreo se insertan, veamos ahora, como estaban conformadas y también los muchos avatares que surgieron con su instalación, operación y mantenimiento en gran medida derivados de la gama de intereses políticos y económicos que las rodeaban. A continuación presentamos la Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México y la Red Metropolitana del Valle de México –o Red Manual de Monitoreo Atmosférico, así como los entornos y prácticas que se generaron con ellas, además de los muchos inconvenientes que fueron surgiendo.

---

<sup>113</sup> Véase: SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 10 de agosto, 1973, p. 24 (Artículo 33). Y, SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 31 de agosto, 1977, p. 28. (Artículo 45)

<sup>114</sup> Véase: Xavier Díaz Gutiérrez, “Extorción y chantaje: Nefasta mafia de Inspectores tiene en jaque a comerciantes e industriales”, en *Universal Gráfico*, 3 de octubre, 1967, pp. 1 y 6.  
“Matarili Lirilon”, en *Ovaciones*, 8 de marzo, 1979, p. 12.

### 2.5.1. La red automática

La Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México, (Redcamavamex) de origen holandés, también conocida como Red Philips por la marca de los instrumentos, fue una de las primeras redes telemétricas, que mediante líneas telefónicas tanto transmitían los datos de cada uno de los instrumentos al centro de control, como desde éste se enviaban instrucciones a los instrumentos. Pocas redes telemétricas operaban en el mundo, una de las más importantes era precisamente la de Los Países Bajos, donde se tenían unas 100 estaciones dispuestas por cuadrículas en diversas ciudades y áreas industriales y otras 100 en zonas rurales. [Véase. Anexo 16. Mapas de ubicación de las estaciones. Red Nacional de los Países Bajos. Supuesta ubicación de la Redcamavamex de acuerdo al modelo de los Países Bajos y Mapa de la Redcamavamex 1978] También estaba el proyecto del estudio regional de la contaminación atmosférica en Saint Louis, Misori, en Estados Unidos de América que utilizaba la telemetría para estudiar los procesos y efectos de la contaminación atmosférica en una sola región urbana, con el fin de verificar los modelos existentes de simulación de la contaminación del aire y elaborar modelos mejores.<sup>115</sup> El condado de Allegheny, en Pensilvania, Estados Unidos también tenía una pequeña red telemétrica de siete estaciones para el estudio de la contaminación atmosférica.<sup>116</sup> Japón en sus ciudades de Osaka y Tokio también contaba con sistemas de vigilancia para estudiar el transporte de los contaminantes atmosféricos.

Aunque desde una década anterior países como Estados Unidos y Alemania utilizaban instrumentos automáticos que producían hojas de datos impresas, diagramas o registros en cintas de papel o magnéticas de las concentraciones de los contaminantes, los datos no eran transmitidos y todos ellos concentrados en una oficina central, lo que introducía varios cambios en la manera de operar y también de estudiar la contaminación atmosférica. La práctica más común para la medición de contaminantes se había realizado en dos etapas: en el muestro que consistía en la toma de la muestra mediante algún dispositivo y en el análisis de ésta en el laboratorio mediante un método específico. Pero, con la introducción de los instrumentos automáticos, el muestreo y análisis se realizaba por decirlo de alguna forma en una sola etapa, los resultados se conocían cada 60 minutos, no había que esperar uno o más días para conocer las mediciones, con ello podía saberse los momentos del día más contaminados y su tiempo de persistencia. Y con la transmisión de todos los datos de los

---

<sup>115</sup> Michael Suess, Craxford. ed., *op. cit.*, 1980, p. 219.

<sup>116</sup> Walter G. Popiel, "Planteamiento de un sistema para el estudio de la contaminación atmosférica del condado de Allegheny, Pennsylvania EE.UU.", en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, pp. 77-95.



instrumentos a un centro de control podía obtenerse un panorama general de la contaminación atmosférica en tiempo real, según el objeto del monitoreo atmosférico, entre los más comunes, conocer su distribución geográfica; determinar sus tendencias; establecer su origen; comprender sus efectos; observar el cumplimiento de las normas de calidad del aire; evaluar los resultados y para alertar sobre las altas concentraciones de los contaminantes. Con estos sistemas la vigilancia de la contaminación empezaba a realizarse de manera sistemática y continua, a adquirir complejidad.

Veamos a continuación lo ocurrido en México con la adquisición de este costosísimo sistema. Los anuncios de la *Philips Electronic Instruments* publicados en el *Journal of the Air Pollution Control Association* entre 1973 y 1974<sup>117</sup> prometían alta eficiencia, poca intervención técnica, mantenimientos cada tres meses y calibraciones de forma remota desde el centro de control, así como sencillez en la validación y presentación de los datos. Pues, la automatización —como reflexiona Jean Baudrillard en su libro *El sistema de los objetos*— apela a aquel deseo fundamental de que “todo marcha solo”, de que cada objeto, en la función que se les ha asignado, cumpla ese milagro de la perfección con el menor esfuerzo.<sup>118</sup> Sin embargo, no fue así de sencillo, por el contrario, la instalación, la operación y el mantenimiento de la red estuvo siempre acompañado de problemas técnicos políticos y económicos. Y es, que como hemos visto, desde un principio los instrumentos Philips no fueron bien vistos, se desconfiaba mucho de esta tecnología, que no se conocía, pues se había estado en mucho mayor contacto con la tecnología desarrollada en Estados Unidos de América.

Una vez que los instrumentos llegaron a México, había que instalarlos, pero ¿dónde ubicar las estaciones de vigilancia automática? Según el modelo del fabricante las estaciones debían situarse de acuerdo a un estudio que integrara y relacionara la geografía e hidrografía, la meteorología, la población urbana e industrial con zonas de alta concentración, la cuantificación y evaluación vehicular, así como conocimientos previos sobre las concentraciones de contaminantes en la atmósfera, y la calidad del aire que entraba en el Valle.<sup>119</sup> Este estudio no fue posible de realizarse según comenta Luis Eugenio Ehrlich en su artículo *Administración del Recurso Aire*, dada “la dificultad extrema de encontrar una representación matemática que fuese capaz de manejar correctamente y en forma simultánea todos los parámetros necesarios y sus decenas de variables”.

---

<sup>117</sup> Véase: Philips electronic instruments, “Total systems capability”, en *Journal of the Air Pollution Control Association*, noviembre 1973, pp. 930–931.

Philips electronic instruments, “Measure particulates on a continuous basis”, en *Journal of the Air Pollution Control Association*, noviembre 1974, p. 1024.

<sup>118</sup> Jean Baudrillard, *El sistema de los objetos*, 1969, p. 127.

<sup>119</sup> Luis Ehrlich, *op.*, cit., p. 226.

Adicionalmente el técnico José Zaragoza comenta en entrevista<sup>120</sup> que “no se disponía en esa época de este tipo de datos, ni en cantidad, ni en calidad”. En su lugar, se decidió como lo más adecuado el establecimiento de una red reticular con estaciones uniformemente distribuidas,<sup>121</sup> de 4 kilómetros por segmento. Dicho modelo se sobrepuso a un mapa de la zona urbana de la ciudad de ese tiempo, en el Anexo 16 puede verse el mapa de las estaciones automáticas distribuidas en el Distrito Federal de manera similar al modelo de los Países Bajos dispuestas por cuadrículas. Sin embargo, esta propuesta no fue posible, su implementación requería de la compra o renta de los espacios donde se fueran a poner los equipos, así como el pago de los servicios de luz y agua, que la administración no había contemplado. Finalmente, las estaciones se instalaron en edificios y propiedades públicas, como escuelas y hospitales, donde no se tendría que pagar renta, ni la luz, ni el agua. En total, la red telemétrica mexicana tenía 20 estaciones fijas distribuidas en el Distrito Federal y en el Estado de México y dos unidades móviles. En Anexo 16 se presenta un mapa de su ubicación, en el cual puede observarse que las distancias no son uniformes, con lo que muy probablemente la representatividad y confiabilidad de la información se perdían.

En las estaciones de Morazán (después Merced), Tlanepantla, Xalostoc, San Jerónimo, y Cerro de la Estrella, se medía ozono, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de azufre, y partículas suspendidas, además de los parámetros meteorológicos velocidad y dirección de vientos, temperatura y humedad relativa. Estas cinco estaciones, que se hacían llamar “estaciones grandes” eran clave para la vigilancia, precisamente porque aquí se medían todos los contaminantes y parámetros meteorológicos, lo que permitía observar las concentraciones y el comportamiento de cada contaminante en relación con los parámetros meteorológicos en tiempo real. En las 15 restantes, conocidas como estaciones chicas solamente se medía monóxido de carbono y el bióxido de azufre, relacionados con la contaminación originada por vehículos y con la contaminación derivada de la industria respectivamente. [Véase. Anexo 17. Red de Monitoreo Automático, Recamavemex, SSA. Estaciones 1976]. Como puede observarse, el énfasis de vigilancia de la contaminación atmosférica está centrado en estas emisiones conexas con el desarrollo, los polvos de las tolvaneras ya casi ni se mencionan en los informes y artículos publicados por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

---

<sup>120</sup> Entrevista realizada en Ciudad Universitaria, el día 20 de agosto de 2009. José Zaragoza Ávila se desempeñó como técnico tanto de la Red Manual de Monitoreo Atmosférico como de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico operadas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de 1972 a 1982.

<sup>121</sup> Luis Ehrlich, *op.*, cit., p. 227.

Los monitores de partículas, de acuerdo a los anuncios del fabricante, medían la llamada “fracción respirable”, considerada como las partículas que más afectaban la salud porque podían ingresar al sistema respiratorio humano y depositarse produciendo diversos tipos de daños. Sin embargo, en los documentos que consulté no encontré referencia al tamaño de la partícula consideraba fracción respirable.<sup>122</sup> El principio de operación de los monitores de partículas modelo PW9790 era la absorción de radiación beta, como fuente de radiación se utilizaba el elemento *Prometio 147*.<sup>123</sup> Como puede apreciarse ésta es una versión automática de la medición de la mancha del filtro. El aire del ambiente se introducía mediante una bomba de succión, las partículas se depositaban en un filtro-carrete. Un contador medía secuencialmente la absorción de la radiación beta en el filtro limpio y la absorción de la radiación beta en la mancha de partículas, siendo la absorción proporcional a la masa de las partículas colectadas.<sup>124</sup> [Véase. Anexo 18. Instrumento Philips modelo PW9790]. Sobre este instrumento, es importante comentar que en la descripción técnica que se hace en el documento *Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*, se destaca que no tiene “número de designación EPA”,<sup>125</sup> es decir, que el principio de medición del monitor Philips modelo PW9790 no se encontraba dentro de los métodos equivalentes o de referencia de esta institución, con lo que puede observarse la autoridad que se le está confiriendo a la Agencia Ambiental Estadounidense (EPA por sus siglas en inglés, *Environmental Protection Agency*) y a los instrumentos que han cumplido con sus requisitos. Con ello, también se muestra otro elemento más de desconfianza hacia estos instrumentos, que además no aparecían en los estudios científicos que se realizaban en los países industrializados con la gran frecuencia que eran utilizados los muestreadores de alto volumen.

---

<sup>122</sup> Es difícil saber con claridad a qué se referían con fracción respirable, ya que sobre el rango de estas partículas no había un acuerdo. En 1952, la *British Medical Research Council* las definió como la fracción de partículas que podía penetrar en los alveolos pulmonares capaz de originar neumoconiosis. En 1969 la Conferencia Internacional sobre Neumoconiosis en Johannesburgo, África, propuso que se definiera en términos de velocidad de caída, postulando un modelo para su determinación en la atmósfera, que incluía el 50 por ciento de las partículas de 5  $\mu\text{m}$ , el 98 por ciento de las de 1  $\mu\text{m}$  y excluyendo todas aquellas cuyo diámetro era superior a 7  $\mu\text{m}$ . Por su parte, la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos de Norteamérica estableció en 1961 la siguiente definición: porción de partículas que penetran en las partes no ciliadas de los pulmones siendo susceptibles de causar neumoconiosis. Su modelo incluía el 50 por ciento de las partículas de 3.5  $\mu\text{m}$ , el 100 por ciento de las de 2  $\mu\text{m}$ , excluyendo la totalidad de las que tenían un diámetro superior a 10  $\mu\text{m}$ . En 1968, la Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales de manera análoga a la Comisión de Energía Atómica definía la fracción respirable, con la única salvedad de que para el tamaño de 2  $\mu\text{m}$ , el modelo diseñado por este organismo establecía una preselección del 90 por ciento. Julián Velasco Ortega, *op. cit.*, p. 25–26.

<sup>123</sup> Cabe señalar que el elemento *Prometio 147* está mal escrito en el documento consultado, ya que se pone: Prometio 147. Este error puede dar cuenta de la falta de familiaridad con los instrumentos y con la nueva tecnología. Véase: Enrique Márquez Mayaudón, “Red Computarizada Automática de Monitoreo del Aire del Valle de México (RECAMA)”, en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1975, p. 702.

<sup>124</sup> Enrique Márquez Mayaudón, *op. cit.*, pp. 702–703.

<sup>125</sup> SSA, “*Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*”, 1979, p. 43.

Los datos de las mediciones se trasmitían mediante líneas telefónicas al Centro de Control, que se encontraba en las instalaciones de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia ubicada en Avenida Chapultepec número 284, en la Colonia Roma Norte, Delegación Cuauhtémoc. En este lugar, se tenía un mapa del Valle de México en el que se tenía localizada mediante foquitos cada una de las estaciones, y del que podía obtenerse “información visual instantánea sobre el comportamiento de los contaminantes detectados en cada una de las estaciones y su interrelación para las apreciaciones en conjunto.”<sup>126</sup> Además de la computadora Philips P855 de 16 kilobytes, que trabajaba con el sistema de interface MIOS. Este ordenador constaba de una unidad central de la que formaban parte la memoria, la unidad aritmético-lógica y la unidad de control, así como las unidades periféricas de entrada como la lectora de cintas de papel y de salida como la perforadora de cintas, que leían y escribían respectivamente en las cintas de papel sobre las que se perforaban agujeros de forma que cada vertical representaba un carácter. Además de la máquina de escribir ASR33 que era utilizada para dar instrucciones de control al ordenador o para recibirlas del mismo.<sup>127</sup> [Véase. Anexo 19. Dispositivos en el centro de control y caseta de monitoreo]. El encargado de esta área de era Francisco Novelo.

Como puede observarse la introducción de un sistema computarizado para la medición de la contaminación del aire era algo muy novedoso que requería de muchísima capacitación para su manejo. Y este fue otro de los problemas, no había personal capacitado ni para operar los instrumentos automáticos, ni tampoco el Centro de Control. Aunque el contrato estipulaba la formación del personal en las instalaciones del fabricante en Holanda, José Zaragoza menciona en entrevista<sup>128</sup> que ningún técnico asistió, en primer lugar, debido a que no cumplían con los requisitos que la empresa Philips solicitaba: contar con un buen nivel del idioma inglés, y tener estudios universitarios. No había técnicos especializados en este rubro, algunos de ellos incluso iniciaron como choferes y después se les habilitó como técnicos. Los recursos humanos en general en esta área eran muy pocos, de acuerdo con el documento *Análisis preliminar de recursos para el estudio de la protección ambiental en México* de la Secretaría de Salubridad y Asistencia realizado en 1970 había solamente 33 profesionales en el área de aire.<sup>129</sup> Y en segundo lugar, por la corrupción en el

---

<sup>126</sup> Luis Enrich, *op.*, cit., p. 229.

<sup>127</sup> Philips-Electrologica B.V, *P855M/P860M System Description* [en línea], pp. 69–77.

Véase: Enrique Márquez Mayaudón, “Red Computarizada Automática de Monitoreo del Aire del Valle de México (RECAMA)”, en *Salud Pública de México*, núm. 5, vol. 17, México, septiembre–octubre 1975, pp. 699–706.

<sup>128</sup> Entrevistado en México, Distrito Federal, entre julio y agosto de 2009.

<sup>129</sup> Véase: “Análisis preliminar de recursos para el estudio de la protección ambiental en México”, Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, Sección: Secretaría Particular, caja 1, expediente 4, 1968-1972, 446 fojas.

1. Ing. Marco Antonio Álvarez Santillán (American Air Filter de Mexico S.A) 2. M en C. Armando Báez P. (Instituto de Física UNAM) 3. Dr. Humberto Bravo (Instituto de Física UNAM) 4. M en C. David L. Carlson (Automex S.A) 5. M en

otorgamiento de las becas de capacitación. Asunto que fue ventilado a la opinión pública años más tarde, en una nota de la revista *Proceso* en su edición 154 correspondiente al mes de octubre de 1979: “La sección 89 del Sindicato Nacional de Trabajadores de Salubridad y Asistencia acusó a las autoridades de la subsecretaría de otorgar las becas de capacitación técnica a las personas más allegadas a los funcionarios”.<sup>130</sup>

José Zaragoza explica que en un principio fue muy difícil el funcionamiento de esta novedosa tecnología, sobre todo porque su operación requería de varias áreas del conocimiento y de cierto entrenamiento especializado. Parte de los problemas técnicos, como ya hemos comentado, iniciaron con la propia ubicación de las estaciones, pero eso solamente fue el principio, los instrumentos desarrollados para el contexto holandés fallaban y no proporcionaban las medidas como estaba previsto, dado que estaban diseñados para operar a nivel del mar, mientras que la ciudad se encuentra a 2 200 metros sobre el nivel del mar. La altura, la temperatura, la humedad y otras características de esta índole, que varían en cada lugar del planeta Tierra deben ser consideradas en la medición de los contaminantes atmosféricos. Puede observarse que la tecnología no es sólo un conjunto de instrumentos y técnicas, sino que su elaboración está pensada para ciertos objetivos en función de determinadas características, necesidades, requerimientos e intereses. Con el fin de que los instrumentos funcionaran sabemos que se llevaron a cabo ciertos ajustes al instrumental y a los programas de almacenamiento de datos.

El técnico José Zaragoza menciona que las revisiones analíticas eran de lo más complejas, ya que, los procesos de calibración de los equipos requerían de una serie de condiciones muy especiales como mantener la presión y la temperatura constante, así como diversos cálculos que demandaban de básculas específicas y con las cuales no se contaba. Por su parte, comenta, los técnicos del Centro de Control tampoco la tenían fácil, algunos de los problemas que representaron serios dolores de cabeza

---

C. Alberto Castro Camberos (Automex S.A) 6. Ing. Óscar Chávez (Tetraetilo de México S.A) 7. Ing. Rodolfo León Flores (American Air Filter de Mexico S.A) 8. M en C. Luis Gálvez Flores (Laboratorio Nuclear, UNAM) 9. M en C. Guido Guzmán (Tetraetilo de México S.A) 10. M en C. León Fortman (Dupont S.A) 11. Quím. José Miguel Hernández Chacón (Instituto de Física UNAM) 12. Dr. Josep E. Herz (CIEA-IPN) 13. Ing. Ernesto Jáuregui Ostos (Instituto de Física UNAM) 14. M en C. Guillermo A. Lochter (Dupont S.A) 15. Dr. Douglas Marvin Mc Eachern (CIEA-IPN) 16. Dr. Armando Manjarrez Moreno (Instituto Mexicano del Petróleo) 17. Ing. Fernando Manzanilla S. (Instituto Mexicano del Petróleo) 18. Dr. Enrique Márquez Mayaudón (Dirección de Higiene Ambiental de la SSA) 19. Ing. Jorge Mencarini Peniche (Instituto Mexicano del Petróleo) 20. Ing. José Mendoza Fernández (Bufete Industrial) 21. Ing. Pedro A. Mosiño Alemán (Instituto de Física UNAM) 22. Quím. Yolanda Nava de Ávila (Instituto Mexicano del Petróleo) 23. Ing. F. Xavier Ortega C. (Automex S.A) 24. Dr. Alfredo Pérez de Mendoza (UNAM) 25. Ing. Rafael Pardo Grandison (Bufete Industrial) 26. Ing. Francisco Ramírez Chávez (Petróleos Mexicanos) 27. M en C. Walter F. Reinking (Policron S.A) 28. Ing. Tabaré Azcona Pavón (Petróleos Mexicanos) 29. M en C. Adalberto Tirado Arroyave (Loreto y Peña Pobre) 30. Dr. Antonio Velázquez Arellano (Instituto de investigaciones Biomédicas, UNAM) 31. Ing. David Rafael Velázquez Calle (Instituto Mexicano del Petróleo) 32. Ing. Carlos Veraza Rodríguez (American Air Filter de Mexico S.A) 33. Ing. Carlos Veraza V. (American Air Filter de Mexico S.A).

<sup>130</sup> Víctor Cardoso, “Minimiza la SSA la suciedad atmosférica”, en *Proceso*, núm. 154, octubre 1979, p. 33.

fue el manejo e interpretación de la información, dada la gran cantidad de procesos y datos que intervenía en la lectura de la información, por la frecuente pérdida de datos, así como por el cuidado que debían tener con las tarjetas perforadoras, donde se almacenaba la información, para evitar dañarlas.

Otro problema frecuente, fue la falta de presupuesto para la operación, mantenimiento y reparaciones de la red. Los insumos y refacciones solían ser muy caros, pero además su costo se incrementaba por los gastos de envío desde Holanda, a lo que habría que añadir el tiempo de traslado, ya que algunos de los gases no podían viajar en avión, sino que eran enviados en barco, algunas veces dándole la vuelta al mundo como comenta Rogelio González, Director de Evaluación y Análisis, en entrevista. Así los electrolitos, uno de los componentes básicos de la gran mayoría de los equipos, esenciales para la transmisión de datos y que debían ser cambiados cada tres meses según las recomendaciones del fabricante, por falta de recursos económicos debían dejarse dos o tres meses más después de su vida útil. No obstante, la renta de dos líneas telefónicas por cada estación representaban otro gasto, que no siempre rendía frutos, ya que la comunicación entre el centro de control y las estaciones era muy inestable lo que tenía como consecuencia la frecuente pérdida de los datos, por lo que cuando esto ocurría había que ir a cada estación por las gráficas de cada instrumento. Por si fuera poco, el técnico José Zaragoza comenta que muchos de los recursos asignados para estos fines eran desviados a otros programas. En una ocasión el dinero solicitado para la compra de gases para calibración fue entregado a un proyecto de investigación sobre aborto en jóvenes.

Con todos los problemas expuestos derivados de la ausencia de recursos y también el débil interés de las autoridades de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, a finales de la década de los años setenta la red automática empezó a recortarse. Las estaciones se fueron desmantelando poco a poco y en febrero de 1978 ya nada más operaban 16 estaciones<sup>131</sup> y en 1979, 14 estaciones<sup>132</sup> de las 20 iniciales. Los primeros equipos que dejaron de operar fueron los que medían las partículas suspendidas, dado que eran los que más recursos demandaban y también los que menos credibilidad tenían, como vimos. Para mantener el instrumental de las estaciones grandes, José Zaragoza menciona: “teníamos que caniblear los equipos, es decir, desarmarlos y rescatar las partes que estaban en buen estado para usarlas como refacciones en las estaciones principales.”

---

<sup>131</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*, 1979, p. 21.

<sup>132</sup> Rodrigo Andrés Serrano Cruz, *Operación y mantenimiento de equipo continuo para determinar la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera*, 1984, Tesis, UNAM, pp. 9–10.

## 2.5.2. La red manual

La Red Metropolitana del Valle de México –o Red Manual de Monitoreo Atmosférico– estaba constituida por muestreadores de alto volumen para la captación de partículas suspendidas y por monitores múltiples de gases o RAC, que absorbían el bióxido de azufre mediante una solución selectiva de tetracloromercurato de sodio o potasio [Véase. Anexo 20. Muestreador de alto volumen y monitor múltiple de gases (RAC)]. El análisis de estos contaminantes se realizaba posteriormente en el laboratorio, para el caso de las partículas mediante el método gravimétrico desarrollado por Estados Unidos y para el segundo a través del método colorimético.

De acuerdo con Enrique Márquez Mayaudón, quien contribuyó a la compra de los instrumentos manuales, las operaciones de muestreo de partículas en suspensión se iniciaron en el mes de abril de 1975 con 10 equipos de medición. En septiembre del mismo año se instalaron y operaron otros dos equipos más. El mes de enero se tenían 15 equipos para medición, en febrero 17 equipos y en marzo eran 20 los equipos instalados. Y en septiembre de 1976 se instalaron equipos de medición en dos unidades móviles.<sup>133</sup> Además, dos equipos se donaron uno a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y otro a la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Los equipos de la SSA fueron instalados tratando de seguir “todas las indicaciones y cuidados del método señalado en el número 84, volumen 36, del Registro Federal, abril 30 de 1971, página 8191 a 8194, Washington, D.C. y la guía EPA, R4-73-028b Washington, D.C. para desarrollar un programa de calidad”<sup>134</sup> con el fin de mostrar la confiabilidad de esta metodología. No obstante, algunas de las estaciones fueron movidas de sitio y otras dejaron de operar: en 1979 funcionaban 13 estaciones, de las cuales solamente 4 de ellas se encontraban en el mismo lugar que cuando se instaló dicha red manual, las 9 restantes estaciones se reubicaron; y en 1982 había 14 sitios de muestreo. [Véase. Anexo 21. Red de Monitoreo Manual, SSA].

Los muestreadores de partículas conocidos como Hi-Vol (por sus siglas en inglés High Volumen) consistían en un motor de vacío monofásico de 60 ciclos y 115 volts. Una tolva de forma cónica truncada y ensamblada al motor por medio de una rosca, la parte superior de la tolva constaba de una malla 100 de acero inoxidable de 25.5 cm y 20.5 cm y un empaque con marco metálico de las mismas dimensiones que la malla que sujetaba el filtro de fibra de vidrio, que tenía una superficie real de colección de 432 centímetros. Estos instrumentos se encontraban integrados con un

---

<sup>133</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Muestreo de grandes volúmenes de aire en el Valle de México para determinar concentración de partículas en suspensión. Informe preliminar”, en *Salud Pública de México*, marzo-abril 1977, p. 266.

<sup>134</sup> *Ibidem*.

graficador para determinar el flujo, que era de aproximadamente 2 mil metros cúbicos de aire; y con un medidor de tiempo, que fluctuaba como mínimo 22 horas y como máximo 26 horas. Respecto a la frecuencia de esta colección el documento *Muestreo de grandes volúmenes de aire en el Valle de México para determinar concentración de partículas en suspensión* indica que en 1975 la frecuencia del muestreo era de cada cinco días y en 1976 de cada seis días<sup>135</sup> y de acuerdo con el memorándum técnico, publicado en 1978, *El índice Mexicano de Calidad del Aire (Imexca)* se realizaba cada tercer día,<sup>136</sup> lo que demuestra cierta inestabilidad en la frecuencia de las muestras.

Como hemos mencionado más arriba, estos instrumentos hacían pasar un flujo de aire conocido a través de un filtro que retenía las partículas contenidas en el aire menores a 100 micras. El filtro se llevaba al laboratorio, donde la diferencia de pesos creada en el filtro antes y después del muestreo, daba la cantidad de partículas contenidas en dicho volumen de aire monitoreado.<sup>137</sup> De acuerdo a la *Memoria anual 1979: Correspondiente a partículas totales, plomo y bióxido de azufre en el Valle de México* a partir de las partículas colectadas por el filtro, se podían determinar las concentraciones de los siguientes metales pesados: plomo, cromo, cadmio, mercurio, y de otros contaminantes como cloruros y sulfatos. El método analítico para determinar estos contaminantes se basaba en la digestión del filtro con ácido nítrico o ácido fluorhídrico, leyéndose posteriormente las concentraciones en un equipo de absorción atómica.<sup>138</sup>

Adicionalmente, se reporta en el artículo *Información de la calidad del aire en algunas ciudades del país* en los que se tomaron 13 muestras, en diferentes fechas y estaciones de la Red Metropolitana del Valle de México –antes de que se quemara el regulador–, mediante un cabezal fraccionador Andersen, que se colocaba encima del muestreador de grandes volúmenes y el cual constaba de cinco discos de aluminio de grosor variable con múltiples orificios para determinar aerodinámicamente el tamaño de las partículas en suspensión.<sup>139</sup> [Véase. Anexo 22. Equipo Andersen]

Aunque podemos ver una gran iniciativa por medir las partículas suspendidas, conocer su contenido y sus tamaños, a menudo esto no fue así por las muchas situaciones adversas que rodeaban

---

<sup>135</sup> *Ibíd.*

<sup>136</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *op. cit.*, 1978, p. 21.

<sup>137</sup> Véase: Departamento de Monitoreo Manual, *Memoria anual 1978 correspondiente a partículas totales, plomo y bióxido de azufre en el Valle de México*, 1979, 70 pp.

Enrique Márquez Mayaudón, “Información de la calidad del aire en algunas ciudades del país. Datos de la calidad del aire en el país” en *Salud Pública de México*, núm. 4, vol. 19, julio–agosto 1977, pp. 501–535.

<sup>138</sup> Departamento de Monitoreo Manual, *Memoria anual 1978 correspondiente a partículas totales, plomo y bióxido de azufre en el Valle de México*, 1979, 70 pp.

<sup>139</sup> Enrique Márquez Mayaudón, “Información de la calidad del aire en algunas ciudades del país”, en *Salud Pública de México*, julio–agosto 1977, p. 519.



la operación y mantenimiento de la red. Al igual que en el caso de la red automática, se carecía de presupuesto para la compra de partes de repuesto, además de que los vehículos para visitar cada una de las estaciones se encontraban en pésimas condiciones dado el mal servicio de mantenimiento y porque éstos recorrían la ciudad desde 1972. Es así que de las 20 estaciones manuales instaladas en un principio, operaban ya nada más 14 en 1982.<sup>140</sup>

Las precarias condiciones con las que operaban tanto la red manual como la automática y la delicada situación en la que trabajaban los técnicos, sin equipos de seguridad, sin espacios propios dentro de la subsecretaría, y con un pésimo salario. Además del escaso interés y seguimiento a los planes para la vigilancia de la atmosfera así como nula difusión de las altas concentraciones de contaminantes registradas,<sup>141</sup> hicieron que en el transcurso del año 1979, según lo documenta la revista *Proceso* en su edición 154 del mes de octubre, 90 personas renunciaran a la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Entre ellos los jefes de la Red Manual, Ignacio Hernández y el de la Red Automática, Ignacio Jiménez así como el Subdirector de Análisis y Evaluación Rogelio González. En esta misma publicación, Enrique Tolivia Meléndez Director General de Saneamiento Atmosférico y Alessandro Bekar Urbinz Subdirector de Fuentes Fijas fueron calificados por sus propios trabajadores de “corruptos, intimidar y reprimir a los trabajadores, falta de organización y de programas de trabajo, ineptitud y preferencia por determinado personal.”<sup>142</sup> En aquel momento no había credibilidad para las redes de monitoreo ni sus técnicos, se desconfiaba de sus mediciones dado que estas operaban sin los insumos necesarios, situación derivada de la carencia de presupuesto y falta de interés del propio Director de Saneamiento Atmosférico y otros funcionarios a quienes no les convenía, o no querían abordar la problemática.

A pesar de los problemas descritos con anterioridad, las redes medían y sus resultados indicaban altísimas concentraciones.<sup>143</sup> Asimismo, las mediciones realizadas tanto en la UNAM y la UAM, realizadas respectivamente por Humberto Bravo y Matilde Espinosa, indicaban que la situación era

---

<sup>140</sup> Véase: Departamento de Evaluación de la Calidad del Aire, *Evaluación de la calidad del aire en la Ciudad de México*, México, SSA, 1982, 48 pp.

<sup>141</sup> Departamento de Monitoreo Manual, *op., cit.*, p. 7.

<sup>142</sup> Víctor Cardoso, *op., cit.* p.33.

<sup>143</sup> En 1978 todo el Valle de México se encontró sobre el estándar primario estadounidense, siendo la parte del suroeste (Bosque de las Lomas) la que mayor limpieza atmosférica en Partículas Suspendidas Totales (PST) presentó, media geométrica anual igual a 115 ug/m<sup>3</sup>. “Las mínimas concentraciones del año se manifestaron en el suroeste del Valle, yendo en aumento conforme nos vamos desplazando hacia el primer cuadro de la ciudad y mostrándose alarmantes en todo el sector este de la misma.” Así por ejemplo, la media geométrica anual para la estación de Vicentina fue de 336 ug/m<sup>3</sup>; para la estación de Cuchilla 327 ug/m<sup>3</sup>; para la de Netzahualcóyotl 309 ug/m<sup>3</sup>; para la de Taxqueña 283 ug/m<sup>3</sup>; La Presa reportó 279 ug/m<sup>3</sup>; Aeropuerto 261 ug/m<sup>3</sup>; Vallejo 250 ug/m<sup>3</sup>; Mariano Escobedo 240 ug/m<sup>3</sup>; La Villa 239 ug/m<sup>3</sup>; Portales 230 ug/m<sup>3</sup>; la del Museo 228 y la de Felipe Ángeles 214 ug/m<sup>3</sup>. Departamento de Monitoreo Manual, *op., cit.*, pp. 45, 65–66.

sumamente grave.<sup>144</sup> Sin embargo, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente insistía en ocultar por todos los medios posibles dicha información. Esta situación hizo más profundas las diferencias entre técnicos y autoridades, ya que se desprestigiaba a los primeros ante las que aseguraban malas mediciones, llegándolos a considerar como terroristas ambientales. Las concentraciones altas de todos los contaminantes medidos representaban un problema para la política, evidenciaban justamente la mala gestión, las erróneas políticas, la falta de programas y acciones en la materia, o la corrupción de todas las anteriores.

En 1980, a dos años de que concluyera la administración del presidente José López Portillo y que con la administración siguiente, a cargo de Miguel de la Madrid Hurtado se modificó nuevamente la estructura de la subsecretaría. El monitoreo atmosférico y en general las actividades en la materia se trasladarían a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), dado que se empezaba a considerar que el problema de la calidad del aire ya no estaba en el cielo, sino en el suelo, dada la falta de administración del espacio y el crecimiento de la ciudad. Con la reestructuración llegó un nuevo Secretario de Salubridad y Asistencia, Mario Calles López Negrete, y un nuevo Subdirector de Mejoramiento del Ambiente, Manuel López Portillo y Ramos. Para cuando éstos ocuparon sus cargos ya había poco por hacer, los instrumentos de las redes estaban muy desgastados, cada vez funcionaban menos monitores y estaciones. El último registro del Índice Mexicano de Calidad del Aire (Imexca) es del 12 de marzo de 1982, aunque al parecer la red manual midió las Partículas Suspendidas Totales (PST) y el bióxido de azufre durante todo ese año.

### **2.5.3. El aprendizaje**

A pesar del aparente fracaso de la Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México y la Red Metropolitana del Valle de México –o Red Manual de Monitoreo Atmosférico, se formó un grupo de técnicos especializados en operarlas y mantenerlas, así como un vasto cuerpo de saberes sobre la contaminación atmosférica de la Ciudad de México. Veamos en qué consistieron.

Al iniciar la década de los años setenta no había ningún técnico mexicano que operara y proporcionara mantenimiento a dichos instrumentos, al finalizar ese periodo los técnicos no solamente podían manejar y reparar los instrumentos sino que también conocían las características físicas, geográficas y climáticas de la Ciudad de México, donde operaban los instrumentos. Esto fue

---

<sup>144</sup> Jorge E. Rodríguez, “La suciedad del aire de México supera ya los más altos niveles mundiales”, en *Proceso*, abril 1981, p. 23.

posible debido a los diversos tipos de apoyo existentes para realizar estancias cortas y entrenamientos en servicios en las agencias estadounidenses, interesadas en la difusión de sus instrumentos y técnicas. Se aprendió muchísimo sobre el muestreo y los métodos de medición, da cuenta de ello el *Manual de Procedimientos técnicos: Aire*, publicado en 1982. Un documento de 266 páginas, elaborado como dice el prólogo “por todos los trabajadores del laboratorio central” con el fin de normar las metodologías analíticas en el laboratorio, tanto para procesar las muestras tomadas de los conductos de las chimeneas –de cloruros, fluoruros inorgánicos, partículas, bióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico–; como para llevar a cabo el análisis de las muestras de las estaciones fijas de monitoreo atmosférico –de amoníaco, asbesto, arsénico, bióxido de azufre, berilio, celulosa, cianuros, cloruros, materias orgánicas, metales pesados, nitratos, dióxido de nitrógeno, partículas suspendidas y sulfatos–. Pero además también para facilitar la capacitación de los técnicos de las 31 delegaciones estatales. Este documento es importante y de gran valor porque por primera vez se cuenta con un manual detallado en español que incluye las metodologías para determinar los contaminantes antes mencionados, pues hasta el momento la mayor parte de la información se encontraba en inglés y era de difícil acceso. No se trata solamente de una traducción y recopilación de metodologías en un solo documento, sino de una versión comentada. Este manual está lleno de notas e intervenciones en el texto que proporcionan consejos, sugerencias y observaciones, como las siguientes, que dan cuenta del trabajo realizado:

Esta disolución debe prepararse diariamente, o bien antes de usarse.<sup>145</sup>

Esta disolución debe almacenarse en recipientes de polietileno, ya que en recipientes de vidrio se descomponen rápidamente.<sup>146</sup>

Esta solución puede conservarse hasta un mes, si se guarda refrigerada en un frasco ámbar. Sin embargo, si la solución se torna amarilla, debe ser descartada.<sup>147</sup>

El tiempo y la temperatura de incubación son críticos si se quieren obtener resultados reproducibles. Se considera buena práctica, preparar un nuevo grupo de estándares cada vez que se haga el análisis de un grupo de muestras. Los estándares, muestras y muestra de control de calidad, se calientan simultáneamente. Se puede usar un horno con ventilador interno para recircular el aire o un baño de agua.<sup>148</sup>

Esta especie de consejos, tienen un gran contenido epistemológico porque evidencian la labor realizada, si bien no descubren ningún hilo negro, si son una guía en el día a día, su aportación consiste precisamente en las observaciones detalladas sobre las sustancias y las reacciones que se

---

<sup>145</sup> SSA, *Manual de procedimientos técnicos: aire*, 1982, p. 61,

<sup>146</sup> *Ibidem*, p. 62.

<sup>147</sup> *Ibid.*, p. 76.

<sup>148</sup> *Id.*, p. 79.

manejaban en el laboratorio. El documento también incluye dibujos de los instrumentos, así como gráficas, tablas y formatos algunos de éstos últimos elaborados por los propios técnicos, y en otros casos tomados de las fuentes de referencia, que en su mayoría son textos de origen estadounidense. Si bien, durante las década de los años sesenta se tenía mucho más en cuenta lo que hacían otras naciones en materia de contaminación atmosférica, al terminar la década de los años setenta se miraba casi en exclusiva lo que Estados Unidos hacía al respecto, lo cual no es de extrañar, pues como José Zaragoza nos ha comentado en entrevista, gran parte de su formación se llevo a cabo en las agencias estadounidenses de California del Norte y de Texas. No obstante, la cercanía con este país, en particular con estos estados, que son frontera, hace mucho más viable el desplazamiento de estas tecnologías, pues el tiempo de traslado y el costo de los viáticos son mucho menores – instrumentos, refacciones e insumos no tenían cruzar el Océano Pacífico para llegar a México–.

El *Manual de Procedimientos técnicos* fue elaborado para ser usado principalmente en el Laboratorio Central de Análisis de Contaminantes Ambientales, ubicado en la calle de Manuel Carpio 470, en la delegación Miguel Hidalgo donde se encontraba el Instituto de Enfermedades Tropicales (actualmente Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos) donde se llevaban a cabo todos los análisis de las muestras de los contaminantes. Y donde precisamente se experimentó cómo podían afinarse los análisis, es así que el laboratorio funcionó como centro de prueba y desarrollo de las metodologías. Los conocimientos y experiencia incorporados en el manual se derivaron de los experimentos realizados por los técnicos en este laboratorio. Las siguientes citas extraídas del propio manual tienen como fin brindar testimonio de este esfuerzo:

... Usando el perforador de papel, recorte un círculo de cada uno de los filtros a ser analizados. Este laboratorio ha investigado la variación en la concentración de arsénico con respecto al sitio del filtro del cual se toma la muestra para el análisis. El análisis de un gran número de muestras de 1/8” de diámetro de una cantidad elevada de filtros, indica que el arsénico está equitativamente distribuido en la superficie del filtro. Por lo tanto, el sitio de dónde se toma la muestra no representa un factor crítico.<sup>149</sup>

... Se emplean agujas hipodérmicas de diferente tamaño, por ejemplo, para un muestreo de 30 minutos se emplea una aguja de calibre 22 x 16 mm de longitud o 21 x 38 que permita un flujo aproximado de 1 litro/minuto. Para un muestreo de 1 hora se empleará una aguja de calibre 23 x 25 mm de longitud para un flujo de 0.5 litros/minuto, aproximadamente. Para un muestreo de 24 horas se utiliza una aguja de calibre 25 x 16, 25 x 25 o 26 x 13 mm de longitud para un flujo de aproximadamente 0.2 litros/minuto... (Los calibres y longitudes se han experimentado en el laboratorio de Carpio por el área de Control de Calidad de la Dirección de Evaluación y Análisis perteneciente a la SMA). NOTA: A

---

<sup>149</sup> *Ib.*, p. 96.

menor calibre de aguja, ésta es más gruesa y el volumen que puede pasar, es mayor. Y a mayor longitud menor volumen que puede pasar.<sup>150</sup>

Una reducción de la cantidad de la mezcla acetona agua, adicionada para detener la reacción, también incrementa la estabilidad. Se ha obtenido un porcentaje promedio de recuperación del 95 % en pruebas realizadas en este laboratorio sin efectuar calentamiento alguno de la solución final.<sup>151</sup>

Este laboratorio ha encontrado que el desarrollo del color es estable durante una semana cuando se mantiene a una temperatura (72—75°F) en ausencia del dióxido de azufre absorbido. La exposición al calor puede causar un deterioro y decoloración del reactivo absorbente.<sup>152</sup>

Todo lo que da cuenta de los conocimientos y la experiencia adquiridos. Cabe mencionar que este no fue el único espacio en el que los técnicos experimentaron, también estaba el centro de prueba de calibración, que era una estación de monitoreo donada por el la agencia ambiental texana (*Texas Air Control Board*) instalada en el Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad ubicado en el Bosque de Chapultepec, en la delegación Miguel Hidalgo que funcionaba como laboratorio de prueba y desarrollo de tecnologías, en el que se experimentaba cómo podían perfeccionarse los procedimientos de calibración y mantenimiento.

La elaboración de este manual fue también una manera en la que los técnicos empezaron a construir su propia autoridad y legitimidad ante los frecuentes desprecios de los altos mandos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, quienes a menudo les seguían considerando como choferes. El perfil de los técnicos entonces era muy bajo, al igual que su salario, recuérdese que algunos de ellos habían iniciado de esta manera y que no tenían una formación universitaria, por lo que no se confiaba en las habilidades que estaban desarrollando, de manera despectiva se les nombraba “técnicos empíricos”. No obstante, tampoco tenían un espacio dentro de la secretaría, el técnico José Zaragoza recuerda: “Nos teníamos que acomodar con nuestros instrumentos y herramientas en espacios muy reducidos e inadecuados, que no contaban con la seguridad requerida para el manejo de éstos.”<sup>153</sup> Sin embargo, como veremos en el próximo capítulo, con los años ganaron reputación y también espacios.

También hay otros materiales como *Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*; *Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México*; y *La calidad del aire en el Valle de México: Síntesis histórica y perspectiva*, en los que puede notarse que la problemática ha sido abordada desde los supuestos de los organismos internacionales y los países industrializados, en un momento en que todavía se confía en la palabra

---

<sup>150</sup> *Id.*, p. 102.

<sup>151</sup> *Ib.*, p. 167.

<sup>152</sup> *Id.*, p. 174.

<sup>153</sup> Entrevista realizada en Ciudad Universitaria, el día 20 de agosto de 2009.

de los expertos como aquellos que sabrían identificar el problema, manejar los riesgos y proponer las soluciones.<sup>154</sup> Veamos brevemente a continuación el contenido de los materiales comentados.

*Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*, es un documento de 62 páginas, publicado en el año de 1978 por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. El primer capítulo corresponde a las fuentes estacionarias, móviles y naturales. Se puede apreciar que se ha profundizado en la estimación de las emisiones industriales de material particulado, de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos; como en las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno originadas por las fuentes móviles. Es de destacar que antes de la década de los años setenta la información en estos rubros era escasísima. Y aunque en ambos casos se esbozan algunas estrategias de control para abatir las emisiones de estas fuentes, e incluso se muestran algunas gráficas en las que se señala los efectos (reducción) de la contaminación atmosférica, en un plazo que finaliza en 1985, no se especifica cómo han de llevarse a cabo tales estrategias de control, las que se presentan más bien como hipótesis y recomendaciones. Respecto a las fuentes naturales se menciona como principal problema a las tolvaneras, cabe observar que la información en este rubro no está actualizada, se presentan datos de los años de 1952 a 1956, no obstante es muy escueta, ocupa menos de media cuartilla. Podemos observar, que el énfasis se encuentra en las emisiones industriales y automovilísticas, y que los polvos de las tolvaneras han dejado de estudiarse. El capítulo segundo está dedicado a los combustibles utilizados en el área metropolitana de la Ciudad de México tanto por las fuentes estacionarias como por las móviles. El capítulo tercero trata sobre la contaminación atmosférica: tipos y caracterización, aquí se presentan los resultados de los contaminantes Partículas suspendidas (fracción respirable), dióxido de azufre, ozono, monóxido de carbono medidos por la red automática y la red manual de monitoreo atmosférico a partir de enero de 1976 a junio de 1978. En el capítulo cuarto titulado: Efectos de la contaminación atmosférica observada en la región, solamente se comenta que la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente ha llevado a cabo 5 investigaciones epidemiológicas acerca de los efectos en salud de la contaminación atmosférica en la ciudad. En otro punto aún más breve se expone sobre los efectos en la visibilidad, no obstante la información es de 1960. En el último capítulo: Aspectos administrativos y legales, se realiza un esbozo de las leyes y reglamentos mexicanas en materia de contaminación atmosférica, y se comenta brevemente sobre la experiencia en la aplicación de reglamentos.

---

<sup>154</sup> Ulrich Beck menciona que en la sociedad del riesgo en cuestión de peligros nadie es un experto y mucho menos los expertos: “No hay soluciones de expertos en el discurso sobre el riesgo, porque los expertos sólo pueden aportar información fáctica, y nunca serán capaces de evaluar qué soluciones son culturalmente aceptables”. Ulrich Beck, *op. cit.*, p. 66.

Del 6 al 10 de noviembre de 1978 se llevó a cabo la *Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México*. Esta reunión fue importante no solo por la participación de todas las instancias gubernamentales y de investigación mexicanas relacionadas con la problemática<sup>155</sup> además de expertos de Australia, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Japón y Suecia, sino también porque se diagnosticaba la problemática como de las más graves del mundo, porque se dictaban medidas conjuntas y puntuales para mejorar la calidad del aire –que después serían incluidas en el *Programa coordinado para mejorar la calidad del aire en el Valle de México*–. En este documento se reconocía que la contaminación ambiental en México era comparable a la que existía en Tokio hacia mediados de la década de los años sesenta y en Los Ángeles, California, en el periodo comprendido entre los años cuarenta y sesenta, antes que estas ciudades iniciaran acciones correctivas muy vigorosas. Las causas principales eran la ubicación geográfica y las condiciones climatológicas; la tasa de crecimiento de la población; las actividades socio-económicas y, en particular, el rápido aumento del uso de vehículos de motor. El problema básico de la contaminación atmosférica que se diagnosticó era de doble naturaleza: 1) formación de partículas en suspensión con óxidos de azufre, principalmente originadas en el empleo de combustibles; y 2) la contaminación por oxidantes fotoquímicos, debidos predominantemente a emisiones de vehículos de motor en presencia de radiación solar intensa.<sup>156</sup>

En respuesta a esta situación, *La calidad del aire en el Valle de México: Síntesis histórica y perspectiva*, redactado por la Subsecretaría para el Mejoramiento del Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y publicado en octubre de 1980, presentaba la experiencia mexicana para combatir la contaminación atmosférica desde la década de los cincuenta hasta la formulación de su programa para mejorar la calidad del aire, sin ninguna crítica a la política y mucho menos sin hacer ninguna mención de los problemas internos que surgieron en esos años. Está estructurado en cuatro capítulos, el primero da cuenta de la geografía, topografía y régimen climático particular de la Ciudad de México en relación con la mala calidad del aire. El segundo trata sobre la calidad del aire, el tercero menciona las actividades y programas para mejorar la calidad del aire y en el último expone *El programa coordinado para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1980*. Como muchos otros documentos, este texto recuerda los esfuerzos tempranos de la autoridad por medir algunos contaminantes, así como los cambios y las

---

<sup>155</sup> Entre las que se encontraban las siguientes: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SMA-SSA), Subsecretaría de Asentamientos Humanos de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAH-SAHOP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Departamento del Distrito Federal (DDF), Petróleos Mexicanos (Pemex), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

<sup>156</sup> Departamento del Distrito Federal, “Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México”, 1978, p. 9 y 12.

mejoras en sus metodologías de tal forma que narran el presente como parte de una tradición remota y respetada con objeto de justificar sus disposiciones. Al mismo tiempo, la manera en la que se abordaba la problemática como si fuera la única forma de hacerlo, generaba una valoración positiva sobre acciones, instituciones y relaciones sociales y también descartando de esta narrativa los problemas y las contradicciones.

De la breve revisión de estos documentos podemos observar, por un lado, el absoluto silencio que se guarda respecto a los criterios y normas de calidad del aire que habrían de definir la tolerancia a los umbrales de exposición para no dañar la salud humana. Aunque constantemente en todos estos documentos se resaltara la importancia de la salud pública, en la práctica no se utilizó un patrón primario de protección para el control de la contaminación del aire. En realidad este solamente fue expedido los últimos días de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, como veremos en último apartado de este capítulo. Por otro lado, estos documentos están vinculados a nociones que tratan de hacer compatibles el desarrollo económico con el cuidado de recursos naturales, es decir, con nociones de progreso y de cambio tecnológico benigno, bajo la creencia de que los riesgos derivados del deterioro ambiental todavía pueden captarse con los modelos científicos decimonónicos de evaluación de amenazas y con las nociones industriales de peligro y seguridad. Un error categórico en palabras de Ulrich Beck.

#### **2.5.4. La máscara de la contaminación**

Las autoridades no eran ingenuas respecto a las emisiones contaminantes del desarrollo industrial y crecimiento de la población, para disimular lo que cada vez más parecía convertirse en un problema desarrollaron un índice que bajo el supuesto de hacer más fácil la comprensión de los niveles de contaminantes en la atmósfera, también podían enmascararla y retrasar la normativa referente a los umbrales de tolerancia.

El Índice Mexicano de Calidad del Aire (Imexca) desarrollado en 1977, por la Dirección General de Saneamiento Atmosférico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, inició su publicación formal el 6 de diciembre de 1977.<sup>157</sup> Estaba basado en los índices de calidad del aire estadounidenses Pollutant Standard Index (PSI) y en el Uniform International Air Pollution Index (Unipex), ambos desarrollados por G. C. Thom y Wayne. R. Ott a mediados de la década de los setenta. El Imexca se proponía dar a conocer diariamente de manera sencilla la calidad del aire en la Ciudad de México.

---

<sup>157</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *op. cit.*, p. 25.



Incluía cinco contaminantes: monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre, óxidos de azufre y partículas.

El índice o tabla de referencia se proporcionaba por zonas a partir de la ubicación de las 5 estaciones grandes de la red automática ubicadas en: Merced (central), Tlalnepantla (noroeste), Xalostoc (noreste), San Jerónimo (suroeste) y Cerro de la Estrella (Sureste). Los equipos para dióxido de azufre y monóxido de carbono ubicados en el resto de las estaciones también se incluirían de acuerdo a su localización.<sup>158</sup> El Imexca reportaba el subíndice máximo, es decir, el contaminante con mayor concentración para cada zona. Los subíndices se calculaban utilizando funciones lineales segmentadas que en los índices estadounidenses se debían basar en las normas de calidad de aire pero que en México se basaban en los puntos de quiebre. Este índice de calidad del aire ponderaba y transformaba las concentraciones de los contaminantes mencionados a un número adimensional, el cual indicaba el nivel de contaminación en un determinado periodo. La tabla de referencia iba del 0 al 500. Se consideraba que la calidad del aire era buena si se encontraba entre 0–50; satisfactoria 51–150; no satisfactorio 151–200; mala 201–300 y muy mala entre los rango 301–500.<sup>159</sup> [Véase. Anexo 23. Imexca reportes].

En México no había norma oficial de calidad del aire, ni criterios de episodios y tampoco niveles de daño significativo, de modo que para el desarrollo del índice, según el documento *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*, tal “dificultad aparente fue superada por desarrollo de puntos de quiebre basados en la información local, utilizando la misma filosofía con la que se definieron la norma primaria americana de calidad del aire y los niveles de daño significativo”.<sup>160</sup> Los *puntos de quiebre* se pensaban como los valores límites permisibles, es así que en vez de criterios y normas de calidad del aire se tenían puntos de quiebre para cada contaminante. En el documento citado se menciona que: “para fijar el valor 100 del índice se utilizaron los valores propuestos para Normas Mexicanas de Calidad del Aire”,<sup>161</sup> la equivalencia del valor 100 para el caso de las Partículas Suspensas Totales era un promedio diario de 350 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>158</sup> Con relación a las concentraciones de dióxido de azufre y monóxido de carbono para las que se tenían monitores en todas las estaciones, la distribución por zonas fue la siguiente, (debe tomarse en cuenta que para este momento ya solamente operaban 16 estaciones de las 20 iniciales): Central (1, 9, 10, 13 y 14) Noroeste (2, 6, 8, 9 y 12) Noreste (3, 10, 11 y 14) suroeste (4, 12, 13 y 15) y sureste (5, 14, 18 y 20). *Ibidem.* p. 22.

<sup>159</sup> *Ibid.*

<sup>160</sup> *Id.* p. 21.

<sup>161</sup> *Ib.* p. 22.

A partir de la cantidad de 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  –punto de quiebre– se establecieron las concentraciones correspondientes para los valores del índice: 50, 200, 300 y 400 como se indica en el *Memorandum técnico del Imexca*:

Las concentraciones correspondientes para un valor 50 del índice, se obtuvieron dividiendo el intervalo entre cero y la norma de calidad del aire, en dos partes iguales. Las concentraciones correspondientes para los valores de 200, 300 y 400 del índice se determinaron dividiendo el intervalo entre la norma de calidad del aire y el nivel de daño significativo (valor 500 del Imexca), en cuatro partes iguales.<sup>162</sup>

Este documento no explica con claridad cómo y por qué se estableció la cantidad de 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para las PST, ni tampoco expone cómo se calculó el daño significativo correspondiente al valor 500 del Imexca que en el caso de las PST era de 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . No obstante, de acuerdo a la Tabla 4 del documento *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*<sup>163</sup> para las PST el valor del índice 50 se estableció la cantidad de 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (la mitad de la norma). Para los valores del índice 200, 300 y 400 se establecieron las concentraciones respectivas de 510  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 675  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y 835  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>164</sup>

La norma mexicana establecida en 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PST era considerablemente alta respecto a la norma estadounidense que fijaba para su norma primaria –es decir, el nivel máximo compatible, con un *margen de seguridad adecuado* y con la preservación de la salud pública– un promedio en 24 horas de 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que no debía excederse más de una vez al año. En tanto que su norma secundaria –establecida de acuerdo a un valor considerado como necesario para la protección contra los efectos adversos conocidos para la salud humana y los efectos en la vegetación– era un promedio diario de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A pesar de que este umbral ya era suficientemente alto en el documento *Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico: Etapa I: Valle de México* se declaraba que: “se han fijado como metas para 1982, el que en ningún día del año se rebase el valor 300 del índice [correspondiente a 675  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PST]..... y que cuando mucho en un 10 por ciento (de los días del año) se rebase el valor 100 [350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PST]... del mismo”.<sup>165</sup>

---

<sup>162</sup> *Id.*

<sup>163</sup> *Ib.* p. 23.

<sup>164</sup> De manera que las concentraciones 510  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 675  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y 835  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  solamente podían ser fijadas si se conocía el valor de la norma (350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el del daño significativo (1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la siguiente manera según se indica en el *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*: el intervalo entre 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  es 650  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esta cantidad dividida entre 4 tiene como resultado 162.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Así: 350 +162.5=512.5+162.5=675+162.5=837.5+162.5=999.5. Los números en negritas corresponden respectivamente a los términos descriptivos: no satisfactorio, mala y muy mala.

<sup>165</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, “*Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico: Etapa I: Valle de México*”, 1979, p. 27.

Pero eso no es todo, ya he comentado por un lado que el valor descriptivo “satisfactorio” correspondía a los valores del índice entre 51 y 150. Y por otro que la norma se fijaba en el valor 100 del índice equivalente a  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que significa que la calidad del aire señalada como satisfactoria rebasaba esta cantidad ya que el límite o tope de lo considerado satisfactorio era de 150, con esto la tolerancia o el límite aceptable se ampliaba. [Véase. Anexo 24. Valores del Imexca y su correspondencia con las concentraciones de PST y fracción respiratoria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )].

Y aunque en un principio no se pensó reportar la fracción respirable de las partículas, por la desconfianza hacía los instrumentos automáticos de partículas y porque “se disponía de considerable información científica en la literatura, sobre los efectos en la salud de las partículas suspendidas determinadas con muestreadores de alto volumen y no así en los de la fracción respiratoria”.<sup>166</sup> Pero, dado que se requería un reporte diario del índice de calidad del aire y no se podían operar diariamente los instrumentos manuales (según se informa en el *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)* por las restricciones técnicas y económicas), que la información para generar el índice en el caso de las partículas provendría tanto de los instrumentos manuales que medían las PST durante 24 horas, pero cada tres o cinco días, como de la red automática que medían cada hora la fracción respirable. Para esta última, el punto de quiebre se fijó en  $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el daño significativo (valor 500 del imexca) en  $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de manera que el valor 50 del índice se estableció en  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; el de 200 en  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; el de 300 en  $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y el de 400 en  $305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . [Véase. Anexo 24]

La Dirección General de Saneamiento Atmosférico “[hizo un] análisis estadísticos para correlacionar los datos de ambos sistemas de medición, utilizando la información de 1976, correspondiente a pares de estaciones relativamente cercanas”.<sup>167</sup> Así, se pensó que encontrando una relación entre ambas medidas estas podrían utilizarse indistintamente en el cálculo del Imexca: “Si se desarrollaba una ecuación que relacionara las mediciones hechas con medidores beta con las realizadas con muestreadores de alto volumen, sería posible establecer puntos de quiebre, en el índice, para los datos de los medidores beta, utilizando la información de los muestreadores de alto volumen.”<sup>168</sup> Los inconvenientes de esta correlación son muchos, pues no se consideró que las partículas son un contaminante que no es homogéneo, por contener una gran cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas. Además un sistema estimaba la fracción respirable (red automática) y otro las Partículas Suspendidas Totales (red manual) en lapsos de tiempo diferente. Por último las estaciones automáticas y las estaciones manuales estaban localizadas en sitios diferentes, así por ejemplo, las

---

<sup>166</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*, p. 27.

<sup>167</sup> *Ibidem*, p. 21.

<sup>168</sup> *Ibid.*, p. 27.

estaciones de los diferentes sistemas más cercanas entre si estaban situadas a medio kilómetro de distancia –es el caso de las estaciones de ambas redes ubicadas en Xalostoc– y las más lejanas entre si hasta 4.9 kilómetros –donde del equipo manual estaba localizado en la colonia Satélite y el automático en la de Tlalnepantla–.<sup>169</sup> Al respecto, el documento *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)* informa que las correlaciones no habían sido extremadamente altas, por lo que se estaban realizando estudios con el fin de poder definir mejor la relación entre los dos sistemas de medición. Se trataba de “una investigación experimental detallada con objeto de obtener correlaciones más significativas que permitieran una conversión más exacta de los datos de los monitores beta a los valores de PST.”<sup>170</sup>

Entre las mediciones de los instrumentos y los términos descriptivos del índice que se informaban a la población supuestamente para dar a conocer diariamente y de manera sencilla la calidad del aire había una serie de operaciones y conversiones nada claras. Ulrich Beck sostiene que las “burocracias de evaluación de riesgos” disponen de rutinas de negación. “Utilizando la brecha entre el impacto y el conocimiento, los datos pueden ocultarse, negarse y distorsionarse. Pueden movilizarse contraargumentos. Pueden elevarse los niveles máximos permisibles.”<sup>171</sup> En el caso mexicano el índice bien podría haber sido esa rutina o mecanismo al que se refiere Beck, pues al ser los umbrales de contaminación tan altos es evidente que no se quería controlar la situación, ello tenía altos costos tanto para la administración como para el gremio de la industria.

El establecimiento de los puntos de quiebre no solo estuvo lleno de lagunas sino que no ofrecían ninguna protección. Aunque la mayoría de las naciones para establecer su normativa tomaban en cuenta ciertos estudios de corte científico, en México fue una decisión a puerta cerrada, no hubo discusión, ni estudios que avalaran tales umbrales.<sup>172</sup> Humberto Bravo comentaba lo siguiente: “[El índice] tiene el fin propagandístico de convencer de que la contaminación del aire de la capital de la República es todavía tolerable... El Imexca considera niveles muy altos de contaminación del aire

---

<sup>169</sup> *Ibíd.*

<sup>170</sup> *Id.*, p. 21.

<sup>171</sup> Ulrich, Beck, *op. cit.*, pp. 29 y 225.

<sup>172</sup> Durante las décadas de los años setenta y setenta las fuentes más comunes en las que se basaron los gobiernos para establecer los umbrales de peligro provinieron como comenta Maurice Frankel de estudios que observaban a pequeños grupos de trabajadores expuestos a determinadas sustancias en fábricas y minas; de encuestas a un gran número de personas expuestas a una cierta sustancia contaminante; y de experimentos de laboratorio realizados con animales. Véase; Maurice Frankel, *Manual de anticontaminación: Cómo evaluar la contaminación del ambiente y de los lugares de trabajo*, Trad de. Eduardo L. Suárez, México, FCE, 1982, 282 pp. Ejemplos vastos de los estudios en la materia realizados durante la década de los sesenta se pueden encontrar en: W.H. Walton, ed., *Inhaled Particles III: Proceedings of a international symposium organized by the british occupational hygiene society in London, 14–23 september, 1970*, Inglaterra, Vol. 1 y 2, Unwin Brothers Limited, 1971.

como tolerables en base a la premisa de que *el mexicano aguanta más*.<sup>173</sup> Sin ningún tipo de investigación que permitiera cambiar la medida de concentración de las partículas suspendidas en el aire o que avalara que los mexicanos soportaban una mayor carga de contaminantes en el ambiente argumentaba este investigador. El índice presentaba a la contaminación atmosférica como inofensiva.

Las autoridades de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente podían interpretar o suponer las concentraciones que debían ser consideradas como puntos de quiebre al no existir umbrales de peligro y más aún mezclar objetos de estudio como en el caso de las Partículas Suspendida Totales y la fracción respirable. Pues, el reporte de altas concentraciones de contaminantes en la atmósfera tenía consecuencias y podía derivar en problemas políticos, para evitarlos comenta José Zaragoza en entrevista: “se cuchareaba la información.”<sup>174</sup> En 1979, la Dirección General de Saneamiento Atmosférico presentó al presidente José López Portillo el *Plan de Emergencia para el Control de la Contaminación Atmosférica* con el que se trataba de evitar la ocurrencia de niveles peligrosos de calidad del aire que pudieran conducir a importantes incrementos en la morbilidad y la mortalidad. El Plan de Emergencia observaba acciones en tres niveles. En el primero, período de alerta, considerado a partir de rebasar el valor 300 del Imexca, se debía restringir el consumo de combustibles con alto contenido de azufre en refinerías, termoeléctricas e industria mayor demás de suspender hasta en un 50 por ciento las actividades industriales no indispensables. En el segundo período de alarma, establecido en más de 400 imexcas, el combustible pesado sería sustituido obligatoriamente por ligero; en esta etapa habría suspensión total de todas las actividades industriales no indispensables y de cualquier proceso de combustión que emitiera humos a la atmósfera con una opacidad mayor del 20 por ciento, según la Carta de Humo Ringelmann, por más de cinco minutos en una hora, con excepción de los hospitales. Y finalmente, en el período de peligro, considerado cuando el índice fuera mayor a los 500 imexcas, se agregaría a las medidas tomadas en los periodos anteriores la prohibición total de quemar combustible residual de alto contenido de azufre; y de acuerdo con el tipo de emergencia quedaría a criterio de las autoridades la necesidad de suspender total o parcialmente las actividades industriales comerciales y de servicios.<sup>175</sup> Sin embargo, el plan no se aplicaba según se comenta en la edición 154 de la revista Proceso.

---

<sup>173</sup> “Más contaminados de lo que se dice”, en *Proceso*, febrero 1979, p. 30.

<sup>174</sup> Entrevista realizada en Ciudad Universitaria, el día 20 de agosto de 2009.

<sup>175</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, “*Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico: Etapa I: Valle de México*”, 1979, p. 34. Víctor Cardoso, *op. cit.* p.33.

### 2.5.5. Límites, umbrales de peligro

En esta sección reviso, por un lado, los umbrales de peligro que la autoridad tomaba en cuenta durante la década de los sesenta para comparar o tener una idea de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México respecto a los países industrializados y otras naciones menos desarrolladas. Y por otro lado, señaló los muchos cambios durante la década de los años setenta en el reglamento interno de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en los que se otorgaron, se disminuyeron y se reincorporaron las atribuciones para establecer los límites de tolerancia con el fin de observar los obstáculos para poner en marcha una normativa, pero sobre todo para señalar que las normas, que pretenden regular los peligros, no prometen seguridad, sino que más bien tienen la función de normalizar el peligro.

En México antes de los años setenta las concentraciones máximas permisibles o lo que se consideraba como pureza del aire no estaban definidas, y ni se planteaba la idea de generar unas normas propias. La Dirección de Higiene Ambiental utilizó los Niveles de Referencia sugeridos por la OPS–Cepis en 1967, para interpretar los resultados de las mediciones de las partículas suspendidas, el anhídrido sulfuroso y de los polvos sedimentables. Los niveles de referencia se usaban como una guía rápida y valiosa de las concentraciones de contaminación *acceptables*; servían como punto de comparación permitiendo establecer si los resultados obtenidos por las diversas naciones incorporadas en la red de mediciones correspondían o no a una situación riesgosa. Pues, uno de los objetivos básicos de la medición de contaminantes atmosféricos era precisamente la evaluación de la exposición humana a los contaminantes. Medir por medir, no tenía sentido, sino había una relación, una evaluación de los daños a esa exposición. Así, para el polvo sedimentable se estableció la cantidad de 0.5 miligramos depositados sobre una superficie horizontal de 1 centímetro cuadrado en un lapso de 30 días y para el polvo en suspensión 100 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en un periodo de 24 horas. Su objetivo era establecer una base de comparación que permitiera señalar, siquiera aproximadamente, la calidad de la atmósfera de una ciudad en función de los resultados obtenidos en las estaciones de la red. En la medida en que las mediciones promedio estuvieran por encima de los valores, la atmósfera respectiva estaría más contaminada. En igual forma, si eran más bajas, se consideraba que el problema era menos serio mientras más alejadas estuvieran de las cifras señaladas.<sup>176</sup>

---

<sup>176</sup> Cepis, *Red Panamericana de Muestro de la Contaminación del Aire, Informe 1967-1974*, 1976, pág.7.

En la década de los sesenta las políticas sobre los límites de seguridad no contemplaban entonces medidas muy definidas, en parte porque se consideraba que la mala gestión del aire limpio no afectaba a otros países. La mayor parte de los problemas sobre contaminación atmosférica se percibían como locales,<sup>177</sup> en la memoria de la *European Conferencian Air Pollution* realizada en 1964 se afirmaba lo siguiente “la contaminación del aire, afortunadamente, muy a menudo es un asunto local y regional. Es diferente de un lugar a otro, y varía en cada lugar, de día a día y de hora en hora”.<sup>178</sup> Una razón para considerar inocua la (mala) gestión local del aire era que los contaminantes de interés duraban poco en la atmósfera, o eran emitidos en cantidades muy pequeñas que no se concebían como un problema lejos del lugar del cual se emitían. Sin embargo, más tarde, en 1976, la OCDE se encontraba ya investigando el acarreo de la contaminación a grandes distancias, con el fin de determinar si, por esa razón, sería necesario establecer restricciones internacionales sobre las emisiones.<sup>179</sup>

En 1972 para distinguir entre lo normal o tolerable y lo dañino o anormal el comité de expertos de la OMS propuso valores límite que se denominaron *Objetivos a Largo Plazo Recomendados* –concentraciones de contaminantes en el aire que no debían excederse para obtener cierto nivel de protección– para las partículas en suspensión y el dióxido de azufre. No así para el polvo sedimentable ya que como hemos mencionado estos polvos no se consideraban peligrosos para la salud humana, además de que su pronta sedimentación no las hacía viajar más allá de la localidad y debido a su vinculación con contaminación de origen natural estaban fuera del ámbito de interés. El *Objetivo a Largo Plazo Recomendado* para las partículas en suspensión era el siguiente: la media anual debía ser de 40 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el 98 por ciento de las observaciones debían ser inferiores a 120 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en 24 horas. Estos valores eran solamente una recomendación y servían más bien para guiar las acciones de los países para reducir las emisiones, ya que a menudo los países miembros estaban lejos de poderlos seguir, en el caso particular de México como hemos visto, no se estaba del todo interesados ni tampoco convencidos de la magnitud de la problemática, además de que prevalecía cierta incredulidad hacía los daños ocasionados por los contaminantes, aparte de que la lucha contra la contaminación implicaba una gran inversión en los programas. El Comité al darse cuenta de que las naciones miembros no iban a adoptar las medidas a largo plazo sugirió objetivos a un plazo más corto para el futuro inmediato.

---

<sup>177</sup> Lo que justificó el movimiento ecologista global en todas partes y motivó la discusión de los riesgos globales comenta Ulrich Beck fue precisamente que los nuevos tipos de riesgos que enfrenta la sociedad son simultáneamente locales y globales, o “glocales”. El principio axial de la sociedad del riesgo son los peligros producidos por la civilización que no pueden delimitarse socialmente ni el espacio, ni el tiempo. Ulrich, Beck, *op. cit.*, p. 29 y 225.

<sup>178</sup> Council of Europe, *European Conference on Air Pollution: 24th June-1st of July*, 1964, p. 367.

<sup>179</sup> Michael Suess y S. R. Craxford, ed., *Manual de calidad del aire en el medio urbano*, México, 1980, p. 10.

Estas metas a corto plazo tendrían como principio la finalidad de evitar enfermedades y defunciones, para estos objetivos no se estableció ningún valor en concreto, dado que el grado de protección requería una respuesta política, por eso se esperaba que los objetivos a corto plazo variarían de un país a otro, dependiendo del monto de inversión y del interés de cada nación.<sup>180</sup>

Aunque la Dirección de Higiene Industrial usaba los Niveles de Referencia de la OPS–Cepis conocían los valores presentados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos en 1971, así como los límites establecidos por la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) desde el año de 1951, sin embargo no podía establecer una comparación para las partículas suspendidas ya que como hemos mencionado, la metodología estadounidense variaba considerablemente de la utilizada por la OPS–Cepis. Y en el caso de la URSS tampoco podía realizarse ninguna comparación dado que se desconocía el tipo de instrumento para llevar a cabo la recolección de la muestra, así como el método empleado para el análisis. No obstante, la norma primaria de Estados Unidos –pensada para salvaguardar la salud humana– establecía en aquel momento para muestreos de 24 horas la media geométrica anual de 75 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el valor máximo medido que no debía ser rebasado más de una vez al año de 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>181</sup> Mientras que la URSS establecía un promedio diario de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo ocasional de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el Anexo 25 se resumen los límites aceptables para polvo en suspensión de acuerdo a la Unión Soviética, Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud. Puede apreciarse una variación importante en las cifras que cada uno establece como patrón así como en las técnicas de muestreo y análisis empleados.

Después con la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente el enfoque principal de gestión respecto a la normativa fue el de “la aplicación de las mejores técnicas disponibles” el cual apuntaba a limitar la emisión de contaminantes provenientes de las fuentes fijas y móviles.<sup>182</sup>

---

<sup>180</sup> Michael Suess y S. R. Craxford, ed., *op. cit.*, p. 8.

<sup>181</sup> National Ambient Air Quality Standards eran el conjunto de normas de calidad del aire para los Estados Unidos de América emitidas por la Agencia de Protección del Ambiente en 1971. Se trata de los niveles máximos permisibles para dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, oxidantes fotoquímicos y partículas en suspensión para los cuales se designaban estándares primarios y secundarios. Los estándares primarios eran el nivel máximo compatible con un margen de *seguridad adecuado* y con la preservación de la salud pública los cuales debía ser cumplidos en un plazo determinado. Y las normas secundarias eran aquellas consideradas como necesarios para la protección de los efectos adversos conocidos para la salud humana y la vegetación las cuales debían ser y cumplidas en “un plazo razonable” (OMS, *Glossary on air pollution*, 1980, p. 95). Los estándares primarios servían para salvaguardar la salud humana y los secundarios para tratar de impedir los daños a los materiales y el ambiente, éstas últimas por lo regular debían ser más estrictas que las primarias.

<sup>182</sup> En este sentido, la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental buscaba justamente prevenir y controlar la contaminación atmosférica, por un lado, con el “desarrollo de nuevos métodos, sistemas, equipos, aditamentos, dispositivos”,<sup>182</sup> y por otro lado, con la localización, clasificación y evaluación de los tipos de fuentes de contaminación con el fin de señalar normas y procedimientos técnicos a los que debieran estar sujetos sus emanaciones, descargas y depósitos contaminantes.<sup>182</sup> En tanto que el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación



Complementado con normas de calidad del aire (recurso fundamental del modelo “administración del recurso aire”) con el fin de conocer cuánta contaminación podía tolerarse sin peligro en el aire y que supuestamente aseguraban que ninguna fábrica u otra fuente se le permitiera descargar tanta contaminación que se excedieran esos límites. Con las atribuciones asignadas tanto al Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente –“Elaborar y proponer alternativas de normas generales para la investigación y para los programas de prevención y control de la contaminación ambiental”–<sup>183</sup> como a la Dirección General de Coordinación –“Recopilar normas de trabajo relacionadas con el mejoramiento del ambiente y proponer la elaboración de las faltantes o modificación de las existentes, en caso necesario”–<sup>184</sup> al finalizar la primera administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del ambiente supuestamente se presentó una propuesta para una *Norma de Calidad del Aire para México*, que fue discutida en Atliehuetzia, Tlaxcala en julio de 1976, como se menciona en el documento “*Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico: Etapa I: Valle de México*”, publicado en 1979.<sup>185</sup>

Con objeto de determinar estas concentraciones, que conforman la Norma de Calidad del Aire, se llevó a cabo una reunión interdisciplinaria con la asistencia de diversos especialistas... dada la amplia gama de especialidades, experiencias y criterios reunidos, se utilizó como metodología de trabajo la técnica de Delfos. El resultado obtenido con esta metodología hizo ver que los factores a considerarse deberían ser: el efecto en salud, la factibilidad técnico-económica de reducir las emisiones, las normas de otros países, la calidad actual del aire en las diversas regiones problema y los efectos en vegetación y visibilidad. La aplicación de estos criterios condujo a definir los valores de concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos que forman la Norma Mexicana de Calidad del Aire.<sup>186</sup>

---

Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos señalaba los límites de emisión de contaminantes provenientes de las fuentes fijas y móviles. El asunto estaba encaminado al establecimiento de las cantidades o descargas permitidas de contaminantes procedentes sobre todo de las industrias y de los vehículos.

<sup>183</sup> SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 10 de agosto, 1973, p. 20. (Artículo 12)

<sup>184</sup> *Ibidem.*, p. 23. (Artículo 26).

<sup>185</sup> Cabe mencionar que a principios de la década de los años setenta, la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente emprendió algunos estudios sobre las partículas suspendidas y los óxidos de azufre (las que variaban de un país a otro) en relación con las características geográficas y climáticas de la Ciudad de México y también con sus efectos en diversos grupos de población, con miras a establecer una normativa propia sobre los umbrales de tolerancia. Sin embargo ninguna de estas investigaciones contribuyó a establecer los criterios de calidad del aire. Las siguientes referencias mencionan la existencia de estudios en la materia. Véase: Blanca Raquel Ordoñez, “Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre”, en *Salud Pública de México*, núm. 2, vol. 14, México, marzo-abril 1972, pp. 209-215. Blanca Raquel Ordoñez, “Aspectos generales de los efectos de la contaminación ambiental en la salud”, en *Memoria I Reunión Nacional sobre problemas de Contaminación Ambiental del 14 al 19 de enero de 1973*, SSA, México, 1973, pp. 121-127. Francisco Vizcaino Murray, “La contaminación ambiental y la salud del niño”, en *Salud Pública de México*, núm.1, vol. 15, México, enero-febrero 1973, pp. 91-100. SMA-SSA, *La calidad del aire en el Valle de México. Síntesis histórica y perspectivas*, México, PNUMA- SSA, 1980, 82 pp.

<sup>186</sup> Dirección General de Saneamiento Atmosférico, “*Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico: Etapa I: Valle de México*”, 1979, p. 32.

Esto quiere decir, que se pensaron ciertos umbrales de peligro, sin embargo durante el siguiente sexenio (1976–1982) la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente ignora y suspendió esta medida. Los criterios de la calidad del aire fueron publicados en los últimos días de esta administración. A continuación, presento los reglamentos internos de la SSA de 1977, 1978 y 1981, con el fin de mostrar como la atribución de desarrollar los criterios y normativas en relación con los umbrales de peligro fue sesgada. [Véase. Anexo 26 Comparación de las funciones de las diversas direcciones de la SMA para investigar y establecer criterios y normas de la calidad del aire de acuerdo a los reglamentos internos de la SSA].

De acuerdo con el Reglamento Interior de la SSA del 31 de agosto de 1977 tres direcciones estaban involucradas en el proceso de normatividad. 1. La Dirección General de Efectos del Ambiente en la Salud tenía competencia para “Determinar índices de tolerancia de contaminantes y establecer las normas respectivas”.<sup>187</sup> 2. La Dirección General de Saneamiento Atmosférico tenía la responsabilidad de “Establecer las normas de calidad del aire y de los niveles permisibles de contaminación en la atmósfera.”<sup>188</sup> 3. La Dirección General en Jefe de Mejoramiento del Ambiente debía “Proponer al Subsecretario los planes, programas, normas técnicas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental.”<sup>189</sup> Esta administración aunque contempla el establecimiento de valores límite no propone alternativa alguna, ni tampoco discute la propuesta emergida en la reunión de Atliehuetzia.

El 9 de junio de 1978 es publicado un nuevo Reglamento Interior de la SSA. Las atribuciones de las direcciones generales son las mínimas posibles, disminuyendo la capacidad de la estructura administrativa para poder establecer un marco de acción.<sup>190</sup> Compete a la Dirección General de Saneamiento Atmosférico “Investigar el grado de contaminación de la atmósfera, establecer los niveles tolerables de contaminantes y determinar medidas para mejorar su calidad”<sup>191</sup> y a la Dirección General de Coordinación y Control Ambiental “Formular planes, programas, estudios, acciones y normas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental.”<sup>192</sup> Como puede observarse, aunque se menciona el establecimiento de los niveles tolerables de contaminantes, no

---

<sup>187</sup> SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 31 de agosto, 1977, p. 27. (Artículo 41)

<sup>188</sup> *Ibidem*, p. 28. (Artículo 45)

<sup>189</sup> *Ibidem*, p. 27. (Artículo 40)

<sup>190</sup> Cf. Anexo 11. Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Primer cambio y Anexo 12. Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Segundo cambio.

<sup>191</sup> SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 9 de junio, 1978, p. 10. (Artículo 44)

<sup>192</sup> *Ibidem*, p. 7. (Artículo 22)

hay mención explícita al desarrollo de las normas de calidad del aire, como en el anterior reglamento donde sí se confiere esta atribución a la Dirección General de Saneamiento Atmosférico, con lo que se puede inferir, que realmente no hay ninguna voluntad política para desarrollar una normativa en materia de umbrales de peligro. A pesar de que el desarrollo del Índice Mexicano de calidad del Aire (Imexca) en 1977 hubiera sido un buen argumento para reforzar la necesidad de la expedición de normas de calidad del aire, pero, por el contrario como hemos visto, los puntos de quiebre de este eran muy altos, incluso para aquellos tiempos.

El siguiente Reglamento Interno de la SSA del 16 de marzo de 1980 menciona que la Dirección General de Saneamiento Atmosférico tiene competencia para “Investigar la contaminación de la atmosfera, establecer los límites permisibles de contaminantes y fijar medidas para mejorar su calidad.”<sup>193</sup> Además de formular normas técnicas generales para el control de fuentes emisoras de contaminación. Y la Dirección General de Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud le corresponde “Fijar normas y criterios técnicos sobre los límites permisibles de contaminación ambiental en relación con la salud humana.”<sup>194</sup> Se reinstala la atribución de desarrollar normas. Los criterios –las concentraciones de contaminantes en la atmósfera máximas permisibles durante un determinado periodo a partir de los cuales se desarrollarían las normas de calidad del aire—<sup>195</sup> son publicados en el *Diario Oficial de la Federación*, el 29 de noviembre de 1982, a tan solo unos días de finalizar el periodo administrativo y de que la gestión de la calidad del aire se trasladara a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue). El “Acuerdo que establece los lineamientos para determinar el criterio que servirá de base para evaluar la calidad del aire en un determinado momento” surge según se comenta “a efecto de determinar y desarrollar la política ambiental en relación con la atmósfera”<sup>196</sup> sin embargo, es de destacar que el marco de referencia con el cual podría medirse el grado de contaminación atmosférica se fijó en el último momento justo cuando la subsecretaría no tendrá responsabilidad alguna sobre la problemática, lo que da cuenta de su nulo interés por establecer políticas y llevarlas a cabo, aun cuando tenía conocimiento de la situación mediante las mediciones de las redes de monitoreo y a pesar de que los criterios se caracterizan por su poca importancia legal y administrativa. Durante todo el sexenio se midió por medir, sin que existiera un límite que estableciera lo limpio de lo sucio, lo normal de lo dañino, sin que se pudiera

---

<sup>193</sup> SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, 16 de marzo, 1981, p. 25. (Artículo 34)

<sup>194</sup> *Ibidem.*, p 23. (Artículo 24)

<sup>195</sup> OMS, *Glossary on air pollution*, 1980, p. 95.

<sup>196</sup> SSA, “Acuerdo que establece los lineamientos para determinar el criterio que servirá de base para evaluar la calidad del aire en un determinado momento”, en *DOF*, 29 de noviembre, 1982, p. 84.

marcar esta diferencia, entonces la situación en la que se encontraba la atmósfera, debido a la carencia de estos límites, podía ser manejada por sus gestores de manera muy ambigua.

El criterio establecido para evaluar la calidad del aire para las PST fue “un promedio diario de 275 microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).”. Este se utilizaría para fijar el valor de 100 en el Índice Mexicano de Calidad del Aire. Y también era la meta a alcanzar a mediano plazo en las áreas más contaminadas en las que se tendría que aplicar medidas de riguroso control establecidas en los artículos 14, 16, 19 fracción I, 20 y 52 de la reciente Ley Federal de Protección al Ambiente, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 11 de enero de 1982.<sup>197</sup> El establecimiento de este criterio no utilizó ninguna investigación sobre las particulares características de la contaminación, territorio y población mexicana, son una reproducción del criterio establecido por Estados Unidos de América del Norte hacía más de diez años.

Como hemos visto los criterios y normas de la calidad del aire son decisiones políticas que no necesariamente garantizan la protección de la salud. El propósito de reducir los peligros en el ambiente tiene matices, la muerte y la enfermedad representan sólo el extremo de toda una gama de respuestas. Aunque a primera vista pueda parecer que fijan niveles completamente seguros, no existe ningún criterio o norma segura, lo que estas representan más bien es el umbral de la inaceptabilidad, de manera que los criterios y normas se establecen de acuerdo a niveles mínimos y máximos admisibles, es decir, los umbrales de peligro no tratan de brindar una protección absoluta: mientras ciertas concentraciones de contaminantes pueden ser toleradas por la mayoría de la población, estas mismas pueden ser letales para otras personas, límites más bajos de los establecidos como normas

---

<sup>197</sup> A continuación el contenido de los artículos citados:

Artículo 14. En los casos de contaminación ambiental con repercusiones peligrosas para los ecosistemas o la salud pública, así como para la flora y fauna, la Secretaría de Salubridad y Asistencia dictará y aplicará de inmediato las disposiciones y medidas correctivas que procedan, en coordinación con las autoridades competentes.

Artículo 16. En aquellas áreas urbanas o rurales que por sus características, condiciones naturales o accidentales requieran protegerse de la acción de la contaminación, la Secretaría de Salubridad y Asistencia, promoverá ante las autoridades Federales y Locales competentes la limitación o suspensión, mediante los estudios y justificaciones técnicas o científicas del caso, de la instalación o funcionamiento de industrias, comercios, servicios, desarrollos urbanos o cualquiera otra actividad que pueda causar o incrementar degradación ambiental y dañar los procesos ecológicos.

Artículo 19. La Secretaría de Salubridad y Asistencia estará facultada para:

I. Establecer los procedimientos para prevenir y controlar la Contaminación Atmosférica;

Artículo 20. La Secretaría de Salubridad y Asistencia vigilará las fuentes de contaminación atmosférica para que sus emisiones no rebasen los límites permisibles.

Artículo 52. El Ejecutivo Federal por conducto de las autoridades a que se refiere el Artículo 5o. de esta Ley, realizará la vigilancia e inspección que considere necesarias para el cumplimiento de la misma y de sus reglamentos. Al respecto, el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos objeto de dicha vigilancia e inspección.

SSA, “Ley Federal de Protección al Ambiente”, en *DOF*, 11 de enero, 1982, pp. 23–32.

pueden afectar a los niños, adultos mayores y enfermos, en palabras de Ulrich, Beck, “los mismos peligros se presentan a una persona como dragones y a otra como gusanos”.<sup>198</sup>

Las normas quieren mantener la esperanza de que los límites proporcionan cierto control. Pero, como sostiene Beck los peligros a los que estamos expuestos proceden de un siglo distinto al de las promesas de seguridad que intentan someterlos.<sup>199</sup> Las muchas sustancias tóxicas que se escapan de las redes del derecho, la tecnología y la política demuestran la incertidumbre, la falta de control y el futuro lleno de peligros, peligros que no somos capaces de advertir siquiera dado que no son perceptibles por los sentidos humanos.

## 2.6. Conclusiones

En este capítulo se ha presentado las diversas áreas de la Secretaría de Salud y Asistencia a las que les correspondió gestionar la contaminación del aire: la Dirección de Higiene Industrial (1954-1970), la Dirección de Higiene Ambiental (1970-1972) y la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (1972-1982) durante los periodos presidenciales de Luis Echeverría Álvarez y de José López Portillo con el fin de mostrar en primer lugar que el estudio de la contaminación atmosférica desde el sector salud tenía sentido dada la pretensión de proteger a la salud humana, pues correspondía al servicio de salud pública velar por la limpieza del aire. Pero también con el objetivo de señalar cómo surgió la estructura administrativa, la legislación, los reglamentos y las normas en la materia que permiten la introducción de diversos sistemas de medición y de instrumentos.

Una de las preguntas que he tratado de responder en este capítulo es ¿Qué capitalizó la entrada de un cuerpo de instrumentos de medición de la contaminación atmosférica en las filas del gobierno? Las razones expuestas son varias. Por un lado, he argumentado que ante los peligros invisibles o imperceptibles por los sentidos humanos los instrumentos parecían ser capaces de cuantificar las sustancias confirmando así la existencia de contaminación. Y por otro lado, he señalado la creencia de que los instrumentos cuantificarían las sustancias de manera fiable por lo que a partir de sus mediciones sería posible evaluar la situación, planear su prevención y su control. Además de que el uso de instrumentos traía consigo otras ventajas como la estandarización de lo medido propiciando el intercambio y la comparación. En resumen se tenía mucha confianza en su uso, al punto de creer que

---

<sup>198</sup> Ulrich Beck, *La sociedad del riesgo global*, 2006, p. 225.

<sup>199</sup> *Ibidem*, p. 87.

el problema de la contaminación atmosférica se resolvería aplicando formulas universales dada la supuesta naturaleza técnica del problema.

Pero como hemos visto la puesta en marcha de sistemas de medición de la contaminación atmosférica estuvo plagada de contradicciones. Lo primero que hay que señalar es que cada administración gestionó sistemas de medición completamente diferentes. Así la Dirección de Higiene Industrial y su sucesora la Dirección de Higiene Ambiental se apoyaron en el programa de la OPS conocido como RedPanair para incorporar la medición de los contaminantes: polvos sedimentables, partículas suspendidas y anhídrido sulfuroso mediante específicos instrumentos (jarras colectoras y trenes de burbujeo respectivamente) y su posterior análisis en el laboratorio. Este sexenio se caracterizó por la precariedad tanto en el personal como en el presupuesto comparado con la siguiente administración en la que se creó la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente constituida por más de 450 personas y dos costosos sistemas de medición divergentes entre sí. La red automática de origen holandés y la red manual de origen estadounidense que medían los llamados contaminantes criterio.

Lo que caracteriza a este periodo (1967-1982) es la puesta en marcha de tres diversos sistemas de medición, cada uno de ellos con miras a cuantificar la contaminación del aire y con ello a estandarizar los objetos de estudio. Sin embargo, la homogeneización de los instrumentos, de los métodos y de las prácticas fue muy difícil. No hay instrumentos estandarizados, ni practicas uniformes. Pero además los objetos de estudio de estas redes tampoco eran los mismos, mientras la RedPanair media polvos sedimentables y partículas suspendidas, la Red Automática Philips media la fracción respirable de las partículas y la Red Manual las Partículas Suspendidas Totales. Aunque, todos estos objetos de estudio son partículas, cabe destacar que cada uno de ellos es un objeto de estudio particular observado con instrumentos y métodos específicos.

Es de destacar que no hubo una planeación concienzuda para la instalación de los sistemas de medición por parte de ninguna administración, que los sitios donde se ubicaron las casetas de monitoreo, no eran los más adecuados sino donde era posible colocarlas. El estudio de la contaminación atmosférica fue arduo por los muchos intereses que convergían y que requerían coordinarse. Los sistemas de medición representaron los enfrentamientos entre los partidarios de unas y otras tecnologías. No hay consenso sobre qué métodos y qué instrumentos usar, tampoco sobre la gestión, y mucho menos para establecer unos umbrales de peligro. Todo parece apuntar a que la existencia de contaminación atmosférica era un problema incomodo que si bien no se podía

ignorar tampoco se pretendía resolver. Las contradicciones y las confrontaciones estuvieron presentes en todo momento ejemplo de ello es tanto la descalificación del trabajo de los técnicos por parte de sus jefes como la acusación pública por parte de los técnicos respecto a la corrupción de sus superiores. Así como el enfrentamiento entre el sector industrial y la Secretaría de Salubridad y Asistencia en el I Congreso Nacional sobre Problemas de Contaminación Ambiental.

No obstante, las redes y sus instrumentos de medición de la contaminación atmosférica jugaron un papel importante en la tarea del gobierno ayudaron a establecer un nuevo orden social en la medida que a partir de sus lecturas se buscaba modificar la producción de las industrias y restringir algunas actividades. Con ellos se aportan las pruebas de la existencia de contaminación. Su presencia juega un papel fundamental en la apreciación de la contaminación atmosférica sus lecturas comienzan a tener un peso considerable. Además a partir de la operación de estos instrumentos surge un cuerpo de expertos en la materia, que unos años después pondrán en marcha la siguiente red de monitoreo.

La puesta en marcha de las redes de monitoreo trajo nuevas prácticas, se empieza a hacer un seguimiento sistemático y continuo de las variaciones en la contaminación, lo que permite pensar en una vigilancia ininterrumpida. Se miden los contaminantes propios de la combustión y se realizan bastas observaciones sobre el comportamiento de las sustancias y reactivos, se aprenden las técnicas analíticas así como los métodos y parámetros para determinar el flujo de las concentraciones en relación con las específicas condiciones de la Ciudad de México. Además se identifican los focos más importantes de polución y se generan medidas de control. Los antecedentes de la gestión de la contaminación atmosférica se encuentran aquí, algunas de las estrategias y medidas de control ya se esbozan en los documentos de la época como el programa de cambio de convertidores catalíticos y el índice de calidad del aire, aunque con otros nombres y matices.

En este capítulo también hemos visto que en este periodo hubo muchísima resistencia para aceptar el problema de la contaminación. Aunque se adoptó la política de las mejores técnicas disponible que después fue complementada con la de la administración del recurso aire ninguna de ellas se asumió con rigor, por un lado los funcionarios de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en diferentes grados no están interesados en hacer valer los mecanismos para controlar la contaminación atmosférica. Y por otro, los industriales tampoco tienen interés en cumplir con las medidas impuestas por estos últimos. Estos actores hacen valer diferentes conceptos de contaminación dependiendo de lo que les convenía hacer visible y lo que preferían minimizar. El sector industrial señala al gobierno como principal responsable de las áreas erosionadas y de la existencia de vastos basureros así como

de las emisiones de las refinerías, termoeléctricas y del transporte público. Mientras que la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente básicamente culpabilizan al gremio industrial por sus emisiones. Estas dos posturas encuentran reconciliación al pasar su responsabilidad a la población, a su crecimiento desmedido, al consumo de bienes y servicios por cada habitante, vemos que desde estos años los peligros se comienzan a hacer anónimos de tal forma que la contaminación atmosférica termina siendo responsabilidad de nadie y de todos, el énfasis se coloca en el estilo de vida de cada habitante y también en las emisiones vehiculares.

Otra de las estrategias primero para no aceptar o no reconocer la existencia de contaminación atmosférica y después para ganar tiempo y con ello retardar el establecimiento de los umbrales de peligro y las normas al respecto fue acudir a la tesis de la incertidumbre, esto es, a la generación de dudas sobre los datos, al señalamiento de lagunas en la investigación y a la solicitud de pruebas sólidas para actuar, de tal modo que pareciera que la identificación de un adecuado nivel de exposición no existía y que la evidencia disponible no era suficiente, así como tampoco ningún estudio científico, resaltando que para actuar se necesitaba más investigación sobre los efectos en la salud, el tamaño de partícula, la exposición etc. El propósito de crear incertidumbre involucra la demora en la conformación de normas y programas para proteger la salud pública y el ambiente.



## Capítulo 3.

### Tuneo de instrumentos

Los investigadores Bruno Latour, Michael Lynch y Karin Knorr Cetina a finales de la década de 1970 se introdujeron en prestigiosos laboratorios de investigación científica en Estados Unidos de América, para estudiar a los científicos en su lugar de trabajo. Cada uno observó las condiciones de producción de la ciencia, y sus respectivas publicaciones: “*Laboratory Life. The social construction of scientific facts*”, “*Art and Artifact in laboratory science: a study of shop work and shop talk in a research laboratory*” y “*The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*” mostraron la producción de conocimiento como una actividad social de construcción de objetos, de procesos de representación, de diseño de instrumentos y técnicas. El conocimiento dejó de ser producto de los métodos racionales, inmaculado y acumulativo en beneficio de la sociedad, generado por comunidades autónomas sin ningún tipo de interés económico o político. La vida en los laboratorios científicos ha sido detallada, y desde entonces muchas contribuciones desde la perspectiva de los estudios culturales de la ciencia han hecho ver que la ciencia no es neutra ni autónoma, mostrando que las maneras en que las tecnologías se desarrollan e impactan a otras esferas de la organización social es un proceso muy complejo y prácticamente impredecible. Sin embargo, poco se ha comentado sobre lo que sucede en laboratorios donde no se hace explícitamente investigación básica o aplicada, donde simplemente se utilizan instrumentos para monitorear, registrar o para llevar a cabo algún tipo de cálculo, los cuales generan datos, cifras o gráficas sobre algún aspecto del entorno en que operan, por ejemplo, los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica. Las preocupaciones se han enfocado en las prácticas y relaciones entorno a los instrumentos y medios materiales mediante los que se obtiene conocimiento científico, casi siempre generado en laboratorios universitarios, muy poco se ha dicho sobre esta cultura material y prácticas fuera del ámbito científico, como en laboratorios de gobiernos, operados y administrados por funcionarios públicos del partido político en el poder, con recursos del estado.<sup>1</sup> Es de interés para esta investigación documentar qué sucede en espacios como este último, en

---

<sup>1</sup> Gary Alan Fine de enero de 2001 hasta abril de 2002 llevo a cabo un estudio etnográfico en la oficina del Servicio Meteorológico Nacional de Chicago (Romeoville, Illinois) con el fin de intentar comprender cómo funciona la meteorología como disciplina del conocimiento, pues la meteorología a menudo tiene un status bajo en la jerarquía de las ciencias y los meteorólogos no son reconocidos como científicos en parte porque no están orientados a la investigación, no son doctores, ni profesores y porque operan desde una oficina pública. Véase: Gary Alan Fine, *Authors of the storm: meteorologists and the culture of prediction*, Chicago, University Press, 2007, 294 pp.

particular en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico desde donde se operan ciertos instrumentos a partir de los cuales se produce la calidad del aire de la Ciudad de México, dado la información relevante que se genera, la que incide sobre decisiones de orden político y económico en las que está comprometida la salud de todos sus habitantes.

Para la realización del presente capítulo llevé a cabo una etnografía en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico del Gobierno del Distrito Federal con el objetivo de mostrar cómo funciona desde dentro esta pequeña comunidad y cómo le dan sentido a su práctica. A simple vista se puede pensar que en estos espacios no pasa nada, que se trata únicamente de centros donde prevalece una tecnología avanzada y fuertemente estandarizada, sin embargo, esto dista mucho de ser así como podrá verse en esta investigación, en la que encontré algo muy distinto a la reproducción mecánica de las medidas y las observaciones. En el presente texto podrá apreciarse, por un lado, cómo se genera la calidad del aire bajo circunstancias específicas y cómo las prácticas que tienen lugar en el laboratorio de monitoreo inscriben un orden epistemológico incorporando valores e intereses particulares. Y por otro lado, el modo en que la tecnología, los instrumentos de medición, es entendida y usada por sus usuarios. En este sentido el objetivo es mostrar la apropiación de la tecnología, su tuneo<sup>2</sup> para operar los instrumentos y mantener la red de monitoreo en funcionamiento. La hipótesis es la siguiente: En México se ha desarrollado un amplio conocimiento sobre los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica estandarizada; este conocimiento es necesario para realizar los mantenimientos y reparaciones, pero también para hacer adaptaciones y rediseños al instrumental de acuerdo a las necesidades locales, basadas principalmente en la austeridad de recursos económicos. Es así que contrario a la creencia de que las tecnologías utilizadas en países donde no son inventadas, sino importadas, permanecen intactas y sin modificación alguna, de acuerdo a la tesis del difusionismo –o de las relaciones norte-sur, que en esencia plantea que el conocimiento se difunde apaciblemente por el peso de su propia verdad, negando o excluyendo la naturaleza móvil del conocimiento, sus recorridos y también su materialidad que lo hacen posible, así como el ensamblaje contingente de saberes y prácticas que le dan forma<sup>3</sup> en este laboratorio los instrumentos, sus componentes y su estructura interna son conocidos, no son cajas negras.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> La categoría de “tuning” en la teoría *The mangle of practice* de Andrew Pickering es utilizada para explicar la producción de cambios en las reglas internas de funcionamiento de los modelos o de las teorías, lo que supone que los materiales internos y externos de las configuraciones materiales, instrumentos son reconfigurados en función de la emergencia de nuevas intenciones. Véase: Andrew Pickering, “Objectivity and the mangle of practice”, en *Rethinking objectivity*, Durham/London, Duke University Press, 1994, pp.109–125.

<sup>3</sup> Los siguientes estudios comentan sobre la enorme dificultad de trasladar tecnologías a otros sitios. Véase: Madeleine Akrich, “The de-scription of Technical objects”, en *Shaping Technology. Building Society: Studies in Sociotechnical*

Durante diciembre de 2011 y enero y febrero de 2012, con la autorización del Director de Monitoreo Atmosférico, después de presentar una carta por parte del posgrado en Filosofía de la Ciencia de la UNAM, me integré a la Subdirección de Monitoreo para observar a los técnicos en su sitio de trabajo, qué es lo que hacían y cómo lo llevaban a cabo, así como para aprender de su cultura epistémica,<sup>5</sup> sobre las características de los instrumentos, y en general sobre la operación del sistema

---

*Change*, Cambridge, The MIT Press, 1992, pp. 205–224. En este artículo se exponen las desavenencias del viaje de una tecnología, en concreto de un Kit de iluminación fotoeléctrico fabricado en Francia pensado para ser utilizado en África. Los obstáculos en la materialización y puesta en práctica de este objeto técnico dependen no solamente de un elemento que no se encuentra en este continente, sino también de la falta de relación entre diseñadores y usuarios. También puede consultarse el artículo de Marianne de Laet y Annemarie Mol, “The Zimbabwe Bush pump: mechanics of a fluid technology”, en *Social Studies of Science*, núm. 2, vol. 30, abril 2000, pp. 225–263. En este trabajo las autoras tratan sobre la fluidez de las tecnologías, averiguan hasta qué punto las tecnologías pueden ser modificadas sin cambiar el objetivo para el que fueron creadas, argumentando que los objetos adaptables, flexibles y sensibles de hecho funcionan mejor en diversos contextos que aquellos que son fijos.

<sup>4</sup> Caja negra se define en el diccionario de la Real Academia Española como un “método de análisis de un sistema en el que únicamente se considera la relación entre las entradas o excitaciones y las salidas o respuestas, prescindiendo de su estructura interna”. Es común emplear el término caja negra para hacer referencia a instrumentos y tecnologías utilizadas sin necesidad de conocer con precisión lo que ocurre en su interior. Entendiendo qué es lo que hace, pero sin importar cómo lo hace. Véase: Kathryn M., Olesko, “Cuando los instrumentos se pierden de vista” en *Abriendo las Cajas Negras. Colección de instrumentos científicos de la Universitat de València*, Valencia, Universitat de València, 2002, pp. 21–32.

En la teoría del actor-red (ATN por sus siglas en inglés *Actor-Network Theory*) Bruno Latour menciona que la tecnología apunta a construir cajas negras, entidades artificiales que se tratan como unidades y que pocos se atreven a desmontar. Las cajas negras pueden ser teorías, tecnologías, materiales, sustancias y todo aquello aparentemente estable, que no es problemático y que no requiere planificación y atención, es decir, que funciona o es utilizado para generar hechos. Y para construir una caja negra, de acuerdo con este autor, por un lado, es preciso *enrolar* a los demás para que crean en ella, la comprenden y la difunden en el tiempo y en el espacio. Y por otro lado, es necesario *controlarlos* para que lo que adaptan y difunden siga siendo, más o menos, lo mismo. Las cajas negras se transfieren por las cadenas de gente y cosas vinculadas (redes) de un usuario a otro, aumentando su autoridad conforme se alejan de su lugar de origen. Véase: Bruno Latour, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, 1992, pp. 1-17 y 118.

Para los de la teoría de la Construcción Social de la Tecnología (SCOT por sus siglas en inglés *Social Construction of Technology*) abrir la caja negra es necesario para entender cómo un determinado diseño tecnológico es el resultado de procesos de negociación y de interpretaciones entre grupos sociales. Véase: Trevor Pinch y Wiebe Bijker, “The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other”, en Wiebe Bijker, Thomas Hughes y Trevor Pinch eds., *The Social Construction of Technological Systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, 1987, pp. 17–50.

<sup>5</sup> Para Karin Knorr-Cetina las culturas epistémicas son amalgamas de acuerdos y mecanismos que conforman *cómo sabemos lo que sabemos*. “Culturas epistémicas son culturas que crean y garantizan el conocimiento” de tal forma que son las culturas de los ajustes de conocimiento, en el sentido que definen sus propios contextos y recursos. Culturas epistémicas son prácticas en curso que varían con el grupo y con el tiempo y que establecen una diversidad de criterios y creencias para entender y extender una investigación. La noción de cultura epistémica busca comprender cómo los científicos y otros expertos llegan a determinados conocimientos. Se refiere a los conjuntos de prácticas, acuerdos y mecanismos unidos por necesidad, afinidad y coincidencia histórica que, en un área determinada de la experiencia profesional, conforman *cómo sabemos lo que sabemos*. Culturas epistémicas son culturas de la creación y justificación del conocimiento. Para observar las culturas epistémicas es necesario capturar los procesos de creación del conocimiento otorgando sentido a las diversas actividades realizadas por los grupos. La suposición de fondo que motiva el concepto de culturas epistémicas es la idea de que la ciencia y el conocimiento no son tan unitarias y universales como se habían pensado, por el contrario se asume la existencia de la diversidad epistémica, la fragmentación y la construcción múltiple. Ciencia y experiencia, menciona esta autora, son candidatos obvios para las divisiones culturales dadas las características específicas de los especialistas, las condiciones laborales, las herramientas tecnológicas, las fuentes de financiación. Las culturas epistémicas ponen de relieve los mundos de vida, los significados empíricos, las construcciones específicas del referente (los objetos de conocimiento), las ontologías particulares de instrumentos y los modelos de sujetos epistémicos. Culturas epistémicas son un nexo de mundos de vida y procesos, son contextos de existencia que incluyen objetos

de monitoreo, hasta entonces no analizados y observados con la intención de entender el carácter localmente situado de las prácticas.

Mediante entrevistas a los técnicos, grabadas con su autorización previa, obtuve testimonios sobre su trayectoria personal y también sobre su trabajo y relación con los instrumentos. Cabe destacar que con anterioridad, desde el año 2008, he estado en contacto con este grupo, con motivo de mi tesis de maestría, es así que durante el segundo semestre del 2008 asistí una vez por semana a las oficinas de la Subdirección de Análisis.<sup>6</sup> No obstante, después del estudio etnográfico llevado a cabo durante tres meses (de diciembre de 2011 a marzo de 2012), realicé otras visitas esporádicas durante 2012 y 2013, las cuales se vieron cada vez más limitadas, al parecer debido al cambio de administración: el 5 de diciembre de 2012 tomó posesión el nuevo Jefe de Gobierno del Distrito Federal, por lo que en los siguientes meses se llevaron a cabo diversos cambios en las entidades gubernamentales del Distrito Federal, en particular en la Secretaría de Medio Ambiente, entre los que destaca la llegada de la nueva secretaria del ramo, el nuevo Director General de Gestión de la Calidad del Aire, la renuncia de la Subdirectora de Análisis, el cambio de la Subdirectora de Monitoreo a la Subdirección de Análisis y la vacante en el la Subdirección de Monitoreo y también a que publicara algo que pudiera afectar su prestigio. De manera que aunque en un principio y durante la estancia se me permitió preguntar y conocer todo lo de mi interés en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico, llegó un momento en el que se me informó que ya no podían darme ningún tipo de información de tipo técnico y que las visitas al laboratorio estaban restringidas. Por este motivo la última vez que asistí al laboratorio fue en agosto de 2013.

Para fines de este trabajo omitimos los nombres de todos los entrevistados que en ese momento laboraban en la Dirección de Monitoreo Atmosférico, quienes serán nombrados solamente como Cuidador A, Cuidador B, Cuidador C, Cuidador D, Cuidador E, etc.<sup>7</sup> A continuación presentamos la estructura de la Dirección de Monitoreo Atmosférico, con el fin de mostrar la manera en la que está organizada, sin embargo, es preciso mencionar que en ésta no se pueden captar las interacciones

---

materiales. Véase: Karin Knorr-Cetina, *Epistemic Cultures, How the sciences make knowledge*, Cambridge, Harvard University Press, 1999, 329 pp.

<sup>6</sup> *Comunicar el IMECA para respirar un mejor aire: análisis de los medios a través de los cuales se comunica el IMECA y propuesta de comunicación* fue el trabajo derivado de esta pequeña estancia consistió en identificar las deficiencias y las debilidades de la estrategia de comunicación de la Dirección de Monitoreo Atmosférico, por lo que a partir de este análisis se identificaron los puntos de mejora y los retos de comunicación. Tal aportación consistió en un conjunto de recomendaciones que fueron tomadas en cuenta por la Dirección de Monitoreo Atmosférico para mejorar los contenidos de la página web (<http://www.sma.df.gob.mx/simat2/>); revisar el servicio de IMECAtel; actualizar sus informes y folletos; implementar talleres de difusión con niños y estudiantes. Este trabajo fue expuesto tanto en la XI Reunión de la RedPOP realizada en Montevideo, Uruguay, del 26 al 29 de mayo de 2009, como en el XVI Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica realizado del 11 al 14 de noviembre de 2008 en Nayarit, México.

<sup>7</sup> Las entrevistas fueron realizadas durante el estudio etnográfico y también durante las visitas posteriores en diciembre de 2012 y en agosto de 2013. Estas se encuentran transcritas en una ubicación física segura y con respaldo.

entre su personal, ni tampoco el entorno material que les rodea, indispensables para comprensión de la producción de la calidad del aire, de ahí que el presente estudio etnográfico preste atención a estos últimos aspectos. Los recursos y las instalaciones de los que se dispone importan ya que constituyen el entorno material particular que se usa y se manipula.<sup>8</sup> Pues, la “materialidad es tanto más decisiva cuando parte de la retórica en la que los instrumentos y herramientas se ven envueltos es la de la objetividad y la cuantificación exacta”.<sup>9</sup>

La Subdirección de Monitoreo pertenece a la Dirección de Monitoreo Atmosférico, que a su vez forma parte de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Su principal función consiste en coordinar y supervisar las actividades que garanticen la operación continua del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (Simat). El Simat está integrado por el Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA), el laboratorio móvil, el Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA) y las siguientes cuatro redes: la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA); la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (Redma); la Red de Depósito Atmosférico (Redda) y la Red de Meteorología y Radiación Solar (Redmet). La RAMA mide de manera continua los contaminantes gaseosos: dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y ozono; así como las partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>). La Redma realiza la recolección de muestras de PST, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en periodos de 24 horas una vez cada seis días. La Redda colecta muestras de depósito seco (polvos) y depósito húmedo (lluvia) para analizar su contenido, las primeras se colectan una vez al mes, y las segundas una vez cada semana durante la temporada de lluvia. Y la Redmet mide los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad de viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica así como la radiación solar ultravioleta. Cada una de estas redes está constituida por instrumentos específicos, los que llevan a cabo la medición, el análisis o el muestreo de los contaminantes atmosféricos y de los parámetros meteorológicos. Los instrumentos se encuentran en estaciones de monitoreo, ubicadas en el Distrito Federal y también en el Estado de México, las cuales tienen un nombre de acuerdo a su ubicación,

---

<sup>8</sup> Las relaciones entre la cultura y los aspectos materiales de la sociedad han sido discutidas desde las ciencias sociales y la antropología, la bibliografía al respecto es amplia. Sin embargo, desde la historia y filosofía de la ciencia recientemente se ha revalorizado la materialidad del mundo, antes ancladas en el análisis de la palabra escrita, los conceptos y las teorías. El interés en los instrumentos de laboratorio y otros soportes y elementos físicos como el cuerpo, el espacio, la arquitectura y todo lo vinculado a los lugares donde se produce la ciencia puede decirse que inició con la publicación del libro *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental* de Steven Shapin y Simon Schaffer a mediados de la década de los ochenta. Desde entonces, la materialidad ha entrado en escena “Si nos preocupa cómo se obtiene el conocimiento, nada más normal que nos interese con qué procedimientos y medios materiales se obtiene. Esto explica el lugar central que han adquirido los instrumentos en la nueva historia de la ciencia.” comenta Juan Pimentel. Juan, Pimentel “¿Qué es la historia cultural de la ciencia?”, en *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, mayo-junio 2010, p. 422.

<sup>9</sup> Nuria Valverde, *Piedra papel y tijeras*, en prensa, p. 4.

así por ejemplo, la estación que se encuentra en el Hospital General de Zona, Clínica número 76 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ubicado en Xalostoc, en el municipio de Ecatepec de Morelos en el Estado de México, se le llama Xalostoc y se le abrevia con las siguientes siglas: XAL, esto mismo sucede con el resto de las estaciones. Los instrumentos automáticos que forman la RAMA y también los equipos de adquisición de datos y de comunicación mediante los que se envía la información al Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA), del cual hablaremos en el siguiente capítulo, se encuentran resguardados en casetas de monitoreo. Los instrumentos de las otras redes – Redma, Redda y Redmet– se encuentran expuestos directamente a la intemperie, por lo regular fuera de las casetas de monitoreo. Cabe mencionar dos cosas: primero, que las casetas de monitoreo y los instrumentos expuestos a la intemperie se encuentran generalmente en azoteas de edificios públicos como primarias, secundarias, universidades, hospitales y clínicas, lo que limita prácticamente la elección de sitios, pues los instrumentos operan donde se puede tenerlos, donde no hay que pagar renta, ni seguridad. Y segundo, la configuración de las estaciones no es homogénea, cada estación mide determinados parámetros y sus objetivos son diversos.<sup>10</sup> [Véase. Anexo 27 Ejemplo de estación de monitoreo. Xalostoc (XAL) y Anexo 28 Ejemplo de estación de monitoreo. San Agustín (SAG)]

La Subdirección de Monitoreo se encarga de la operación, mantenimiento, calibración, control y aseguramiento de datos de los instrumentos que constituyen las diversas redes, mediante sus departamentos: de Mantenimiento y Transferencia de Estándares, de Operación de Redes y de Telemetría.<sup>11</sup> [Véase. Anexo 29 Estructura Dirección de Monitoreo Atmosférico] Esta subdirección

---

<sup>10</sup> Las estaciones de monitoreo del Simat tienen diversas escalas espaciales que van desde algunos metros hasta los mil kilómetros. En función de estas escalas, clasificadas por la EPA (por sus siglas en inglés *Environmental Protection Agency*), en micro, media, vecinal, urbana y regional se establecen diversos objetivos para el monitoreo como determinación de las concentraciones más altas, impacto de fuentes de emisión, transporte regional de contaminantes y exposición de la población.

<sup>11</sup> Estos son los tres departamentos de la Subdirección de Monitoreo a los cuales de acuerdo con el artículo 54 del “Manual Administrativo de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal”, publicado en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal* el 6 de diciembre de 2012 les corresponde las siguientes funciones:

A la Jefatura de Unidad Departamental de Mantenimiento y Transferencia de Estándares. I. Asegurar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos del Simat a fin de garantizar la continuidad de las mediciones de los contaminantes atmosféricos. II. Comprobar la trazabilidad de las mediciones a estándares primarios. III. Comprobar la exactitud y precisión de las calibraciones de los equipos del Simat. IV. Ejecutar las actividades de aseguramiento y control de la calidad que se llevan a cabo en el laboratorio de mantenimiento del Simat. V. Colaborar en la evaluación de tecnologías para el monitoreo y muestreo de los contaminantes atmosféricos. VI. Capacitar al personal de mantenimiento y calibración en los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad en el laboratorio de mantenimiento del Simat.

A la Jefatura de Unidad Departamental de Operaciones de Redes las siguientes funciones: I. Asegurar el funcionamiento continuo de los equipos que integran el Simat. II. Llevar a cabo las verificaciones de los instrumentos de campo del Simat. III. Efectuar reparaciones menores en los instrumentos de campo del Simat. IV. Asegurar el manejo, administración y custodia de las muestras de campo. V. Consolidar las brigadas de campo de las redes automática y manual. VI. Proporcionar soporte de monitoreo y apoyo técnico a campañas específicas de monitoreo mediante el uso de las Unidades Móviles de Monitoreo Atmosférico.

y sus departamentos ocupan el llamado Centro 5 –uno de los centros de diagnóstico que el Departamento del Distrito Federal instaló en el área metropolitana en la década de los ochenta para verificar en los automóviles el límite permisible de emisión de gases contaminantes como parte de las medidas para mejorar la calidad del aire– también conocido como Laboratorio de Monitoreo Atmosférico ubicado en Avenida Sur de los Cien Metros sin número, en la colonia Nueva Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero.

En este texto describo, explico y contextualizo cómo se encuentra ordenado el espacio, y también cómo se realizan estas actividades con el fin de reflexionar cómo y por qué se llevan a cabo de esa manera. En concreto, lo que busco en este capítulo es romper con la rutina, con lo obvio, con lo evidente que rodea a esta práctica para quienes se encuentran en el laboratorio con el objetivo de poder reflexionar en torno a esta actividad, es por ello que se ofrecen detalladas descripciones sobre el laboratorio y las visitas a las estaciones, lo que es importante para conocer la cultura epistémica de este espacio. También se busca dar voz a los actores y cómo le dan sentido a lo que les rodea así como a sus propias funciones. Intentaré mostrar los instrumentos en su contexto, el entorno material de los técnicos, así como el lugar o función que se le atribuye a cada uno de los muchos actores humanos y no humanos que conforman este sistema: técnicos, fabricantes, distribuidores, manuales, programas, políticas, leyes, normas y estándares con el fin de entender cómo se relacionan y generan la calidad del aire.

En la sección, titulada “Labotaller”, detallo el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico, sus partes y sus áreas con el fin de dar cuenta de los espacios y la inevitable cercanía entre técnicos e instrumentos. La descripción corresponde a cómo se encontraba el laboratorio durante finales de 2011 y principios de 2012, dado que, como hemos mencionado, los cambios administrativos conllevaron algunos ajustes.<sup>12</sup> Posteriormente en la sección llamada “Trabajo de Campo (visita a las

---

A la Jefatura de Unidad Departamental de Telemetría le corresponde: I. Asegurar la operación continua de los sistemas de comunicación y enlace de las estaciones que conforman la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, consistentes en 36 líneas privadas para los sistemas primarios de adquisición de datos y 36 líneas conmutadas para los sistemas secundarios de adquisición de datos, al Centro de Información de la Calidad del Aire. II. Asegurar la configuración local y remota de los sistemas de adquisición de datos. III. Comprobar la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de módems de la RAMA. IV. Asegurar la operación de los equipos de adquisición de datos de la RAMA. V. Asegurar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones físicas de los componentes del Simat. VI. Asegurar la operación de la Redmet. VII. Asegurar el mantenimiento, calibración y desempeño de los equipos de adquisición de datos de Redmet. VIII. Mantener la infraestructura física y eléctrica de las estaciones de monitoreo de la RAMA

<sup>12</sup> Algunos espacios también se vieron modificados, durante mi última visita en agosto de 2013, la que era la oficina de control de calidad, quedó para que el director de monitoreo pudiera ocuparla durante sus visitas al laboratorio. Por su parte, el técnico de calidad y el jefe del laboratorio de estándares y calibración se cambiaron a la oficina donde estaba el jefe de redes y el de telemetría, en tanto que el jefe de redes se movió a la oficina que era de la subdirectora de monitoreo, y el jefe de telemetría se mudó a las instalaciones donde se encuentra el resto de la dirección de monitoreo. Así mismo el laboratorio de depósito atmosférico, se convirtió en el de aerosoles.

estaciones de monitoreo)” se describe la rutina y las actividades de los técnicos de la red manual y de la red automática encargados de los instrumentos de partículas con el fin de mostrar cómo es un día de trabajo, dado que todas las actividades que desarrollan los técnicos resultan significativas para explicar la producción de la calidad del aire, en esta misma sección se resalta la importancia del mantenimiento, y se exponen las causas por las cuales los instrumentos se averían con el objetivo de mostrar la contingencia del sistema.

En la sección “Cuidadores de instrumentos” se comenta sobre las habilidades y el perfil de los técnicos para destacar las interacciones con el instrumental en la producción de la calidad del aire. En esta misma sección también se menciona algunas características acerca de cómo se relaciona esta comunidad de cuidadores de instrumentos entre ellos, lo que deriva en lo que llamo, siguiendo a Andrew Pickering tuneo de instrumentos. En la última parte de esta sección titulada justamente “Tuneo de instrumentos” se exponen algunos ejemplos de rediseño y adaptaciones a los instrumentos.

### **3.1. Labotaller**

El laboratorio de monitoreo atmosférico es un centro de trabajo que emplea técnicos con el propósito de reparar y dar mantenimiento a los instrumentos y todos sus componentes. Es un espacio en el que se explora y se procura a los instrumentos, donde se recrean objetos, se hacen pruebas para que operen en campo, se preparan los componentes, insumos, y herramientas que se utilizaran en las visitas a las estaciones. La característica más notable en este laboratorio es que los instrumentos son sometidos a ciertos procedimientos, a rutinas de limpieza, de calibración, y de pruebas para ver que cada componente funcione como se espera debe trabajar. Si bien es cierto que todas estas tecnologías han sido exportadas en gran medida de los Estados Unidos de América<sup>13</sup>, pues en

---

<sup>13</sup> El diseño de los instrumentos estadounidenses debe cumplir con las especificaciones técnicas del Código Federal de Regulaciones 40, parte 50 de los Estados Unidos de América. De manera que los equipos son evaluados y aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de ese país. Estos deben operar bajo los métodos de referencia o los métodos equivalentes aprobados para cada contaminante. Para la medición continua de las partículas suspendidas se utilizan los métodos equivalentes de atenuación de radiación beta, y de microbalanza de elemento oscilante. Para la medición manual de partículas suspendidas se suele emplear el muestreador de altos volúmenes con el análisis gravimétrico establecido como método de referencia. La Dirección de Monitoreo Atmosférico de la Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Federal utiliza los instrumentos automáticos TEOM y Beta y los instrumentos manuales Hi-VOL y Partisol. Las Normas Oficiales Mexicanas sobre qué métodos de medición deben ser utilizados para los contaminantes criterio se han promulgado en 1993. No obstante, la norma que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición solamente se ha elaborado para las partículas suspendidas totales en el aire ambiente.<sup>13</sup> Para las fracciones PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> no existen, se han adoptado los métodos normalizados de Estados Unidos de América. Esto significa que para el caso de la medición de las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> no hay una manera oficial establecida para llevar a cabo las mediciones y calibración de los instrumentos.



México no existe una industria local;<sup>14</sup> y que, como vimos en el capítulo segundo, México se incorporó a la lucha contra la contaminación por medio de los programas internacionales vinculados a la cultura de la estandarización, también lo es que estas tecnologías no permanecen intactas, sin cambios. Por un lado, se ha generado un vasto conocimiento sobre ellas indispensable para llevar a cabo los mantenimientos y reparaciones, y por otro, se le realizan adaptaciones de acuerdo a las necesidades locales, aunque como hemos mencionado lejos de la producción estandarizada que busca generar patentes<sup>15</sup>. A continuación describo el laboratorio de monitoreo atmosférico para observar la materialidad de este espacio y con ello destacar saberes, prácticas y objetos, que por lo general permanecen al margen, como si no fueran parte del sistema, o no tuvieran ninguna agencia en el proceso de generación de calidad del aire.<sup>16</sup> Pues, la cultura de un grupo también está atada a sus objetos de trabajo y a los espacios donde los técnicos interactúan y están inmersos. Y también para evidenciar lo particular del espacio, pues aunque otros laboratorios de monitoreo tienen áreas comunes ninguno es idéntico a otro. En esta sección recorreremos el laboratorio de monitoreo donde los cuidadores de instrumentos se encuentran y sienten una pertenencia. [Véase. Anexo 30 Mapa del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico]

El laboratorio de monitoreo atmosférico es un edificio de ladrillos rojos, con amplias ventanas de cristal, rectangular y de una sola planta. Una placa conmemorativa recuerda un contrato de asistencia técnica, que ya no está vigente, firmado en 1995 entre la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Departamento del Distrito Federal “para desarrollar y consolidar el laboratorio de bacteriología y fisicoquímica como el apoyo técnico y normativo en la medición de los contaminantes favoreciendo el mejoramiento del ambiente y la salud de los habitantes de la Ciudad de México”.

---

<sup>14</sup> Han existido algunos proyectos para el desarrollo de instrumentos de medición de la calidad del aire. Véase: María Perevoshchikova, G. E. Sandoval Romero y Argueta Díaz, “Developing an optical sensor for local monitoring of air pollution in México”, en *Journal of Optical Technology*, núm. 5, vol. 76, mayo 2009, pp. 274–278.

<sup>15</sup> Las patentes son de acuerdo a Antonio Lafuente el principal mecanismo de declarar excluible un bien. Antonio Lafuente, “*Los cuatro entornos del procomún*” [en línea]. p. 6.

<sup>16</sup> Bruno Latour y Michel Callon han argumentado que los instrumentos tienen agencia-poder sobre la creación de datos científicos. Y que los laboratorios generan muchos nuevos objetos porque son capaces de crear condiciones extremas y porque inscriben de forma obsesiva cada una de estas acciones. Estos nuevos objetos se vuelven cosas, aislados de las condiciones de laboratorio que las caracterizaron, son cosas con un nombre que ahora parecen independientes de las pruebas en las que probaron su valor.

Véase: Bruno Latour, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Trad. Roberto Mendez, Estela Ponisio, Eduardo Albar, Barcelona, 1992, 278 pp.  
Michel Callon, “Some Elements of a Sociology of Translation: Domesticating of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuç Bay,” in John Law, ed., *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* London, Routledge & Kegan Paul, 1986, pp. 196–233.

Se entra por una puerta de cristal de dos hojas que llevan inscritas en letras plateadas (en una) SMA – SIMAT y en la otra Laboratorio de Monitoreo Atmosférico. Al fondo de este primer cuarto sobre la pared blanca se puede leer: Subdirección de Monitoreo acompañado del logotipo del Sistema de Monitoreo Atmosférico (Simat). La institución explica el carácter simbólico de su logo en estos términos:

El logotipo es una representación de un ave en vuelo tomada de un sello prehispánico encontrado en el Distrito Federal. Esta es una referencia a un aire limpio como soporte de la vida y como un recurso de sustentabilidad del futuro de la ciudad.<sup>17</sup> [Véase. Anexo 31. Logotipos del Simat]

La entrada al laboratorio nos introduce en un cuarto, con una serie de anaqueles, soportes metálicos y de estantes de madera que cubren toda la pared del lado derecho, donde se colocan los instrumentos y bombas, listos para que los técnicos puedan tomarlos y llevárselos a las estaciones. Son instrumentos que ya han sido revisados y calibrados. Una carpeta blanca cuelga de los soportes para registrar los instrumentos que están disponibles para su instalación o uso. Del lado contrario, hay una pequeña mesita y una silla donde usualmente se encuentra un policía, en la pared hay un extintor y la caja de conexiones de luz, y muy cerca del techo una repisa de madera con la imagen de la Virgen de Guadalupe. De ese mismo lado hay una mesa de madera con una pecera con dos pirañas y un plecóstomo. Al finalizar la pared derecha y la izquierda se encuentra de cada lado una puerta de cristal, a continuación describimos el lado izquierdo y el derecho del laboratorio.

En el ala izquierda del laboratorio, se encuentra un cuarto de acceso restringido, que alberga el equipo electrónico y de transferencia de datos del radar perfilador de viento, la sala de juntas, que también se usa como comedor, la oficina de la subdirectora de monitoreo, el escritorio de la secretaria, la oficina que comparten el jefe de operación de redes y del jefe de telemetría, así como el laboratorio de mantenimiento y calibración.

El laboratorio de mantenimiento y calibración es una de las áreas más grandes de la Subdirección de Monitoreo, se entra por una puerta de madera donde dos letreros advierten: “Área restringida. Prohibido el acceso al personal ajeno a esta área” y “Uso obligatorio de bata.” Apenas se entra se ven instrumentos y partes de ellos por donde quiera que se mire. El laboratorio de mantenimiento y calibración es, según el Cuidador A, “el área donde se hace el trabajo rudo, donde se da el mantenimiento tanto preventivo como correctivo a todos los analizadores que forman el sistema de monitoreo [partículas, gases, calibradores]; es el laboratorio donde se le da mantenimiento a todo el

---

<sup>17</sup> Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, *Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal: avances y propuestas 2000-2006*, 2006, p. 86.

sistema.”<sup>18</sup> Aquí se llevan a cabo las pruebas de funcionamiento y se procura el óptimo estado de los equipos. En muchas ocasiones, las fallas o problemas en los instrumentos sirven tanto para enseñar a otros técnicos el problema, como son motivo de consulta para encontrar la avería y también su posible arreglo, la capacitación es continua. El Cuidador A menciona que por lo regular el conocimiento se transfiere “de técnico a técnico, es un conocimiento diario: 'sabes qué, tengo este problema, ¿cómo le hacemos? ya le hice esto, ya le hice aquello, y no queda', [entonces] tú le empiezas a instruir al técnico por donde puede estar el problema, y se va transfiriendo el conocimiento”.<sup>19</sup> Para iniciar un mantenimiento, una reparación al instrumento no se inicia un proceso de autorización, no hay formalismo para ello. Lo mismo aplica para comenzar una clínica del instrumento, entendida para efectos de esta investigación como el diagnóstico, que se realiza al instrumento de acuerdo a las características de las fallas, obtenido mediante la exploración al instrumento. Esta manera de operar se asemeja al modelo del bazar planteado por Eric S. Raymond, en su artículo “La catedral y el bazar”,<sup>20</sup> donde el desarrollo del software –en este caso de la tecnología– es abierto, descentralizado y distribuido, en el cual se estimula el compartir el conocimiento y los problemas, permitiendo incorporar diversas ideas y propuestas, lo que al parecer está relacionado con el ameno ambiente de trabajo que observé durante el estudio etnográfico, pues la gran mayoría de los técnicos –con sus excepciones– suelen comer juntos, e incluso compartir e intercambiar sus alimentos, además de llevar a cabo algunas actividades recreativas fuera del ámbito laboral, lo que habla de buenas relaciones entre ellos. Sin embargo esto no quiere decir que no existan jerarquías entre los técnicos, ya sea por antigüedad, por el puesto que ocupen o también por los conocimientos. Recuérdese que trabajan en un organismo gubernamental donde la idea de autoridad está presente de manera intensa. No obstante, el modelo de bazar permite explicar las prácticas para usar y producir conocimiento. Mientras que su opuesto el modelo de la catedral, es más cercano a los intereses de los fabricantes, dado el desarrollo cerrado y centralizado de sus productos. “Cerrado, no sólo porque clausura la información, sino porque, además, es autoritario”<sup>21</sup> como menciona Pekka Himanen, quien además agrega que en una empresa basada según este modelo –que él llama de monasterio– la autoridad establece la meta y escoge a un grupo cerrado de personas para llevarla a cabo, eliminando con ello la iniciativa y la crítica de tal forma que los

---

<sup>18</sup> Cuidador A. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 2 de febrero de 2012.

<sup>19</sup> *Ibidem*.

<sup>20</sup> Eric S. Raymond, *La catedral y el bazar* [en línea], p. 3.

<sup>21</sup> Pekka Himanen, *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información* [en línea] 2001, p. 57.

resultados de ese trabajo o diseño deben ser aceptados por los demás, y cualquier otro uso se considera “uso no autorizado”.<sup>22</sup>

Este espacio está ordenado en áreas de trabajo, aunque no hay barreras físicas o paredes que los separen. En la esquina derecha junto a la puerta de entrada se encuentra una pila de analizadores de gases que va desde el suelo hasta el techo, son los instrumentos que les falta un circuito o una refacción como una válvula solenoide, o lámparas de rayos ultravioleta y rayos infrarrojo. En la esquina izquierda, se encuentra el área de partículas, donde se limpian los cabezales y las tuberías de los instrumentos automáticos de partículas, se miden los flujos, se hacen correcciones de masa para asegurar la medición correcta de cada uno de los medidores de flujo; en general, es donde se da mantenimiento a los instrumentos de partículas. En el área pueden observarse cabezales fraccionadores, y partes de los instrumentos automáticos que se utilizan en la actualidad para el monitoreo del contaminante partículas, así como los instrumentos TEOM 1400 y TEOM-FDMS 8500 del fabricante Repprecht & Patashnick, los que fueron utilizados apenas unos años antes para medir de manera automática este contaminante –en efecto los instrumentos van sustituyéndose por otros más recientes sobre lo que cabe preguntarse ¿de estos cambios de tecnología u otras adquisiciones recientes son enterados con puntualidad los diversos usuarios de los datos en especial las comunidades científicas a quienes interesa los instrumentos con los que se obtienen?– En la mesa central de este espacio es donde se da mantenimiento a los instrumentos que actualmente llevan a cabo la medición de partículas y en los estantes que le rodean hay manuales de los diversos equipos que son y han sido utilizados, así como carpetas con los formatos de registro que se usan para hacer la verificación de los parámetros en campo y otros documentos referentes al manejo y operación de los equipos.

En el centro del laboratorio hay cuatro mesas de trabajo o de mantenimiento para los instrumentos de gases también llamados analizadores –de ozono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre–. En ellas se encuentran los instrumentos que han sido traídos de campo y que presentan alguna falla, como en un quirófano, los instrumentos están abiertos para ser intervenidos y reparar su avería. Ninguna mesa está nunca vacía, manuales, artefactos de medición de la contaminación atmosférica, partes de estos equipos, y herramientas diversas –destornilladores, llaves, tenazas, serruchos, cautín para soldar, lupas, etc.– las ocupan. Alrededor de estas mesas de mantenimiento es común encontrar en orden carritos de tornillos, tuercas y pernos, cilindros de gases patrón, generadores de aire cero, así como estantes con múltiples herramientas, y manuales de

---

<sup>22</sup> *Ibidem.*

uso. Además de una pequeña sección de electrónica, donde se tiene generadores de onda, fuentes de voltaje y otros instrumentos como un osciloscopio. También hay aparatos obsoletos destinados para uso de sus partes. Un rasgo fundamental de este laboratorio es que los instrumentos no se desechan, sus piezas son reutilizadas, reincorporadas en otros instrumentos. Esta práctica no es nueva, desde la década de los setenta los técnicos, ante la falta de presupuesto para comprar repuestos y dada la necesidad de mantener en operación el sistema, tomaban las piezas de los instrumentos que ya no estaban en operación para colocárselas a otro, una práctica conocida en el medio como canibaleo. Algo similar también puede observarse en otros laboratorios, talleres y ámbitos de la vida en países como México donde antes que comprar un nuevo instrumento, conviene reparar y reciclar las tecnologías. Esta es una diferencia muy marcada respecto a los países desarrollados, donde los dispositivos suelen ser desechados con mayor frecuencia debido a que es más barato adquirir un nuevo modelo que llevar a cabo su reparo.<sup>23</sup>

Al final de este laboratorio se ubica la zona de calibraciones. Una vez que los analizadores han recibido el mantenimiento necesario, los instrumentos son calibrados, y posteriormente se colocan en los anaqueles de la entrada del laboratorio. Dado que las calibraciones deben llevarse a cabo a determinadas condiciones de temperatura, el laboratorio de mantenimiento y calibración cuenta con aire acondicionado. La calibración es un asunto muy importante, que debe llevarse a cabo en cada instrumento, ya que es mediante esta operación que los errores son controlados. La calibración está relacionada con la estandarización en el sentido que se ponen en común unos valores para poder ser comparados y referenciados.

A las áreas de telemetría y al laboratorio de transferencia de estándares solamente se puede acceder por el laboratorio de mantenimiento y calibración. Telemetría es el área que se ocupa de asegurar la operación continua de los sistemas de comunicación y enlace de las estaciones que conforman la RAMA, además de llevar a cabo la configuración local y remota, así como el mantenimiento de los sistemas de adquisición de datos. También cuida de la infraestructura física y eléctrica de las estaciones de monitoreo. Se ubica en el extremo inferior izquierdo, es un cuarto independiente del

---

<sup>23</sup> David Edgerton brinda una perspectiva de nuestra relación con la técnica en la que destaca el papel central de las tecnologías antiguas, pero todavía vigentes que han configurado el mundo. Este autor pone énfasis en la historia de la tecnología en uso, en la invención e innovación permitiéndose explorar un concepto diferente de tecnología al tradicional, que con frecuencia da por hecho que el mundo más desfavorecido económicamente no posee más tecnología que la tradicional circunscrita a áreas locales; que carece de los adelantos propios de las naciones ricas; y se encuentra sometido a la violencia tecnológica de los imperios. En este sentido, David Edgerton comenta que la adaptación de los instrumentos se funda en un conocimiento minucioso del modo cómo funcionan, de cómo mantener en funcionamiento lo más viejos, empleando recursos limitados lo que a su juicio constituye un ejemplo notable de ingenio tecnológico extremo por parte del entendimiento humano. David Edgerton, *op., cit.*, 2006, p. 120. David Edgerton, *op., cit.*, 2006, p. 15.

laboratorio de mantenimiento y calibración, que en general almacena los instrumentos, insumos y herramientas de los técnicos de esa área.

La puerta de acceso al laboratorio de transferencia de estándares<sup>24</sup> se encuentra al finalizar la pila de instrumentos de la esquina derecha. En este lugar se hallan los instrumentos que se consideran estándares, los cuales nunca salen del laboratorio y permanecen en condiciones controladas. Estos equipos son tomados como referencia para realizar las verificaciones y las certificaciones a los calibradores de gases y de flujos que se utilizan para calibrar los instrumentos en campo. Su función principal es garantizar la trazabilidad de las mediciones que se realizan en las estaciones de medición de la calidad del aire. En 2012, se adquirió el sistema Bio CML850 para partículas, un estándar con el que se referenciarían todos los medidores de flujos que se utilizan en el sistema de monitoreo atmosférico de la Ciudad de México.

En el ala derecha de las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico se encuentran las áreas analíticas. Estas áreas son mucho más parecidas a un laboratorio de química, con mesas de trabajo, tarjas, lavado de ojos, campanas y regadera; utensilios básicos como matraces, agitadores, embudos, escobillones, balones de destilación y jarras medidoras, en este espacio se llevan a cabo los análisis químicos y las pruebas fisicoquímicas en las muestras recogidas, vale la pena destacar que por muchos años, la medición de los contaminantes ha echado mano de la química analítica. También pueden observarse artefactos, piezas de los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica y herramientas, además de varios instrumentos en desuso como balanzas analíticas, que por encontrarse inventariados, deben conservarse hasta que se les conceda la baja. Alrededor de este espacio que en general se conoce como Laboratorio de Análisis Ambiental se encuentran las oficinas del jefe de mantenimiento y transferencia de estándares, la del técnico encargado de la calidad de datos, y la que comparten los dos técnicos de instrumentos manuales de partículas; además de los Laboratorios de Emisión Atómica, Cromatografía, Aerosoles, y Gravimetría; así como el almacén de reactivos, la bodega de refacciones y también los sanitarios.

En el Laboratorio de Gravimetría, reactivado en el año 2005, se lleva a cabo el pesado de los filtros utilizados en la medición de las partículas. El acceso es restringido; el técnico del laboratorio es el único que permanece en este espacio y el único que manipula los instrumentos y los filtros. Es probablemente el lugar más limpio, donde las condiciones de temperatura y humedad relativas se controlan las 24 horas del día, mediante el humificador, el deshumificador, el aire acondicionado, y

---

<sup>24</sup> En el año 2005 el Simat concluyó la integración de este laboratorio. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, *op. cit.*, p. 85.

el controlador de humedad del cual hablaremos más adelante. Y como en todos los espacios del laboratorio de monitoreo atmosférico, éste también conserva instrumentos que ya no se ocupan, pero que permanecen ahí por inventario, como del hidrotermógrafo Oakton, utilizado para registrar la humedad relativa y la temperatura.

Para pesar los filtros se cuenta con una microbalanza Thermo Cahn y una balanza electrónica analítica de la marca Santorius. En la primera se pesan los filtros utilizados en los equipos automáticos TEOM 1405-DF, y los filtros de los instrumentos para partículas PM<sub>2.5</sub>; en la segunda se pesan los filtros de 8 x 10 pulgadas ocupados en los instrumentos manuales de partículas PST y PM<sub>10</sub>.

Los filtros son revisados por el técnico de este laboratorio para asegurarse que no estén contaminados o perforados. Cada filtro se pesa dos veces: primero, cuando están limpios, antes de que se manden a campo, –los filtros no pesan lo mismo, su peso varía ligeramente entre uno y otro–. Segundo, cuando están sucios, con la carga de partículas, los filtros se pesan con el fin de obtener la diferencia entre su peso inicial y el final, determinando la masa que se acumuló en ellos. Los filtros pequeños procedentes de los instrumentos para partículas PM<sub>2.5</sub> suelen colocarse en una caja Petri y los grandes pertenecientes a los instrumentos manuales que miden PST y PM<sub>10</sub> en sobres amarillos, donde se indica el número de filtro y su peso inicial. En el caso de los filtros que se colocan en los instrumentos automáticos TEOM, los filtros también se pesan, solamente que el peso del filtro limpio debe ser introducido en el sistema para que el equipo realice sus correcciones. De acuerdo con el Cuidador C, en el pesaje hay que tener mucho cuidado, paciencia y ética; cuidado de no cometer errores a la hora del registro de los pesos de los filtros y en el manejo de los filtros para no dañarlos o contaminarlos; paciencia para pesar todos y cada uno de los filtros; y ética para registrar los pesos indicados en las balanzas.<sup>25</sup>

En los laboratorios de emisión atómica, cromatografía y aerosoles se analiza la composición de las partículas suspendidas, entre otras tareas. En el laboratorio de emisión atómica son analizados los filtros procedentes de los instrumentos manuales de partículas y también las muestras de la Red de Depósito Atmosférico para determinar metales pesados como plomo, cadmio, cobre, hierro, plomo, zinc, vanadio, manganeso, níquel. El Laboratorio de Cromatografía está equipado con instrumentos de cromatografía de gases y cromatografía de líquidos para determinar la presencia de nitratos, sulfatos, aniones y cationes en las partículas suspendidas. En el laboratorio de aerosoles algunos de

---

<sup>25</sup> Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

los equipos son los primeros de su tipo en el país como el analizador continuo de aerosoles –Monitor for Aerosol & Gases in Ambient Air (Marga), por sus siglas en inglés– del que hablaremos más adelante. Otros instrumentos empleados para la caracterización de partículas suspendidas son el analizador de partículas ultrafinas y el analizador de carbono negro.

En la parte trasera del laboratorio se tienen una serie de materiales diversos de construcción que van desde mallas de fierro, ladrillos, trozos de maderas, laminas, tubos de plástico y otras cosas útiles como una carreta, una escalera de aluminio, y botes de plástico. Así como objetos que han dejado de utilizarse, sillas, archiveros, lámparas de techo, cilindros dañados, cascarones de los instrumentos manuales de partículas entre otros cacharros. Por la parte trasera del laboratorio se accede, mediante unas escaleras de fierro en forma de caracol, a la azotea del laboratorio de monitoreo atmosférico, donde se hallan algunos instrumentos de meteorología trabajando como el radar perfilador de viento. [Véase. Anexo 32 Imágenes del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico]

En esta descripción he mostrado la forma y el contenido del lugar de trabajo de los técnicos, es decir, el carácter especial como particular del laboratorio. Un espacio no homogéneo repleto de instrumentos, herramientas y objetos inanimados que definen su carácter y circunscriben sus límites. Un lugar en el que los instrumentos no son nunca ese enigmático y frío montaje al cual se los reduce con frecuencia, por el contrario, cuando se encuentran con su usuario vienen cargados con discursos y prácticas de su concepción y también de su puesta en escena.<sup>26</sup>

En lo siguiente comentaré las rutinas de trabajo de los técnicos de partículas y el perfil del técnico en general, con el fin de hacer notar la proximidad entre los técnicos e instrumentos y la manera en la que se relacionan. Pues como comenta Graeme Gooday los cuerpos y no solamente, los ojos y el cerebro importan en el proceso de medición. Las diferentes actividades de los técnicos presuponen un tipo particular de configuración espacio-temporal entre los instrumentos y los técnicos, lo que requiere diferentes formas de comportamiento corporal.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> Véase: Madeline Akrich, *op. cit.*, pp. 205–224.

<sup>27</sup> Graeme Gooday, *The morals of measurement: accuracy, irony and trust in late Victorian electrical practice*, 2004, p. XXI.

Véase: Nuria Valverde, “Displayed dexterity and distorted knowledge: amateurism and precision in late 18th century Spain”, en *Asclepio: Revista de historia de la Medicina y de la Ciencia*, núm. 2, vol. 62, Madrid, julio–diciembre 2010, pp. 483–516. En este texto Valverde muestra cómo Wendlingen un observador astronómico del siglo XVIII aprende que la realización de las observaciones dependen también del observador y no solamente del instrumento. Valverde comenta que cuando se le pregunta a Wendlingen cómo alcanza un valor excepcionalmente preciso de la eclíptica él responde no explicando la serie de cálculos llevados a cabo, sino describiendo sus instrumentos y relacionando paso a paso lo que hizo cada vez que realizó una medición, todos los días, durante las dos semanas previas al solsticio, dejando claro sus movimientos cada vez que realizaba una observación. Es así que menciona esta autora que por actualizar su manejo de



### 3.2. Trabajo de campo (visita a las estaciones)

Los instrumentos de la red de monitoreo atmosférico de la Ciudad de México no pueden existir sin mantenimiento, requieren grandes esfuerzos de preservación, y una constante vigilancia de su operación así como de los sitios donde se albergan. Como señala Lagdon Winner “en casi ningún caso pueden los sistemas artificiales construirse y dejarse solos: necesitan atención constante, reconstrucciones y reparaciones.”<sup>28</sup> Aunque, el mantenimiento es una actividad medular para el funcionamiento del sistema de monitoreo, a menudo pasa desapercibida, así David Edgerton comenta que por más que el mantenimiento y las reparaciones sean de primer orden en nuestra relación con los objetos, se trata de situaciones en las que raras veces nos detenemos a pensar, dado que son prosaicas y exasperantes, una fuente de incertidumbre y una de las mayores molestias. Un olvido revelador, ya que “el hecho de que no prestemos atención al mantenimiento cuando pensamos en nuestras tecnologías y escribimos sobre ellas constituye un ejemplo del abismo que se abre entre la concepción cotidiana de la relación que nos une a los objetos y el entendimiento formal que encierra.”<sup>29</sup> En este sentido “lo técnico” suele quedar detrás del escenario. Los reportes anuales e informes sobre la calidad del aire en la Ciudad de México emitidos por sus gestores, dicen muy poco sobre los trabajos de mantenimiento, las rutinas y los protocolos, a pesar de la gran inversión en ello y su importancia para la operación del sistema de monitoreo. Esta indiferencia está relacionada con una visión tradicional, que se empeña en guardar lo contextual y local de las tecnologías en uso.

En esta sección presento las labores de mantenimiento y las rutinas de trabajo de los técnicos que atienden los instrumentos de partículas tanto de la red automática (RAMA) como de la red manual (Redma) con el objetivo de mostrar la clase de fallos, averías y obstáculos que se presentan día a día. Los técnicos visitan los sitios de muestreo para llevar a cabo sus actividades rutinarias de mantenimiento. Cada mañana el jefe de operación de redes asigna a los técnicos un automóvil para dirigirse a las casetas de monitoreo y llevar a cabo las actividades de mantenimiento, limpieza, calibración, y cambios de insumos, que se encuentran calendarizadas para cada red. Las brigadas de trabajo se conforman de dos técnicos para atender los instrumentos de partículas de la red automática y otros dos técnicos dedicados a la red manual, uno de ellos se encarga de los

---

instrumentos Wendlingen fue capaz de construir la exactitud de sus observaciones y su fiabilidad en calidad de observador, estableciendo con ello la calidad de la observación.

Sirva este ejemplo para subrayar el papel importante que juegan los observadores, en este caso los cuidadores de los instrumentos. Y también para comentar que dada las prácticas, experiencia e intereses del observador el manejo de los instrumentos varia.

<sup>28</sup> Langdon Winner, *Tecnología autónoma: la técnica incontrolada como objeto del pensamiento*, 1979, p. 183.

<sup>29</sup> David Edgerton *op. cit.*, pp. 111–112.

instrumentos que miden PM<sub>2.5</sub> y el otro de los instrumentos para PST y PM<sub>10</sub>. Cabe señalar que también hay técnicos para los instrumentos de gases de la RAMA, para los instrumentos de la Redda, para los dispositivos de la Redmet, así como para los diversos laboratorios de gravimetría, emisión atómica, cromatografía y aerosoles. Así como técnicos para el laboratorio de mantenimiento, calibración y transferencia de estándares y para el control de calidad. Además de los técnicos responsables de asegurar la operación continua de los sistemas de comunicación y enlace en las estaciones de monitoreo. Como vemos, los conocimientos, funciones, procesos de análisis y responsabilidades son muy específicos para cada uno de ellos, lo que deriva en una determinada relación con sus instrumentos que comporta ciertas habilidades, pero debido a que en el laboratorio permanecen juntos hay lugar para el intercambio de prácticas, soluciones e ideas y por supuesto también para la convivencia.

Los técnicos llevan consigo su caja de herramientas,<sup>30</sup> ciertos consumibles como filtros y cintas-carretes, así como sus estándares de flujo –para llevar a cabo las revisiones de flujo, presión atmosférica y temperatura–. Los técnicos de la red automática, una vez que llegan al sitio donde se ubica la caseta de monitoreo, se comunican telefónicamente con el jefe de redes para que en el programa de adquisición de datos (*AirVision*) se marque la situación con una bandera<sup>31</sup> y la información procedente del instrumento sea invalidada. Los instrumentos no se apagan, ni se desconectan, siguen midiendo mientras los técnicos operativos realizan los mantenimientos. La bandera se retira cuando el instrumento se restablece, el tiempo que la bandera permanece es de aproximadamente tres horas. Los datos que se envían durante este periodo de mantenimiento son anulados, no se toman en cuenta para la generación del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (Imeca) y otros reportes. Los técnicos de la red manual no necesitan reportar el inicio de sus actividades debido a que no proporcionan ningún dato en tiempo real.

En el caso de la red manual, se recogen los filtros con la muestra y se colocan los filtros limpios para el siguiente muestreo; los muestreos se realizan cada 6 días durante 24 horas, y la fecha y hora de la captura de partículas son programados. El manejo y transporte de las muestras es importante para evitar que sufran algún daño o se contaminen, lo que solamente puede realizarse hasta cierto punto, ya que algunos componentes de las partículas se pueden evaporar, o también reaccionar. En cada visita los técnicos también limpian el instrumento y revisan que funcione adecuadamente, y una vez

---

<sup>30</sup> La caja de herramientas incluye diferentes tipos de pinzas, llaves, desarmadores, destornilladores, alicates, tenazas, martillos y mazos; un amplio stock de tuercas, tornillos y pernos; además de brochas, cepillos y paños; pilas alcalinas, grasa de silicón, ligas, alambres, cinta aisladora, cinta selladora, tijeras, fusibles, un cronómetro, un metro y todo aquello que consideren necesario para poder desarmar, limpiar y revisar los instrumentos.

<sup>31</sup> Véase: Capítulo 4. p. 7.

cada tres meses dan mantenimiento físico a cada uno de sus componentes con el fin –según comentan– de mantener en óptimas condiciones los instrumentos, prevenir futuras fallas y alargar su vida. Estos periodos de mantenimiento y de muestreo no son arbitrarios, están estrechamente relacionados con el presupuesto, con el número de técnicos contratados, con los días laborables, y con todas aquellas contingencias espaciales y temporales que condicionan el funcionamiento del sistema de monitoreo atmosférico.

Los técnicos de la red automática, visitan las estaciones ya sea para proporcionar el mantenimiento preventivo, el mantenimiento mayor o el mantenimiento correctivo. El primero, consiste en realizar una verificación general de todos los parámetros operativos, es decir, el modo actual de operación, saturación del filtro, temperatura de la muestra, temperatura de algunas regiones del instrumento, temperatura ambiente, presión barométrica, humedad relativa, entre otros parámetros que se consideran dependiendo del modelo del instrumento; así como cambiar los filtros correspondientes, lavar el cabezal donde se toma las muestras y se realiza el corte de partículas y lo más importante revisar el control de flujo. El mantenimiento general o mayor consiste en realizar una detallada limpieza física del sistema electrónico, óptico y neumático del instrumento para calibrar cada uno de sus componentes. Cabe mencionar que el sistema de monitoreo atmosférico se compone de varias generaciones de instrumentos, esto es, de diversos modelos y marcas de equipos aún para un mismo contaminante, aunque todos ellos bajo los principios de operación de los métodos equivalentes o los métodos de referencia, es así que cada equipo debe estar configurado de acuerdo a determinados rangos de los parámetros.<sup>32</sup>

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo cuando el jefe de redes detecta remotamente alguna falla o anomalía en el desempeño del instrumento. El técnico acude a la estación y realiza un examen de los parámetros y componentes del instrumento. En principio, debe tratar de corregir y encontrar el problema en el sitio de muestreo, pero en caso de que no se resuelva, debe llevar el aparato al laboratorio para su revisión exhaustiva, sustituyéndolo por otro instrumento que permita llevar el monitoreo continuo de las partículas. Es en esta situación, cuando el técnico pone en práctica sus conocimientos y experiencia. Diagnosticar no es tarea fácil, detrás de cada revisión hay

---

<sup>32</sup> Para Theodore Porter la universalización de la ciencia ha consistido básicamente en ordenar la naturaleza mediante los métodos y la clasificación cuidadosa y laboriosa de los hechos, pero dado que la naturaleza no es uniforme, ni tiene una forma definitiva es que se hace difícil acomodar el mundo a ellos. La universalidad de la ciencia dice, se pone en duda cuando se exige a los científicos que obtengan los mismos resultados y llevan a cabo los mismos procedimientos en otro continente e incluso en otro siglo cuando los métodos son casi imposibles de armonizar. Además comenta que la elección del método está ligada a factores políticos de tal forma que muchas veces se prefiere métodos baratos, estandarizados y ampliamente difundidos antes que métodos costosos, novedosos y altamente precisos. Theodore Porter, *Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life*, 1995, pp. 13, 22–24.

mucho trabajo y entrenamiento previo. Como puede observarse el mantenimiento y las reparaciones son fundamentales para el funcionamiento de los instrumentos y para toda la red de monitoreo atmosférico de la Ciudad de México, exige grandes esfuerzos de conservación y una vigilancia estricta, de ahí la enorme infraestructura de documentación y supervisión de los instrumentos.

Los problemas frecuentes por los que los técnicos deben ir a las estaciones de monitoreo a revisar los instrumentos los he clasificado en causas internas y causas externas. Con causas internas me refiero a acontecimientos, obstáculos propios de los sistemas que involucran el desgaste y envejecimiento de las bombas, los circuitos, las fuentes, los sensores, las tarjetas y demás componentes tanto de los equipos de monitoreo como de los sistemas de comunicación de datos y de otros dispositivos que componen la red, debido a su continuo uso y que de alguna manera se encuentran bajo control de los gestores de la red. En general, esta categoría se refiere a las causas que no son extrañas o ajenas al manejo del sistema. Cabe mencionar que el acelerado desgaste y envejecimiento de los instrumentos está relacionado con la particular contaminación atmosférica de la ciudad, pues las sustancias oxidantes y corrosivas que hay en el ambiente dañan gradualmente los materiales.

Con causas externas me refiero a acontecimientos que en su mayoría no pueden ser previstos, ni tampoco impedidos o solucionados por los administradores del sistema de monitoreo, y los cuales son de muy diversa índole, por lo que los he dividido en dos grupos: el primero, en fenómenos naturales, como temblores y descargas atmosféricas, que tienen un impacto en la operación de los instrumentos dado que a menudo interrumpen y desestabilizan su funcionamiento, sobre todo de los instrumentos de la red automática. Y segundo, en fenómenos sociales relacionados con la situación política y económica del país como huelgas y devaluaciones de la moneda mexicana. Así, por ejemplo, la huelga organizada por el Sindicato Independiente de trabajadores de la Universidad Autónoma Metropolitana, que inició el 1 de febrero de 2008 y finalizó el 3 de abril de 2008, afectó la operación de la estación de monitoreo ubicada en la Unidad Iztapalapa ya que los técnicos no pudieron acceder a las instalaciones.<sup>33</sup> La huelga de los trabajadores del Colegio de Postgraduados y de la Universidad Autónoma de Chapingo, realizada del 18 de noviembre de 2008 al 29 de febrero de 2009, perturbó la operación de los instrumentos de la Estación Chapingo, debido a que el personal técnico no pudo acceder al recinto universitario y llevar a cabo el mantenimiento en ese periodo.<sup>34</sup> En 2009 se tuvo que suspender definitivamente la operación de la estación Metro Insurgentes debido a “los recurrentes actos de vandalismo contra la estación, las líneas de

---

<sup>33</sup> Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2008, 2009*, p. 15.

<sup>34</sup> Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2009, 2010*, p. 17.

comunicación y la operación de los analizadores”,<sup>35</sup> ocasionados porque “el sitio era ocupado por personas en situación de calle que la empleaban como refugio o como baño público.”<sup>36</sup> En ese mismo año el cambio entre el organismo público descentralizado Luz y Fuerza del Centro (LyFC) a la empresa productiva del Estado Comisión Federal de Electricidad (CFE) fue un período muy crítico para el monitoreo porque muchos de los sitios de monitoreo no tenían comunicación. Comenta en entrevista el Cuidador D: “a partir de octubre de 2009, cuando la CFE empezó a tener el dominio de trabajo en la zona del centro, muchos sitios dejaron de medir, principalmente los instrumentos de partículas, para evitar que los equipos, que son muy sensibles, se dañarán.”<sup>37</sup> Otro ejemplo, lo constituye la epidemia del virus de la influenza AH1N1 que paralizó casi en su totalidad las actividades de la ciudad durante los meses de abril y mayo de 2009. Además de muchas otras situaciones inesperadas como el robo de los cables y la caída de posters de luz que dejan sin funcionar a los instrumentos, además de otras de orden económico como las devaluaciones del peso frente al dólar que afectan seriamente el presupuesto destinado tanto a los contratos de servicios como a la compra de refacciones y consumibles de importación. En este sentido, puede verse que el contexto no es ajeno a la vigilancia de la contaminación atmosférica, situaciones como las que hemos descrito anteriormente tienen un impacto directo en la gestión y mantenimiento del sistema.

Como puede observarse, la red de monitoreo atmosférico no opera en un estado de velocidad crucero, sin perturbaciones, sin variaciones, libre de contingencias. Al contrario, los problemas están al orden del día. Sin embargo, el sistema no se paraliza o deja de producir, lo que se asemeja a un coro, en el sentido que si algún miembro desafina, no se estropea la melodía, ésta continua siendo armoniosa, gracias a aquellos que llevan el ritmo. Algo parecido sucede con la red de monitoreo, es así que aunque uno o varios instrumentos dejen de funcionar, no detienen la operación, los otros instrumentos continúan en operación. Los problemas son solucionados en la marcha, mientras unos funcionan, otros se reparan. Esta situación puede observarse en las bases de datos disponibles para cada contaminante en la página electrónica del Simat, donde puede verse que hay horas y otras veces días en los que no se cuenta con ningún registro y sin embargo, no se deja de producir.<sup>38</sup> La

---

<sup>35</sup> *Ibidem*.

<sup>36</sup> SMA 2006–2012, Instrumentos de gestión de la Calidad del Aire [en línea], 2012, p. 12

<sup>37</sup> Cuidador D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>38</sup> De la página electrónica: <<http://www.aire.df.gob.mx>> pueden descargarse y guardarse las bases de datos de cada uno de los contaminantes medidos desde el año de 1986 hasta hoy día. Para el caso de las PST la base de datos inicia en 1989, la de las PM<sub>10</sub> comienza en 1995 y la correspondiente a las PM<sub>2.5</sub> en el año 2003. Así por ejemplo para la estación de San Agustín (SAG) ubicada en el Estado de México, no presenta ningún registro para el contaminante PM<sub>10</sub>, del día 29 de marzo al 9 de junio de 2010, mientras que la estación Villa de las Flores (VIF) también en el Estado de México no tiene ningún registro de este mismo contaminante entre el 12 de junio y el 2 de diciembre de 2010. En ese mismo año la

perpetua uniformidad de sistemas tan complejos como este, a menudo es una ilusión de los supuestos que han dominado nuestras creencias sobre el aspecto tecnológico, visiones simplistas de la manera en la que funcionan las tecnologías en relación con sus contextos específicos. Pensar que cada cosa está en su lugar y funciona a la perfección, es una idealización, por el contrario, lo que se tiene es un sistema al que cada día debe cuidarse de los muchos inconvenientes que van surgiendo y a pesar de ello continuar con los elementos que se tenga. Aunque debe considerarse que esta situación también puede prestarse para justificar la ausencia de mediciones en determinadas circunstancias, o momentos que no convengan o no se quieran dar a conocer.

Cada reparación y mantenimiento quedan registrados. Existen formatos específicos para cada modelo y marca de instrumento, donde se toma nota de los parámetros bajo los que se opera. Se incluye también el nombre y firma del técnico, la fecha y alguna observación si la hubiera. Una vez en el laboratorio toda esa información se ingresa en una base de datos para generar las gráficas de control del equipo. El historial de cada instrumento tiene como fin evaluar su desempeño a lo largo del tiempo. Si los parámetros se salen fuera del rango establecido no se puede asegurar la calidad de la información, por este motivo cada instrumento se encuentra constantemente vigilado mediante los mantenimientos, durante los cuales el técnico revisa y ajusta los parámetros. Los instrumentos, aún cuando aparentemente son iguales, tienen una trayectoria única, pues operan en sitios específicos, durante determinado tiempo, y sus fallas como hemos visto dependen de muy diversas causas relacionadas con su contexto. Trabajar con instrumentos implica formar y conocer su historial de fallas, de desempeño, de mantenimiento, es decir su historia de vida activa, su biografía.<sup>39</sup>

---

estación Merced (MER) ubicada en el centro de la ciudad no contaba con ningún registro del 3 de agosto al 2 de septiembre.

<sup>39</sup> Véase: Lorraine Daston ed., *Biographies of scientific objects*, Chicago, University of Chicago Press, 2000, 307 pp.

El debate entre realistas y constructivistas sobre los objetos científicos, adquiere una nueva dimensión al demostrarse en este texto que los objetos científicos son simultáneamente reales y contruidos. Mientras los constructivistas afirman que los objetos científicos son invenciones firmemente unidas a un tiempo y a un lugar determinado, por lo tanto, eminentemente históricas. Los realistas defienden que los objetos científicos reflejan un orden natural preexistente que la ciencia descubre poco a poco. La propuesta del libro justamente quiere borrar la distinción entre descubrimiento e invención; realidad y construcción; naturaleza y cultura. La categoría de “applied metaphysics” es utilizada para mostrar que los objetos científicos pueden ser al mismo tiempo verdaderos e históricos, evidenciando como se enredan en redes de significación cultural, prácticas materiales y derivaciones teóricas, de ahí que la biografías de objetos científicos adquiera sentido.

Véase: Cornelius Holtorf, “Notes on the life history of a pot sherd”, en *Jornal of Material Cultura*, 2002, núm. 1, vol. 7, marzo 2002, pp. 49–71. En este artículo Holtorf propone un enfoque etnográfico alternativo el estudio de la vida o biografía de objetos. Desde la arqueología dos enfoques predominan el supuesto ciclo de vida de un objeto: por un lado, las biografías cortas que estudian la vida de las cosas en el pasado (hasta que terminan en el suelo), y las historias de vida largas que estudian también su vida en el presente. Holtorf considera que propiedades y características del objeto, incluida su identidad y edad son el resultado de procesos que tienen lugar en el presente, por lo que las clasificaciones e interpretaciones son momentáneas, fluidas y flexibles. Para este autor el estudio de la historia de vida de los objetos, no debe asumir nada acerca de lo que son, sino tratar de comprender cómo es que llegan a ser objetos antiguos o cualquier otra cosa. Por lo tanto defiende una investigación de las historias de vida de las cosas tal como se desarrollan en el

Lo que va en contra de la tesis determinista y la tesis instrumentalista, la primera no acepta la trayectoria individual y contingente de cada instrumento y la segunda supone la neutralidad de los instrumentos ante el contexto en el que operan, de modo que estas tesis “pierden de vista innumerables factores contingentes que juegan un papel crucial en la comprensión de qué es lo que da dirección e ímpetu a lo que llamamos trayectorias tecnológicas. Esos factores tienen una naturaleza heterogénea y fuertemente local.”<sup>40</sup>

No solo se guarda un registro del historial de fallas del instrumento, las actividades generales realizadas por los técnicos de cada red quedan registradas en la bitácora de la caseta de monitoreo, pues cuando el técnico ha terminado con sus actividades, debe escribir en la bitácora, su nombre, la fecha, la hora de llegada y de salida y lo que realizó durante su estancia. Los técnicos de la red automática, además, deben llamar nuevamente al jefe de operación de redes para informarle sobre la situación del instrumento, si ha quedado funcionando, si hay que mantenerlo en observación, si ha sido desconectado para llevarlo al laboratorio o cualquier otro escenario con el fin de retirar la bandera que se colocó al inicio del procedimiento para indicar que estaba en mantenimiento o para colocar una nueva bandera de acuerdo a la situación. Posteriormente, los técnicos deben continuar su ruta y al finalizar regresan al laboratorio.

Las rutas contemplan la visita de una o varias estaciones de monitoreo por día, dependiendo del mantenimiento correspondiente, del tipo de avería, del tiempo que implique su reparo, del número de fallas en todo el sistema, de qué tan lejos se encuentre una estación de la otra, y de un sinfín de condiciones. Las rutas son diferentes para los técnicos de la red manual y para los de la red automática, ya que cada estación alberga determinados instrumentos, no todas alojan los mismos equipos. Así, por ejemplo, los instrumentos de la red manual en 2012 se encontraban en 12 estaciones –Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL), La Presa (LPR), San Agustín (SAG), Merced (MER), Cerro de la Estrella (CES), UAM Iztapalapa (UIZ), Nezahualcóyotl (NEZ), Secretaría de Hacienda (SHA), Lomas (LOM), Pedregal (PED) y Coyoacán (COY)–, aunque cabe señalar que no en todas las estaciones se medían los tres parámetros: PST, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. En tanto que los instrumentos de la red automática se encontraban en 21 estaciones –Pedregal (PED), Camarones (CAM), Coyoacán (COY), Santa Úrsula (SUR), San Juan de Aragón (SJA), Iztacalco (IZT), UAM

---

presente y se extienden tanto hacia el pasado como en el futuro. Podría decirse que este es el estudio de los procesos de formación del registro arqueológico, pero también significa aceptar que la cultura material está constituido de manera significativa (en el presente). Aunque las identidades materiales adscritas a las cosas no son sus propiedades esenciales, son el resultado de las relaciones específicas de las personas y cosas por tanto su materialidad misma es potencialmente múltiple y tiene una historia.

<sup>40</sup> Sergio Martínez y Edna Suárez, *Ciencia y tecnología en sociedad: el cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática*, 2008, p. 113.

Iztapalapa (UIZ), Merced (MER), Tláhuac (TAH), Acolman (ACO), Villa de las Flores (VIF), San Agustín (SAG), Xalostoc (XAL), Facultad de Estudios Superiores Acatlán (FAC), Nezahualcóyotl (NEZ), Tlalnepantla (TLA), Tultitlán (TLI), así como en las recientes estaciones instaladas en 2012 ubicadas en el Hospital General (HGM), Santa Fe (SFE), Ajusco (AJU) y en la UAM Xochimilco (UAX)– de la misma forma que ocurre con la red manual cada estación tiene una configuración propia de instrumentos y parámetros, por la que en algunas se mide tanto PM<sub>10</sub> como PM<sub>2.5</sub> y en otras estaciones solamente se mide uno de estos dos parámetros. [Véase. Anexo 33 Medición de partículas: red manual y red automática (año 2012)]. Como puede observarse, las estaciones no son idénticas, cada una tiene una disposición específica, que además se encuentran en constante cambio, de acuerdo a decisiones de orden político y económico, decisiones que modifican el número y ubicación de las estaciones, el de parámetros medidos, las tecnologías que han de ser utilizadas, entre otros aspectos. Una vez más vemos que el sistema de monitoreo no permanece en un mismo estado, sin cambios, por el contrario, se encuentra en continua transformación y movimiento, ajustándose a su contexto. El sistema de monitoreo no es inmutable se encuentra en constante revisión, en términos de Marianne de Laet y Annemarie Mol puede ser considerado como una tecnología fluida, toda vez que es variable en el tiempo.<sup>41</sup>

### 3.3. Cuidadores de instrumentos

En las secciones anteriores he presentado el laboratorio de monitoreo atmosférico y la importancia del mantenimiento, vinculado a las averías y obstáculos así como la organización y las rutinas de trabajo de los técnicos. En esta sección presento a los técnicos encargados de la operación, reparación y tuneo de los instrumentos, así como algunas de las características que distinguen su trabajo y su proceso de aprendizaje con el fin de observar su cultura epistémica.

En el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico laboran aproximadamente unas 32 personas de las 80 que trabajan en la Dirección de Monitoreo Atmosférico. Este dato permite observar que un gran porcentaje de la plantilla de esta dirección está concentrado en la Subdirección de Monitoreo, ello da cuenta de la importancia de estos técnicos para el monitoreo atmosférico. En el documento *Instrumentos de gestión de la calidad del aire* se resalta su experiencia y la alta rentabilidad de su trabajo:

---

<sup>41</sup> Marianne de Laet y Annemarie Mol, *op., cit.*, p. 228.



La operación permanente del Simat no se puede entender sin su bien máspreciado: el personal operativo. La Dirección de Monitoreo Atmosférico cuenta con 42 técnicos con capacidades y conocimientos específicos en diferentes campos, lo que representa una enorme ventaja porque garantiza la independencia y disminuye considerablemente los costos de operación. En la Subdirección de Monitoreo se encuentra el personal con mayor especialización, el cual es responsable de la operación y el manejo de los equipos de análisis y monitoreo, con una experiencia promedio superior a los 10 años; su capacidad técnica es única en el país. La formación de cada uno de estos técnicos es un proceso lento que lleva más de un año.<sup>42</sup>

Aunque el trabajo de los técnicos sea de gran importancia para mantener el sistema de monitoreo en marcha, su status en la historia del monitoreo ha sido muy bajo tanto dentro de la jerarquía de la estructura gubernamental que lleva a cabo el monitoreo atmosférico como para el público que desconoce su labor. Los técnicos del laboratorio de monitoreo atmosférico se sienten poco valorados porque no aprecian las condiciones y limitaciones bajo las cuales realizan su trabajo.<sup>43</sup> Internamente, en las oficinas de la Dirección de Monitoreo Atmosférico llegué a escuchar que se refirieron a estos técnicos como “cargadores de fierros”. Mientras que el público no puede dejar de vincularlos como parte de la estructura gubernamental, de la burocracia, de tal forma que su trabajo antes de conocerse ya está estigmatizado,<sup>44</sup> lo que da cuenta de que la medición de la calidad del aire implica mucho más que poseer instrumentos y tecnologías “estandarizadas” y de última generación. La legitimidad de las mediciones no solamente se encuentran en la adopción y

---

<sup>42</sup> SMA 2006–2007, *op. cit.*, p. 17.

<sup>43</sup> A los meteorólogos de la oficina del Servicio Meteorológico Nacional de Chicago estudiados por Gary Alan Fine les sucede algo más o menos parecido y es que por un lado, la meteorología tiene un status bajo en la jerarquía de las ciencias y sus actividades no están vinculadas a la investigación, por lo que no se consideran científicos, aunque sus conocimientos sí requieren de una formación específica; y por otro sus actividades requieren echar mano de conocimientos informales para la predicción del tiempo. De manera que a primera vista su labor se encuentra en medio de algo poco definido: ni científicos, ni oráculos. De ahí que se piensen bichos raros, un tanto locos y excéntricos, incomprendidos por el público al que sirven. Gary Alan Fine considera a los meteorólogos científicos públicos cuyo objetivo es la protección de la vida humana y también de la propiedad. Gary Alan Fine, *op. cit.*, pp. 58–65.

<sup>44</sup> Incluso la mala fama de la burocracia ha sido satirizada, Joaquín Salvador Lavado Tejón (conocido como Quino) en su famosa obra *Mafalda*, nombró a la tortuga de ésta, Burocracia. Muchos autores clásicos han señalado los aspectos negativos de esta forma de organización. Véase: Marx Karl, *El 18 brumario*, Trad. de José Bullejos, Madrid, Librería Bergua, 1935, 346 pp. Y Robert Merton, *Reader in bureaucracy*, Glencoe, Ill, Free, 1960, 464 pp. Para una descripción de las características de los ambientes burocráticos públicos en México puede consultarse la siguiente tesis: Graciela Aurora Mota Botello, *La burocracia en México: opiniones hacia un proyecto de reorganización administrativa*, México, 1978, Tesis, UNAM, Facultad de Psicología, 258 pp. Y Para una defensa de la burocracia véase: Paul du Gay, *In praise of bureaucracy: Weber. Organization. Ethics*, London, Sage publications, 2000, 159 pp. Paul du Gay inspirado en el trabajo de Max Weber (concretamente en el Max Weber reconstruido por Wilhelm Hennis) intenta comprender mejor y defender la ética de la oficina burocrática ante la reestructuración de las oficinas de servicios públicos en el nombre de “la nueva gestión pública” o “gobernanza empresarial” –el modelo preferido para cualquier forma de organización institucional de los bienes y servicios, que supone que todas las organizaciones, ya sean hospitales, bancos o departamentos del gobierno, tendrían que desarrollar normas y técnicas de conducta similares a los modelos de las organizaciones empresariales si quieren sobrevivir en el futuro–. La mirada de Paul du Gay tiene como objetivo recuperar cierta dignidad ética para las rutinas mundanas de la administración burocrática frente a las críticas venidas de influyentes anti-burócratas como Alasdair MacIntyre, Zygmunt Bauman y Tom Peters. En su opinión la democracia representativa necesita el ethos burocrático garante de los objetivos e intereses públicos.

uso de tecnologías y normas sino también como argumenta Graeme Gooday en la confianza y en la moral.<sup>45</sup> Pues, la legitimidad implica la creación de una reputación positiva, proporciona verosimilitud y validez cognitiva. Vemos que no se trata solamente de cuestiones técnicas que la producción de la calidad el aire está enredada con la política, que importa el lugar desde donde se produce.

Los técnicos no requieren de un título universitario para desempeñar esta función, aunque algunos tienen estudios en electrónica, mecánica, metalurgia, ingeniería ambiental, física, química o administración y otros nada más el bachillerato. Sus antecedentes académicos no son un condicionante para poder desempeñarse como técnicos, pues como he comentado en el capítulo segundo, los técnicos se han formado en la práctica sin titulación o formación formal específica, desde que en México se iniciaron las labores de la vigilancia de la atmósfera, su capacitación proviene de otros técnicos, de los fabricantes y distribuidores de los instrumentos, de la relación con los propios instrumentos y de la consulta a los manuales de los equipos.

La mayoría de los técnicos son hombres, casi no hay mujeres. Al respecto David Edgerton comenta que “la pericia en lo tocante a los objetos, ya pertenezcan al ámbito doméstico, ya al industrial o rural, se ha considerado de siempre una actividad masculina”.<sup>46</sup> Además de que se ha dado por supuesto de que las mujeres poco tolerarían el empleo por la fuerza que se requiere para cargar los cilindros de gas, las herramientas y los instrumentos, así como la destreza para trepar con ellos por escaleras tipo marineras. Aunque tradicionalmente ha sido un ámbito masculino, si ha habido técnicas, la subdirectora de monitoreo, antes de ocupar este cargo se desempeñó como técnica en una red de monitoreo estatal, vale la pena señalar que su nivel académico es más alto que el de todos los técnicos, tiene una maestría en ingeniería ambiental.<sup>47</sup>

Los técnicos trabajan de lunes a viernes de ocho de la mañana a cuatro o cinco de la tarde. Ellos se piensan así mismos como trabajadores del gobierno, lo que significa que hacen su trabajo y regresan

---

<sup>45</sup> Graeme Gooday analiza la confianza y la moral que se depositó en los profesionales eléctricos, los instrumentos y los materiales para llevar a cabo la medición de la electricidad. Para este autor la noción de confianza es la dimensión “moral” más importante de la medida. Por ello explora cómo se utilizaron los juicios de equidad, fidelidad y honestidad para decidir si se otorgaba confianza o no a la medición, en un momento en que físicos, químicos, electricistas e ingenieros trataban de medir lo que importaba para ellos, mostrando la problemática y acotada empresa que entonces era la electricidad. Graeme Gooday, *op., cit.*, pp. 1–285.

<sup>46</sup> David Edgerton, *op., cit.*, 2006, p. 140.

<sup>47</sup> Véase: Olivia, Rivera Hernández, *Propuesta metodológica para la selección de sitios de monitoreo de partículas finas (PM2.5) en la región centro de la zona metropolitana de Ciudad de México*. México, 2005, Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería. 76 pp.

a su casa, no hacen investigación ni tampoco publican. Las jerarquías y diferencias entre ellos están marcadas por los diversos tipos de contratos. Los de base y los de confianza aunque tienen los sueldos más bajos reciben las mayores prestaciones, además de que los de base pertenecen a una sección sindical, la pertenencia a este tipo de contratación lleva muchos años. La mayoría de los técnicos del laboratorio de monitoreo se encuentra contratados por honorarios sus contratos se renuevan cada tres o seis meses, para no generar antigüedad, sus prestaciones son mínimas. En este esquema los de menor rango ganaban en 2012 alrededor de 8 mil pesos y los de mayor rango casi 11 mil pesos. Como personal de estructura están contratados el subdirector de monitoreo y los jefes de Telemetría, de Operación de Redes y de Mantenimiento y Transferencia de Estándares, entre ellos los sueldos también varían, en el 2012, iban de los 14 mil hasta los 20 mil pesos, más prestaciones. Ocupar estos últimos requiere de mucho esfuerzo y persistencia, los jefes de telemetría y operación de redes iniciaron en la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en la década de los setenta y el de mantenimiento y transferencia de estándares en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología a finales de los ochenta. Todos ellos iniciaron como dicen: “desde abajo”, siendo técnicos, e incluso choferes. Un sistema basado en la antigüedad se puede ver en esta organización. Los más viejos con el tiempo ganan autoridad, reputación y experiencia.

### **3.3.1. Del mantenimiento a la reparación y el tuneo de instrumentos**

Los instrumentos no pueden existir sin mantenimiento, y tal hecho impone con ellos una relación especialmente íntima. David Edgerton menciona que del mantenimiento y la reparación se pasa a la fabricación e innovación, dado que la capacidad para conservar y reparar la tecnología comporta habilidades, de tal forma que las prácticas de conservación conllevan a ejecutar reajustes significativos, modificando los objetos e instrumentos, aunque por lo regular no hay constancia de esta clase de innovaciones en forma de patentes, o derechos de autor.<sup>48</sup>

La inmensa mayoría de los inventos –por no hablar ya de su desarrollo– tiene lugar, tal como ha sucedido siempre, lejos de los laboratorios universitarios, y ningún estudioso serio de la innovación ha creído jamás lo contrario. Por lo común, se han producido en el ámbito del uso –y esto es aplicable también a no pocos de los más innovadores–, y además han sido quienes los empleaban quienes han tenido el control directo sobre ellos. De siempre han sido cosa de inventores individuales, laboratorios,

---

<sup>48</sup> David Edgerton, *op. cit.*, 2006, p. 120.

talleres y centros de diseño de compañías industriales, y también de laboratorios, talleres y centros de diseño del gobierno y en particular de sus fuerzas armadas.<sup>49</sup>

En el caso del laboratorio de monitoreo atmosférico durante el estudio etnográfico encontré que los cuidadores de instrumentos no son pasivos ante las tecnologías, las rediseñan, las adaptan a sus condiciones locales y también de acuerdo a sus concepciones de cómo deberían operar. El manejo y operación de los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica está muy lejos de solamente conectarlos a la corriente eléctrica, no se puede seguir sencillamente una serie de instrucciones, pues gran parte de los conocimientos que se ponen en acción van más allá de la teoría, de los manuales y de las capacitaciones que se proporcionan por parte ya sea de los fabricantes o proveedores. El Cuidador A explica que aunque los manuales de los equipos son la base para poder entender el funcionamiento de los instrumentos, para llevar a cabo las reparaciones y mantenimientos con mayor rapidez, dado la cantidad de equipos y de trabajo, se transfieren los conocimientos de técnico a técnico.<sup>50</sup> Esto da cuenta de que la adquisición de conocimientos es un proceso social mediante la pertenencia al grupo que posee la experiencia.<sup>51</sup>

Para maniobrar, diagnosticar y reparar los instrumentos de medición, los técnicos deben aprender a observarlos, a reconocer cuándo operan correctamente, y a encontrar por qué fallan. Harry Collins menciona que aunque se tenga el equipo y las habilidades necesarias las cosas se pueden hacer muy difíciles cuando se llevan a cabo por primera vez, dada la falta de conocimiento tácito, lo que puede ser superado a medida que interactuamos socialmente, así lo que no era evidente resulta obvio. Para este autor el conocimiento tácito es el conocimiento profundo, la verdadera comprensión, la adquisición de ciertas habilidades que solamente se pueden obtener a través del contacto personal, mediante la pertenencia a los grupos que lo poseen, por lo que no puede ser transmitido mediante fórmulas, diagramas, descripciones e instrucciones.<sup>52</sup> El conocimiento es social adquirido en la práctica. Esta clase de conocimiento es la que encontré poseen estos técnicos. Se trata de una serie de detalles, de observaciones con todos los sentidos, mediante las que no solamente se conoce, opera, diagnóstica y repara al instrumento, sino que a la larga constituyen un profundo saber que permite rediseñar los instrumentos, ajustarlos a unas necesidades específicas como veremos en la

---

<sup>49</sup> *Ibidem*, p. 243.

<sup>50</sup> Cuidador A. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 2 de febrero de 2012.

<sup>51</sup> Harry M. Collins, Robert Evans, *Rethinking expertise*, 2007, p. 3.

<sup>52</sup> Véase: Harry M. Collins, "Tacit knowledge, trust and the Q of sapphire", en *Social Studies of Science*, núm. 1, vol. 31, febrero 2001, pp. 71-85. Cabe señalar que en este texto Collins menciona que la idea de que los científicos tienen conocimiento tácito (*tacit knowledge*) fue introducida por Michael Polanyi, quien básicamente se refería a aquello que sabemos pero que es difícil de decir (*we know more than we can tell*). En dicho artículo Collins detalla a que se refiere con conocimiento tácito con el fin de extraer sus implicaciones para la práctica científica.

siguiente sección. Comprensión derivada de la práctica misma, el siguiente testimonio da cuenta de ello:

Usamos todo lo que se pueda el olfato, el gusto, la vista... para checar si un generador de ozono está trabajando correctamente, existen dos vías, la primera es una serie de pasos descritas en el manual, pero si eso no funciona o se tienen dudas, se puede desconectar la manguera y succionar, en cuanto el ozono es percibido con la lengua, sueltas la manguera, es un olor muy picante y desagradable, aunque es una forma muy burda, a veces se hace para saber si está trabajando correctamente.<sup>53</sup>

Esto pone en evidencia que el conocimiento no solo se encuentra en la teoría, en los manuales, sino también en la práctica, y que además, no hay una sola manera de conocer algo. En este sentido el Cuidador B comenta: “A veces hay un catálogo mental de fallas, en el cual sabes cómo asociar ciertas fallas a ciertos componentes, entonces eso es lo que te lleva a detectar componentes con fallas, en ciertos procesos dentro de los equipos, que te llegan a estar metiendo ese ruido [problema].”<sup>54</sup> Al respecto Gary Alan Fine comenta que estos recuerdos justifican las reivindicaciones profesionales de conocimiento intuitivo, donde la memoria y la experiencia son fundamentales.<sup>55</sup> Otro ejemplo de lo anterior es el siguiente: “a veces un instrumento no te queda, te puedes tardar dos semanas, un poquito más en encontrar la falla, pero ya cuando encuentras la falla adquieres el conocimiento para los futuros analizadores, cuando se presentan ciertas características similares, fácilmente encuentras la solución.”<sup>56</sup> Estos registros se transforman en consejos para el futuro y constituyen lo que hace de este grupo un cuerpo de expertos en el diagnóstico, reparación y tuneo de instrumentos.

Los técnicos se enorgullecen de su trabajo, portan batas blancas o azules con mucha honra. El término cuidadores de instrumentos nace precisamente de su labor, de la solidaridad que guardan con los instrumentos, de la respetuosa manipulación, de la reverencia y cortesía con la que los tratan. Los cuidadores de instrumentos no solamente miran por el bienestar de los instrumentos, sino que tienen conciencia de su costo y cuidan los recursos. Pero además tienen una relación cercana con los instrumentos que los lleva a nombrarlos, a pensarlos, a conocerlos, a saber de sus trayectorias. Su trabajo implica algo más que habilidades técnicas, incluye conocimiento y experiencia que se aplica a la solución de problemas. Sin embargo, comentan los cuidadores de mayor antigüedad que no es fácil encontrarse con técnicos que se esfuercen y quieran integrarse al grupo, durante el 2012 y el primer semestre de 2013 cinco técnicos fueron despedidos del laboratorio, y otros tantos requieren

---

<sup>53</sup> Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

<sup>54</sup> Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

<sup>55</sup> Gary Alan Fine, *op. cit.*, 2007, p. 13.

<sup>56</sup> Cuidador A. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 2 de febrero de 2012.

mejorar sus prácticas, en el medio se piensa que estos técnicos son mañosos, mal hechos o cochinos: “Cochino es un modo genérico al que nos estamos refiriendo de manera informal a muchas de las posibles deficiencias que puede haber en un técnico deficiencias que pueden ser solucionadas con capacitación”.<sup>57</sup> Esto quiere decir que entre los técnicos hay pautas de prestigio.

### 3.4. Tuneo de instrumentos

Esta sección muestra que la puesta en marcha de los instrumentos es un dialogo social que requiere ajustes, por lo que es una idealización pensar que los instrumentos estandarizados pueden marchar solos. En este sentido muestro la apropiación de la tecnología, el activismo tecnológico de los cuidadores de instrumentos e incluso argumento que éstos van más allá de lo que Collins ha llamado *tacit knowlege* porque construyen y deconstruyen, para referirme a lo que llamo *tuneo de instrumentos*. Esta expresión se encuentra en amplia relación con la tesis *The Mangle of Practice* de Andrew Pickering interesada en el experimento y la práctica científica. El punto en el que el *mangle*<sup>58</sup> entra en acción es con la aparición de obstáculos, bloqueos o resistencias que surgen en la práctica, lo que da lugar al *tuning* al cambio de estado de las reglas de funcionamiento interno de las maquinas en relación con la emergencia; el *tuning* entonces es la respuesta a las muchas resistencias, lo que permite explorar nuevas direcciones y usos. Es por lo tanto una respuesta heurística y convierte a la práctica en un instrumento filosófico.<sup>59</sup> La modificación de la práctica material también adaptación o acomodamiento aunque no es permanente permite el cierre o clausura, es decir, el logro de una nueva máquina, instrumento o interpretación, con lo que finaliza el proceso dialéctico entre resistencia y acomodación. De acuerdo con esta tesis, los cuidadores de instrumentos son lo que los instrumentos le permiten ser (además de la normativa), agentes humanos que actúan en un campo de agencia material diseñando, rediseñando y manipulando los instrumentos. Y los instrumentos son lo que los cuidadores les permiten ser (al margen de la normativa).

---

<sup>57</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 1ro de febrero de 2012.

<sup>58</sup> *Mangle* es una metáfora que hace referencia a un escurridor, exprimidor o rodillo mecánico para la ropa lavada: “If pressed too hard, the mangle metaphor quickly breaks down”. Andrew Pickering, *The Mangle of Practice*. *Time, Agency and Science*, 1995, p. 23.

<sup>59</sup> Los instrumentos filosóficos a los que se refiere Daniel Rothbart son dispositivos que generan nuevas ideas sobre la realidad, puesto que no son intermediarios neutrales entre los seres humanos y el mundo natural éstos pueden cambiar o alterar el conocimiento que se tiene del mundo. La tesis central de Rothbart es que el diseño de los instrumentos predispone a los científicos a ver los fenómenos de una manera particular, en tanto que son canales que comprometen a determinados concepciones del mundo. Para este autor las ideas filosóficas a las que induce el uso de los instrumentos vienen desde los planes de diseño de los mismos. Véase: Daniel Rothbart, *Philosophical Instruments: Minds and Tools at Work*, Pref. de Rom Harré, Chicago, University of Illinois Press, 2007, 138 pp.

La expresión *tuneo* será utilizada para referirme a la modificación de los instrumentos en diferentes niveles de acuerdo a los casos que a continuación voy a presentar. Lo que me interesa señalar es la manera en que la tecnología es reconfigurada para su uso local, pues a pesar de las advertencias sobre la pérdida de la garantía que se colocan en los manuales de los instrumentos, y los esfuerzos de sus fabricantes para que se mantengan como tecnologías cerradas, los instrumentos son *tuneados*. La pregunta que trataré de responder con los casos aquí presentados es por qué estos instrumentos son *tuneados*, qué hace que se requiera modificarlos y qué justificación ética y epistemológica se encuentra detrás de estas alteraciones, así como qué elementos distinguen a esta práctica.

En los ejemplos que presento se puede observar que las ideas de *tuneo* y creación de herramientas y artefactos son desencadenadas por varias situaciones casi siempre simultáneas relacionadas con la localidad, la carencia de los recursos, la dinámica de la interacción entre los técnicos por mejorar o hacer más eficiente un determinado proceso, y como resultado de situaciones contingentes en las que su intervención es necesaria para ayudar al instrumento. Así como de interpretaciones particulares de cómo los instrumentos deberían funcionar, bajo el supuesto de que estas alteraciones no comportan riesgos o incertidumbres significativas. En los casos expuestos despliego con mayor detalle estas ideas.

### **3.4.1. Rediseño de instrumentos**

La primera categoría de *tuneo* la he nombrado *rediseño*. Con esta me refiero a la modificación o al cambio de algún componente del instrumento para hacer lo que los técnicos consideran una “mejora” en el funcionamiento del instrumento en tanto que cubre una necesidad o resuelve un problema, claro está que para *rediseñar* algo se requiere conocerlo completamente. Los instrumentos, una vez que entran al laboratorio de monitoreo atmosférico, pasan por una serie de pruebas (llamadas pruebas de desempeño) con el fin de revisarlos, ya que –como testimonian los técnicos– los instrumentos no siempre están listos para operar:

Porque si tu asumes que por ser nuevo opera a la perfección podrías correr el riesgo de que, pues no, y la razón es sencilla... aunque sí están diseñados para trabajar a diferentes condiciones, son calibrados a condiciones estándares ¿a qué me refiero con esto? a condiciones de presión y temperatura específicas que no necesariamente son las mismas a las cuales va a trabajar el instrumento acá en la ciudad. Incluso cada ciudad debiera hacer lo mismo, porque dependiendo su altitud, su temperatura, sus diferentes variables, lo importante es asegurarse de que tu instrumento se va a desempeñar bien, bajo las condiciones en las cuales se encuentran, local, esas condiciones locales. Y bueno, por ejemplo, muchos de los instrumentos aquí utilizados tienen que ver con flujo y sabemos que la altitud afecta directamente

en todo lo relacionado con flujos, entonces eso refuerza la teoría de tener que revisar su desempeño en cuestión de flujos en estas condiciones a las que se encuentra esta ciudad.<sup>60</sup>

Como vemos los instrumentos se adaptan a las circunstancias locales, a los patrones locales de uso. Esto pone de manifiesto que los técnicos tienen en consideración el traslado, el viaje y el cambio de contexto. Por lo que para asegurar su desempeño es muy importante el conocimiento de lo local, de las particulares características en las que operarán los instrumentos.

Durante las pruebas de desempeño a un calibrador de flujo los técnicos se percataron del siguiente problema: un componente muy sensible a la temperatura se encontraba junto a otro que se calentaba a más de 50 grados centígrados, lo que dicen afectaba la medición de la muestra. Veamos a continuación el relato de este caso contado por los propios técnicos, con el fin de observar cómo lo resolvieron y cómo entienden la tecnología de acuerdo a sus específicas concepciones de cómo deberían estar diseñados los instrumentos y el contexto en el que estos son usados:

Cuidador C: “Si un másico va a trabajar dependiendo de la temperatura, pues, yo no sé porque junto le pusieron una válvula que está casi a 50 grados centígrados, entonces, el rediseño de nosotros fue ponerle un serpentín que es un tubo más largo que va a disipar el calor, y entonces a la entrada del másico va entrar una temperatura muy inferior”. [Véase. Anexo 34 Tuneo. Rediseño: incorporación de un serpentín]

Cuidador C: “¿Cómo es posible que un gringo construya un equipo y le ponga un componente que se calienta a 50 grados y lo ponga juntito, aquí luego, luego, a un sensor que es sensible a la temperatura? ¿Por qué? o sea, no sabemos cómo piensa el gringo, o en qué estaba pensando, o sí sabía lo que estaba haciendo.

Cuidador B: Son errores de diseño simplemente.

Cuidador B: Esto que me ves manipular, es nuestro estándar primario de flujo, esto es lo más importante para la red de partículas, es la madre de donde salen todas las referencias de la red, incluso si te fijas lo estoy estrenando, no lo habíamos probando desde que se compró... la idea de poner el serpentín era probar si con eso se soluciona el problema y sí se solucionó... El componente azul es muy sensible a cambios de temperatura sí, incluso grados, entonces como dice el [Cuidador C:], si la válvula se calienta hasta 55 grados que fue más o menos estuvimos monitoreando, y eso gracias a una casualidad de un juguete que tiene el [Cuidador C:], que es una cámara, que ve en infrarrojo, nos dimos cuenta...

Cuidador C: [El serpentín] lo que hace es que el gas que va por dentro va circulando a través de toda la longitud del serpentino y conforme va circulando va perdiendo calor, de modo que al llegar al másico, que es el sensor de flujo ya está a temperatura ambiente, no a 50 grados, que sería la salida de la válvula, o sea, sirve para enfriar el aire que está circulando por el equipo, para eso sirve un serpentín en

---

<sup>60</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.



este caso... Para este caso es importantísimo tener una temperatura determinada, como nuestras mediciones son a temperatura ambiente, pues no tienen ningún caso estar midiendo con una válvula que le puede meter ruido... eso es lo que no nos figuramos por qué hacen eso los gringos  
Cuidador B: Y este equipo es nuevo eh!!! Tú asumes que trabaja perfecto, nada más que a la hora de hacer las pruebas no tiene el resultado consistente.<sup>61</sup>

Desde su perspectiva, el fabricante ha cometido un error de diseño que es general (ocurre en México y en cualquier otro lugar del mundo), pero lo importante es que se ofrece una solución local, el rediseño responde a una manera particular de entender la medición. Los técnicos han desarrollado interpretaciones locales de cómo los instrumentos deberían funcionar y de acuerdo a esto tunean los instrumentos. Pero no las aplican indiscriminadamente ni sistemáticamente, operan cuando descubren una falla (a veces muy ocasional).

Los fabricantes diseñan sus instrumentos en torno a la forma de pensar el proceso y los cuidadores o técnicos del laboratorio de monitoreo atmosférico rediseñan los instrumentos en función de sus específicas necesidades. Eric Von Hippel menciona que una exploración de los procesos básicos de desarrollo de productos y servicios muestra que los usuarios y los fabricantes tienden a desarrollar diferentes tipos de innovaciones. Esto se debe, explica, en parte a las asimetrías de información: los usuarios y los fabricantes tienden a saber cosas diferentes. Los usuarios suelen tener la necesidad y la información de contexto de uso, mientras que los fabricantes se especializan en particulares soluciones, es decir tienden a desarrollar innovaciones que son mejoras sobre las necesidades conocidas.<sup>62</sup> En este caso, los técnicos usuarios de los instrumentos al rediseñarlos también son fabricantes, constructores de soluciones. Los técnicos no esperan que los fabricantes solucionen el problema, para quienes es probable que no se trate de un problema. En el caso descrito, el error es general, no local, pero los usuarios no pueden esperar a que los fabricantes lo cambien, lo que ocurre es que la solución se lleva a cabo y eso mismo desintoniza al instrumento en relación a las mediciones de otro instrumento de la misma serie.

Los fabricantes lanzan modelos de instrumentos estandarizados basados entre muchas otras cosas en legislaciones, acuerdos situaciones particulares administrativas y políticas del país de origen del instrumento en los que no se incorpora la realidad mexicana, cualquiera que esta sea. Entonces tenemos que se mide con instrumentos extranjeros, con tecnologías foráneas, que pretenden ser

---

<sup>61</sup> Cuidador C y Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

<sup>62</sup> Eric Von Hippel, *Democratizing Innovation* [en línea], 2005, p. 8.

universales<sup>63</sup> –observar y medir objetos uniformes–, que se piensan adecuadas para las condiciones mexicanas, sin embargo, ninguna está hecha a la medida estas requieren de ajustes.

El rediseño se considera pertinente de acuerdo al testimonio de los cuidadores porque el componente se encontraba muy caliente, por arriba de la temperatura ambiente, y dado que las mediciones se llevan a cabo a temperatura ambiente es que dicho componente causaba “ruido”. Hay, pues, una actitud y un modo de hacer provechoso, adecuado. Los técnicos sienten que si hacen las cosas bien no entorpecen el funcionamiento y el proyecto general de medición a nivel local, no consideran, sin embargo posibles consecuencias sobre la comparabilidad de los datos.

Pero, entonces ¿los instrumentos no modificados, miden lo mismo que los que sí han sido modificados? ¿Las correcciones locales afectan la comparación de las lecturas de otros lados, donde esa corrección no se ha hecho? ¿En qué situación pone al sistema este tipo de conocimiento? Esta investigación defiende la tesis de que la medición es local, de que estas mediciones son objetivas en el contexto en el que han sido producidas pero que fuera de ellos puede volverse discutibles o inútiles. La objetividad es situada como argumenta Donna Haraway.<sup>64</sup> Los cuidadores de instrumentos aportan una noción de medición específica, local porque entienden que las modificaciones son necesarias para echar a andar los instrumentos.

La medición es local. Este instrumento tuneado es incorporado a la red automática de la Ciudad de México con el cometido de fungir como estándar primario, punto de referencia, a partir del cual se pondría en común a todos los calibradores de flujos e instrumentos de partículas de este sistema. Dicho instrumento-estándar, considerado el de mayor confianza, a partir del cual se corregiría y se ajustaría todo el sistema, es diferente de todos los demás instrumentos que se encuentran en el mundo (en el caso de que éstos no hayan sido también tuneados, de cualquier modo la “corrección”

---

<sup>63</sup> Tal universalidad y generalidad está asociada a la idea de que los instrumentos deben funcionar independientemente de quiénes y dónde se usen, sin importar las características de lo medido. Por ejemplo el filósofo Gaston Bachelard consideraba que “*un instrumento, en la ciencia moderna es realmente un teorema*; si tomamos la construcción esquemática de la experiencia parte por parte, o incluso instrumento por instrumento, nos daremos cuenta de que las hipótesis deben coordinarse desde el propio punto de vista del instrumento.” Gaston Bachelard, *Epistemología*, 1971, p. 164.

La idea de que la ciencia se descubre y la tecnología se aplica como si fuesen estructuras monolíticas dejó de ser suficiente puesto que no ayuda a la comprensión de la tecnología contemporánea, para una crítica de la literatura dominante véase: Trevor Pinch y Wiebe Bijker, “The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other”, en Wiebe Bijker, Thomas Hughes y Trevor Pinch eds., *The Social Construction of Technological Systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, 1987. pp. 17–50.

<sup>64</sup> Véase: Donna J. Haraway, “Conocimientos situados: la cuestión científica en el feminismo y el privilegio de la perspectiva parcial”, en *Ciencia, ciborgs y mujeres: la reinención de la naturaleza*, Madrid, Catedra, Universidad de Valencia, Instituto de la Mujer, 1995, p. 313–346

aumenta la incertidumbre del sistema). Dicho instrumento es diferente en tanto tiene un serpentín que enfría la muestra, que quita el posible ruido que ello podría generar como han comentado los técnicos (todos los demás elementos locales medirían con “error”). Por ello las comparaciones realizadas entre este sistema, entre estaciones, son válidas porque tienen la misma referencia. Pero dudo que estas mediciones puedan ser comparadas con otros sistemas e incluso con mediciones realizadas diez y veinte años antes cuando esta misma red utilizaba otras tecnologías. ¿Se puede comparar las mediciones de diversas tecnologías? Tener los instrumentos adecuados y seguir un protocolo no conduce a resultados comparables. Harry Collins ha demostrado que dos experimentadores diferentes que poseen calibradores idénticos y aparatos de medición iguales estandarizados no alcanzan resultados cuantitativamente idénticos, sino que requieren además de esto de conocimiento tácito para llegar a resultados similares. Entonces, si aún con tener acceso a un conjunto fiable y universal de unidades estándares, las mediciones no son idénticas dudo que, en este caso, la comparación internacional sea precisa.<sup>65</sup> Es así que los técnicos se ven como parte del sistema local de medición y no como parte del sistema de medición internacional, con sus problemas de estandarización. Las mediciones son válidas en tanto que son locales, pero difícilmente

---

<sup>65</sup> A menudo las bases de datos de los contaminantes se han usado para organizar y para tener control de lo que sucede en las diferentes áreas y también para comparar lo que ocurre en uno y otro lugar. Dichas bases pretenden la uniformización de los datos en amplias zonas geográficas. Las acciones y proyectos para homologar los datos y borrar las diferencias no son nuevos, a continuación algunos ejemplos que van desde la comparación entre los datos de una misma red en diversos periodos hasta la organización de los datos de manera global. La red de monitoreo de la Ciudad de México ha comparado los datos de un mismo contaminante en diversos años a pesar de que muchas de las condiciones de producción de los datos han cambiado, un buen ejemplo de lo anterior puede observarse en el *Mosaico de concentraciones máximas diarias de ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (1986-2006)*. El mosaico está organizado por día y cubre los años de 1986 a 2006, la concentración máxima de ozono por día es convertida a contornos del color de las categorías del Imeca: verde (0–0.055 ppm), amarillo (0.055–0.110 ppm), anaranjado (0.110–0.171 ppm), rojo (0.171–0.233ppm) y púrpura (0.233–0.282 ppm). (Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, *Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal: avances y propuestas 2000–2006*, 2006, p. contraportada). Los datos de las diversas redes de monitoreo atmosférico de un país también han tratado de homogeneizarse, en México el Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico mediante el Sistema Nacional de Información sobre Calidad del Aire (SINAICA) busca establecer una administración integral de los datos de calidad del aire generados en el país para suministrar información sobre calidad del aire al público en general, por lo que se trabaja en un protocolo de manejo de datos para la homologación de criterios de verificación de datos y la evaluación y caracterización de las redes: “La meta es establecer a largo plazo un sistema automático de acopio de datos de calidad, es decir, información válida que pueda ofrecer al público el estado de la calidad del aire” (Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, *Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico*, 2002. p. 32). Pero el deseo de universalización de los datos incluso ha ido más allá de las naciones, la OMS lo ha intentado desde la década de los sesenta mediante la RedPanair. En la década de los sesenta a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que formaba parte del Global Environmental Monitoring System (GEMS). Y en la década de los noventa mediante el Sistema de Información para el Control de la Calidad del Aire llamado AMIS (por sus siglas en inglés *Air Management Information System*). El objetivo de este último se centraba en actuar como un sistema global de intercambio de información sobre la calidad del aire. En 1999 la base de datos AMIS incluía información sobre 60 ciudades en 30 países. México participaba proporcionando información de sus redes de monitoreo ubicadas en: Valle de México, Monterrey, Guadalajara, Toluca y Ciudad Juárez. (Marcelo E. Korc, *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*, 1999, p. 3–7). Aunque desde los sesenta se ha reconocido que hay una gran diferencia en los sistemas de monitoreo entre una y otra ciudad esto no ha impedido que la información se coloque en la misma base de datos.

extrapolables, comparables con otras naciones, que no tienen este instrumento tuneado, desestandarizado.

El siguiente caso que voy a presentar, también pertenece a lo que he clasificado como rediseño de instrumentos, sin embargo este no es considerado por los técnicos como un “error” sino que se trata, piensan, de una disposición con la intención de que los usuarios de esta tecnología adquieran con mayor frecuencia los servicios e insumos derivados de este diseño. A continuación vamos a exponer cómo debería funcionar este instrumento (un analizador de NOx) según el juicio de los técnicos, lo que imprime una manera particular de considerar esta práctica y el funcionamiento de los propios instrumentos. Observemos, pues, que el reacomodo, el cambio de los componentes, responde a necesidades locales, a una concepción de cómo deberían ser los instrumentos, con fines específicos:

La muestra que va a ser analizada por el equipo, idealmente, bueno para mí, idealmente debe ser filtrada de material particulado antes de ingresar al interior del equipo y ser analizado, digo una simple lógica es que con eso evitamos que los componentes internos se ensucien de polvo, dicho de un modo burdo. Entonces como viene el diseño de fábrica [la muestra] llega directo a unas válvulas, que permiten el ingreso de la muestra y después van a dar al filtro. También, por un proceso de pura lógica, si haces eso, la tierra no se va a depositar en el filtro, sino en la válvula, al depositarse en la válvula, el tiempo de vida de la válvula será menor drásticamente, lo único que hice fue hacer una especie de *bypass* en el cual doy prioridad a que la muestra sea filtrada indiscutiblemente antes de pasar a cualquier componente interno del equipo independientemente del modelo o marca del instrumento. Entonces ya con eso prácticamente el componente de la válvula ya no sufre el desgaste tan acelerado a lo largo del tiempo, estamos hablando de si lo trabajas así como viene de fábrica por increíble que parezca, nosotros tenemos sitios muy polvosos en el cual el instrumento no podría durar más de 15 días, porque hay líneas o conductos que son muy finitos, muy restringidos y se bloquean fácilmente con esas cantidades de tierras.<sup>66</sup>

El tuneo se realiza a partir de *necesidades específicas*, emerge de la relación entre las capacidades del técnico, las posibilidades del entorno y los materiales disponibles como Andrew Pickering menciona: las resistencias particulares y las adaptaciones o acomodamientos dan contenido a nuevos instrumentos, interpretaciones y conocimientos. Pero, también es una forma de apropiarse de los instrumentos, de tal manera que no se requiera de la asistencia de los fabricantes o proveedores, y de oposición a consumir sus servicios, pues una idea común entre los técnicos es la dependencia que los fabricantes buscan de sus usuarios con intención de obtener más ingresos:

---

<sup>66</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

[Reposicionando el filtro] no solamente va a trabajar mejor, sino que el mantenimiento va a ser menor, entonces lo que pensamos nosotros es que los gringos dijeron: ¡ah! ¿Cómo le haremos para que nos estén pidiendo mantenimiento? Y así ganar dinero también, no nada más vender el equipo, sino que nos pidan mantenimiento, pues poner los equipos de forma que requieran mantenimiento más seguido. ¡Ahí nos dimos cuenta! y dijimos ¿Cómo es posible que un gringo no se dé cuenta de que va a necesitar más mantenimiento de esa forma? Entonces, se hace un reacomodo de los sensores y del filtro y de cómo están ahí las líneas de alimentación y los equipos trabajan bastante bien.<sup>67</sup>

Hay pues una relación con el instrumento como máquina económica en un doble sentido: global y local. Los técnicos no tienen duda de que los instrumentos son un negocio de los fabricantes, y ante la adversidad del presupuesto buscan alternativas que le den la vuelta a aquella situación. Los instrumentos una vez que entran al laboratorio no necesitan los servicios que ofrecen los fabricantes, distribuidores y proveedores autorizados, por lo que la garantía que avala a los instrumentos simplemente se pasa por alto, ya que las condiciones para hacerla válida están lejos del uso cotidiano. Pues, se trata de una serie de imposiciones que no permiten la apropiación de la tecnología, la que desde el punto de vista del fabricante solamente debería ser intervenida por personal capacitado bajo sus propias pautas. Esto ilustra que los productos y servicios son desarrollados por los fabricantes de una forma cerrada para protegerse y cuidar sus inversiones —en el modelo de catedral—<sup>68</sup> lo que nos recuerda que estos instrumentos son producto de las estructuras de poder.<sup>69</sup> De manera que cualquier mantenimiento, reparación, servicio, alteración, reubicación de los componentes de los instrumentos cancela inmediatamente toda garantía. Así como el uso de

---

<sup>67</sup> Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

<sup>68</sup> Eric S. Raymond, *op. cit.*, p. 3.

<sup>69</sup> Langdon Winner sostiene que la configuración de la tecnología está relacionada con decisiones políticas que involucran importantes elecciones acerca del poder, la libertad, el orden y la justicia. De acuerdo con este autor los artefactos pueden contener propiedades políticas e incorporar valores o intereses. En primer lugar, se refiere a los casos en los que el invento, diseño o arreglo de un artefacto técnico o un sistema específico se convierte en una manera de establecer algo en una comunidad concreta, su ejemplo predilecto son los doscientos puentes bajos sobre los paseos de Long Island, Nueva York, diseñados y construidos por Robert Moses, entre 1920 y 1970, con el fin de desalentar la presencia de autobuses en los paseos. La gente pobre de color, usuarios del transporte público, eran alejados de aquella zona, debido a que los autobuses de cuatro metros de alto no podían atravesar los pasos de tres metros de altura, planeados para el uso de automóviles de la gente blanca y rica. En segundo lugar, los artefactos pueden contener propiedades políticas ya que comenta este autor existen tecnologías que parecen ser inherentes al ámbito político, que requieren de ciertos tipos de relaciones políticas, “formas en las que las condiciones de poder, autoridad, libertad y justicia están profundamente fijadas en las estructuras técnicas,” condicionando las relaciones humanas con un tinte político característico, ya sea, centralizado o descentralizado, igualitario o no igualitario, represivo o liberador. Véase: Langdon Winner, *La ballena y el reactor: Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Trad. de Elizabeth b. Casals, Barcelona, Gedisa, 1987, 208 pp.

Esto mismo es apoyado por Andrew Feenberg quien argumenta que la tecnología puede ser y es configurada de un modo tal que reproduce el dominio de pocos sobre muchos y que su diseño es una decisión ontológica cargada de consecuencias políticas por lo que la exclusión de una vasta mayoría en esta decisión es la causa de los problemas actuales. La teoría crítica de este autor propone democratizar la tecnología, lo que supone sobre todo realizar una alianza técnica de carácter democrático que tenga en cuenta los efectos destructivos de la tecnología sobre el ambiente, reformando con ello la sociedad. Para Feenberg la degradación del trabajo, la educación y el medio ambiente no tienen sus raíces en la tecnología *per se*, sino en los valores antidemocráticos que gobiernan el desarrollo tecnológico. Andrew Feenberg, *Transforming Technology: a critical theory revised*, 2002, pp. 5–6.

refacciones, insumos, piezas, o instalación de cualquier objeto ajeno al diseño original del instrumento, que no hayan sido vendidos por el fabricante o proveedor acreditado. Que estas advertencias se encuentren en los manuales pone de manifiesto que los fabricantes saben que los instrumentos son tuneados por parte de sus usuarios. Y que quienes conciben los objetos realizan simultánea e indisolublemente elecciones técnicas y sociales, es decir que reparten los papeles por desempeñar entre el dispositivo y su medio.<sup>70</sup>

Así pues, saben que de seguir estas reglas los instrumentos no solamente serían intocables, sino que seguramente –según los técnicos– no durarían más allá del año de garantía, pues parece que los instrumentos se han hecho para fallar al finalizar su garantía, para ser sustituidos por otros ejemplares y no para durar largos periodos. Los técnicos comentan observar una vida más corta de los instrumentos. De ahí que el mantenimiento y el tuneo se realice también con la finalidad de extender su duración. Los cuidadores mantienen una lucha contra la obsolescencia de los instrumentos, ajustándolos para conservarlos, en este sentido hay una solidaridad mecánica, un correlato de ajustar las prácticas por “el bien del instrumento”. Los cuidadores ayudan a los instrumentos a largar su vida en vez de declararlos inservibles y a cambio éstos hacen su trabajo.

Este desafío normativo se ajusta a la ética económica que profesan los técnicos. El modo de actuar de éstos va más allá de un deber ser. La ética económica de un cuidador de instrumentos no solo consiste en cumplir con las obligaciones derivadas de su trabajo, cumplir con su horario y justificar su función en el sistema, sino en estar dispuestos a tomar su trabajo como un deber conciencioso y a partir de su experiencia y conocimientos hacer lo mejor para los instrumentos, aunque ello implique saltarse la norma. La ética económica también consiste en manifestar una actitud crítica ante los diseños de los instrumentos así como ante los fabricantes y proveedores. Esto es preguntarse sobre las funciones e intenciones de su diseño, en proponer ciertos ajustes para mejorar su desempeño y para conservarlos por periodos mayores a los establecidos por el fabricante. En pensar cómo hacer para abordar un determinado problema, en especular cómo pueden hacer para cuidar los insumos. La ética económica de los cuidadores lleva a generar sus propias interpretaciones y ello a un modo de hacer su trabajo. Los técnicos se sienten orgullosos de su trabajo, piensan que hacen lo correcto. Por eso, el cuidador B en una reunión con los técnicos de una empresa suministradora se atrevió a comentar el rediseño expuesto anteriormente:

Yo me sentí con la libertad, en una capacitación con ellos, y comentarles que yo había hecho esa adecuación, lo que para mí era una mejora...[Pero] no les gustó la idea porque lo que había detrás era

---

<sup>70</sup> Michel Callon, “Redes tecno-económicas e irreversibilidad”, en *Redes*, junio 2001, p. 92.

una especie de secreto industrial con la cual hacían que consumieras más componentes de los necesarios.<sup>71</sup>

Desde el punto de vista de los técnicos tal adecuación era una mejora y la molestia por parte del fabricante la confirmación de que los fabricantes buscan a toda costa beneficios económicos, el consumo de refacciones. Esta idea está asociada a la sospecha de que la disminución de información en los manuales, en particular en la sección de fallas, está relacionada con crear dependencia y consumo de los servicios que ofrecen fabricantes o proveedores.<sup>72</sup> Lo que tiene que ver con la serie de circunstancias que los ha llevado a generar su ética económica:

Me ha tocado ver a lo largo de la historia que parece que la tendencia en la redacción de los manuales actuales de muchos fabricantes es brindarte sólo la información básica, para la operación básica de los instrumentos, no dudo que detrás de ello allá intereses monetarios, porque, es el modo elegante de decirle al usuario, al comprador, ahí está: funciona. Te estoy diciendo cómo opera, pero cuando se descomponga vas a tener que contratar mis servicios, en diferentes niveles, dependiendo la falla. Obviamente eso hace que las secciones de diagnóstico de fallas de esos manuales nuevos solamente te permita diagnosticar, ni siquiera fallas por descomposturas graves, sino fallas de casi, casi “revise que la clavija este bien”... Pero cuando ya es algo más complejo, es cuando el manual obviamente no es suficiente.<sup>73</sup>

Y es entonces cuando se pone en acción la ética económica de los técnicos, la que justifica los tuneos y desafía las normas. Pero, desde el punto de vista del fabricante dichos rediseños son considerados como una intervención no válida, una profanación, un desvío del instrumento que no es admisible en el sistema imperante, pues al intervenir en ellos se rompe la delicada línea de la

---

<sup>71</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.

<sup>72</sup> Sobre la supresión, el secreto, la censura, la apatía, la desinformación y otras formas de ignorancia véase: Robert N. Proctor y Londa Schiebinger eds, *Agnology: the making and unmaking of ignorance*, California, Stanford University, 2008, 298 pp. El punto de reflexión de este libro es la ignorancia y su producción consciente, inconsciente y estructural; su diversidad de causas – negligencia, falta de memoria, secreto, supresión – y también su distribución. Pues, hay muchas maneras diferentes de no saber. La taxonomía propuesta Robert Proctor es la siguiente: 1. La ignorancia como estado nativo (o recurso). Aquí la ignorancia puede ser un símbolo del conocimiento, en la medida en que nos esforzamos constantemente para conocer. La ignorancia es comparada con la inocencia o el conocimiento en su infancia. La ciencia es sostenible porque la ignorancia prolifera. 2. La ignorancia como reino perdido (o elección selectiva), esta segunda categoría reconoce que la ignorancia tiene un rostro, una casa y un precio, una geografía política, de ahí las preguntas: ¿Quién no sabe y por qué? y ¿Dónde hay ignorancia y por qué? y 3. La ignorancia como diseño deliberado y como táctica estratégica (construcción activa) el foco aquí está en la ignorancia, la duda y la incertidumbre como algo que se hace, que se mantiene y se manipula. Esta última categoría ayuda a entender la disminución de información en los manuales de los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica toda vez que reflexiona sobre por qué ciertas personas u organizaciones no quieren que otras sepan ciertas cosas al punto que trabajan para organizar la duda, la incertidumbre o también para eliminar cierta información contribuyendo a mantener la ignorancia. Las razones para mantener las cosas en secreto son diversas una de ellas es la ventaja comercial. Los secretos comerciales siguen siendo una parte vital de la fabricación, las tecnologías militares son un ejemplo de ello.

<sup>73</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 1ro de febrero de 2012.

estandarización, el instrumento deja de ser igual a todos los demás, entonces lo que garantizaba la reproducción, la igualdad y por tanto la comparación de sus productos se diluye.

### **3.4.2. Creación de artefactos y herramientas, más allá del tuneo**

La siguiente categoría la he llamado creación de artefactos y herramientas y está va mucho más allá del tuneo de instrumentos, ya que este modo de innovación no es simplemente parcial, sino que implica la creación de artefactos, de diseño de herramientas. Se incluyen tres ejemplos, que tienen en común haber sido diseñados y manufacturados por los técnicos. El primer caso que veremos trata de la producción de una llave que sirve para abrir un componente específico; el segundo caso sobre un artefacto que ayuda a encender y apagar los instrumentos que controlan el ambiente en el laboratorio de gravimetría; y en tercer lugar sobre un artefacto que ayuda al instrumento a llevar a cabo una determinada función.

Las válvulas solenoides que vienen en casi todos los instrumentos de gases y que sirven para controlar el tránsito de la muestra a través del equipo, abriendo y cerrando el paso, se deterioran de acuerdo a la zona donde trabajan. Las que se localizan en Xalostoc, una de las zonas más contaminadas, poco duran limpias por lo que dejan de trabajar eficientemente debido al polvo que acumulan en su interior. Es así que las válvulas solenoides debían ser cambiadas con regularidad, sustituidas por ejemplares nuevos–limpios. El inconveniente aquí –comentan los técnicos– era el gasto frecuente por la compra de este insumo, el que podía ahorrarse si se conseguía dar mantenimiento a las válvulas. En espacios como este, enmarcados por presupuestos limitados, el alargamiento de la vida de los componentes, su uso hasta que ya no dé más, o bien su empleo en otros ámbitos para el que no fueron diseñados, es una práctica común. Con este fin moralmente económico, los técnicos intentaron desarmar aquellas válvulas usadas–sucias, con herramientas convencionales. Al respecto relata el Cuidador B:

Obviamente los primeros intentos fueron dolorosos de quererlas abrir. Si estropeamos algunas, ésta es una de las que vivió ese proceso, estas marcas que tiene aquí fueron nuestros intentos infructuosos de abrirlas con otro tipo de herramientas, entonces se dañaban y terminaban de todas formas inservibles hasta que al [Cuidador E] se le ocurrió hacer esto [la herramienta].<sup>74</sup>

Vemos en este sentido que hay periodos de prueba, de experimentación, en los que muchas veces no se tiene éxito, pero se continúa ensayando el *modo material* o la manera en que se puede brindar una solución. El remedio no siempre viene de quien observa el problema, y es que al comentar y

---

<sup>74</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.



compartir los inconvenientes también ocurre que otro técnico sugiera alguna alternativa. De manera informal, los técnicos conversan y se reúnen sobre ello, sin memorándums o cualquier otro documento que indique o describa el problema, objetivo, resultados, y otros datos semejantes. Lo anterior no es necesario, ni deseable porque como hemos comentado la manera de relacionarse en este laboratorio responde al modelo de bazar.

Pero, volviendo al caso, la herramienta que mostró el Cuidador B es la *Juyis tool* como es conocida entre los técnicos: *Juyis* en honor a su inventor y *tool* (en español significa herramienta). Se ensambla en la válvula de manera que puede abrirse y limpiarse sin dañarla y después volverse a utilizar. En este caso, el desarrollo de la *Juyis tool* resultó altamente rentable, aunque se siguen comprando válvulas su adquisición ya no es tan frecuente al poderles dar mantenimiento y utilizarlas en repetidas ocasiones. [Véase. Anexo 35 Tuneo. Creación de artefactos: *Juyis tool*]

El Cuidador E no solamente ha producido este tipo de herramienta sino también ha diseñado y manufacturado algunas bases para colocar los instrumentos en las azoteas, para lo que su experiencia en la herrería ha sido fundamental. Hizo dos versiones de la misma herramienta, la primera funcionaba para abrir sólo las válvulas de un cierto diámetro donde la herramienta podía introducirse, la segunda versión ha sido modificada de manera que puede ser utilizada en todos los modelos de esas válvulas. Con esto vemos que se hacen varias versiones de un mismo objeto, como en el mundo de la informática estos técnicos llaman a los primeros modelos versiones beta.<sup>75</sup> Los instrumentos, entonces no son un producto acabado, sino un punto de partida.

Los técnicos piensan que no se trata de la invención de una herramienta nueva, sino que el fabricante tiene algún tipo de herramienta con la misma función que la *Juyis tool*, pero que debido a su reducido uso no se encuentra –comentan el Cuidador C– en las tlapalerías, además de que a los fabricantes no les convendría venderla, ya que si se les puede dar mantenimiento a las válvulas, también venderían menos de estos insumos. Vemos que los técnicos están pensando que el consumo de válvulas es parte de las estrategias de consumo de los fabricantes.

Pero además, los técnicos no han pensado en patentar sus innovaciones:

---

<sup>75</sup> El término versión Beta, en el área informática se refiere a una versión particular de software o hardware, a la que se le realizan una serie de pruebas con el fin de identificar las configuraciones que causan problemas, para mejorar el producto ensayado; introduciendo cambios y correcciones. Una versión beta no es la versión final de un producto, no está garantizada la ausencia de errores que puedan perturbar el funcionamiento, pero incluye la mayoría de la funcionalidad del producto. En este sentido, el término instrumentos Beta, apela a las versiones que se prueban, son los instrumentos de medición, o algún componente de ellos con los que se experimenta para mejorarlo, los instrumentos no están finalizados, constantemente son tecnologías que se adaptan.

Porque no es con fines de lucro. Es solo para cubrir una necesidad muy local y realmente ¿quién más utiliza estas válvulas que no seamos nosotros?

...Bueno, lo que pasa es que los gringos tal vez ya tengan la herramienta, [en ese caso] no estaríamos descubriendo nada.<sup>76</sup>

Y aunque estos cuidadores quisieran patentar sus innovaciones, difícilmente podrían hacerlo, porque no tienen legitimidad, porque no pueden hablar públicamente de sus tuneos. El tuneo a simple vista, sin ninguna explicación, es percibido como manipulación, como intervención dudosa, en gran parte debido a la arraigada idea de que la tecnología funciona en cualquier parte del mundo. En esta lógica el tuneo puede ser apreciado como una alteración con fines negativos, posiblemente con la intención de decir que hay menos contaminación. Pero, la necesidad de ajustar, adaptar, reparar y rediseñar genera cierta independencia en la medida que esta tecnología puede dejarse en manos de sus usuarios. Marianne de Laet y Annemarie Mol observan que cuando una tecnología como la Bomba de Bush es liberada intacta y la comunidad participa en su mantenimiento puede apreciarse después de tiempo cómo sus usuarios la han reparado y adaptado consiguiendo cierta autonomía, el diseñador-fabricante ya no necesita estar detrás de cada bomba pues su fluidez permite la fabricación local de repuestos.

El segundo ejemplo de la categoría creación de artefactos es el controlador de humedad, que se encuentra en el Laboratorio de Gravimetría. [Véase. Anexo 36 Tuneo. Creación de artefactos: controlador de humedad]. El Cuidador C lo diseñó precisamente para regular la humedad relativa de este espacio durante las 24 horas del día. El laboratorio de gravimetría requiere que la temperatura se encuentre entre 20 y 24 grados centígrados, y la humedad relativa entre 35 y 45 por ciento. Ya que como explica este técnico:

Si hay mucha humedad algunos materiales que contiene el filtro pueden ser higroscópicos, eso quiere decir que pueden chupar agua, entonces si está muy húmedo el ambiente, el filtro chupa el agua y estaríamos pesando agua, en vez de mugre, en vez de partículas. Nos interesa pesar lo más seco que se pueda el filtro, pero también si está muy seco empieza a haber problemas en la estática...

La temperatura es relativamente fácil controlarla, pero la humedad es un poco más complicada porque suele tener mayores variaciones a lo largo del día. Por ejemplo, en las mañanas puede estar con una humedad X y a hacia el mediodía se puede nublar o llover y entonces, la humedad se va muy arriba,

---

<sup>76</sup> Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

entonces hay que quitarla, lo mismo pasa cuando está muy seco el ambiente, hay que agregarle agua al ambiente.<sup>77</sup>

Como puede verse, la creación de este artefacto una vez más nace de una específica necesidad: mantener en control la humedad relativa para poder llevar a cabo el pesaje de los filtros que contienen las partículas que han sido captadas por los instrumentos.

Cuando llegué aquí no existía un controlador de humedad que controlara tanto el humidificador como el deshumificador... yo diseñé la cajita negra que ves ahí... es un sensor que convierte de forma directa la humedad relativa en un voltaje...

o sea, por medio de unos comparadores se programó que a determinado voltaje que se relaciona con la humedad relativa se encienda ya sea el humidificador o el deshumificador. Vamos a ponerlo en ejemplo, cuando está la humedad relativa muy baja, el voltaje es bajo, entonces cuando es muy bajo ese voltaje, los comparadores electrónicos que tiene adentro se dan cuenta de que es muy bajo ese voltaje y encienden el humidificador... ese azulito ese se enciende y empieza a echar vapor, entonces lo que va a hacer es que va a subir la humedad y por tanto se va a incrementar el voltaje, el comparador está como su nombre lo dice está comparando entre el voltaje del sensor y el voltaje al que yo tengo programado que encienda un equipo u otro, entonces cuando se alcanza ese voltaje, cuando es muy baja la humedad, cuando se alcanza ese voltaje, se apaga, si baja se enciende.<sup>78</sup>

Sobre esta innovación se piensa que es algo muy sencillo, que cualquiera con un poco de conocimiento podría haberla inventado, que es solo para hacer eficiente su trabajo y mantener las condiciones del Laboratorio de Gravimetría.

El siguiente caso, si bien trata sobre un dispositivo construido por los técnicos, es diferente a los dos casos anteriores porque este dispositivo se encuentra conectado al instrumento, interviene directamente en el funcionamiento del mismo, pero no lo he ubicado en la clasificación de rediseño de instrumentos, porque he dicho que llevar a cabo el rediseño del instrumento implica que los técnicos se sientan seguros de que su intervención corrige y mejora el diseño original del instrumento, lo que involucra un conocimiento preciso y profundo del funcionamiento del instrumento y en el caso que a continuación voy a presentar el dispositivo se ha construido con la intención de solucionar un problema, de ayudar al instrumento pero sin tener la confianza de que la solución sea permanente. Se trata de un dispositivo, que arregla la situación, tal y como haría un parche, en el sentido que se añade un objeto (dispositivo) al instrumento con el fin de ofrecer una solución provisional. Si bien el instrumento no se puede rediseñar, se hace lo que se puede por él,

---

<sup>77</sup> Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 31 de enero de 2012.

<sup>78</sup> Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 31 de enero de 2012.

pues los cuidadores no pueden simplemente rendirse y argumentar que ya no funciona, y mucho menos si se ha hecho una fuerte inversión –Marga tuvo un costo de más de 3 millones de pesos–.<sup>79</sup> Dejarla sin antes intentar una o varias soluciones es contrario a su ética económica. Vemos que el principio que parece gobernar la acción del laboratorio es la preocupación de estos técnicos porque las cosas “funcionen”, lo cual apunta a un principio de éxito como comenta Karin Knorr Cetina “No hace falta decir que hacer que las cosas “funcionen” –producir resultados– no es idéntico a intentar su falsificación”.<sup>80</sup>

El Monitor for Aerosol & Gases in Ambient Air (Marga)<sup>81</sup> se le adaptó una trampa de humedad, como comenta el cuidador B: “Allá la cuestión fue diseñar algo para retirar la humedad, la humedad en exceso,”<sup>82</sup> para evitar que se les ahogara el controlador de flujo másico, que no está diseñado para trabajar con muestras húmedas. Aunque el instrumento cuenta con un componente que debería atrapar la humedad, éste no cumplía con su objetivo cabalmente y la muestra pasaba con humedad provocando problemas en la medición, comentan los técnicos. Es por ello que se le adaptó una trampa de humedad.<sup>83</sup> [Véase. Anexo 37 Tuneo. Caso Marga y Anexo 38 Tuneo. Caso Marga (fotografía en la página electrónica del Simat)]

“La muñequita vudú”, como llamaron al primer dispositivo, era una combinación de válvulas que alguna vez formaron parte de otros instrumentos. Veamos cómo funcionaba la muñequita vudú:

La finalidad era hacer un switcheo de este par de válvulas [que formaban la trampa] a modo de estar retirando el exceso de humedad. Digamos que en lápiz y papel y de modo teórico parecía que iba a funcionar pero ya después cuando la empezaron a trabajar, empezó a presentar sus inconvenientes, porque aunque hacía el switcheo como se había planeado, no caía el agua, porque la tensión superficial

---

<sup>79</sup> El costo de este instrumento fue de 3 millones 130 mil 916 pesos mexicanos y el proveedor fue Mas instrumentos, S.A. de C.V. de acuerdo a la factura número 22342 de la Secretaria del Medio Ambiente con fecha de elaboración del 23 de diciembre de 2010.

<sup>80</sup> Karin Knorr Cetina, *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*, 2005, p. 59.

<sup>81</sup> Su función básica es el muestreo cuantitativo de las partículas utilizando el principio de cromatografía líquida de iones analiza de manera continua la composición iónica de la fase gaseosa –de amoniaco, ácido nitroso, ácido nítrico, ácido clorhídrico y dióxido de azufre– y de la fase partícula –sulfato, nitrato, amonio, cloruro, potasio, sodio, calcio y magnesio–. Véase: <<http://www.metrohm-applikon.com/Products/MARGA.html>> [Consulta 18 de enero de 2013].

<sup>82</sup> Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

<sup>83</sup> En el Anexo 40 se muestra la fotografía que el propio Simat ha subido en su página electrónica, en la cual se puede observar la trampa de humedad de la que hablamos aquí. La fotografía que muestro en el Anexo 40 se encuentra en la pestaña de investigación, concretamente en el “Proyecto AERAS”. Véase: <<http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27aaBhnmI=%27>> [consultado: 23 de febrero 2015]

que se formaba dentro no permitía que el agua saliera [no bastaba el peso del agua para que [ésta] cayera por gravedad].<sup>84</sup>

La “muñequita vudú”, tuvo que ser “escalada” –término utilizado por los técnicos– como explica el Cuidador B, ya que “un técnico tenía que apretar la manguera con la mano para vencer la tensión superficial, y pues entonces ya no tenía ningún caso el componente porque vuelve a requerir de una supervisión humana”. Entonces, lo que comenta este cuidador que hizo fue aumentar la capacidad de almacenamiento de agua con un tanque. Éste fue el nuevo dispositivo que se conectó con el controlador de flujo másico, con el cual podían pasar varios días, hasta una semana “dependiendo el grado de humedad de la muestra... antes de necesitar drenar el tanque y ya con eso es suficiente, porque el reto era pasar un fin de semana sin que el equipo requiriera de la supervisión o la manipulación humana para retirar esto [el tanque], con eso [la muñequita vudú] en su versión inicial [no escalada] el técnico necesitaba revisarlo un par de veces al día.”

Vemos que para un problema se ensayan varias soluciones, que se van sustituyendo y como en el caso de la *Juyis Tool* surgen versiones Beta. Bajo esta lógica, el Cuidador G comentó que este dispositivo no era el último, sino que se estaba pensando en alguna alternativa con la cual se pudiera drenar el agua de manera automática. Sin embargo, un año después al parecer esta tecnología no estaba más en operación.

Sobre esta tecnología de origen holandés hay varias cuestiones que observar: primero, que este instrumento es llamado entre los técnicos Marga López, como la actriz de origen argentino nacionalizada mexicana, protagonista de múltiples películas durante la Época de Oro del Cine Mexicano, con lo que observamos que los instrumentos se vuelven parte de su comunidad a nivel simbólico. Segundo, se puede subrayar la similitud que tiene este caso con lo ocurrido en la década de los años setenta (*Véase*: Capítulo 2. Apartado 2.5.1. La red automática), pues ambas tecnologías son de origen holandés, prometían poca supervisión técnica además de venderse como lo último y único en su tipo. En este sentido, solamente cabe mencionar que los cambios tecnológicos hacia la novedad no siempre resultan en mejores mediciones y resultados. En tercer lugar, lo retórico que se hace el empleo exitoso que supuestamente esta tecnología tuvo en otros países y la autoridad otorgada a la agencia estadounidense EPA en la verificación del desempeño de esta tecnología.

La empresa Applikon Analytical BV, Inc., con sede en Schiedam, Holanda, lanzó al mercado una solución para el análisis continuo de compuestos inorgánicos en la fase gaseosa y iones. El equipo se

---

<sup>84</sup> Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

denomina como Monitor for Aerosols & Gases in Ambiental Air (MARGA) y se ha empleado con éxito en Estados Unidos, Alemania, Holanda y China. La sensibilidad del cromatógrafo es suficiente para alcanzar límites de detección menores a  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a un flujo de muestra de  $1 \text{ m}^3/\text{hr}$ . El sistema de detección se calibra continuamente mediante un estándar interno... El instrumento emplea una entrada convencional para  $\text{PM}_{10}$  o  $\text{PM}_{2.5}$  y opera de manera autónoma, solo requiere una visita por semana para suministrar las soluciones de extracción. Este equipo es único en su tipo y actualmente no existen alternativas viables para el muestreo rutinario con aplicaciones en campo. En septiembre de 2009 el equipo fue sometido a un conjunto de pruebas de verificación y desempeño ante la U.S. EPA.<sup>85</sup>

No obstante, lo cierto es que desde su llegada al laboratorio en 2011 se presentaron diversos inconvenientes. En esta investigación solamente presenté el caso de la muñequita vudú debido a que es el ejemplo sobre el cual los técnicos abundaron, aunque cabe mencionar que durante el estudio etnográfico al Cuidador I se le veía preocupado porque había encontrado una válvula del equipo rota y también por los “dolores de cabeza” que esta tecnología le causaba, mientras que el Cuidador G se quejaba de que a pocos meses de la adquisición del instrumento, el fabricante ya hubiera lanzado al mercado una nueva versión del software que por supuesto no podían comprar. Una vez más vemos la solidaridad que guardan estos técnicos con los instrumentos.

A este mismo instrumento también se le ha ayudado con otras cuestiones, el Cuidador G explica que las mangueras de las bombas peristálticas “son como porosas y se atorán un poco” por lo que requieren de cierta lubricación para su óptimo funcionamiento, de ahí que tuvieran que intervenir y emplear grasa de silicón, la que saben les ayuda a que resbalen bien y con ello a evitar la fricción y el desgaste de la misma como consecuencia:

Usamos [la grasa de silicón] en las bombas peristálticas para lubricar la manguera, el rodillo va presionando la manguera y avienta los paquetes de agua, pero, si te fijas, el rodillo no entra en contacto con el líquido, esta apachurra la manguera... para que dure más le echamos la grasa de silicón, si ves aquí está embarrada de grasa de silicón.<sup>86</sup> [Véase. Anexo 39 Tuneo. Grasa de silicón]

Sin embargo, comenta el Cuidador G, que la grasa de silicón no puede untarse indiscriminadamente en todas las mangueras del instrumento ya que algunas son muy delgadas. Como vemos hay un conocimiento previo de a qué y cómo se le puede aplicar esta técnica. Pero además subraya que

---

<sup>85</sup> Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Justificación para la solicitud de adquisición por el procedimiento de adjudicación directa de un analizador continuo de composición de aerosoles*, 22 de octubre de 2010, p. 434.

Este documento junto con la factura que da cuenta de la compra del instrumento MARGA fueron proporcionados como respuesta a la solicitud de información con folio 0112000092413 y fecha del 21 de agosto de 2013, mediante el sistema de acceso a la información pública Infomex <<http://www.infomexdf.org.mx>>. Después de mi última visita al laboratorio y ante la negativa de proporcionarme información esta fue la vía que utilicé para adquirir cierta información.

<sup>86</sup> Cuidador G. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

soluciones como está no vienen en los manuales, más bien “las vemos en alguna otra parte y decimos eso nos puede servir a nosotros y las aplicamos”.<sup>87</sup> De modo que las soluciones en otros instrumentos o en otras áreas son recogidas y adaptadas, pues como comenta Davis Baird, afortunadamente, existen numerosas soluciones materiales y estas soluciones son un recurso en expansión; ya que las soluciones a los problemas resueltos sobre la marcha se pueden conservar para futuros casos que requieren tales técnicas. Así se acumulan técnicas instrumentales lo que es fundamental para el desarrollo y articulación de conocimiento práctico.<sup>88</sup>

### 3.4.3. Sustituciones

Al tercer tipo de tuneo –la versión más débil– le he llamado sustituciones se trata del remplazo de un componente original del instrumento por otro que a juicio de los técnicos cumple con la misma función pero que es más barato, o más fácil, o más rápido de adquirir, sin que ello represente un cambio radical para el funcionamiento del instrumento. En los dos ejemplos que a continuación voy a presentar se trata únicamente de una sustitución que no cambia la tecnología, ni los principios técnicos. Esta aclaración es importante en tanto que un rasgo fundamental de la tecnología ha sido como menciona David Edgerton precisamente los métodos alternos, la existencia de un sustituto para casi todas las tecnologías: “hay numerosos ingenios militares, así como medios muy diversos de generar electricidad, hacer andar un vehículo automotor, almacenar y manipular información, cortar metales o techar un edificio.”<sup>89</sup> En este sentido tampoco se trata de una *equivalencia funcional* o lo que Nuria Valverde llama “otro para hacer lo mismo” para referirse a que con diferentes materiales se puede hacer que objetos funcionen de manera similar a pesar de su reconstrucción material radicalmente diferente.<sup>90</sup>

En la práctica no todas las partes de los instrumentos son originales, algunas de ellas son remplazadas por otras muy similares, como es el caso de los recipientes o cubetas que vienen con el instrumento colector y que se utilizan para captar el agua de lluvia –deposito húmedo– y para los polvos –deposito seco–.<sup>91</sup> Los dos recipientes del instrumento no son suficientes ya que cuando los

---

<sup>87</sup> Cuidador G. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

<sup>88</sup> Davis Baird, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, 2004, pp. 63–64.

<sup>89</sup> David Edgerton, *op. cit.*, p. 14.

<sup>90</sup> Nuria Valverde, *op. cit.*, p. 492.

<sup>91</sup> El principio de operación de estos equipos es el siguiente, cuando no llueve, la cubeta encargada de captar el agua de lluvia se encuentra cubierta y sellada por el techo de dos aguas que tiene este instrumento, y la cubeta encargada de captar los polvos se mantiene descubierta. Al empezar a llover, el sensor del equipo, activa el mecanismo para descubrir la cubeta colectora de agua de lluvia, y cubrir la que colecta el polvo, cuando deja de llover, ese mismo mecanismo cubre la cubeta colectora de agua de lluvia y destapa la de polvo. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación, *Lluvia ácida*, 2a. ed. México, 2000, 24 pp.

técnicos acuden a las estaciones para recoger las muestras, tienen que dejar en su lugar otros dos recipientes para el siguiente muestreo. Un amplio número de recipientes son requeridos y aunque pueden comprarse al proveedor se prefirió adaptar otros por el alto costo de los primeros como atestigua el Cuidador G: “Teníamos recipientes que nos cuestan muy caros. Este es un recipiente que nos cuesta 600 u 800 pesos, pero encontramos unos que son de la misma medida de diámetro y nos cuestan 15 pesos, nada más le quitamos esta orilla, que nos estorbaba, y se la rebajamos y entonces embonan perfectamente.”<sup>92</sup> [Anexo 40 Tuneo. Sustituciones, equivalencias funcionales: cubetas],

A su juicio éstos sustituyen a los originales sin consecuencias, a pesar de que éstos son un poco más largos que los originales. Sin embargo, los técnicos comentan que cumplen con la misma función y que no afecta la toma de la muestra, ni la medición. Los cuidadores sienten que hacen lo correcto y que no hay problema alguno en el cambio entre unos recipientes y otros, más bien consideran que el alto precio de los recipientes originales es parte de la ventaja económica de los proveedores: “El proveedor aprovecha, es su negocio, que nos vende el equipo y quiere vendernos los insumos al precio que ellos quieren y pues en algunos casos no nos queda de otra, pero en este caso, por ejemplo, lo resolvimos así”<sup>93</sup>. Los técnicos se enorgullecen de brindar alternativas y soluciones económicas, de cuidar el presupuesto haciendo que rinda, sustituyendo lo que es posible cambiar y dejando el resto para los insumos que piensan no tienen remplazo. La labor de los cuidadores también consiste en administrar los insumos que necesitan los instrumentos para operar. El cuidado de los recursos materiales es esencial para todos ellos. Al respecto comenta el Cuidador B:

Si un técnico no es cuidadoso con su cilindro de gas [y] se acaba el cilindro en un mes, son cilindros costos, no lo pago yo, no lo paga el técnico, no lo paga quién tu gustes y mandes, pero para nosotros quedarnos sin un cilindro es trabajo que no podemos realizar, eso es lo que a mí me importa, no tanto cuánto cuesta el cilindro, sino que en función de su costo es la medida de su disponibilidad de ese recurso y de muchos otros.<sup>94</sup>

Los técnicos cuidan de los insumos en tanto que el funcionamiento de los instrumentos es el valor supremo de su quehacer. No hacerlo es contrario a su función.

El segundo ejemplo de una sustitución lo constituyen las tiras de neopreno que se han colocado alrededor del portafiltro de los instrumentos manuales que muestrean las PM<sub>10</sub>. Estas tiras de

---

<sup>92</sup> Cuidador G. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

<sup>93</sup> Cuidador G. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.

<sup>94</sup> Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 1ro de febrero de 2012.



neopreno se colocan cuando el componente original ya se ha desgastado y deja de sellar el instrumento correctamente, entonces como medida para no comprar todo el componente, que es muy caro, se colocan las tiras de neopreno que evitan que el aire entre o salga. [Véase. Anexo 41 Tuneo. Sustituciones, equivalencias funcionales: neopreno].

La ética económica de los técnicos como vemos atraviesa todas las acciones del laboratorio de monitoreo. Estos no tienen lealtades empresariales, ni compromisos económicos, como vemos los componentes, las tecnologías antes que ser desechadas primero se intentan reparar o sustituir, e incluso se reciclan. La escasez hace de estos técnicos sean creativos, que ahorren insumos y sobre todo que la tecnología no se descarte al primer fallo, lo que hace que desarrollen astucia y habilidades muy específicas y también que aprovechen las piezas al máximo.

En otras ocasiones no se sustituye nada, pero se incorporan otros materiales como en el siguiente caso: para evitar que entre una gran cantidad de polvo en el instrumento que muestrea las partículas menores a 2.5 micrómetros, el cual se encuentra en las azoteas sin resguardo, se coloca una especie de maya o red de plástico en el área de ventilación por donde se filtra el polvo al interior del instrumento, en palabras del Cuidador H “para mantenerlo un poco más limpio”.<sup>95</sup> [Véase. Anexo 42 Tuneo. Sustituciones, equivalencias funcionales: maya]. La maya no se considera que interfiera en la medición del instrumento, o que afecte directamente su operación.

Como hemos podido ver el laboratorio está lleno de conocimientos, de prácticas que se han ido incorporando a lo largo de los años, que aparecen y desaparecen y que no están descritas en ningún manual sino que son parte del conocimiento que se hace, que se practica.

---

<sup>95</sup> Notas de campo.

### 3.5. Conclusiones

Las economías que se han dejado valer son las transnacionales que imponen la compra y consumo de específicos instrumentos y componentes. Lo que establece como comenta Ulrich Beck monopolios de conocimiento: modelos de circulación global, de alta tecnología, con sus formas incorporadas de política y sus exigencias de interpretación y control disciplinario.<sup>96</sup> En este modelo dominante, no se reconoce el tuneo y la creación de herramientas, pues en la historia de la tecnología de acuerdo con David Edgerton no ha habido cabida para estas modificaciones, ya que se ha dado por hecho que en el mundo más desfavorecido en lo económico no posee más tecnología que la tradicional circunscrita a áreas locales, por lo que carece de los adelantos propios de las naciones ricas.<sup>97</sup> De manera que los tuneos a menudo son despreciados y percibidos como improvisaciones carentes de validez porque bajo la lógica imperante éstos rompen con la normativa, con la manera en la que está organizado el mundo en tanto que generan fracturas en las relaciones sociales, políticas y económicas. Es por esta razón que los técnicos al reflexionar sobre mi presencia en el laboratorio temieron la divulgación de las modificaciones que llevan a cabo. Por un lado, porque la exposición de los tuneos sin explicación, argumento y justificación fuera del gremio resulta alarmante en tanto que puede verse como que los instrumentos están siendo manipulados, lo que es malo en el espacio internacional de comparaciones dado que cualquier modificación altera la garantía de la igualdad. Esto da cuenta de la poca legitimidad y autoridad de los técnicos. Pues, no existe un espacio normativo en el que estos ajustes estén normados, por el contrario se piensa que no son válidos y que los resultados no son fiables. De ahí que para afirmar la competencia del monitoreo atmosférico, para generar confianza, convencer de su veracidad y utilidad así como para ganar autoridad acuden a entidades como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y a la contratación de empresas estadounidenses para llevar a cabo las evaluaciones del funcionamiento de sus equipos de monitoreo.<sup>98</sup> Muestran además, en su página electrónica una lista de artículos publicados en revistas

---

<sup>96</sup> Ulrich, Beck, *La sociedad del riesgo global*, 2006, p. 39.

<sup>97</sup> David Edgerton, *op. cit.*, p. 15.

<sup>98</sup> “En 2005, con recursos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la EPA aplicó la última auditoría a la RAMA. Se verificó el desempeño de los analizadores de ozono, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y dióxido de azufre en 16 estaciones de monitoreo. Los resultados de esta auditoría comprobaron la eficacia de la RAMA para la medición de ozono y monóxido de carbono, e identificaron puntos de mejora en el monitoreo de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. En ese año, la EPA concluyó el programa de apoyo a la Red... en 2009 realizó la contratación de la empresa EPA Systems, Llc.,... La auditoría se ejecutó del 14 al 18 de diciembre de 2009 aplicando los mismos criterios que emplea actualmente la EPA... Los resultados de la auditoría externa indicaron que el GDF cuenta con un sistema efectivo para la operación y la calibración de las estaciones de monitoreo. Los resultados se encuentran debidamente documentados y los procesos se aplican de manera consistente. De acuerdo con el auditor, las estaciones cumplen con las condiciones necesarias para la operación, y se confirmó que existe competencia en el trabajo desempeñado por los técnicos en campo. En cuanto al desempeño de los instrumentos se encontró que las estaciones operan bien y generan datos de calidad comprobable”. SMA 2006–2012, *op. cit.*, p. 14 y 15.

arbitradas que han tomado en cuenta las mediciones de la red.<sup>99</sup> Así como también señalan que mantienen un cuerpo de investigadores que les respalda.<sup>100</sup> Construir autoridad también es acreditar su trabajo y experiencia, lo que igualmente ayuda a obtener recursos y a establecer confianza.

Por otro lado, la discreción de los tuneos está relacionada con no compartir este tipo de conocimiento, no se quiere, que detalles técnicos en la medición de los contaminantes puedan ser revelados y copiados por otras instancias mexicanas que se dediquen al monitoreo atmosférico y a quienes (los técnicos acusan de no haber realizado) ningún esfuerzo para desarrollar y poner en marcha un sistema de monitoreo de calidad del aire.

Las preguntas de fondo que se plantean tras el análisis de las prácticas de tuneo son ¿se puede seguir midiendo aunque las tecnologías no se encuentren bajo las condiciones de estandarización? ¿Dichas intervenciones afectan la medición? Marianne de Laet y Annemarie Mol han discutido los límites vagos y en movimiento de lo que han llamado tecnologías fluidas, y explorado sus ventajas frente a tecnologías fijas.<sup>101</sup> Sus observaciones muestran que los límites y constitución de la tecnología pueden variar ampliamente y que ello no implica el fracaso de la tecnología. Estas autoras se han comprometido con una filosofía de la tecnología que va en contra de aquella que argumenta el carácter inequívoco que supuestamente distingue a la tecnología. Su concepto de tecnología fluida para hacer referencia a tecnologías que son flexibles, adaptables y sensibles, ayuda a reflexionar sobre los grados y matices de los ajustes, equivalencias, sustituciones e innovaciones realizadas a los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica.

En México desde que se inició la gestión de la calidad del aire, las mediciones se han generado en el contexto local, con instrumentos y métodos internacionalmente aprobados pero siempre acondicionados localmente para llevar a cabo la medición. Medir es complejo, no basta con el instrumento, se requiere de una comunidad que sepa para qué sirve y qué quiere de él.

Medir no es sencillo y los instrumentos utilizados no se descartan si no funcionan, echarlos a andar implica conocerlos así como saber del lugar y de las características que habrán de tener las medidas

---

<sup>99</sup> En la actual página electrónica del Simat <<http://www.aire.df.gob.mx>> en la pestaña de investigación y luego en la opción de publicaciones se lee lo siguiente: “Los datos generados por el monitoreo atmosférico y de la calidad del aire se utilizan también en la investigación científica, en este apartado encontrarás un listado de los artículos que se han publicado en las principales revistas científicas en los últimos años [2004–2014], además de las tesis realizadas en algunas de las instituciones más importantes del país.” [Consultado: 16 de abril, 2014].

<sup>100</sup> “El consejo asesor se creó en febrero de 2002 como un órgano consultivo de apoyo y orientación en la toma de decisiones técnicas para la operación y desarrollo del SIMAT.” SMA, “Consejo Asesor” [en línea], p. 1.

<sup>101</sup> Véase: Marianne de Laet y Annemarie Mol, “The Zimbabwe Bush pump: mechanics of a fluid technology”, en *Social Studies of Science*, núm. 2, vol. 30, abril 2000, pp. 225–263.

para que tengan sentido. Los instrumentos funcionan, de hecho a veces solamente funcionan gracias a los tuneos, las cosas funcionan aunque no siempre de una determinada manera, como hemos visto existen alternativas. Los técnicos aportan una noción de medición específica, local y tecnológicamente situada que la de aquellos que pretenden mantener a toda costa la funcionalidad del sistema basándose en que nada se cambie. Los cuidadores de instrumentos actúan en los límites mismos de su entorno material procurando conservar la tecnología, su delicadeza se encuentra en no convertir a los instrumentos en otra cosa particularmente diferente, lo que da cuenta de que sus prácticas incorporan cómo saber hacerlo y con ello el despliegue de una serie de estrategias y de modos de alteración de los instrumentos dentro de los límites que constituyen la integridad del instrumento. Sin embargo, en ocasiones no está tan claro dónde queda ese límite o frontera como en el caso del instrumento Marga López. Pero, ¿Cuánto una tecnología se puede transformar sin convertirse en otra cosa? Ahí se encuentra la delicadeza de los cuidadores de instrumentos al llevar a cabo los tuneos.

El que los instrumentos no estén pensados para ser modificados, versátiles para sus ajustes locales, ni reparables, pone de manifiesto los valores de una sociedad de consumo en la que se prefiere el cambio antes que la reparación. Las tecnologías podían pensarse con otras reglas, ser más accesibles ¿Qué pasaría si éstas se pensarán en versiones beta? es decir, si fueran abiertas a otras posibilidades, si se alentara la creatividad, en vez de ser utilizadas para incrementar el poder y la autoridad de unos cuantos. Pues, como plantea Eric Von Hippel la innovación por parte de sus usuarios vale la pena porque ofrece un complemento muy necesario y un sistema democratizado, que aumenta el bienestar social, al devolver lo que ha sido privatizado. En esta misma línea Andrew Feenberg aboga por democratizar la tecnología, por abrirla a una gama más amplia de intereses y preocupaciones.

La precisión para estos técnicos es fuerte, esto puede verse en los formatos—registros que se tienen sobre cada instrumento con el fin de revisar y dar seguimiento a sus parámetros de operación, así como en las etiquetas que cuelgan de ellos en las que se apuntan sus ires y venires al laboratorio. El control al que se someten estos instrumentos habla de la importancia que tiene para la práctica del monitoreo la precisión y de la necesidad de control para generar medidas fiables. El grado de precisión y exactitud también refleja las capacidades del equipo. Sin embargo, el grado de precisión requerido es una cuestión también económica y política pues más precisión también requiere más dinero y disposición de recursos materiales y humanos.

Los motivos fundamentales del modo de actuar de los cuidadores de instrumentos está relacionado con ayudar a los instrumentos, con hacer que funcionen ante las condiciones más adversas. De ahí que exista un diálogo entre técnicos e instrumentos. La tecnología es comprendida lo que les permite llevar a cabo sus tareas.

Estos cuidadores guardan una identidad colectiva que está atada a su historia como grupo a su quehacer en el laboratorio. Esto está relacionado con la cultura epistémica que comparte este grupo en el que incorporan tradiciones y prácticas vinculadas a conocimientos previos, de ahí las bromas, las anécdotas, los apodos, los chismes que caracterizan y distinguen a este grupo. Las expectativas y valores sirven para mantener vivas las experiencias locales. Ellos constituyen historias morales locales que inscriben el hacer propio el trabajo y están disponibles para su consulta por los miembros del grupo en las historias que se cuentan.

## Capítulo 4

# El sistema de validación y la estabilización de las mediciones

Los instrumentos de medición de la contaminación atmosférica están hechos para producir datos, cifras mediante los que se simplifica el mundo. Lo cuantitativo se ha valorado uniforme y confiable porque permite moverse fuera de su contexto original y local. Y aunque éstos no son el contaminante en sí, sino que representan una característica de éste que ha sido cuantificada, ayudan a tener idea respecto a la pureza del aire. La calidad del aire es imposible sin los datos, las cifras proporcionados por los instrumentos de medición. Éstos son la conexión entre el laboratorio y el centro de datos, a final de cuentas todo el trabajo de los técnicos del laboratorio es para producir datos, números que son ordenados, validados y analizados con la ayuda de un software y un grupo de técnicos para después hacerlos públicos. Esto transforma el dato en un hecho<sup>1</sup> y produce nuevos objetos ontológicos.<sup>2</sup> El problema con los datos es que con frecuencia se piensa o se quiere hacer creer que los datos generados por métodos mecánicos son imparciales, que son el contaminante, lo que hay ahí afuera y que no hay mediación, por lo que tampoco lugar para el sesgo y los intereses, esto es un ideal porque implica la restricción personal y la eliminación del observador. En este capítulo la tesis que estamos considerando es que la calidad del aire es una construcción contextual específica y contingente que no es ajena a los intereses de la estructura que le sostiene por lo que el objetivo de este capítulo es observar desde dónde, cómo y para qué se genera la calidad del aire.

---

<sup>1</sup> Para Bruno Latour y Steve Woolgar los hechos se construyen socialmente y ese proceso de construcción conlleva la utilización de ciertos aparatos en virtud de los cuales es sumamente difícil detectar cualquier huella de la producción. Estos autores no mantienen que los hechos no sean reales, ni tampoco que sean simplemente artificiales, lo que argumentan es que la construcción de hechos es un proceso colectivo.

Esta última idea resulta novedosa y hasta escandalosa frente a la idea adoptada sobre todo por la comunidad científica de que los hechos existen y que lo que requieren es ser revelados, pues desde esta perspectiva “*el hecho* se refiere a alguna entidad objetivamente independiente que, en virtud de su *carácter externo* no se puede modificar a voluntad y no es susceptible de cambio bajo cualesquiera circunstancias”. Bruno Latour y Steve Woolgar, *op. cit.*, p. 196-198.

<sup>2</sup> La historia ontológica de Ian Hacking se ocupa de objetos, clasificaciones, ideas, tipos de personas e instituciones que surgen en la historia a partir de ciertas posibilidades. Éstos no existen en ninguna forma reconocible antes de ser objeto de estudio científico. Comienzan a existir al mismo tiempo que se crea la clase que los incluye. No surgen del vacío sino que se gestan y se desarrollan en marcos sociales, en el plano de la materialidad. Además son contingentes y se encuentran en constante modificación a partir de sus interacciones. Ian Hacking, *Historical Ontology*, 2002, p. 8-11.

La información para la elaboración de este capítulo está basada en los informes anuales de calidad del aire y en algunos documentos proporcionados por la propia Subdirección de Análisis, así como en conversaciones y entrevistas realizadas sobre todo durante los años 2011 y 2012, y también en otras esporádicas durante 2008, 2009 y 2010. Aunque en un principio el plan era al igual que en el Laboratorio de Monitoreo Atmosférico llevar a cabo también una pequeña estancia en el CICA, así como realizar diversas entrevistas a los técnicos de esta área, esto no fue posible porque, como he comentado, la relación se desgastó, y al ya no ser aceptada como antes no me fue posible conocer a detalle las prácticas y la manera en la que este grupo de técnicos hacen su trabajo e interpretan los datos. Por eso la descripción que llevaré a cabo es general y la reflexión que mantendré en este capítulo gira en torno a la producción de los datos. Vale la pena señalar que algunos de los procesos son simultáneos, que todo esto no ocurre en una línea directa.

## **4.1. Complejidad en la medición**

La medición de la calidad del aire es sumamente compleja por varias razones tanto porque a menudo es imposible especificar lo que constituye exactamente la atmósfera de un momento o lugar, como porque la meteorología es una ciencia que no comprende cabalmente a su objeto de estudio. Además de que se desconoce el sinfín de reacciones y mezclas entre las sustancias contaminantes e incluso el espectro de sustancias que respiramos cada día. Tenemos nociones pero nada a ciencia cierta. La calidad del aire no es una ciencia exacta, se trata más bien de una aproximación, pues sus objetos de estudio son heterogéneos y no se conocen del todo, aunque se han trazado algunas generalidades entorno a ellos.

Todo lo que sucede en la atmósfera no puede ser medido por las redes de monitoreo y atrapado en los datos. El estudio de la calidad del aire es complejo, irregular, difuso, inespecífico, resbaladizo, efímero, en concreto difícil. Pues, la contaminación no está allí para ser medida, pero se recoge información sobre algunos contaminantes para ser procesados, las mediciones son reducciones de la complejidad que tratan de ordenar y jerarquizar una realidad caótica para tener algo comprensible que nos diga algo acerca de la contaminación atmosférica. En este sentido los técnicos del CICA tienen el reto de domar los datos, pretender que la seguridad prevalece, que es posible ordenar y conocer la calidad del aire, dominarla e incluso manipularla.

La medición de la calidad del aire no es un estudio perfecto, exacto, sin embargo, esperando que los datos desaparezcan lo turbio de la medición, se muestra como puro y libre de interpretación; fuera de toda duda, como una realidad provisionalmente estable. Se muestra como un mundo ordenado y preciso para parecer ser profesionales a los ojos del público. La calidad del aire trata de convencer a los demás que lo que aparece indefinido es en realidad comprensible, por eso se hacen afirmaciones generales acerca del estado de la calidad del aire, para evitar la ambigüedad y presentar el conocimiento como fiable. La pregunta es con estas realidades provisionalmente estables de qué nos estamos perdiendo.

Aunque todos sabemos que el mundo es impredecible, la visión tradicional de la ciencia nos ha enseñado que la ciencia es capaz de descubrir las fuerzas de la naturaleza a manera de controlar y dominar. Las expectativas de generalidad están envueltas en el universalismo, en el deseo de certidumbre de que se puede llegar a conclusiones más o menos estables sobre las cosas, a pesar de la complejidad que casi siempre las acompaña. Para entender el mundo, o una parte de él a menudo los datos, las investigaciones se presentan como un conjunto de procesos bastante específicos determinados y más o menos identificables borrando su complejidad y casi siempre reduciendo los fenómenos.

Captar lo que ocurre allá afuera es difícil, lo que sucede en un día es casi imposible que se repita al día siguiente por la cantidad de fenómenos y cosas que suceden, lo que reduce la posibilidad del conocimiento replicable, sin embargo los técnicos historiorizan los datos a través de la similitud con otros eventos del pasado, como resultado ellos tratan a estas experiencias como la creación de conocimiento que trasciende. Los técnicos deben reconocer sus límites y tratar de extender esos límites por medio de la interpretación de datos, la aplicación de la teoría y la experiencia y a continuación convencer a su público de que lo presentan es serio y por tanto se debe actuar en consecuencia, esto es, hacer caso de las recomendaciones en cada situación, lo que resulta difícil incluso para el propio gobierno del Distrito Federal.<sup>3</sup> Los técnicos que dan a conocer la calidad del aire a menudo sienten que sus alarmas no tienen el impacto y la importancia que debería en la

---

<sup>3</sup> Hace tres o cuatro años tuvimos un evento de pre-contingencia ambiental, en febrero por ozono, esta pre-contingencia se dio el día viernes 13 de febrero, un día antes, del día del amor y la amistad, lo más curioso fue que para esos días se había promovido el *Megabeso* en el zócalo de la Ciudad de México, lo caótico o lo triste de esta anécdota, es que teníamos un evento de contaminación, teníamos un evento de pre-contingencia, pero la dinámica de esta ciudad, las atracciones, la cultura y otros tantos frutos eran más importantes [por lo que] no se le dio tanto peso a la pre-contingencia como se le dio al *Megabeso* y la gente hizo sus actividades normales, cuando en una pre-contingencia lo que buscas es que la gente no se exponga a niveles altos de contaminación en lugares abiertos. Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.



población, que no es como en la década de los ochenta, guardan cierta nostalgia por un tiempo en el que la contaminación atmosférica ocupaba un lugar relevante en la agenda pública.<sup>4</sup>

## 4.1. Centro de datos

A finales de 2009 se creó el CICA, un espacio que concentró tanto las actividades de vigilancia que se llevaban a cabo en el Centro de Control (que operaba desde 1986) como los procesos de adquisición y validación de datos; la infraestructura informática; la atención telefónica; el diseño web; el desarrollo e implementación de nuevas aplicaciones y la capacitación.<sup>5</sup> El CICA fue incorporado al Simat y a diferencia del laboratorio de monitorio, el CICA se encuentra en el mismo edificio que la Dirección de Monitoreo Atmosférico, a continuación realizo una breve descripción de este centro.

En las instalaciones del CICA, hay unos monitores en los que puede consultarse en tiempo real los datos de todos los instrumentos automáticos de medición de los contaminantes, así como de los instrumentos de meteorología y de los de radiación solar. Además se tienen disponibles otras herramientas visuales como un mapa digital de la Ciudad de México y del Estado de México, con sus características geográficas, sus divisiones políticas, y también sobre el que se distinguen las 5 zonas en las que se da a conocer el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (Imeca): noroeste, noreste, centro, suroeste y sureste. Sobre este mapa se puede observar no solamente la ubicación de las estaciones de monitoreo, sino su situación operativa, así el color verde indica que la estación funciona correctamente, el rojo que alguno de los parámetros que mide la estación presenta algún problema y el gris que la estación esta fuera de operación.<sup>6</sup> Otra herramienta con la que se cuenta son las imágenes en tiempo real de la ciudad y su atmósfera procedentes de la cámara (hazecam) que se tiene instalada en las faldas del Ajusco. [Véase. Anexo 43. Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA)]

Los técnicos que llevan a cabo las lecturas de los datos se encuentran frente a los monitores vigilando, siguiendo de manera remota lo que ocurre en cada una de las estaciones de monitoreo. Ellos producen varios reportes al día sobre la situación de la calidad del aire, y también son los encargados de emitir las alertas correspondientes a las autoridades y a la población en caso de que la

---

<sup>4</sup> Notas de campo.

<sup>5</sup> SMA 2006–2012, *Instrumentos de gestión de la Calidad del Aire* [en línea], 2012, p. 52–53.

<sup>6</sup> Discurso del Director de Monitoreo durante la presentación del informe anual de calidad del aire correspondiente al año 2008 y la inauguración del CICA el día 23 de noviembre de 2009.

contaminación amenace, y entonces ocurra una contingencia ambiental.<sup>7</sup> A menudo esta oficina opera tranquilamente, pero cuando se tiene una situación de riesgo, como una sala de emergencia se convierte en un centro de mucha actividad.

Cabe mencionar que existe cierta tensión entre los técnicos que cuidan de los instrumentos y los técnicos que observan y analizan los datos. Como suele ser el caso, los espacios están involucrados, pues físicamente se encuentran separados. Los primeros se localizan en el Laboratorio de Monitoreo ubicado en la delegación Gustavo A. Madero (*Véase*: capítulo tercero p.6) mientras que los segundos se encontraban en las oficinas de la Secretaría del Medio Ambiente en la calle de Agricultura número 21 de la colonia Escandón, en la delegación Miguel Hidalgo –a partir de 2013 estos últimos se mudaron al sexto piso del edificio histórico “Juana de Arco” localizado en avenida Tlaxcoaque número 8, de la colonia Centro en la delegación Cuauhtémoc–. Entre estos grupos observé ciertas disputas. A los del laboratorio parecía desesperarles que los técnicos del CICA no entendieran que los instrumentos funcionaban correctamente aun cuando estos mostraran datos *erróneos* de acuerdo a la experiencia de los técnicos del CICA. Y a estos últimos parecía desconcertarles que los de monitoreo no comprendieran que los datos se presentaban raros, por lo que los instrumentos podían tener alguna falla. Además durante las fiestas decembrinas a las que asistí, los técnicos no se mezclaban, cada uno se incorporaba y permanecía con su grupo de trabajo. La comunicación es poco fluida hasta el punto que incluso a falta de material fotográfico actualizado sobre las estaciones de monitoreo, instrumentos y laboratorio de monitoreo, un técnico del CICA me solicitó mi material fotográfico.

El campo de conocimiento de cada grupo es especializado, tienen acceso a la información de manera diferente. Mientras que los técnicos del laboratorio pueden observar las muestras de campo y, por ejemplo, ver las huellas de las partículas en los filtros de los instrumentos y a partir de ello conocer las zonas de la ciudad más contaminadas, así como reconocer los meses del año más sucios, sus apreciaciones son cualitativas, llanas, desconocen el valor exacto asignado a esas mediciones. Es por ello que si a uno de estos técnicos del laboratorio se le pregunta ¿cómo está hoy la contaminación en la ciudad? No sabrá responder con precisión, ya que su trabajo no está en mirar los datos generados por los instrumentos. En tanto que los técnicos del CICA nunca ven las muestras, ni los instrumentos físicamente, lo que observan y analizan son los datos generados por los equipos de medición. Lo que

---

<sup>7</sup> Para mayor información sobre las contingencias ambientales. *Véase*: “Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Zona Metropolitana del Valle de México”, en *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 30 de Octubre de 1998. Las modificaciones al programa se han publicado el 22 de diciembre de 1999 y el 9 de agosto de 2012 en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal*.

tienen para trabajar son los datos procedentes de los instrumentos, los materiales que han generado con el tiempo (como mosaicos o gráficas, indicadores, bases de datos) y los patrones de comportamiento de los contaminantes. Éstos saben cuánto y dónde está más contaminando a partir de los datos que reciben de los instrumentos de medición de los contaminantes y de los de meteorología, así como de la época del año, y de su experiencia es que tienen una idea de cómo irá la contaminación en las siguientes horas. Al parecer estos técnicos han desarrollado algunas habilidades de reconocimiento de patrones para distinguir entre los datos que son pertinentes de los que no.

Los técnicos que se encuentran frente a los monitores carecen de oficinas privadas, comparten su espacio de trabajo. Gary Alan Fine menciona que una diferencia fundamental entre la ciencia pública y la ciencia académica es que el trabajador no se trata como un creador autónomo de conocimiento sino como un engranaje de la organización, que forma parte de una empresa corporativa con sólo la cultura local para proporcionar cierto grado de autonomía.<sup>8</sup> En el caso de la producción de la calidad del aire, la estructura hace hincapié en que estos técnicos producen productos colectivos, no vinculados a las perspectivas personales. Los técnicos no generan la calidad del aire de manera independiente sino que dependen de la información procedente de los instrumentos de medición y de los técnicos que les mantienen en operación; de los programas de adquisición de datos y de los técnicos que atienden la estructura de telemetría; del software, las bases de datos y de las reglas que se han introducido para su funcionamiento y procesamiento de datos; de información previa sobre el comportamiento de los contaminantes; de la época del año y de un sinfín de información que ha sido recopilada procesada y analizada por otras personas a lo largo del tiempo. Hasta aquí puede decirse que la calidad del aire es la fusión de información local y que depende del acceso a los datos y también de la experiencia de los técnicos, pero no es lo único, la calidad del aire esta intrincada en una red política y de intereses que dan forma y delinean la calidad del aire como veremos enseguida.

#### **4.1.1. Primer filtro: software AirVision**

Los datos procedentes de los instrumentos de medición se concentran en el CICA tanto para dar a conocer la calidad del aire cada hora mediante el Imeca, como para ser analizados y comparados con otros conjuntos de datos y generar diversos informes. Los datos que se proporcionan al público pasan por un proceso de selección o una serie de filtros. La justificación está relacionada con que éstos

---

<sup>8</sup> Gary Alan Fine, *op. cit.*, p. 25.

deben tener una cierta calidad para que sean confiables, de ahí que se seleccione entre los datos que se consideran correctos de aquellos valores que se piensan erróneos.<sup>9</sup>

El primer filtro, la principal herramienta de la que se valen estos técnicos puede decirse que es el software AirVision, implementado en mayo de 2010,<sup>10</sup> el cual recoge y almacena los datos de los instrumentos automáticos.<sup>11</sup> La cantidad de información que producen los instrumentos es tan abundante que su procesamiento requiere de este software para organizarla<sup>12</sup> –en 2012 cada minuto se obtenía un registro de los 107 instrumentos automáticos de los contaminantes atmosféricos y 77 de los instrumentos de medición de los parámetros meteorológicos–. El software AirVision validaba esos datos, cada hora aplicaba 55 reglas o criterios de validación<sup>13</sup> para generar los promedios horarios que se empleaban en la generación del Imeca y del Índice de Radiación Solar o Ultravioleta (IUV).

---

<sup>9</sup> Al respecto Daston y Galison mencionan que todas las ciencias hacen frente al problema de seleccionar sus objetos de trabajo ante la abundancia y diversidad de objetos naturales. Una pregunta muy frecuente entre los autores de los Atlas del siglo XIX fue ¿Qué objetos deben presentarse como los fenómenos normales de la disciplina? Los objetos seleccionados a menudo no fueron precisamente la naturaleza en bruto, sino más bien aproximaciones, idealizaciones de los existentes dada la pretensión de representar a todos los de su clase. En el siglo XIX los Atlas justamente suministraron objetos de trabajo al elegir ciertos tipos de objetos como ejemplares para enseñar a los principiantes y refrescar la visión de los más experimentados. Los Atlas estandarizaron los objetos de estudio. Lorraine Daston y Peter Galison, *The image of objectivity*, 1992, p. 85.

<sup>10</sup> El software AirVision reemplazó el antiguo sistema analógico (sistema de adquisición de datos tipo Persis), que operó durante 15 años. SMA 2006–2012, *op., cit.*, p. 43.

<sup>11</sup> Los datos se transfieren al centro de control mediante, la web, líneas telefónicas privadas y vía módem. Con el empleo de diversas opciones se quiere asegurar la transmisión de los registros dadas las diversas circunstancias que generan la pérdida de datos y fallas en los sistemas de comunicación como las que he comentado en la sección rutinas de trabajo del capítulo anterior.

<sup>12</sup> Florence Millerand y Geoffrey Bowker comentan que en los últimos veinte años ha habido una explosión de datos científicos a medida que más ciencias utilizan tecnologías de teledetección y técnicas de uso intensivo de datos. De manera que cada vez más se monitorean, se vigilan y se siguen los procesos de cambio ambiental. Sin embargo, comentan estos autores que hay cuestiones que no pueden concluirse de esta clase de información como por ejemplo perfilar una población con fines disciplinarios. Florence Millerand y Geoffrey C. Bowker, “Metadata standards: Trajectories and enactment in the life of an ontology”, en *Standards and their stories*, 2009, p. 149.

Sobre el efecto de la gestión de datos en otras ciencias como la bioquímica Véase: Timothy Lenoir, “Shaping Biomedicine as an Information Science”, en *History and heritage of Science Information Systems*, New Jersey, Information today, 1999, p. 27–45. El eje de este artículo se encuentra en cómo la biomedicina se convirtió en una ciencia de la información. Lenoir menciona que a partir de la década de los sesenta cuando se empezaron a depositar diversos datos –por ejemplo: mapas genéticos y secuencias de las proteínas– en grandes y crecientes bases de datos electrónicas hubo una explosión de datos que los biólogos enfrentaron acercándose a las ciencias de la información. El desarrollo de herramientas de búsqueda para identificar las estructuras y patrones en sus datos, así como la aplicación de sistemas de inteligencia y de expertos artificiales convirtieron al ordenador tanto en un microscopio para examinar moléculas como en un laboratorio de experimentación cuantitativa, transformando no solamente los problemas y el entendimiento que se tenía sobre la vida, sino que también el espacio mismo de trabajo: en efecto, el laboratorio ha sido sustituido por estaciones de trabajo, donde los ordenadores están conectados paralelamente, produciendo simulaciones basadas en los flujos de datos de las principales bases para llevar a cabo “experimentos” *in silico* en lugar de *in vitro*.

<sup>13</sup> *Sistema de adquisición y publicación de información del AirVision*, Doc. inéd, México p.12. Documento no publicado, proporcionado personalmente por el Técnico K al final de la entrevista realizada en las instalaciones de la Dirección de Monitoreo Atmosférico, el día 6 febrero de 2012 SMA.

En este sentido el AirVision puede decirse que actúa como una caja negra dado que recibe datos y después los transforma en un índice, sin que se sepa cuáles son estas reglas o cómo opera tal sistema con detalle. Pues, los criterios de validación no son de acceso público.<sup>14</sup> Sin embargo, algunos de esos criterios tienen que ver con la identificación de valores negativos; con la identificación de rangos por encima de los parámetros establecidos –de temperatura, de flujo y de presión atmosférica– para la correcta operación de los equipos de medición; con los valores fuera de los mínimos y máximos que los instrumentos pueden detectar; con mantener un determinado porcentaje de datos durante cierto periodo.<sup>15</sup> Pero éstos son apenas unos cuantos criterios ¿Cuáles son las 55 reglas de validación? ¿Por quiénes han sido elaboradas y quiénes pueden cambiarlas? ¿Cuál es su impacto en el ordenamiento de la información? y ¿Cómo se justifica su aplicación? La importancia de conocer detalladamente estos criterios estriba en que clasifican la información y regularizan su circulación. Esto significa que lo que ocurre en el proceso de validación no es irrelevante, pues los criterios son una selección, producto de decisiones y negociaciones,<sup>16</sup> que hacen de la calidad del aire una construcción social, esto no es un ataque a su validez, sino simplemente muestra que se trata de “construcciones contextualmente específicas que llevan las marcas de la contingencia situacional

---

<sup>14</sup> Las 55 reglas o criterios de validación no son de acceso público, pues, en diversas ocasiones pregunté directamente si podía conocer cuáles eran y la respuesta siempre fue evasiva. Y dado que me parecía esencial conocer tales criterios, pues, son el filtro, lo que determina qué es lo que pasa, qué es lo que se elimina, qué es lo que se considera sospechoso, etc., es que mediante el sistema Infomex del Distrito Federal realicé la siguiente solicitud de información con número de folio 0112000085813 y fecha del 5 de agosto de 2013. Y para evitar que no me proporcionaran la información por la falta de claridad y precisión o cualquier otro motivo me base en su propia información publicada en el portal electrónico de la Secretaría <http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=4&opcionrecursos tecnicos=8> [Consulta: 5 de agosto de 2013]. En esta dirección se mencionaba lo siguiente: “En el SIMAT se busca que el CICA cuente con una estandarización y homologación de criterios y actividades para la generación del IMECA e IUV e implementar un Sistema de Gestión de Calidad con base en la norma ISO 9001-2002, para lo cual ha desarrollado un manual de procedimientos de validación y difusión del IMECA e IUV”. Por lo que mi solicitud pedía justamente este manual de procedimientos de validación esperando obtener alguna pista de las reglas de validación. Especificando en la sección de datos para facilitar su localización la dirección electrónica donde dicha administración declaraba contar con este documento. Como respuesta me enviaron el documento *Manual administrativo, nombre del procedimiento: Elaboración y difusión del reporte Imeca e Índice UV*. Aunque puede parecer que se me daba la información que solicitaba cabe señalar los siguientes puntos: dicho documento no correspondía a la actual administración responsable de la redacción del texto electrónico. No obstante en el año 2007 (la fecha del documento proporcionado) no existía el CICA, además de que el sistema que generaba el Imeca y el IUV no era el mismo, pues desde mayo de 2010 se utilizaba el AirVision, e incluso el autor del documento ya no laboraba ahí desde hacía varios años. En concreto no se me proporcionó la información solicitada.

<sup>15</sup> Esto es lo que se conoce como *suficiencia de datos 75-75*. Para poder promediar una hora al menos se requiere contar con el 75 por ciento de datos, correspondiente a 45 minutos. Y para promediar los datos de un día al menos se requiere el 75 por ciento de datos, es decir, 18 horas. Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Informe de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México: estado y tendencias 1990–2007*, 2008, p.15. Dirección de Monitoreo Atmosférico, *La calidad del aire en la Zona metropolitana del Valle de México 1986–2006: Informe del estado y tendencias de la contaminación atmosférica*, 2007, p. 6 y 7.

<sup>16</sup> Theodore Porter menciona que “La raíz latina de validez significa poder” lo que le sirve para comentar que las “medidas válidas” si bien otorgan poder en tanto que establecen cierto ordenamiento, también menciona que para obtener confianza ante una comunidad se requiere de una aceptación social y de buenas relaciones públicas, pues “si los fabricantes o los ecologistas creen que el proceso de medición no es confiable o, peor aún, sesgada, bien se puede romper”. Theodore M. Porter, *Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life*, 1995, p. 33.

y de la estructura de intereses del proceso por el cual son generados.”<sup>17</sup> Lo que significa que la calidad del aire se encuentra “*sumamente estructurada internamente* mediante los procesos de producción,”<sup>18</sup> por lo que los datos no son autónomos, independientes e imparciales. Los datos encarnan compromisos políticos, económicos, teorías sobre su comportamiento, preferencias, se encuentran conformados por una amplia gama de factores heterogéneos.

Continuando con la descripción, cuales sean las reglas o criterios de validación aplicadas a los datos se avisa o se informa de su aplicación a determinadas personas mediante correo electrónico (como se muestra en el Anexo 44). En función del criterio aplicado se asigna una bandera y en ocasiones un valor (como puede verse en el Anexo 45). En el *Manual 5 Protocolo de manejos de datos de la calidad del aire* se define el termino bandera de la siguiente forma: “Es un código alfa-numérico que califica el estado de cada dato y que define si éste puede ser utilizado para reportes con un mayor o menor nivel de certidumbre. En caso contrario el dato se invalida”.<sup>19</sup> Las banderas indican el estado de los datos, señalan su validez o invalidez, en general destacan diversas situaciones como dato nulo (X); datos negativos (N); dato calculado (C); incomunicado (P); entre otras clasificaciones.<sup>20</sup> Aunque la gran mayoría de las banderas son colocadas por el software AirVision (de acuerdo a las reglas de validación previamente establecidas), estas también pueden ser colocadas de manera manual para indicar por ejemplo que un equipo se encuentra en mantenimiento (M).

Finalmente, con los datos que se consideran válidos el software AirVision genera el Imeca y el IUUV.<sup>21</sup> El Imeca no incluye los datos sobre los que se tiene duda o no están confirmados – dada la falta de explicación detallada en el proceso, esto da pie para pensar que: si bien no se pueden borrar datos, si se pueden desactivar al no colocarlos en el reporte más inmediato que informa al público descartando así determinadas mediciones del cálculo de este índice– de ahí la necesidad hacer públicas las reglas de validación y las diversas situaciones de exclusión.

---

<sup>17</sup> Karin Knorr Cetina, *op., cit.*, p. 61.

<sup>18</sup> *Ibidem.*

<sup>19</sup> Instituto Nacional de Ecología, *Manual 5: Protocolo de manejo de datos de la Calidad del Aire*, 2010, p. 14.

<sup>20</sup> Cabe mencionar que cada sistema tiene sus propios códigos, por lo que no necesariamente se usan números y letras, incluso pueden tener asignado algún color para distinguir entre los datos. Las aquí mencionadas son algunas de las banderas que la Dirección de Monitoreo Atmosférico utilizaba en el año de 2007 según se indica en: Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, *Manual administrativo, nombre del procedimiento: Elaboración y difusión del reporte Imeca e Índice UV.*, 2007, p. 2.

<sup>21</sup> Los lineamientos para generar este índice se establecieron en la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 29 de noviembre de 2006. Cada hora el IMECA se hace público en la página electrónica del Simat. También se pueden consultar mediante el Imecatel, un número telefónico al que se llama para conocer la calidad del aire en la ciudad. La página electrónica y su contenido ha cambiado en diversas ocasiones: en 2009, 2011 y 2014 así como el número telefónico. En los últimos años también se ha utilizado, twitter y diversas aplicaciones para conocer la calidad del aire.

El Imeca se considera una herramienta de difusión válida para la hora que se genera. El índice después de su publicación pierde su valor ya que se considera como información preliminar.<sup>22</sup> Es de destacar que el índice informa algo que ya ha ocurrido y a lo que la población ya se ha expuesto. No se trata de una predicción que advierta de las altas concentraciones contaminantes y de forma a las conductas y acciones inmediatas.<sup>23</sup> Aunque con esta información sí se puede tener una idea de la situación actual su función no es preventiva. Entonces ¿Cuál es el objetivo de la medición de la contaminación atmosférica? ¿Cuáles son las prioridades actuales? ¿Qué lugar ocupa la “protección a la salud”? Estas cuestiones vienen al caso ya que lo que capitalizó la medición de la contaminación atmosférica en un principio fue precisamente la protección a la salud, sin embargo, parece que el foco se encuentra más cercano a la evaluación de las políticas de gestión para subrayar “los avances que se han logrado en [esa] materia”.<sup>24</sup>

#### **4.1.2. Segundo filtro: análisis de información**

Con informar continuamente a la población sobre la calidad del aire mediante el Imeca, no se termina la labor de esta oficina gubernamental, le sigue el análisis de la información. La validación ejecutada por el software AirVision y sus técnicos es apenas un primer filtro, posteriormente los datos son revisados por otro grupo de técnicos que se reconocen asimismo como técnicos analistas. A este grupo le corresponde confirmar que todos los datos se encuentren validados, completos y que cumplan con los requisitos establecidos. Así como correr los *macros* en Excel<sup>25</sup> y algunas otras aplicaciones en software estadístico para tener la información resumida y generar los gráficos, los informes diarios, semanales, mensuales, anuales sobre el comportamiento de los contaminantes, que permitan observar la variación del fenómeno respecto a otros años, las tendencias de las emisiones

---

<sup>22</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente, el día 1ro de marzo de 2012.

<sup>23</sup> No obstante, las contingencias y pre-contingencias ambientales en la actualidad parecen tampoco restringir las actividades al aire libre incluso las organizadas por el propio Gobierno del Distrito Federal. El día 13 de febrero de 2009 a las 17:00 horas se activó una pre-contingencia ambiental por ozono la que se desactivó hasta día 16 de febrero a las 17:00 horas. En esta situación se supone que se debe evitar permanecer en lugares al aire libre dada las altas concentraciones del contaminante. Sin embargo, a sabiendas de esta situación el propio Gobierno del Distrito Federal llevó a cabo el evento “*Mega beso*” en el zócalo de la Ciudad de México, el día 14 de febrero de 2009, al que asistieron más de 39 mil personas.

<sup>24</sup> Por ejemplo consúltese la presentación que hace la Secretaria del Medio Ambiente en el *Informe de la Calidad del Aire en la Ciudad de México 2010*.

<sup>25</sup> Una *macro* es un conjunto de comandos o acciones que están disponibles y listos para ejecutarse una y otra vez. Son útiles en los casos que una acción debe repetirse con frecuencia.

así como proveer de información no solamente a la población, sino también al Jefe del Gobierno del Distrito Federal, al Secretario del Medio Ambiente, entre otros mandos, y áreas a fines.<sup>26</sup>

Los datos de acuerdo al discurso de esta institución se analizan con detalle para corroborar su veracidad e identificar los que parezcan sospechosos o con valores extremos. Estos técnicos se encargan de confirmar, modificar, asignar o suprimir las banderas con las que están marcados los datos. Esta acción comenta el Técnico D está ligada a la experiencia del técnico, a su familiarización con el desempeño de los instrumentos y sus fallas comunes, a su capacidad para identificar los patrones típicos de cada contaminante.<sup>27</sup> Estos técnicos aunque no conocen profundamente los instrumentos de medición como los técnicos del laboratorio de monitoreo, si tienen una idea de cuándo no pueden estar midiendo correctamente basados en los datos que analizan. Por ejemplo, cuando el mismo valor se repite durante varias horas, dicen que el dato se *pegó*, en ese caso consideran que el instrumento no está midiendo correctamente porque el valor no cambia.

El proceso de validación de datos distingue entre los datos que consideran correctos y los que no. La revisión de los datos implica cotejar que estos siguen un patrón determinado, un cierto comportamiento conocido o característico. El análisis de los datos toma en cuenta las bases de datos de los parámetros meteorológicos y fisicoquímicos, el pronóstico de calidad del aire, los mosaicos o gráficas de la calidad del aire, los indicadores de la calidad del aire, los incrementos extraordinarios, y las contingencias ambientales, así como aquella información que no fue tomada en cuenta para la producción del Imeca. Es así que un valor es sospechoso cuando está lejos de las pautas que han sido elevadas a comportamientos normales, cuando parecen no cumplir con los patrones que caracterizan su comportamiento típico. La sospecha se encuentra en lo anormal. La normalización de las observaciones implica el reconocimiento del dato, su parecido con situaciones similares que han tenido lugar en el pasado, el reconocimiento de la normalidad se funda en lo que ha sucedido otras veces, en la experiencia de sucesos similares. Los datos pasan a ser observable-reportable de tal forma que si no están en conformidad con dicho programa, sus propiedades atribuidas serían incompletas o no observables.<sup>28</sup> Entonces, lo que cuenta como una visualización adecuada de los datos es aquello que no es una anomalía. Las banderas identifican algunas de esas posibles anomalías de naturaleza mecánica, pero otras anomalías se encuentran en el terreno de las expectativas que se

---

<sup>26</sup> Notas de campo

<sup>27</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente, el día 1ro de marzo de 2012.

<sup>28</sup> Lynch, Michael, "Discipline and the material form of images: an analysis of scientific visibility", en Luc Pauwels, ed., *Visual Cultures of Science: Rethinking representational practices in knowledge building and science communication*, p. 201.



tienen sobre el comportamiento del objeto observado. Expectativas o patrones que se han generado con los años y que se espera encontrar. Entonces, las anomalías se identifican como los comportamientos no habituales de los contaminantes, valores que no corresponden a lo observado con el comportamiento de las partículas según los registros históricos de las bases de datos:

Los datos tienen que atender a lo que ya conoces, a la historia del contaminante en particular, es decir, a su patrón diario, semanal, mensual o anual. Es muy característico tenemos época de lluvia y época de secas, en la época de lluvias la mayoría de los contaminantes se ven minimizados precisamente por el efecto de la lluvia en la atmósfera, entonces tener un dato alto en época de lluvia es un dato que hay que revisar por qué se dió.<sup>29</sup>

Esto significa que se han hecho modelos de la normalidad y que se han seleccionado los objetos y los fenómenos que representan la normalidad de la disciplina. Así, los patrones son presentados como derivados de la propia naturaleza en lugar de los resultados contingentes de trabajo cultural. No solo se estandarizan los instrumentos sino que también la naturaleza, como comenta Theodore Porter en un mundo sin tipos fijos, los seres humanos son libres de imponer a la naturaleza el orden que mejor sirve a sus propósitos.<sup>30</sup>

Para el caso de las partículas el Técnico D explica que: “El patrón más importante de la presencia de partículas es la época climática. La época de partículas es el invierno, de noviembre a febrero; es cuando sabemos que vamos a tener niveles más altos de partículas, y el resto del año van a ser muy pocos los valores altos de partículas que encontraremos.<sup>31</sup> Este es el patrón para las partículas que se espera encontrar, es lo que constituye la normalidad y por lo tanto la naturalización de la presencia de partículas en ciertas épocas del año. Tal parece que con los patrones se normaliza la contaminación. Pero, ¿Existen condiciones normales para la contaminación?

En el *Informe 2009* de la calidad del aire en la Ciudad de México se menciona que en los meses más fríos se registran las concentraciones más altas de partículas suspendidas en comparación con el resto del año y que las bajas temperaturas durante las primeras horas de la mañana y la presencia de inversiones térmicas junto con la cantidad de emisiones, son los principales factores que determinan

---

<sup>29</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>30</sup> Theodore M. Porter, *op. cit.*, p. 19.

<sup>31</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

la concentración de las partículas suspendidas.<sup>32</sup> Sin embargo, dado que las partículas presentan una amplia variedad de tamaños y formas así como una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, no existe un patrón bien definido que caracterice su comportamiento en el corto plazo:

En el día a día no tienes un patrón claro para las partículas, porque dependiendo de dónde estén ubicados los sensores, los analizadores, vas a tener un comportamiento distinto. Si es una zona industrial, una zona habitacional, si es una zona de reserva ecológica, las partículas se van a ver distintas, porque siguen más el comportamiento de las fuentes que están alrededor del sitio de monitoreo. No podemos hablar de una generalidad de la zona metropolitana para el comportamiento de las partículas.<sup>33</sup>

Determinar la calidad del aire respecto al contaminante partículas es altamente complejo, sin embargo otra de las estrategias para realizar el análisis de las partículas monitoreadas es atender a la “representatividad espacial” que básicamente consiste en que todas las estaciones tengan el mismo comportamiento dentro de un rango:

Una característica es ver las estaciones que están alrededor de la que tú estas evaluando, el patrón por región tiene que ser parecido, si en algún momento una estación te marca un patrón diferente a sus vecinas eso te determina o te da pauta para ver qué está pasando en ese sitio.

Cerca de [la estación] Xalostoc tienes [los sitios de monitoreo ubicados en] Tlanepantla, La Presa, San Agustín, Los Laureles, Villa de las Flores, Tultitlan, esta región es la que te puede dar pauta para verificar si es confiable o no [la información], lo que se hace en la rutina diaria es ver el comportamiento que tienen las estaciones de la región al mismo tiempo, y vas a detectar que cuando sube una, todas suben, cuando baja una, todas bajan y ese es el patrón como que tú esperas ir encontrando, no todas tienen el mismo nivel, no van a ir pegaditas de la mano, pero si van a tener como un mismo comportamiento, cuando alguna se sale de ese comportamiento es cuando verificas si hubo algún problema, que puede ser desde la transmisión del dato, que no te llego la información, o que está bloqueado.<sup>34</sup>

Esto significa que rangos que no coinciden con el ritmo de las estaciones cercanas son considerados errores mecánicos. El técnico presupone que valores diferentes son sospechosos y ese comportamiento raro casi siempre es asociado a alguna falla del instrumento no al comportamiento de las partículas. Pero, ¿qué sucede en el caso de incendios, fugas de gases, explosiones, accidentes

---

<sup>32</sup> Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2009, 2010*, p. 74.

<sup>33</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>34</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

o derrames de sustancias tóxicas? ¿Estos eventos están contemplados en los modelos de los contaminantes? ¿Qué es lo que cuenta cómo representativo de la calidad del aire? ¿Cómo se discrimina las “emisiones representativas”, de las que no lo son? Dado que estos casos escaparían de la normalidad es que estas preguntas tienen lugar toda vez, que al parecer, eventos muy locales no son tomados en cuenta para la generación de la calidad del aire ya que parecen no representar o no proporcionar la generalidad de la calidad del aire de toda la ciudad como veremos en la siguiente sección.

## **4.2. La normalidad de la calidad del aire**

El 30 de junio de 2002 durante la reunión de trabajo del consejo asesor de la RAMA se expuso el documento: *Bases técnicas para la exclusión de la estación de monitoreo Xalostoc de la Rama en el cálculo del Índice Metropolitano de la calidad del aire*, presentado por la entonces Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. En resumen el documento cuestiona la representatividad de las mediciones de PM<sub>10</sub> de la estación de monitoreo Xalostoc y señala su influencia en la generación del Imeca por lo que se propone excluir ese parámetro del cálculo del índice.

La representatividad de la estación se cuestiona a partir del registro de concentraciones muy altas en la estación Xalostoc, durante 10 días en mes de diciembre de 2000, luego de que en los años 1998 y 1999 la norma de protección a la salud se había rebasado en muy pocas ocasiones:

En el caso de las PM<sub>10</sub>, a partir de 1995 se inició el monitoreo continuo por medio de equipos automáticos. Desde entonces, anualmente se rebasa la norma de protección a la salud en aproximadamente 50% de los días, sin embargo en 1999 se redujo al 5% de los días. Este comportamiento también se observó en la mayor parte del año 2000, sin embargo durante el mes de diciembre de ese año se registraron 11 días con concentraciones elevadas que rebasaron la norma de salud en la zona noreste, presentándose 10 de estos eventos específicamente en la estación Xalostoc.

Los eventos críticos de PM<sub>10</sub> en la estación Xalostoc del noroeste de la ZMCM se registraron a partir del 13 de diciembre del año 2000, destacando los días 13, 14, 15, 16 y 21 por presentar concentraciones superiores a 400 µg/m<sup>3</sup> y que se puede definir como los días críticos...Durante los días críticos se observaron dos periodos de incremento, uno matutino que se presentó en todos los días a partir de las 7:00 horas y alrededor de las 9:00 horas se registraron las concentraciones pico. El otro periodo se presentó por las tardes y tuvo una duración de alrededor de 8 horas ascendiendo las concentraciones a

partir de las 18:00 horas y a las 23:00 horas se registraron las concentraciones pico, este periodo solo se presentó los días 13 y 15.<sup>35</sup>

Cuando la normalización o estabilidad de la contaminación se derrumba se propone la exclusión de dicha estación debido a que las altas concentraciones se derivan de las emisiones de las industrias de fundición, de cemento, de madera y de jabón que rodean a la estación de Xalostoc y también al alto flujo vehicular de la avenida cercana a la estación (carretera México–Pachuca) por la que circulan camiones que utilizan Diesel. Emisiones que debido a la trayectoria de los vientos del este y del norte fueron a dar a la toma de muestra del equipo de medición, según se comenta en el citado texto.<sup>36</sup> En un segundo documento titulado *Apendum al documento “Bases técnicas para la exclusión en el cálculo del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire a la Estación de Monitoreo Xalostoc”*, con fecha del 5 de julio de 2002 se explica con detalle lo anterior:

En condiciones normales el monitoreo en la estación Xalostoc puede estimar los niveles de contaminación provocados por el conjunto de las fuentes en los alrededores, sin embargo, la distribución espacial del contaminante es afectada significativamente cuando se presentan eventos locales como la operación esporádica de la fábrica que se encuentra en la parte posterior de la estación o la presencia de tráfico intenso ocasionado por un accidente en alguna de las grandes avenidas. Estos eventos se presentan de manera frecuente afectando la representatividad de la estación. Debido a esta influencia local puede presentarse el caso extremo de la activación de una contingencia en la ciudad que afectaría de manera global a toda la población, además se podría estar sobreestimando los niveles de contaminantes de la zona así como las estimaciones de la exposición de la población.<sup>37</sup>

Por lo que:

...las concentraciones de PM<sub>10</sub> que se han registrado en la estación de monitoreo Xalostoc, no son representativas de la zona noreste y que solo representan las emisiones de un área restringida, por lo que no representan los niveles de exposición de la población de esa zona.

Por esa razón la exclusión de los registros de PM<sub>10</sub> que se realizan en la estación XAL en el cálculo del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (Imeca), permitiría evitar la influencia de este tipo de fenómenos locales, mismos que no son representativos de la totalidad de zona noreste.

---

<sup>35</sup> Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, *Bases técnicas para la exclusión de la estación de monitoreo Xalostoc de la Rama en el cálculo del Índice Metropolitano de la calidad del aire*, Doc. inéd., 30 de Junio de 2002, p. 1.

<sup>36</sup> *Ibidem*, p. 10.

<sup>37</sup> Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, Subdirección de Monitoreo, *Apendum al documento “Bases técnicas para la exclusión en el cálculo del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire a la Estación de Monitoreo Xalostoc”*, Doc. Inéd., México, 5 de julio de 2002, México, p. 6.

De acuerdo con lo anterior los eventos locales que afectan la distribución espacial son: la *operación esporádica de la fábrica* y el *tráfico intenso* ocasionado por un accidente. Pero, si estos eventos se presentan de *manera frecuente* como se menciona ¿Acaso no tendrían que considerarse? ¿Por qué se piensa que eventos locales no afectan más allá del área de emisión? ¿Es que las emisiones locales respetan las divisiones políticas? ¿Por qué el tráfico intenso y las emisiones esporádicas de las industrias (pero frecuentes) afectan la medición? ¿Es que no se consideran parte del problema de la contaminación atmosférica? ¿Si eventos locales no se incluyen en la generalidad de la calidad del aire, qué es entonces lo que constituye la calidad del aire? ¿Qué es lo que se mide? ¿Qué emisiones sí cuentan? ¿Por qué se eliminan los registros altos contingentes y puntuales? ¿Qué es lo que importa al monitoreo de la Ciudad de México? ¿A qué interés están ligados los resultados de la calidad del aire? ¿Esto quiere decir que las estaciones de monitoreo bajo otra configuración, en manos de otro organismo o grupo social producirían diferentes resultados sobre la calidad del aire? ¿De qué da cuenta la actual configuración? Visto así tal parece que lo que se protege es la estabilidad del patrón, no el registro de los múltiples factores que pueden alterarlo y producir variaciones temporales en la calidad del aire.

Respecto a la influencia de la estación Xalostoc en la generación del Imeca, se menciona básicamente que son los registros de dicha estación los que con mayor frecuencia se consideran en el cálculo del índice, lo que desde el punto de vista de la Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico no corresponden a una distribución equitativa:

Desde 1995 en que se miden las concentraciones de PM10 con equipo automático, el Imeca horario de la zona noreste se había calculado en mayor proporción a partir de las concentraciones registradas en Xalostoc y Netzahualcoyotl. Cabe señalar que este índice se basa en el valor horario máximo del promedio móvil de 24 que se obtiene en alguna de las estaciones que conforman una zona.

...La estación Xalostoc llegó a representar en 1996 hasta el 82% de los promedios móviles horarios que dieron lugar al máximo Imeca y alrededor del 30% durante 1998 y 1999. En estos dos años la estación Netzahualcoyotl (NET) tuvo el mayor porcentaje de promedios móviles horarios representativos del Imeca.

En el año 2000 la estación XAL [Xalostoc] volvió a tener el porcentaje más alto de promedios móviles máximos, de manera que llegó a influir hasta en el 56% de los valores calculados para el Imeca. Cabe señalar que en este año la estación NET dejó de considerarse para el cálculo de Imeca desde enero del año 2000 y que en agosto se incorporó la medición de PM<sub>10</sub> en la estación San Agustín (SAG).<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, *Bases técnicas para la exclusión de la estación de monitoreo Xalostoc de la Rama en el cálculo del Índice Metropolitano de la calidad del aire*, Doc. inéd, 30 de Junio de 2002, p. 8.

Esto quiere decir que el *valor horario más alto de la zona* se encontraba entre las estaciones de Xalostoc y Netzahualcoyotl, pero desde que se excluyó esta última estación del cálculo del Imeca (no se especifican los motivos), la estación de Xalostoc domina el escenario, según el documento, no permitiendo la participación de las otras tres estaciones de la zona –La Villa (LVI), San Agustín (SAG), Villa de las Flores (VIF)– que también miden PM<sub>10</sub>. Por lo que se menciona que eliminando Xalostoc del cálculo del Imeca, los promedios se distribuirían entre las otras tres estaciones del área noreste.

En términos de la difusión del Imeca, la exclusión de la estación XAL en el cálculo de este índice para PM<sub>10</sub>, ocasionaría que las concentraciones registradas en las estaciones LVI, VIF y SAG tuvieran una distribución equitativa...<sup>39</sup>

Carlos Santos Burgoa, Director General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud (DGSA) y miembro del consejo asesor del Simat<sup>40</sup> externo su desacuerdo. En el documento: *Sustento técnico para NO excluir la estación de monitoreo Xalostoc de la RAMA en el Índice Metropolitano de la calidad del aire*, que consta de 15 diapositivas, resume su justificación técnica en los siguientes puntos:

- Aun cuando las lecturas del monitor sean afectadas por emisiones industriales y vehiculares, el Imeca representaría la calidad del aire ambiente a la que estaría expuesta la población.
- La concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> forman aproximadamente el 75% de la concentración total de PM<sub>10</sub> (*Helen H. Suh et al., Robert M. Burton et al.*)

La distribución espacial de las partículas PM<sub>2.5</sub> es homogénea dentro de zonas urbanas aunque varía con la dirección del viento (*Robert M. Burton et al.*)

---

<sup>39</sup> *Ibidem.*

<sup>40</sup> En ese momento el Consejo Asesor del SIMAT, creado en febrero de 2002, estaba integrado por 13 especialistas en gestión ambiental, contaminación atmosférica y salud ambiental: 1. Arlette López Trujillo, Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México; 2. Asa Cristina Laurell, Secretaria de Salud del Gobierno del Distrito Federal; 3. Margarita Castillejos Salazar, profesora investigadora de la UAM–Xochimilco; 4. Telma Gloria Castro Romero, investigadora del Grupo de Física de Aerosoles del CCA–UNAM; 5. Elizabeth Vega Rangel, investigadora del Programa de Investigación del Medio Ambiente y Seguridad del IMP; 6. Adrián Fernández Bremauntz, Director General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global del INE–Semarnat; 7. Víctor Gutiérrez Avedoy, Director General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del INE–Semarnat; 8. Carlos Santos Burgoa, Director General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud; 9. Ernesto Jauregui Ostos, investigador del Grupo de Clima Urbano del CCA–UNAM; 10. Luis Gerardo Ruiz Suárez, investigador del Grupo de Físicoquímica Atmosférica del CCA–UNAM; 11. Alejandro Salcido González, investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas; 12. Sergio Sánchez Martínez, director General de Gestión de la Calidad del Aire y registro de Contaminantes de la Semarnat; 13. Humberto Bravo Álvarez, jefe de Sección de Contaminación Ambiental del CCA–UNAM.

Entre los efectos de PM<sub>10</sub> debe destacarse los siguientes: efecto agudo en la mortalidad, hospitalizaciones, visitas a las salas de urgencia, síntomas respiratorios, parámetros de función pulmonar y días de actividad restringida (*Gustavo Olaiz Fernández et al.*)

- Las características de los lugares en que se ubican los monitores son diferentes y no necesariamente deben tener una distribución equitativa en los resultados.<sup>41</sup>

Vemos que para Carlos Santos no hay un motivo que justifique la salida de los registros y para defender esta postura cita cierta literatura científica. Pero, sin llegar a desarrollar al menos en este documento sus argumentos. Resaltando la importancia de estas emisiones para la salud, y descartando el argumento que las distribuciones equitativas. El cuestionamiento de este autor se enfoca en lo siguiente: ¿Cuál es el objetivo de una distribución más equitativa? ¿Por qué se quiere eliminar las estaciones con registros más altos? ¿Qué beneficio tienen esto para la salud de la población? ¿Por qué no se quiere *difundir* mediante el Imeca esta información? ¿Sino es la salud humana qué es lo que se está protegiendo? A continuación se exponen las conclusiones a las que llega este autor:

- Estación de referencia para la zona noreste del ZMCM
- Estación histórica (1986) en la zona para material particulado PM<sub>10</sub>
- Históricamente los niveles más altos de PM<sub>10</sub> se han presentado en el NE
- Entre 1995 y 2000 la estación ha registrado una ligera disminución en las concentraciones de PM<sub>10</sub>
- Ninguna de las contingencias por PM<sub>10</sub> declaradas en la ZMCM ha ocurrido en Xalostoc.
- Aun presentándose 14 días con picos horarios de entre 302 y 602 µg/m<sup>3</sup> en la estación Xalostoc, el Imeca de la región no ha variado substancialmente.
- Si bien refleja la contaminación industrial de la zona, a su alrededor se encuentran una gran cantidad de zonas habitacionales con una concentración importante de la población en colonias como Rústica Xalostoc, Industrial Morelos y Viveros Xalostoc.
- La estación Xalostoc debe incluirse en el cálculo del Imeca

Esta discusión revela la tensión y las relaciones de poder permitiendo dar cuenta de la variedad de intereses involucrados y también de la exclusión de la opinión de grupos de afectados quienes no son enterados de estas discusiones y a quienes perturban estas decisiones. Esta controversia muestra claramente diferencias epistémicas pues mientras a la Dirección General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud considera que toda emisión debe ser considerada, los de la Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico argumentan que hay ciertas mediciones que no representan la

---

<sup>41</sup> Carlos Santos Burgoa, *Sustento técnico para NO excluir la estación de monitoreo Xalostoc de la RAMA en el Índice Metropolitano de la calidad del aire*, Doc. inéd, México, Director General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud, 15 pp.

generalidad de la calidad del aire. Para los primeros la localidad importa sea cual sea el número de afectados porque su prioridad al parecer se encuentra en la protección a la salud humana. Para los segundos dado que la emisión es local, no se considera afecte a toda la región, su prioridad es la protección del patrón, de manera que las imperfecciones o las desviaciones no deben ser consideradas. Así mientras un grupo cuida que todas las emisiones registradas por los instrumentos sean presentadas al público en tanto que todas son dañinas, otro grupo cuida que solamente algunas de esos registros sean tomados en cuenta en tanto que no representan, ni se ajustan a lo que sucede en todas las áreas de la ciudad.

La selección de los datos desde el siglo XIX ha sido criticada sobre todo porque introduce juicios, normas e interpretaciones de la naturaleza. Así los atlas, volúmenes de ciertos fenómenos cuidadosamente elegidos que se pensaba representaban o se acercaban a lo que verdaderamente era la naturaleza, a finales del siglo XIX fueron duramente criticadas porque la selección de imágenes “distorsionaba” “la naturaleza”. La selección de imágenes provocó una crisis porque las imágenes típicas e ideales (particulares) eran arregladas, corregidas a fin de limpiar las imperfecciones. En ese momento los editores de los atlas no veían que sus elecciones estaban ligadas a sus creencias e interpretaciones.<sup>42</sup> Con el anterior ejemplo quiero señalar la semejanza que esto tiene no solamente con la controversia sobre la exclusión de la estación Xalostoc del cálculo del Imeca, sino en general con los filtros de validación de los datos. Como vemos en todo momento hay una selección del dato bajo el argumento de que se requiere mostrar datos confiables al público, sus gestores al igual que los editores de los Atlas están convencidos de que el cuidado en la elección de lo que presentan no tiene huellas idiosincráticas, y de que suministran información fiable en tanto brindan una representación típica o general. Los de la dirección de monitoreo cuidan la estabilidad del patrón, y no la multiplicidad de los fenómenos que lo distorsionan, su selección esta alerta de la anomalía y también de la localidad. De tal forma que la especificidad, la particularidad del fenómeno no se contempla porque lo que importa es brindar un dato, una cifra general, una aproximación que cubra o abarque la diversidad. Por su parte Carlos Santos considera que la multiplicidad de las emisiones no debe ser seleccionada, sino mostrada. Vemos en esta controversia que no hay un acuerdo sobre lo que debe o no debe tomarse en cuenta para dar a conocer al público. La discusión que esta de fondo es sobre la objetividad en tanto que en su aspecto disciplinar menciona Eduardo de Bustos “la objetividad tiene que ver con los criterios que una comunidad admite y practica para establecer *el valor* de las afirmaciones vindicadoras de conocimiento en esa comunidad para poder realizar tales tipos de

---

<sup>42</sup> Véase: Lorraine Daston y Peter Galison, “The image of objectivity”, en *Representation*, núm, 40, Universidad de California, otoño 1992, pp. 81–128.



afirmaciones”.<sup>43</sup> De manera que la objetividad, la convergencia de juicios, el consenso en la comunidad epistemológicamente pertinente, tiene como misión tanto minimizar la disensión o la desviación como la de resolverlas bajo procedimientos convencionales compartidos. La objetividad se encuentra en duda toda vez que no hay acuerdo, la pregunta, entonces es, ¿cómo se resolvió esta controversia? En 2011 la estación Xalostoc fue cambiada de lugar,<sup>44</sup> la cuestión de la objetividad que es a fin de cuentas lo que se está discutiendo no se resolvió. No obstante, el discurso sobre las altas concentraciones se fijó en la deforestación mal atendida:

Xalostoc está muy cerca de una zona, de un cerro que tiene deslaves, entonces es muy característico en época de lluvia que las partículas se eleven en Xalostoc pero no en las estaciones vecinas, ni en el resto de la ciudad; y no es porque tengas un problema de partículas en la zona, lo que tienes es un problema de deforestación que no se ha atendido correctamente y eso está marcando los altos niveles de las partículas. Entonces aquí entran dos condiciones, y bueno está bien que tu sitio de monitoreo esté tan cerca de ese lugar, o tu estación te está reflejando las condiciones que en realidad ocurren en la región. Si tu estación está reflejando algo muy local, no tendría que ser una estación para el monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de México. Tendría que ser para evaluar el impacto en salud de esa región en particular, a tantos kilómetros a la redonda de tal sitio, el enfoque es distinto. De hecho el año pasado en 2011 se reubicó esa estación porque precisamente el análisis de ese entorno lo que dejó claro es que es necesario una estación en esa región, pero está mal ubicada en ese sitio, para seguir captando lo que ocurre en la región, pero sin la influencia local.<sup>45</sup>

Así tenemos que la objetividad es social por lo que también es variable, además de que como menciona Luis Villoro la objetividad no tiene que ver con la verdad. Este autor distingue entre la verdad y la objetividad, el propósito de tal distinción es la de poder afirmar que los conocimientos pasados o radicalmente ajenos aunque objetivos pueden no ser verdaderos. Pues, como menciona Eduardo de Bustos “la objetividad es relativa a las posibilidades de una sociedad para acceder a justificaciones: para una cultura C, A es objetiva si y sólo si está objetivamente justificada en C, A tiene la mejor de las justificaciones, dado también el momento histórico de esa cultura”.<sup>46</sup> Vemos que la objetividad se construye, se establece que es dinámica y que no es algo que esté definido para siempre.

---

<sup>43</sup> Eduardo de Bustos Guadaño, “Objetividad”, *El conocimiento*, 1992, p. 92.

<sup>44</sup> La estación Xalostoc se encontraba en las instalaciones de la agencia automotriz Volkswagen Santa Clara, ubicada en el kilómetro 13.5 de la carretera México-Pachuca Estado de México.

<sup>45</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>46</sup> Eduardo de Bustos Guadaño, *op. cit.*, p. 97.

## 4.4. Los datos y su contexto de producción

En el modelo tradicional de la investigación científica los datos, las cifras, los números producen una generalizable verdad, se asume que se pueden usar en cualquier lugar y que su intercambio es impersonal. Ellos aparecen despersonalizados, depurados, desnudos, borrando las diferencias entre las tecnologías, personas, culturas y políticas que los produjeron.<sup>47</sup> Los datos de la calidad del aire presentados según este modelo son producto de los instrumentos, en el que los humanos no han tenido nada que ver; en el que da lo mismo si proceden de uno otro instrumento; pues se presentan en su conjunto, autónomos respecto a al proceso que los generó de tal forma que parece no importar de dónde han salido, pues no generan ningún tipo de problema o cuestionamiento sobre las tecnologías y comunidad que le han fabricado. En este sentido es que el sistema de monitoreo de la calidad del aire es lo que Bruno Latour llama una caja negra en tanto que es estable en sus mediciones y genera resultados.<sup>48</sup>

En este apartado pretendo mostrar que los datos no son mecánicos. Mirarlos como parte de una red ayuda a entender que su generación tiene un proceso, pues los datos no significan nada y no son nada sin esa red que les sostiene. Los datos, no son simplemente valores numéricos procedentes de los instrumentos de medición, sino son el producto de configuraciones específicas. Vistos únicamente como valores numéricos producidos por los instrumentos, es olvidar que son parte de una comunidad específica, de una institución con diversos objetivos de acuerdo a la administración en turno; de condiciones materiales diferentes que cambian con el tiempo. Y aunque los técnicos del CICA saben bien que para leerlos y analizarlos no pueden despegarse de su contexto de producción, contradictoriamente cuando estos son presentados en el índice y en los informes se busca precisamente dejar atrás todo aquello que les hizo posible. El monitoreo atmosférico tiene dos caras una para el público, para convencerlo de que no hay intervención humana o mejor dicho que no hay intereses políticos y económicos de por medio y otra cara interna que conoce lo contingente de la generación de la calidad del aire y también el lugar y los intereses desde donde se produce la calidad del aire.<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> Para Theodore Porter la credibilidad de los números expresada en la cuantificación es una forma de tomar decisiones sin que parezca que se decide o que hay algo detrás de. Theodore Porter, *Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life*, 1995, p. 8.

<sup>48</sup> Véase: Bruno Latour, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, 1992, pp. 1-17.

<sup>49</sup> Para Bruno Latour la ciencia tiene dos caras: una que sabe (ciencia elaborada) y la otra que todavía no sabe (ciencia en proceso de elaboración). Pero, también porque la ciencia tiene una cara para el exterior, para todos los que no son

Los datos no son autónomos, porque hay que observar con qué instrumentos han sido organizados y la manera en la que son recopilados y almacenados, pues las bases de datos, pueden organizarse de diversas maneras de tal forma que se priorice unos aspectos sobre otros, pueden presentarse por contaminante, por estaciones de monitoreo, etc. Estas preferencias están ligadas al grupo, a lo que consideran más importante, más fácil o dinámico.<sup>50</sup> Florence Millerand y Geoffrey Bowker comentan que los datos pueden ser dispares en su organización y en su formato, dependiendo de los protocolos de recogida adoptados y de las culturas locales de catalogación, que ordenan la información de manera que no necesariamente es comprensible fuera de un proyecto de investigación, sitio u disciplina determinada. Geoffrey Bowker y Susan Leigh Star mencionan que dichas clasificaciones no solamente pasan desapercibidas sino que pocas las ven como artefactos que incorporan opciones morales y estéticos.<sup>51</sup> De manera que el problema de las prácticas de gestión de datos no dependen únicamente de los tipos de infraestructura técnica sino también de la naturaleza de los proyectos, de las culturas disciplinarias y de organización de los sitios, en una palabra a la estructura local de trabajo.

Una vez argumentado que el dato tiene un contexto en el que es producido ahora toca ver que también el dato es interpretado. Esto quiere decir que los datos generados son datos entendidos de acuerdo a una serie de situaciones. No se puede tomar simplemente todos los datos y analizarlos, estos deben ser entendidos como atestiguan el Técnico D:

Ahí como experiencia personal y como antecedente, yo empecé a ver datos de calidad del aire hace 11 años, y mi profesión es de actuaria y de estadística, nada que ver con medio ambiente, mi experiencia particular era: yo tengo datos y analizó datos, sea del tema que sea, mi primer entronque o mi primer experiencia, fue ¡ojo en los datos de calidad del aire! lo primero que tienes que hacer es excluir los datos anulados, porque como base de datos, lo que nosotros le dejamos al público son números, en dónde además viene números negativos, pero esos números negativos lo que implica es un dato faltante, yo en su primer momento no limpié base de datos, yo tomé los datos como estaban, y había

---

científicos y otra para el interior que conocen bien todos los científicos. La primera se muestra sólida, fuerte, fundamentada con el modelo ordenado del método y la racionalidad científica. La segunda sabe que nada de lo anterior sucede así, por el contrario las controversias y un extenso bagaje de intereses la impregnan. A primera vista menciona Latour esto causa un fuerte contraste dado las imágenes recibidas y la dura realidad política de la ciencia en acción. Bruno Latour, *op. cit.*, pp. 1–17.

<sup>50</sup> La necesidad de métodos estandarizados para la validación y colección de datos se ha tomado como solución para la operatividad y comparación de datos. En México, el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, SINAICA, reúne y difunde los datos que son generados por las principales redes de monitoreo del país. El siguiente trabajo está enfocado en integrar las diferentes bases de datos a fin de que los datos sean confiables y comparables para el caso de ozono. Véase: Marcos Hidalgo Navarro, *Metodología para la validación de datos de calidad del aire generados por una red de monitoreo automático*, México, 2011, Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería, 98 pp.

<sup>51</sup> Geoffrey Bowker y Susan Leigh Star, *Sorting Things Out Classification and Its Consequences* 1999, p. 4.

datos positivos y datos negativos, que sin conocer el fenómeno, para mí eran datos posibles, pero entendiendo la realidad del comportamiento de los contaminantes, pues sabes que no.<sup>52</sup>

Los instrumentos como he mencionado no se desconectan ni se apagan, miden todo el tiempo, sin embargo están expuestos a diversas contingencias, de ahí que los técnicos deban entender el comportamiento de los contaminantes través de los instrumentos y asociarlas a diferentes circunstancias como al clima, que tiene impacto en los instrumentos y por tanto en las mediciones. Analizar los datos requiere de la comprensión del fenómeno y de experiencia para distinguir las características que los datos van a presentar según diversas situaciones como la época del año, las fallas de los instrumentos como comenta el Técnico D:

Porque también es cierto que dependiendo de las condiciones de la atmósfera los equipos funcionan de una forma o de otra, en una época de mucho viento, los equipos empiezan [la entrevistada hace un ademán hacia arriba y hacia abajo rápidamente] antes decíamos que los equipos se volvían locos porque empezaban a mostrar datos muy atípicos porque lo veíamos en minutos, ahora que vemos datos horarios lo que vemos es que hay un bajón, porque efectivamente las turbulencias de la atmósfera lo que implican es que las partículas se desaparecen, se van a niveles muy bajos, porque no las tienes en ese momento, el viento se las está llevando, pero ese entender que es en esa época del año, los datos son los que te lo muestran.<sup>53</sup>

Los datos están ligados también a lo que les ocurre a los instrumentos, por ejemplo, si se va la luz, los instrumentos de partículas no se restablecen inmediatamente, las variaciones entonces más que asociadas al fenómeno, están asociadas a la reactivación del equipo explica el Técnico D. Otro ejemplo de lo anterior se proporciona en el documento *3era Reunión de trabajo del consejo asesor de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico*, en el que se explica cómo afectan las variables meteorológicas el comportamiento de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>:

Los analizadores de PM 2.5 son equipos muy sensibles y suelen fallar en sus mediciones por vibraciones en el suelo o en las paredes de las estaciones de monitoreo, lo que provoca movimientos en la balanza del equipo.

Es común observar que cuando la intensidad del viento es superior a 3m/s se registran concentraciones negativas o muy altas, o alternadas.<sup>54</sup>

---

<sup>52</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>53</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>54</sup> Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, 3a Reunión de trabajo del Consejo Asesor de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, 18 de julio de 2002, p. 15.

Pero, además los datos también están asociados a periodos de tiempo, pues no es lo mismo recibir datos en periodos de un minuto que cada hora esto depende de lo que se quiera evaluar, pues algunas cosas se hacen visibles con una base de datos de minuto y otras se invisibilizan con una base horaria y viceversa. En los datos procedentes de los instrumentos de partículas en minutos, comenta el Técnico D podía observarse el tipo de clasificaciones u etiquetas de error que se les había asignado a los datos, como, por ejemplo, sin comunicación (NC), sin modem de transmisión (NM), equipo saturado (OVL), problema con la energía (TE), y otro tipo de clasificaciones. Por otro lado, las bases de datos minuto a minuto permitía detectar en qué momentos se daban picos. En consecuencia,

El ver datos minuto a minuto nos permitía como poder identificar que va a pasar después, tener un margen de pronóstico sesgado podría decirse, porque no era un pronóstico confiable, pero sí podías tener idea de qué podía pasar. El que ya no tengas esa ventana de información minuto a minuto, te tienes que ajustar a ello, porque de entrada el dato horario por el equipo es ajustado para darte un dato más confiable [certero]<sup>55</sup>

Como podemos observar se trata de una decisión, de acuerdo a ciertas conveniencias, si la información se manda minuto a minuto o es por tramo horario. Es importante prestar atención al tiempo de promediación porque cuanto mayor sea, menor será la concentración detectada, porque se suavizan los picos detectados a corto plazo. Maurice Frankel explica:

Los 'picos' serán balanceados por las 'gargantas' –los momentos en que las concentraciones de contaminación son muy bajas– y el promedio se encontrará en algún punto intermedio. Estas explosiones de contaminación a corto plazo pueden ser muy nocivas para la salud y pasar completamente inadvertidas si sólo se toman registros diarios.<sup>56</sup>

Como estos ejemplos sugieren, con las tecnologías es posible modificar el tiempo en que una medición se llevara a cabo, permitiendo nuevas formas de programación y coordinación, así la información podríamos obtenerla en diferentes lapsos. Pero al pensar en la relación entre la tecnología

---

<sup>55</sup> Técnico D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.

<sup>56</sup> Maurice Frankel, *Manual de Anticontaminación, op. cit.*, p. 215-216. Este autor para dar ejemplo de lo anterior presenta los resultados del monitoreo de monóxido de carbono realizado en Chicago en 1962, calculados con diversos tiempos de promediación en los que se expone que a medida que se aumenta el tiempo de promediación, disminuye la concentración máxima observada. Así las concentraciones máximas de monóxido de carbono observadas usando diversos tiempos de promediación con el mismo conjunto de resultados: para el tiempo de promediación de 5 minutos se obtiene una concentración máxima (en partes por millón) de 50; para una hora de 36; para 8 horas de 22; para un día de 19; para una semana 13; para un mes 10; para una estación 9 y para un año 8.

y el tiempo, es importante tener en cuenta las nociones epistémicas de confiabilidad, que también puede ser entendida como calidad del dato.<sup>57</sup>

## 4.5. Desconfianza en la medición

La legitimidad de las mediciones, es decir, la manera mediante la que pueden explicarse y justificarse las cifras que presentan, atraviesa el monitoreo atmosférico en tres momentos principalmente, si seguimos la clasificación que Gary Alan Fine ha propuesto: la primera situada dentro del dominio del conocimiento especializado (legitimación ocupacional); la segunda ligada a la estructura institucional (legitimación de la organización) y la tercera vinculada a la gestión de publicación (legitimidad de presentación).<sup>58</sup> He comentado sobre las dos primeras en el capítulo tercero, sobre la legitimación ocupacional he mencionado el espacio reducido en el que se mueven los técnicos para llevar a cabo los tuneos motivo por el que las modificaciones no son públicas, no obstante, en el medio miembros de otras redes de monitoreo del país reconocen el desempeño y trabajo de los técnicos (la operación continua y mantenimiento de la red, el establecimiento de reglas y la calidad en los procesos). Respecto a la legitimación de la organización o institución desde donde se realiza el monitoreo he comentado el estigma de la burocracia que carga la calidad del aire al ser gestionada por el gobierno local lo que genera sospechas sobre la honestidad y la justicia.<sup>59</sup> La calidad del aire está intrincada con la política y con la cultura, por eso importa el lugar desde donde se produce y aunque la legitimación de la institución no afecta en sí a la capacidad de producción de la calidad del aire, sí afecta a la propia calidad del aire ya que de esto depende si la predicción se toma en cuenta como válida o no. Esto quiere decir que aunque en el medio la red mantenga cierto prestigio en la presentación de la información se pueden tener dudas, como atestiguan los siguientes entrevistados por José Luis Lezama:

---

<sup>57</sup> No obstante existe otro problema con los valores numéricos (datos) y es que en las unidades de medición hay mucha confusión. Como explica Noel De Nevers, el significado de ppm es ppm en volumen o mol cuando se aplica a los gases y de ppm en masa o peso cuando se aplica a líquidos y sólidos. Además de que también se utiliza ug/ kg para el caso de las partículas. Hay preferencias en el uso de unas u otras. “En Estados Unidos, una concentración expresada en partes por millón (ppm) casi siempre es ppm **en volumen o en mol**, si es concentración de un gas, y ppm **en masa o peso**, si es concentración en **líquido o sólido**... Este significado mezclado para las ppm sigue siendo una fuente de confusión cuando, en el mismo problema, aparecen concentraciones tanto de un líquido o sólido como de un gas. (Lo mismo se cumple para las partes por mil millones; ppm=μg/kg, para un material sólido o líquido con gravedad específica de 1.0)”. Noel De Nevers, *op. cit.*, p. 9.

<sup>58</sup> Gary Alan Fine, *op. cit.*, p. 102.

<sup>59</sup> Al respecto Graeme Gooday en su estudio comentan algunas de las situaciones en las que la confianza en las mediciones se desvanecía, de manera que la sospechas típicamente surgía cuando las cuestiones de poder institucional, la reputación personal o el éxito comercial estaban en juego. Graeme Gooday, *op. cit.*, p. 27.

Hay un claro problema de contaminación del aire y su magnitud frecuentemente no es mostrada en el Índice Metropolitano para la Calidad del Aire (IMECA).<sup>60</sup>

El problema es que la gente que trabaja en el gobierno es extremadamente dependiente de sus jefes políticos. Por eso manipulan la información y describen mal los hechos de la contaminación del aire. Hace unas semanas estuve con el director del sistema de monitoreo de la calidad del aire, y me dijo que sería muy difícil alterar la información generada por el sistema. Sé que es difícil, pero lo hacen.<sup>61</sup>

Un problema adicional observado por este sector era la alteración de los datos oficiales de la contaminación, que incluía la censura de cualquier descubrimiento científico que pudiera exhibir a los contaminadores y la falta de comunicación entre el gobierno y el sector académico.<sup>62</sup>

Y también de acuerdo al siguiente estudio:

No sólo se percibe que el aire no estaba tan contaminado hace cinco años como ahora, sino que esta visión catastrófica se confirma cuando un mayor porcentaje de personas cree que el aire estará todavía más contaminado dentro de cinco años.<sup>63</sup>

Vemos que hay fuertes dudas sobre la veracidad de las mediciones. Pues el público tan solo debe aceptar supuestos que no puede comprobar ya que es difícil saber mediante los sentidos si la contaminación está por debajo o por encima de la norma. Pero además, no conoce con detalle los procesos internos de cómo se genera aquellos datos, pues lo que se presenta al público es un índice que bajo el argumento de facilitar la información a la población, también reduce la problemática y sesga los resultados. El índice puede verse como el resultado de un diagnóstico del que se tiene duda, por la carencia de legitimidad de los técnicos, de la institución y de esta herramienta (Imeca) que desde sus orígenes en la década de los setenta se han cuestionado. (Véase capítulo 2).

Como Gooday comenta “El negocio de confiar en las personas, los instrumentos y en los materiales es en muchos aspectos un tema que está más allá de la medición”.<sup>64</sup> Esto viene a cuenta para mostrar

---

<sup>60</sup> José Luis Lezama, *La construcción social y política del medio ambiente*, 2004, p. 146. En este libro Lezama entrevista a diversos actores clave los cuales menciona tienen diferentes grados de involucramiento con la contaminación atmosférica, y sus ideas sobre lo que se asume ser el problema en la Ciudad de México y en el diseño de programas oficiales para combatir la contaminación con el fin de probar su hipótesis central: en México, igual que en otras partes, los problemas de la contaminación atmosférica pueden ser vistos como construcciones sociales provenientes de los distintos actores involucrados en el problema, las cuales no son incorporados dentro de los programas oficiales.

<sup>61</sup> *Ibidem.*, p. 203.

<sup>62</sup> *Ibid.*, p. 248.

<sup>63</sup> Karina, Landeros Mugica, *Dimensiones psicosociales de la contaminación del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, 2013, p. 197.

<sup>64</sup> Graeme Gooday, *op., cit.*, p. 272.

la complejidad de la medición que no solamente puede reducirse a cuestiones de metrología, instrumentos y software sino que importa también el lugar desde donde se produce, quién lo hace, cómo lo hace, y cómo lo muestra. Vemos que el contexto sí importa y que afecta de manera importante la confianza que se tiene en las mediciones. La cuestión aquí es una pregunta profunda: qué tipo de evaluaciones o mediciones merecen nuestra confianza, y por qué.

## 4.6. Conclusiones

Los productos finales, en sí la calidad del aire, eso que nos informan es un producto cerrado, estable, el final de la cadena de producción, el resultado de la puesta en marcha de todo un sistema. La cifra final tiene un significado: indica que tan contaminado está el aire de la Ciudad de México en relación con una escala. Cómo se llegó a ese número es lo que en este capítulo se ha mostrado. Hemos visto lo que sucede desde el momento en que los datos son arrojados por los instrumentos y a partir de entonces pasan por una serie de filtros para quedarse con aquellos que se considera cumplen con cierta calidad. Pero contrario a la idea de que estas cifras son el resultado de mediciones mecánicas, sin intervención humana y mucho menos de intereses institucionales y políticos se ha visto que son inseparables, que la medición de la calidad del aire en todo momento es social y limitada por la tecnología disponible.

Con la medición de la calidad del aire la contaminación se ha normalizado, esto significa que al otorgar forma y orden al mundo físico, a nuestra vida social y a nosotros mismos se instaure cierta estabilidad. Con el valor final del índice de pronto lo caótico de la medición desaparece, la mayoría de las personas no puede ver que detrás de un dato, una cifra, un número, se encuentra una estructura burocrática y onerosa que se dedica exclusivamente a la planeación, organización y generación de ese resultado. Ni tiene idea de las muchas negociaciones detrás de ello. Pero además con la calidad del aire expresada en última instancia en un número lo inestable y contingente del sistema de medición, de los contaminantes y del mundo se ha borrado completamente.

El término objetividad se utiliza rutinariamente como un sello honorífico del monitoreo, pues presta autoridad y genera recursos pero como hemos visto el asunto de la objetividad, al menos en el caso de Xalostoc, está pendiente en tanto que hay selección y controversia sobre las selecciones, en concreto ¿qué es la objetividad del dato? es un asunto abierto. Si bien está claro que de la objetividad no se puede eliminar la presencia del observador qué características tendría que tener.



## Conclusiones

Este trabajo ha abordado una historia reciente: la contaminación atmosférica en la Ciudad de México entre los años de 1960 y 2013. *El aire de cada día. Internacionalización, culturas epistémicas y prácticas de medición* es un análisis detallado de la transformación de la contaminación atmosférica. A lo largo de sus cuatro capítulos se ha problematizado la noción de medición y se ha discutido el problema de cómo el fenómeno de la contaminación se ha manejado, lo que ha permitido ver cómo los instrumentos producen una atmósfera distinta dependiendo de las culturas epistémicas y de las políticas que los sostienen.

El capítulo primero muestra cómo el desplazamiento de las tolvaneras consideradas contaminación natural fue paralelo al alejamiento de la población tanto en la identificación de la contaminación como en su relación con el desarrollo social y político de la ciudad. De hecho, como vimos, al centrarse el interés en la contaminación producida por el abuso de la tecnología, los desechos nucleares, los productos químicos cancerígenos transforman el debate sobre la contaminación en tres sentidos. En primer lugar, se reduce ésta al estudio de ciertas sustancias y gases en la atmósfera. En segundo lugar, se difumina la cuestión de la irregular distribución de la contaminación. Entonces es la llamada contaminación artificial la que envenena el aire, las sustancias químicas, el *smog* fruto del desarrollo económico, los que afectan la salud de todos los habitantes sin importar las diversas áreas urbanas socio-económicas donde se resida. En este sentido, la contaminación atmosférica se homogeneiza y homogeneiza a la población. A partir de entonces, en tercer lugar, parece fácil reducir la contaminación a un interés común y general, identificable sin fisuras por los instrumentos que la miden y por los discursos de los grupos que controlan la adquisición y funcionamiento de dichos instrumentos. Pero mantener viva la identidad y unicidad de esta contaminación, hacer de ella lo que Bruno Latour llama “móviles inmutables”<sup>1</sup> requirió la estandarización de instrumentos, métodos,

---

<sup>1</sup> El término fue acuñado por Bruno Latour para describir las cosas que se hacen para ser fácilmente transportadas sin cambiar sus características inherentes. Son objetos con la propiedad de ser móviles pero también inmutables, así como presentables, legibles y combinables. Un ejemplo de esto es el de la prensa de impresión: la inmutabilidad está asegurada por el proceso de impresión de muchas copias idénticas y la movilidad por el número de copias. Los móviles inmutables como la prensa de impresión circulan por todas partes y en todas las direcciones transmitiendo sin modificación a otros lugares lejanos en el espacio y en el tiempo, conservando y difundiendo. Los móviles inmutables son la manera en la que se transmite la información entre los agentes, son el conocimiento que circula por las redes tecno-científicas conservando sus características. Bruno Latour, *Visualisation and Cognition: drawing things together*, 1986, pp. 6–11.

materiales y también habilidades, tal como exige la noción de red desplegada por la teoría del actor-red.

A lo largo de los capítulos dos, tres y cuatro he intentado subrayar las enormes dificultades que encuentra la empresa de generar una red semejante. Entre ellas la imposibilidad de obviar las diferencias geográficas, culturales, económicas, epistemológicas y políticas en el acto mismo de medir la contaminación e interpretar los resultados de las mediciones. Además de la dificultad de que los actores implicados en la red permanezcan neutros, y sus productos generales e intercambiables. Y por si fuera poco la dificultad de querer hacer extensible con el mismo grado de intensidad ciertos intereses y preocupaciones a todos los participantes de la red e incluso también a la ciudadanía.

En efecto, en el segundo capítulo se presentaron las controversias derivadas de la adopción de determinadas tecnologías y modelos de gestión de la contaminación atmosférica. Se expusieron los diferentes intereses del sector industrial y las diversas posturas dentro de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente respecto a la administración y control de la contaminación atmosférica. En este sentido vimos que el debate es socio-técnico: lo entendido por contaminación atmosférica es flexible, esto quiere decir, que se encuentra constantemente definiéndose y reinventándose, capaz de nuevos significados y nuevos símbolos. Las disputas sobre las diferencias en los métodos de medición reflejan la imposibilidad de deshacerse de perspectivas e intereses locales en el proceso de globalización de la contaminación. Así, los intereses locales median el surgimiento de estrategias de medición. No obstante, la medición con instrumentos conforme a una normativa internacional es el modelo que las sucesivas administraciones mexicanas siguen a partir de los años setenta anclando así la autoridad de su discurso en lo que hemos llamado “objetividad mecánica”. Esto impone limitaciones al proyecto de medir la contaminación: es decir, lo que fuera está y estuvo siempre condicionado por la disponibilidad de los instrumentos y por lo que éstos fueran capaces de medir. La ficción de la normalización tuvo necesariamente que construirse sobre la base de unas cuantas sustancias cuya selección no dependió tanto de su impacto en el cuerpo humano como de las posibilidades de generar sucesivas muestras de elementos que requieren cada vez una mayor sofisticación técnica para ser cuantificables: la progresiva desaparición de los polvos y las partículas de mayor diámetro del horizonte de preocupaciones de las instituciones encargadas del control de la contaminación es un reflejo de esto. Al mismo tiempo, sin embargo, las razones que justifican el costo de la sustitución tecnológica –por ejemplo, de la RedPanair por la red automática– se centran simultáneamente en la necesidad de métodos de medición más precisos y estables y en la de contemplar la adaptabilidad local de las tecnologías. Esta no es la única contradicción a la que se

enfrenta la creación de una red de monitoreo. Las tensiones entre la descentralización y la centralización del monitoreo; los niveles geográficos a los que éste debería hacerse (mundial, nacional, regional); las polémicas sobre los sectores económicos que deberían considerarse más contaminantes; las duplicidades de criterio a la hora de identificar a quién debería comprarse la tecnología necesaria; y las tensiones en la regulación son una muestra de la multitud de intereses en torno a la red, y también de las dificultades de hacer converger todos ellos en uno, dándole así la consistencia y estabilidad necesaria para desarrollarse sin fricciones.

Pero como he señalado, las diferencias no eran sólo intereses personales e institucionales. La estandarización de la medición, como prueba el tercer capítulo, fue siempre, hasta cierto punto, una petición imposible. Los ajustes y cambios (*tuneos*) que sufre la tecnología cuando se inserta en una nueva red demuestran que su funcionamiento no es universal, que para lograr cierta estabilidad los instrumentos algunas veces requieren ser abiertos y *tunearse* para seguir midiendo. Situación que deja en claro el diálogo entre técnicos e instrumentos. Sin embargo, esto no está bien visto en el sistema internacional de mediciones, a menudo los *tuneos* son despreciados y percibidos como improvisaciones carentes de validez lo que da cuenta de la poca legitimidad de los técnicos. Esta situación plantea diversas preguntas, por un lado, las relacionadas con la medición y, por otro, cuestiones de fondo sobre la homogeneidad de la naturaleza, de las prácticas y sobre la universalización del conocimiento, la complejidad y la contingencia del mundo. Pero también deja al descubierto la cuestión de que es imposible medir sin darle sentido a la medición. Alterar los instrumentos es una actividad orientada a “darle sentido” a los registros. ¿Qué sentido tiene una medición en la que la temperatura genera una distorsión respecto al comportamiento ideal del instrumento que mide? Esta cuestión del horizonte y comportamiento ideal no es ajena, como vimos en el capítulo cuatro, a las dificultades de generar interpretaciones sobre los datos.

En el cuarto capítulo he abordado las prácticas de selección y jerarquización de los datos en las cuales se basa la estabilización del fenómeno a pesar de la incertidumbre. Con la medición y difusión de la calidad del aire la contaminación se normaliza, esto significa que al otorgar forma y orden al mundo físico, a nuestra vida social y a nosotros mismos se instaura cierta estabilidad de tal forma que lo caótico de la medición desaparece. También hemos visto que la calidad del aire es un sistema altamente social y que los consensos o las aceptaciones completas rara vez ocurren, por el contrario, una multiplicidad de prácticas suceden y se desarrollan ajenas unas a otras, pero que convergen en la actividad de medir y evaluar la contaminación; más que acuerdos hay un asentamiento tácito sobre la pertinencia de las actividades del otro, una tolerancia (entre los del laboratorio y los del centro de

datos) esto es lo que da una unidad precaria, frágil, pero constante al concepto de “contaminación” y a las formas de institucionalización que recibe. No hay una unidad epistemológica, de hecho los del centro de control creen que medir no implica ninguna epistemología, se puede decir que lo que hay es un *patchwork* epistémico en la aceptación completa de las justificaciones y de las razones para que algo sea aprobado por todos los miembros de una comunidad epistemológicamente pertinente. Lo que hemos visto es que no existe una objetividad universal aunque la preocupación por medir la contaminación atmosférica lo sea y la tecnología se distribuya en función de unos métodos internacionales, a la hora de medir hay una localidad indiscutible en los estándares y en las reglas que guían el proceso de medición. Hemos visto que con la selección de datos se retiran de las mediciones los fenómenos “singulares”. El resultado es que se difumina también la singularidad del fenómeno de la contaminación, su distribución desigual y socialmente marcada. Lo que se trata de controlar es que los episodios locales no afecten a toda el área, que se conviertan en la contaminación de la ciudad. En general lo que se cuida es el patrón del contaminante.

Generar sistemas universales donde diversos países midan lo mismo y lleven a cabo prácticas homogéneas es, como decimos, muy difícil dada la contingencia de la naturaleza, del objeto medido, del lugar de donde se mide, la diversidad cultural y de la institución que lleva a cabo el estudio. En concreto, la medición de la contaminación atmosférica es idiosincrática en tanto que tiene unos rasgos particulares, un carácter propio y es contingente. Las circunstancias y procesos a lo largo de este trabajo contribuyen, como otros, a la crítica de la teoría del actor-red.<sup>2</sup> Especialmente subraya la idea de que no existe un centro del que emane o a partir del cual circule el conocimiento; la teoría de que el conocimiento se expande por el mundo estandarizando procedimientos, equipo y materiales, capacitando profesionales y también circulando instrumentos como cajas negras por las cadenas o redes constituidas por humanos y no humanos no responde, en este caso a la realidad. Como hemos visto, los instrumentos no siempre aumentan su autoridad conforme se alejan del lugar del origen, y no se mantienen como cajas cerradas. Los instrumentos se reinterpretan y se reconstruyen, los técnicos del laboratorio de monitoreo atmosférico rediseñan y modifican los instrumentos, los cuidadores hacen suya la tecnología y la hacen funcionar bajo sus propias concepciones de lo que

---

<sup>2</sup> En la teoría del Actor-Network Theory (ATN) sus formuladores Michelle Callon, Bruno Latour y John Law se interesan por los procesos de mediación socio-técnica y su distribución en redes, es decir, en la interacción entre los actores no humanos y humanos y en las múltiples asociaciones que los conecta a unos con otros en el momento mismo de sus acciones. En este sentido es que en la introducción de esta investigación he mencionado que se tenía por objetivo abrir la *caja negra* del sistema de monitoreo atmosférico para averiguar cómo funcionaba para dar cuenta de las diferentes formas en que la tecnología opera y así fue como mirando en su interior es que observe que los dispositivos, instrumentos de medición de los contaminantes no circulaban sin problemas en la red, por el contrario eran modificados y tuneados. El conocimiento entonces no se desplaza de un centro a unas periferias sino que se reconstruye. Por lo que las cajas se abren y se cierran todo el tiempo.

debería hacer el instrumento. De ahí que los instrumentos no solamente se utilicen sino que también se cuestionen y a partir de ello se tuneen o ajusten, redefiniendo lo que se mide y generando así un diálogo con el instrumento, con la institución desde donde se mide y también con la normativa; todo lo cual ha estado y está sujeto a interpretaciones diversas. La innovación tecnológica es un proceso complejo con múltiples centros, que amplía el estrecho margen donde surge y abarca otros aspectos no contemplados en un principio como la diversidad de cuerpos, territorios y culturas por las que circulan. La apertura, el ajuste es necesario para funcionar, para solventar las deficiencias.

En este recorrido destaca lo difícil que resulta la medición de sustancias en el aire y la reciente incorporación de tecnología y métodos nuevos, raros, caros y delicados, los que han llegado a ocupar un lugar de poder en tanto que sus afirmaciones son las que valen para el desarrollo de políticas diversas. El monitoreo atmosférico es una práctica reciente, onerosa y específica que pocas instituciones son capaces de sustentar, de manera que no está al alcance de todos ejercerla. Su concentración en pocas manos y su carácter técnico es excluyente, el proceso de generación de calidad del aire está cerrado, lo que parece bastante antidemocrático, sin embargo, se nos pide que creamos en sus resultados, que reconozcamos como fiables sus cifras, se nos trata de convencer que no hay mediación alguna entre lo que se dice y la realidad, y ante la duda se nos muestran los instrumentos a manera de no confiar en la institución sino en la tecnología. Pero como hemos visto los instrumentos no eliminan la presencia del observador, la intervención humana y la interpretación se encuentran presentes al igual que sistemas, normas, hipótesis y lenguaje, los instrumentos no son extensiones de nuestros sentidos, ni tienen un significado transparente.

Los instrumentos, el sistema de monitoreo atmosférico funciona como un semáforo, la metáfora del semáforo sirve para visualizar que el sistema de monitoreo opera también como señales de control, que sirven para regular algunas prácticas, para indicar acciones y de esa forma generar acuerdos y quehaceres. Lo que estoy diciendo es que este sistema muchas veces funciona como mediador de un malestar porque organiza y gestiona algo que prácticamente no podemos cuantificar, tocar, ni ver. De manera que los instrumentos también son utilizados con la intención de resolver problemas. Desde esta perspectiva debe considerarse la responsabilidad política que implica tanto su uso como la interpretación de los datos generados. Pues no solamente pueden ser usados para ayudar sino que también pueden ser utilizados como medios para conducir a las personas por caminos particulares, así como para imponer órdenes y reforzar asimetrías.

Una cosa que debe tenerse muy presente sobre los instrumentos es que estos seleccionan objetos de estudio de una gama amplia. Además de tomar en cuenta que la selección de esos objetos de estudio y de cuantificación es precisamente una manera de ver, de enfocar, de atender un determinada cuestión por lo que puede decirse que con los instrumentos se construyen los propios fenómenos. Pero además funcionan como amalgamas en el sentido que han formado una comunidad de técnicos del monitoreo atmosférico.

También hemos visto que los instrumentos no hacen solos nada, todos requieren de un usuario que los utilice y los ponga en acción de cualquier manera posible. Y que los instrumentos no están aislados aunque sean automáticos no significa que sean autónomos, dependen de los cuidados de una comunidad. Están sostenidos por una estructura, esto es importante porque condiciona, organiza y enfoca el monitoreo atmosférico. Las prácticas y productos derivados del monitoreo atmosférico varían con el contexto, hay diferencias significativas en el estilo, dirección, normas y objetivos. Cada administración encargada de llevar a cabo el monitoreo atmosférico ha priorizado unos aspectos sobre otros, así, por ejemplo, el control de la contaminación atmosférica se encontraba a cargo de la Secretaria de Salubridad y Asistencia Pública dado que ésta afectaba la salud humana, por lo que este organismo era la entidad que debía estar al frente de la prevención y control. Cuando la gestión de la calidad del aire correspondió a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, las causas del problema se orientaron a los asuntos de interés de esta entidad: los asentamientos humanos, la urbanización, el crecimiento de población y la extensión de la ciudad. Desde los años noventa la gestión de la calidad del aire se ha incorporado en las entidades dedicadas al cuidado del medio ambiente y recientemente al estudio del cambio climático.

¿Qué es contaminación? No es un asunto cerrado, sigue en discusión y también en construcción. Este trabajo hace visible cómo lo entendido por contaminación ha ido cambiando según valores locales, sociales, técnicos, institucionales e instrumentales. Así bajo el término “partículas” se han inscrito una serie de particulares objetos de estudio (vinculados a nociones de riesgos precisas, aunque no bastan para excluir otras perspectivas). A finales de la década de los años cincuenta el polvo captado formaba parte de una categoría general, pues no se discriminaba sobre la base de su tamaño, los instrumentos no estaban estandarizados. Más tarde en 1967, cuando México se incorporó al programa RedPanaire se llevaron a cabo mediciones de lo que se denominó polvo sedimentable y partículas en suspensión mediante instrumentos y métodos de medición que trataron de homogeneizarse. A diferencia del objeto de estudio anterior, éstos estaban identificados y definidos: el polvo sedimentable correspondía a diámetros superiores a 10 micras, y el polvo en suspensión a

diámetros inferiores a 5 micras. Se ordenaba en rangos la naturaleza entre aquellas consideradas naturales-gruesas-molestas y las otras industriales-finas-tóxicas. Más adelante, en la década de los setenta se medían las denominadas Partículas Suspendidas Totales correspondiente en aquel momento a partículas menores a 100 micrómetros y la fracción respirable sobre la que no existía un acuerdo de su rango, abandonando así las anteriores categorías, instrumentos y métodos. En la siguiente década se empezaron a medir partículas con un diámetro aerodinámico equivalente o menor de 10 micras, y en los años noventa las de 2.5 micrómetros. Con lo que puede decirse, como señalamos arriba, que de la tecnología depende lo que puede observarse y cuantificarse. Los instrumentos de los que hemos hablado hacen mucho más que captar y cuantificar pasivamente las partículas, configuran lo que ha de ser visto, tienen valor epistemológico en tanto que van definiendo y afectando las prácticas, la manera misma en la que se estudia la problemática por lo que consideramos son sistemas activos que posibilitan observar cosas que sin ellos simplemente sería imposible, pero claro está que lo observado está mediado, es decir, que es una forma de ver, no la única, puesto que se puede ordenar desde otros puntos.

Eso que llamamos contaminación atmosférica lo encontramos inscrito en cifras, en números que quieren representar lo que hay ahí afuera en el aire, lo que respiramos cada vez. Pero, eso es una estimación, una aproximación delimitada, no es todo, es una selección, una configuración que permite decir algo desde un determinado lugar y por un grupo de personas con el poder de enunciar los niveles de calidad del aire anteriormente establecidos y construidos también socialmente. La contaminación se nos presenta en datos, en cifras, en papel. Lo que quiero decir, es que la naturaleza no está justo detrás de la medición, del Imeca, sino que es una construcción, un proceso social que busca manejar y normalizar la situación. Así, la gestión de la calidad del aire ha dejado fuera varias cosas: no vemos cuerpos afectados, ni voces ciudadanas que tengan injerencia en la problemática. Cuando la contaminación se ha generalizado y su definición se ha confinado en un grupo pequeño que quiere establecer lo que es, también ha desaparecido nuestro sentir, nuestro malestar. Pareciera que aunque responsable de montones de enfermedades, el único rastro visible de la contaminación son las cifras. La suciedad no se muestra, las enfermedades tampoco, el territorio y el espacio urbano mismo se difuminan, lo que se nos enseña siempre son datos, cifras, graficas, patrones en las que se nos pide que confiemos. Aquello que hace a la contaminación algo tangible pasa desapercibido de tal forma que la contaminación en cifras parece una cosa lejana pero con nosotros. La contaminación del aire se ha quedado en un papel, en montones de datos y números. Esto es lo que se controla, lo que gestiona.

Existe, pues, en la construcción de la contaminación, una polarización triple: por un lado, tenemos la cuestión ontológica, la necesaria reducción de la contaminación a unos cuantos parámetros para posibilitar su gestión. Por otro lado la epistémica, aun cuando se presenta como el resultado univoco y objetivo de un objeto con una ontología estable, el tipo de conocimiento que genera no es posible sin el *patchwork* o la unión de diferentes culturas materiales y epistémicas. Por último está la cuestión política, la producción de un discurso dominante atribuible a un pequeño grupo sobre el cual se hace descansar la autoridad de las medidas y la disipación de la incertidumbre. Cada una de estas polarizaciones lo es en relación a algo que no se dice, que se sustrae: el cuerpo, la pluralidad epistémica, la cuestionabilidad de la norma. La red, por así decirlo, nunca se consolida, siempre está debatiéndose entre los distintos polos. Esta es probablemente una característica de todo objeto complejo. Pero en el caso de la contaminación, y en el de la construcción de la contaminación en México, nos ayuda a pensar sobre lo que reconocemos como contaminación y sobre los niveles de contaminación que consideramos.



**Anexo 1**  
**Chimenea humeante en el logotipo de la Cámara  
Nacional de la Industria de Transformación**



José Terrones Langone presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación mencionaba durante la *I Reunión Nacional sobre problemas de Contaminación Ambiental*, realizada en enero de 1973, que su logotipo sería modificado “porque estamos plenamente conscientes de que, ni siquiera simbólicamente, debemos contaminar el ambiente”.

Fuente imagen: Informe del Ing. Raúl A. Ollervides ante la XXV Asamblea General Anual Ordinaria de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación, diciembre 1965, p. 1.

Fuente texto: José Terrones Langone, “Palabras del presidente de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 31.

## Anexo 2

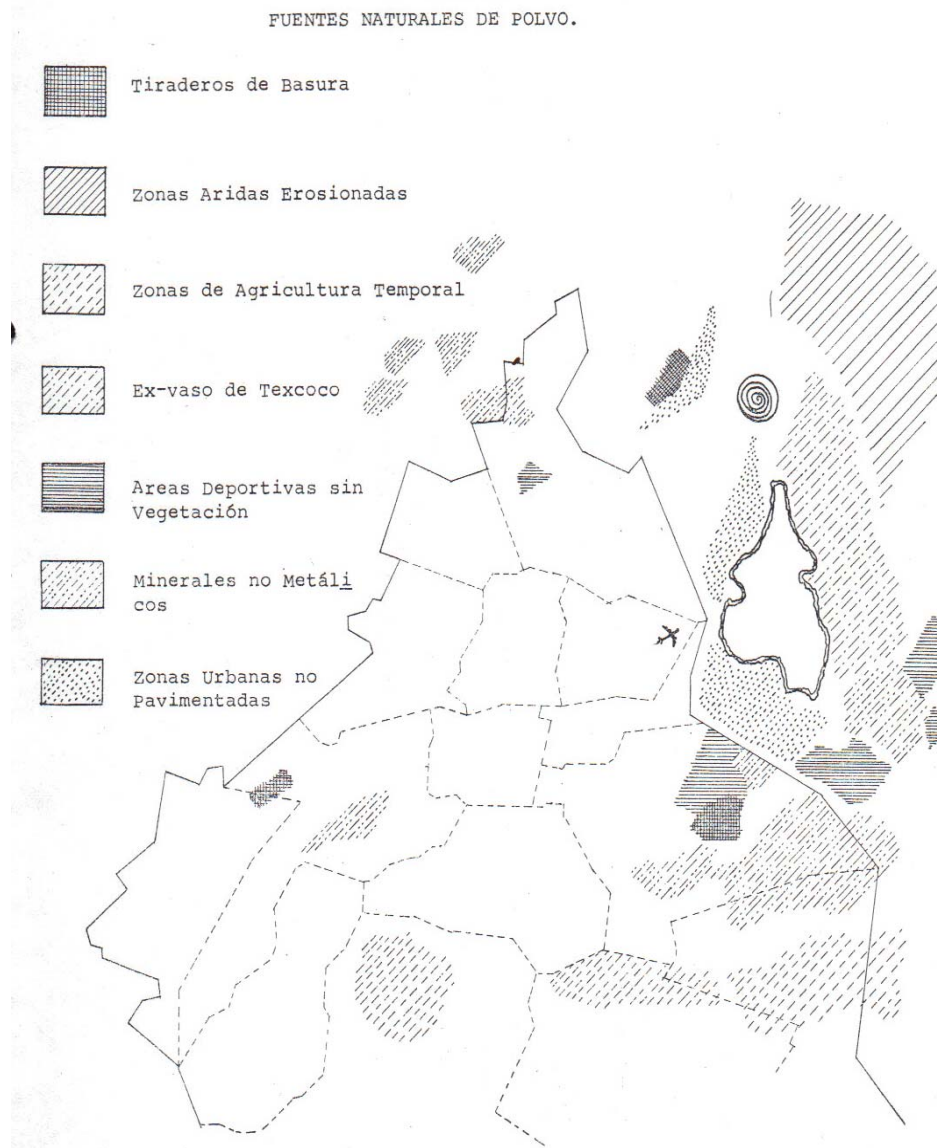
### Tolvaneras en la ciudad de México



En estas fotografías puede apreciarse a un grupo de personas tapándose la nariz ante la nube de polvo.  
Fotografías: Rodrigo Moya, de la serie *Polvareda*, 1958.

### Anexo 3

## Mapa: fuentes de polvo

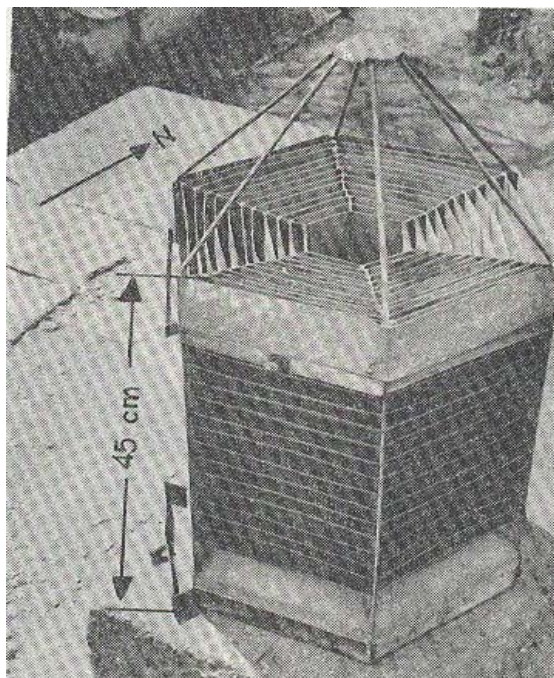


El mapa permite observar la ubicación de los puntos más graves donde la situación del polvo era relevante, aunque cabe mencionar que existían muchos otros focos menores de polvo como calles y jardines sin pavimentar. Un aspecto que llama la atención es que los tiraderos de basura, las zonas urbanas no pavimentadas, las áreas deportivas sin vegetación y en general las zonas áridas del Lago de Texcoco son consideradas como fuentes naturales de polvo, no se cree que sean responsabilidad de la mala gestión local.

Fuente: SSA, *Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*, 1979, p. 35.

#### Anexo 4

### Aparato capta-polvo



Fuente: Silva Ángel, "Consideraciones biológicas sobre la naturaleza de los polvos captados en la región lacustre de la Cuenca de México", en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 1960, p. 359.



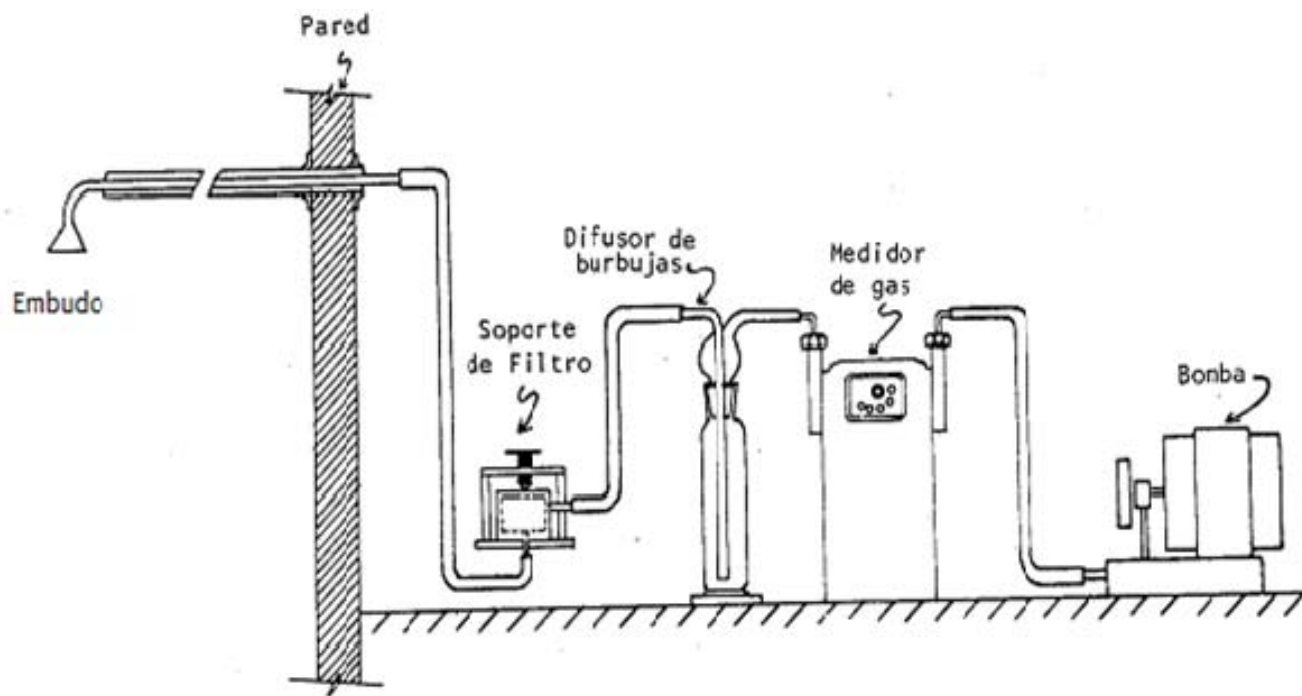
## Anexo 5

### Ubicación y año de incorporación de las estaciones RedPanaire, Cepis–OPS

Mapa de las estaciones 1970	Núm	Nombre de la estación	Dirección de la estación	Año de Instalación
	1	Tacuba	Mariano Escobedo 20	agosto 1967
	2	Tlalnepantla	Unidad Habitacional IMSS. Barrientos, Tlalnepantla. Edomex	agosto 1967
	3	Centro	Donceles 39	octubre 1967
	4	Aeropuerto	Aeropuerto Internacionañ	noviembre 1967
	5	Villa Olímpica	Insurgentes 3496	enero 1968
	6	Observatorio Nacional	Avenida Observatorio 192	noviembre 1968
	7	Portales	Independencia 20	noviembre 1968
	8	Villa de Guadalupe	Esquina Victoria y 5 de febrero	febrero 1969
	9	Tizapán San Ángel	Frontera 15, V. Álvaro Obregón	agosto 1969
	10	Vallejo Industrial	Poniente 140, núm. 120	enero 1970
	11	Carpio	Instituto de Enfermedades Tropicales. Carpio 470.	noviembre 1970
	12	Chapultepec	Chapultepec 284	abril 1972
	13	Lomas de Chapultepec	Edificio Delegación Miguel Hidalgo	octubre 1972
	14	Iztapalapa	Edificio Delegación Iztapalapa	octubre 1972

Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: Luis Ehrlich, “Administración del recurso aire en México”, en *Simposio sobre ambiente, salud y desarrollo en las américas*, 1976, p. 224. Y Enrique Márquez Mayaudón, “La contaminación atmosférica en México”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1973, p. 69. Fuente Mapa: Enrique Márquez Mayaudón, “Evaluación de la contaminación del aire en el Valle de México”, en *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental*, 1970, p. 630.

**Anexo 6**  
**Muestreador de partículas y gases**  
**Redpanaire, Cepis-OPS**

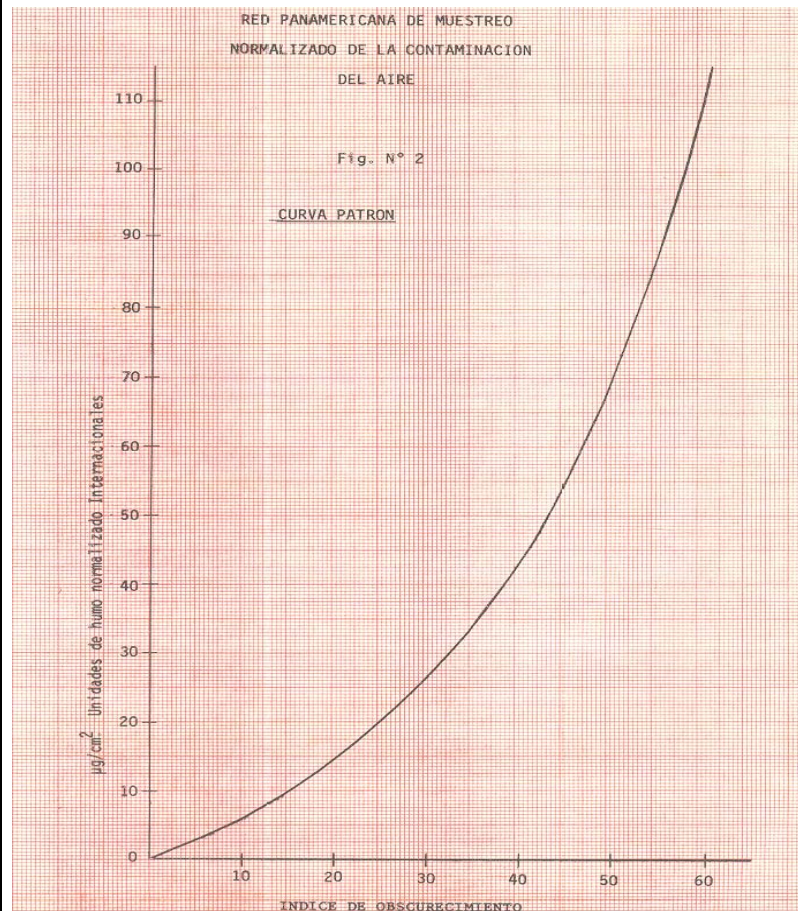


Fuente: CEPIS, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 12.

## Anexo 7

### Curva patrón

#### Redpanaire, Cepis-OPS



Fuente: CEPIS, *Manual de Operaciones*, 1970, p. 15.

## Anexo 8

### Formularios de la RedPanair

### Cepis-OPS

#### Polvo sedimentable

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE  
FORMULARIO N° 1  
A. POLVO SEDIMENTABLE

País ..... Ciudad ..... Estación N° .....  
Muestra correspondiente al mes de ..... de 19....  
Frasco de muestreo instalado por ..... con fecha .....  
Retirado por ..... con fecha .....  
Agua caída en el mes ..... mm. Días de exposición .....

**Análisis:**

Peso de la cápsula y el material recogido ..... g  
Peso de la cápsula ..... g  
Peso del material recogido ..... g = ..... mg  
Diámetro de la boca del frasco ..... cm. Superficie ..... cm<sup>2</sup>

**Cálculo final:**

$$\frac{\text{Material recogido (mg)} \times 30}{\text{Superficie (cm}^2\text{)} \times \text{días de exposición}} = \frac{\text{ } \times 30}{\text{ } \times \text{ }} = \text{..... mg/cm}^2\text{/30 días}$$

B. INDICE DE CORROSIVIDAD

**Análisis:**

Peso del papel de aluminio y el cilindro ..... mg  
Peso del papel de aluminio ..... mg  
Peso final del cilindro ..... mg  
Peso inicial del cilindro ..... mg  
Aumento de peso ..... mg

Diámetro promedio (D) ..... cm      Altura promedio (h) ..... cm

**Cálculo final:**

$$\frac{19 \text{ Aumento}}{D(D \pm 2h) \text{ días de exp.}} = \frac{19 \times \text{ }}{(\text{ } \pm 2 \times \text{ )}} = \text{..... mg/cm}^2\text{/30 días}$$

Analizado por ..... Revisado por .....

#### Polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE  
FORMULARIO N° 2  
POLVO EN SUSPENSION Y ANHIDRIDO SULFUROSO - Informe Diario

País ..... Ciudad ..... Estación N° .....  
Temperatura: Máxima ..... Humedad relativa: Máxima .....  
Mínima ..... Mínima .....  
Promedio ..... Promedio .....  
Agua caída durante el día de iniciación de la muestra .....

**Toma de muestra**

Iniciación: Fecha ..... Día de la semana ..... Hora ..... Operador .....  
Término: Fecha ..... Día de la semana ..... Hora ..... Operador .....  
Tiempo de muestreo: ..... horas = ..... minutos

**Lectura del medidor de gases:**

Final ..... litros  
Inicial ..... litros  
Volumen de muestra (V) ..... litros

**POLVO EN SUSPENSION**

Lectura del reflectómetro (R) ..... Area de la mancha de polvo (A) ..... cm<sup>2</sup>  
Indice de oscurecimiento (I) = 100 - R =  $\frac{100}{\text{.....}}$  = .....  
Concentración de polvo, según Curva Patrón (C) ..... µg/cm<sup>2</sup>

**Polvo en suspensión en el aire:**

$$\frac{C \times A}{V} = \frac{\text{ } \times \text{ }}{\text{ }} = \text{..... } \mu\text{g/m}^3 \text{ (Unidades Internacionales de Humo Normalizado)}$$

**ANHIDRIDO SULFUROSO**

**Lectura de la bureta:**

Final ..... ml  
Inicial ..... ml

**Anhídrido sulfuroso en el aire**

$$\frac{128 \times S}{V} = \frac{128 \times \text{ }}{\text{ }} = \text{..... } \mu\text{g/m}^3$$

Total gastado (S) ..... ml

Analizado por ..... Revisado por .....

Fuente: CEPIS, *Manual de Operaciones*, 1970, pp. 36-37.



## Anexo 9

# Funciones de la primera administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente

Reglamento Interior de la SSA (DOF 10 agosto de 1973)

## Consejo Técnico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente

### Artículo 12

- I. Estudiar y proponer a la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, alternativas de políticas para el mejoramiento ambiental.
- II. Elaborar y proponer alternativas de normas generales para la investigación y para los programas de prevención y control de la contaminación ambiental.**
- III. Establecer la metodología de evaluación de los programas y política seleccionadas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente
- IV. Proponer las prioridades en las características y secuencia de los cursos de adiestramiento para personal especializado a todos los niveles, en relación con la prevención, control y mejoramiento del ambiente.
- V. Emitir opiniones respecto a dispositivos, equipos, sistemas y estudios que se presenten a la consideración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, para su posible aplicación en el control de la contaminación ambiental.**
- VI. Llevar a cabo estudios científicos relacionados con el campo de acción de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.**
- VII. Promover programas de información al público, en todos los niveles, en relación con las actividades de preservación y mejoramiento del ambiente.
- VIII. En general, actuar como órgano de consulta para todas las dependencias federales, estatales, regionales y municipales en programas y planes para la lucha contra la contaminación ambiental
- IX. Funcionar como órgano normativo de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente especializado y encargado de la realización y/o coordinación de los estudios sobre contaminación ambiental y mejoramiento del ambiente**

## Direcciones Generales

<b>Coordinación</b> Artículo 26	<b>Investigación</b> Artículo 30	<b>Operaciones y Promoción</b> Artículo 33	<b>Planeación</b> Artículo 34	<b>Evaluación y Supervisión</b> Artículo 39
I. Señalar procedimientos, mecanismos, administrativos y establecer las relaciones de coordinación necesarias para el desarrollo y cumplimiento de programas y actividades para prevenir, abatir y controlar la contaminación ambiental II. Formular procedimientos de organización y coordinación interna y externa III. Coordinar a las diversas dependencias de la secretaría para coadyuvar con el desarrollo de programas para el control de la contaminación y mejoramiento del ambiente IV. Promover la coordinación y cooperación de instituciones públicas y privadas y de la población en las promociones, programas y actividades tendientes a prevenir, abatir o controlar la contaminación ambiental V. Coordinar a los centros de información general relacionados con la contaminación y los programas de mejoramiento del ambiente <b>VI. Recopilar normas de trabajo relacionadas con el mejoramiento del ambiente y proponer la elaboración de las faltantes o modificación de las existentes, en caso necesario.</b>	I. Estudiar e investigar las causas de la contaminación ambiental II. Estudiar e investigar los medios que previenen, abaten o evitan la contaminación ambiental <b>III. Investigar los efectos de la contaminación y los vectores de los contaminantes.</b> IV. Investigar y elaborar dictámenes sobre la eficacia de métodos o dispositivos de control V. Formular y difundir recomendaciones para disminuir o evitar la contaminación ambiental VI. Realizar programas de adiestramiento y capacitación del personal técnico VII. Promover y coordinar estudios e investigaciones sobre contaminaciones ambientales	I. Promover y operar las acciones, planes y programas dirigidos a combatir la contaminación y a mejorar las condiciones del ambiente en el ámbito nacional <b>II. Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales tendientes a prevenir, controlar y abatir la contaminación ambiental</b> <b>III. Prestar asesoría y orientación técnica en relación a la forma de cumplir con las disposiciones citadas.</b> IV. Dirigir los trabajos y programas de mejoramiento del ambiente en localidades urbanas y rurales en coordinación con las diferentes dependencias oficiales y particulares V. Vigilar el cumplimiento de los programas	I. Formular planes concretos de acción para: a). Prevenir y controlar la contaminación y deterioro del medio b). La conservación y restauración del ambiente c). El mejoramiento integral del ambiente d). La educación de la población y la difusión de las soluciones a problemas de contaminación ambiental	I. Evaluar los efectos de la contaminación ambiental II. Supervisar, procesar y valorar los planes nacionales a prevenir, abatir y controlar la degradación del ambiente. III. Supervisar, procesar y evaluar los programas tendientes a restablecer las condiciones ecológicas originales IV. Señalar las políticas a seguir o las medidas preventivas o correctivas en el mejoramiento del ambiente V. Determinar las zonas contaminadas e investigar fuentes de contaminación VI. Establecer y operar los controles para valorar el desarrollo de los programas de control ambiental VII. Asesorar al Subsecretario y a las demás Direcciones de la Subsecretaría en el procesamiento de datos y análisis del sistema técnico, técnico-administrativo y técnico-jurídico VIII. Elaborar un archivo de las actividades referentes a los organismos del sector público, facultados para la localización y control de contaminantes IX. Proyectar y diseñar sistemas de información para mantener un banco de datos y establecer el mecanismo para la difusión, recuperación y actualización de la información X. En el ámbito interno proyectar, vigilar y supervisar la organización y control de las actividades técnicas de esta subsecretaría.

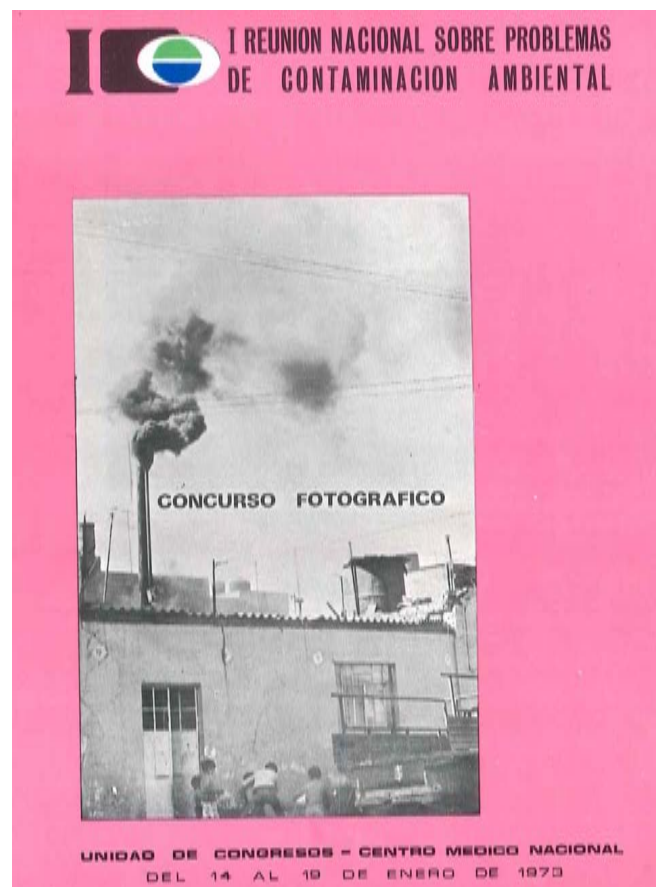
Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en DOF, 10 agosto, 1973, pp. 17-29.

Anexo 10

Timbre postal



Portada de concurso fotográfico



Fuente: SSA, *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental del 14 al 19 de enero de 1973*, 1973, pp. 1203 y 1217.

## Anexo 11

# Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente Primer cambio

Reglamento Interior de la SSA (DOF 31 de agosto de 1977)

### Direcciones Generales

Jefe de Mejoramiento del Ambiente	Efectos del Ambiente en la Salud	Investigaciones y Normas Sanitarias de los alimentos	Programas Especiales de Saneamiento	Saneamiento del Agua	Saneamiento Atmosférico	Promoción del Saneamiento Ambiental	Sistematización y Análisis Ambiental
<p><b>Artículo 40</b> I. Auxiliar al Subsecretario en el despacho de los asuntos técnicos relativos a la planeación y conducción de los programas de saneamiento y mejoramiento ambiental <b>II. Proponer al Subsecretario los planes, programas, normas técnicas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental</b> III. Coordinar y supervisar las labores técnicas de las unidades de la Subsecretaría IV. Coordinar sus actividades técnicas de mejoramiento del ambiente con las demás, dependencias de la Secretaría y otros organismos públicos y privados: V. Proponer estudios y acciones conjuntas y dictaminar sobre problemas del ambiente <b>VI. Resolver sobre propuestas de dispositivos, equipos y sistemas que se sometan a la consideración de la Subsecretaría, para su posible aplicación en el control de la contaminación ambiental.</b> VII. Planear y organizar cursos de capacitación y adiestramiento de personal en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental.</p>	<p><b>Artículo 41</b> <b>I. Recabar la información acerca de los efectos de la contaminación en la salud humana.</b> <b>II. Determinar los efectos nocivos del ambiente en los seres humanos y establecer prioridades en las acciones de saneamiento y mejoramiento ambiental</b> <b>III. Determinar índices de tolerancia de contaminantes y establecer las normas respectivas</b> IV. Mantener la coordinación con universidades, institutos y centros de investigación para el desarrollo de programas conjuntos en materia de efectos del ambiente en la salud <b>V. Evaluar los efectos observados en la salud de la población en relación a los programas de mejoramiento ambiental.</b> VI. Asesorar y colaborar en programas de adiestramiento en materia de investigación de los efectos del ambiente en la salud humana.</p>	<p><b>Artículo 42</b> I. Realizar investigaciones para detectar la contaminación de los alimentos y determinar su causa. II. Recabar la información sobre contaminación de alimentos y sus métodos de prevención y control para fines de saneamiento ambiental III. Proponer las normas de vigilancia epidemiológica de la contaminación de los alimentos y de su calidad sanitaria; IV. Proponer la aplicación de medidas y procedimientos para prevenir y controlar la contaminación de los alimentos V. Mantener coordinación con las unidades de la Secretaría y con organismos públicos o privados, nacionales o internacionales, relacionados con la contaminación de alimentos. VI. Asesorar y colaborar en programas de adiestramiento en materia de investigación y normas de la calidad sanitaria de los alimentos.</p>	<p><b>Artículo 43</b> I.-Recabar información, realizar estudios y establecer normas en materia de desechos humanos, basuras y contaminantes de los suelos II. Realizar estudios y establecer normas en la lucha contra la fauna nociva que afecte a la salud humana; <b>III. Realizar estudios v saneamiento ocupacional en coordinación con otras dependencias gubernamentales.</b> <b>IV.-Establecer coordinación con otras dependencias gubernamentales o privadas para realizar estudios y dictar normas de saneamiento y prevención de la contaminación de los centros de trabajo, de viviendas, de escuelas y de otros lugares de reunión</b> V. Asesorar y colaborar en los programas de adiestramiento en materia de saneamiento general. VI. Evaluar las actividades y los resultados en materia de saneamiento especial</p>	<p><b>Artículo 44</b> I. Recabar la información relativa la calidad de las aguas para el consumo humano y doméstico, industrial, agropecuario y de uso recreativo; de las aguas residuales o estacionarias, así como las fluviales, lacustres y marítimas. II. Realizar estudios para prevenir, controlar y abatir la contaminación de las aguas antes mencionadas III. Establecer en coordinación con otras dependencias federales, las normas para el uso adecuado y aprovechamiento de las aguas, así como las condiciones que se deben cumplir en relación con las descargas de aguas residuales. IV. Mantener la coordinación con organismos públicos y privados para la promoción del saneamiento del agua y de la prevención y control de su contaminación V. Evaluar las actividades y las normas en materia de saneamiento del agua VI. Asesorar y colaborar en programas de adiestramiento en materia de saneamiento y prevención de la contaminación del agua</p>	<p><b>Artículo 45</b> I. Estudiar el grado de contaminación del aire y de las fuentes de contaminación. II. Realizar los planes y programas de prevención y control de la contaminación del aire, del ruido y las radiaciones ionizantes; III. Evaluar las actividades y los resultados en materia de saneamiento atmosférico <b>IV. Establecer las normas, de calidad del aire y de los niveles permisibles de contaminación en la atmósfera.</b> <b>V. Colaborar en la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones legales relativas al control de la contaminación atmosférica, de las radiaciones y del ruido.</b> VI. Asesorar y colaborar en programas de adiestramiento en materia de saneamiento atmosférico.</p>	<p><b>Artículo 46</b> I. Promover programas y actividades para orientar, informar y lograr la participación comunitaria en el saneamiento y mejoramiento del ambiente. II. Mantener la coordinación con organismos públicos y privados para la celebración de eventos que contribuyan a los objetivos de la Subsecretaría en materia de saneamiento ambiental. III. Mantener la coordinación con los centros de documentación científica en la materia y enriquecer el acervo bibliográfico. IV. Recopilar y analizar la información que se transmite o se publique relacionada con el saneamiento ambiental</p>	<p><b>Artículo 47</b> I.-Concentrar y analizar datos y programas que se produzcan en las unidades de la Subsecretaría. II. Elaborar sistemas y programas estadísticos y seleccionar métodos de procesamiento y paquetes de computación en coordinación con la Dirección General de Sistemas e Informática. III.-Realizar estudios para determinar las mejores estructuras, sistemas y procedimientos administrativos de la Subsecretaría de acuerdo con la Subsecretaría de Planeación. IV. Colaborar en programas de adiestramiento en materia de organización y procedimientos administrativos, así como en análisis y procesamiento de datos.</p>

Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Colobaltes. Con información de: SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en DOF, 31 de agosto, 1977, pp. 18-32.

**Anexo 12**  
**Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente**  
**Segundo cambio**  
**Reglamento Interior de la SSA (DOF 9 de junio de 1978)**

**Direcciones Generales**

<b>Coordinación y Control Ambiental</b>	<b>Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud</b>	<b>Programas Especiales de Saneamiento</b>	<b>Saneamiento Atmosférico</b>	<b>Saneamiento del Agua</b>
<p style="text-align: center;">Artículo 22</p> <p><b>I. Formular planes, programas, estudios, acciones y normas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental.</b>                      II. Coordinar y supervisar las labores técnicas de las unidades administrativas relacionadas con el mejoramiento del ambiente;                      III. Coordinar las actividades en materia de saneamiento y mejoramiento del ambiente con otros organismos públicos privados.                      IV.-Formular los dictámenes sanitarios requeridos para la creación, ampliación o modificación de poblaciones.</p>	<p style="text-align: center;">Artículo 31</p> <p><b>I. Promover, asesorar y colaborar en las investigaciones acerca de los efectos del ambiente en la salud.</b>                      II. Valorar la efectividad de los planes, programas acciones y normas en materia de saneamiento ambiental en relación con los efectos en la salud.</p>	<p style="text-align: center;">Artículo 37</p> <p>I. Investigar la contaminación del suelo originada por desechos humanos, animales, industriales y basuras en general, y establecer las normas de control que correspondan.  <b>II. Estudiar los problemas ambientales en materia de higiene ocupacional, emitir dictámenes técnicos y determinar las normas de control que sean necesarias;</b>  <b>III. Dictar normas de saneamiento habitacional, escolar y de otros sitios públicos de reunión.</b>                      IV. Formular planes y programas sobre problemas especiales de saneamiento y evaluar sus resultados.</p>	<p style="text-align: center;">Artículo 44</p> <p><b>I. Investigar el grado de contaminación de la atmósfera, establecer los niveles tolerables de contaminantes y determinar medidas para mejorar su calidad.</b>                      II. Implantar planes y programas para prevenir y controlar la contaminación del aire y la producida por el ruido y las radiaciones y evaluar sus resultados.                      III. Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales relativas al control de la contaminación atmosférica, del ruido y de las radiaciones.</p>	<p style="text-align: center;">Artículo 45</p> <p>I. Investigar la calidad del agua de los sistemas de suministro para el consumo humano y doméstico, de uso recreativo, industrial y agropecuario; de las aguas residuales o estacionarias así como las fluviales, lacustres y marítimas;                      II. Dictar normas sanitarias para el uso y aprovechamiento de las aguas y fijar disposiciones en relación con las descargas de aguas residuales.                      III. Implantar planes y programas para prevenir y controlar la contaminación del agua y evaluar sus resultados.</p>
<p>Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en <i>DOF</i>, 9 junio, 1978, pp. 2-12.</p>				

# Anexo 13

## Funciones de la segunda administración de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente

### Tercer cambio

**Reglamento Interior de la SSA (DOF 16 de marzo de 1981)**

#### Direcciones Generales

Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud Artículo 24	Saneamiento atmosférico Artículo 34	Saneamiento del Agua Artículo 35	Saneamiento del Suelo y Programas Especiales Artículo 36
<p><b>I. Promover, asesorar y realizar las investigaciones sobre los efectos del ambiente en la salud;</b></p> <p>II. Desarrollar los programas e investigaciones en coordinación con la Dirección General de Control de Alimentos, Bebidas y Medicamentos y otras dependencias, para determinar la presencia de contaminantes en los alimentos, así como los efectos que causan en la salud humana;</p> <p><b>III. Fijar normas y criterios técnicos sobre los límites permisibles de contaminación ambiental en relación con la salud humana.</b></p> <p>IV. Apoyar al Sistema de Vigilancia Epidemiológica mediante la captación procesamiento y análisis de información en investigación de los efectos del ambiente en la salud.</p> <p>V. Realizar o intervenir en programas nacionales o internacionales de investigación y educación sobre efectos de la contaminación ambiental en la salud,</p> <p><b>VI. Investigar y compilar documentación científica nacional e internacional en materia de saneamiento ambiental;</b></p> <p>VII. Integrar, administrar y analizar un banco computarizado de información en materia de saneamiento ambiental.</p> <p>VIII. Participar en la producción y actualización de la estadística en materia de saneamiento ambiental;</p> <p>IX. Promover, coordinar y evaluar las acciones de salud relacionadas con la protección ambiental en las zonas marítimas industriales;</p> <p>X. Coordinar técnicamente las actividades de los laboratorios de análisis ambiental, y,</p> <p>XI. Despachar todos aquellos asuntos que las disposiciones legales confieren a la Secretaría, que sean afines a los señalados en las fracciones que anteceden y que le encomiende el secretario del ramo.</p>	<p><b>I. Investigarla la contaminación de la atmósfera, establecer los límites permisibles de contaminantes y fijar medidas para mejorar su calidad.</b></p> <p>II. Formular y aplicar programas para prevenir y controlar la contaminación peligrosa del aire, la producida por el ruido, las radiaciones, las emisiones de energía y evaluar sus resultados;</p> <p>III. Aplicar en situaciones de emergencia grave y evidente las medidas correctivas y las de seguridad indispensables para controlar la contaminación peligrosa del aire, en coordinación con las autoridades competentes.</p> <p><b>IV. Formular normas técnicas generales para el control de fuentes emisoras de contaminación.</b></p> <p>V. Evaluar y certificar las emisiones de humo, gases y ruido provenientes de vehículos automotores.</p> <p>VI. Aplicar las disposiciones legales relativas al saneamiento atmosférico, abatimiento del ruido control de radiaciones y emisiones de energía y vigilar su cumplimiento</p> <p>VII. Despachar todos aquellos asuntos que las disposiciones legales confieren a la Secretaría, que sean afines a los señalados en las fracciones que anteceden y que le encomiende el secretario del ramo.</p>	<p>I. Investigar, vigilar y certificar la calidad del agua para consumo doméstico, industrial, recreativo y agropecuario, así como de las aguas residuales y estacionarias fluviales, lacustres y marítimas.</p> <p>II. Vigilar e intervenir en el reuso de las aguas residuales.</p> <p>III. Vigilar la calidad de las aguas receptoras para evitar la contaminación de las corrientes, acuíferos subterráneos, lagos, estuarios y medio marino.</p> <p>IV. Formular planes, programas, normas y ordenamientos para el control sanitario de la calidad del agua y para prevenir y controlar la contaminación de la misma.</p> <p>V. Aplicar las disposiciones legales relativas al saneamiento del agua y vigilar su cumplimiento;</p> <p>VI. Aplicar en situaciones de emergencia grave y evidente las medidas correctivas y las de seguridad indispensables para controlar la contaminación peligrosa del agua, en coordinación con las autoridades Competentes.</p> <p>VII. Despachar todos aquellos asuntos que las disposiciones legales confieren a la Secretaría que sean afines a los señalados en las fracciones que anteceden y que le encomiende el secretario del ramo.</p>	<p>I. Investigar la contaminación del suelo originada por desechos humanos, animales, industriales, plaguicidas y fertilizantes y basura en general y establecer las normas aplicables;</p> <p>II. Analizar y formular normas de control en materia de higiene ocupacional, saneamiento ambiental escolar en zonas turísticas, en cementerios y en sitios públicos de reunión y recreación.</p> <p>III. Investigar la contaminación proveniente de la fauna nociva y aplicar medidas para la prevención y control.</p> <p>IV. Aprobar técnicamente proyectos sobre utilización y explotación de los suelos para toda clase de construcciones de obras e instalaciones industriales, habitacionales, urbanas, agropecuarias, recreativas y de servicios.</p> <p>V. Investigar, revisar y autorizar el cumplimiento de los proyectos y ejecución de obras de creación, ampliación o modificación de poblaciones;</p> <p>VII. Dictar normas sobre requisitos para el uso y manejo de sustancias, maquinaria, equipos y aparatos con fines de higiene ocupacional.</p> <p>VII. Dictaminar sobre ubicación y funcionamiento de los locales de trabajo y el uso de materias primas en los normas desde el punto de vista de la higiene ocupacional;</p> <p>VIII. Vigilar la utilización y explotación de los suelos a fin de evitar la contaminación, erosión, degradación o destrucción de los mismos;</p> <p>IX. Aplicar las disposiciones legales relativas al saneamiento del suelo y vigilar su cumplimiento.</p> <p>X. Aplicar en situaciones de emergencia grave y evidente las medidas correctivas y las de seguridad indispensables para controlar la contaminación peligrosa del suelo, en coordinación con las autoridades competentes.</p> <p>XI. Despachar todos aquellos asuntos que las disposiciones legales confieren a la Secretaría, que sean afines a los señalados en las fracciones que anteceden y que le encomiende el secretario del ramo.</p>

Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en *DOF*, 16 marzo, 1981, pp. 17-31.

## Anexo 14

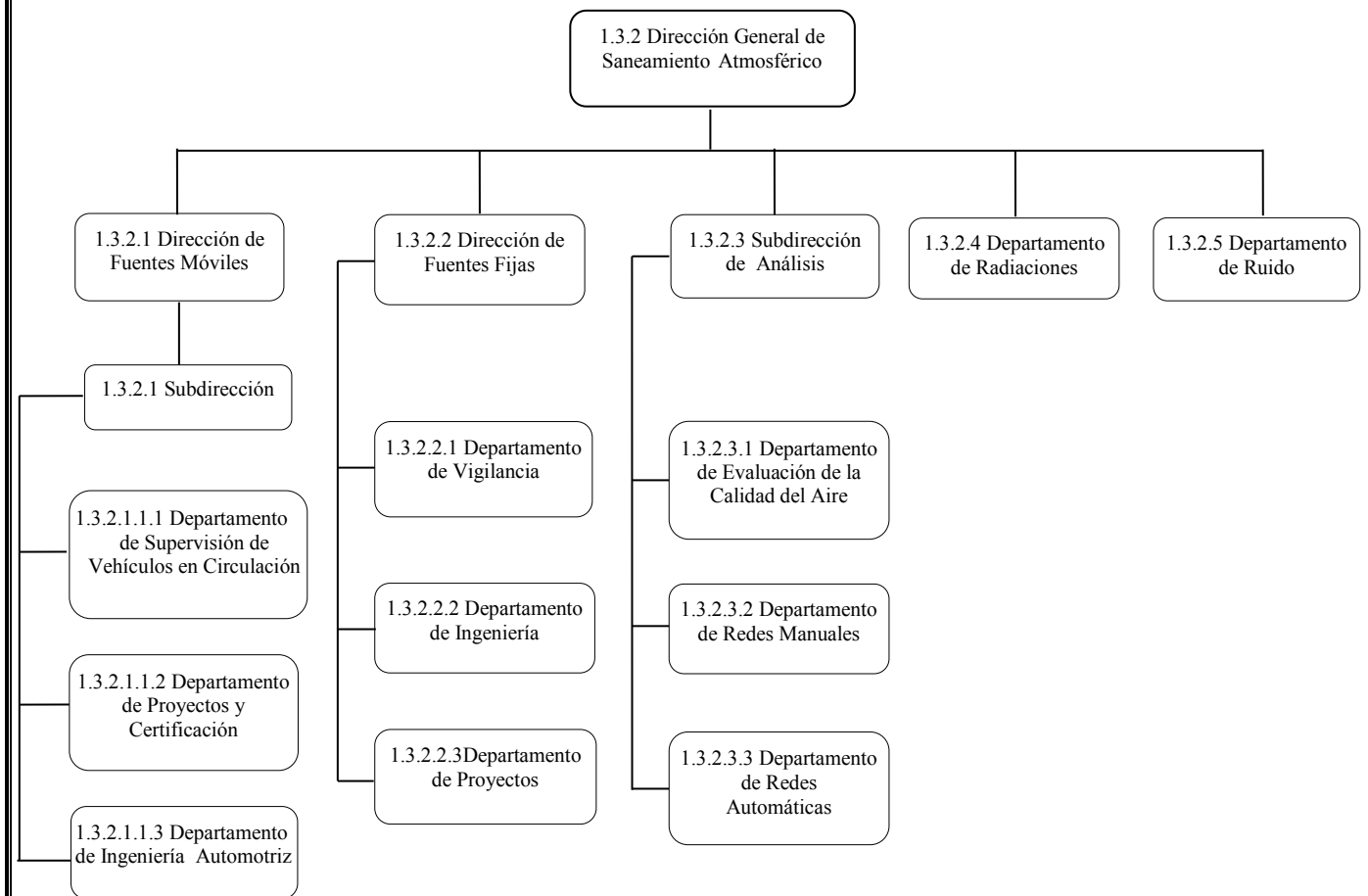
### Cambios en la estructura administrativa de la Subdirección de Mejoramiento del Ambiente, SSA (1972-1982)

Presidente: Luis Echeverría Álvarez	Presidente: José López Portillo y Pacheco		
<b>Secretaría de Salubridad y Asistencia</b>			
Jorge Jiménez Cantú	Emilio Martínez Manatou (1976–1980)		Mario Calles López Negrete (1980–1982)
<b>Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente</b>			
Francisco Vizcaíno Murray	Humberto Romero Álvarez		Manuel López Portillo y Ramos
<b>Reglamento Interior de la SSA</b> <i>DOF</i> 10 agosto de 1973	<b>Reglamento Interior de la SSA</b> <i>DOF</i> 31 de agosto de 1977	<b>Reglamento Interior de la SSA</b> <i>DOF</i> 9 de junio de 1978	<b>Reglamento Interior de la SSA</b> <i>DOF</i> de marzo de 1981
<b>5 Direcciones Generales</b>	<b>8 Direcciones Generales</b>	<b>5 Direcciones Generales</b>	<b>4 Direcciones Generales</b>
1. Coordinación Fidel Mascareño	1. Jefe de Mejoramiento del Ambiente	1. Coordinación y Control Ambiental Blanca Raquel Ordoñez	Desaparece
2. Investigación Enrique Márquez Mayaudón	2. Efectos del Ambiente en la Salud	2. Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud Diego Fernández de Castro Jorge Vilchis Villaseñor	1. Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud
3. Operaciones y Promoción Luis Eugenio Ehrlich	3. Investigaciones y Normas Sanitarias de los alimentos	Desaparece	
4. Planeación Fernando Sepúlveda Amor	4. Programas Especiales de Saneamiento	3. Programas Especiales de Saneamiento Manuel Sirvent Ramos	2. Saneamiento del Suelo y Programas Especiales
5. Evaluación y Supervisión. Rafael Aréchiga Gallegos	5. Saneamiento del Agua	4. Saneamiento del Agua Mario Solano González	3. Saneamiento del Agua
	6. Saneamiento Atmosférico Enrique Tolivia Meléndez	5. Saneamiento Atmosférico Enrique Tolivia Meléndez	4. Saneamiento Atmosférico Enrique Tolivia Meléndez
	7. Promoción del Saneamiento Ambiental	Dirección de Promoción y Divulgación del Saneamiento Ambiental (ya no es dirección general) Manual Sánchez Rosado y Manuel Gómez Noguera	
	8. Sistematización y Análisis Ambiental	Desaparece	
<b>Consejo Técnico</b> Eduardo Echeverría Álvarez Enrique Sánchez Palomera			Unidad de Educación y promoción del Saneamiento Ambiental Unidad Análisis de Obra Pública e Impacto Ambiental

Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Colobaltes. Con información de: SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en *DOF*, 10 agosto, 1973, pp. 17–29; SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en *DOF*, 31 de agosto, 1977, pp. 18–32; SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en *DOF*, 9 junio, 1978, pp. 2–12; SSA, "Reglamento Interior de la SSA", en *DOF*, 16 marzo, 1981, pp. 17–31.

## Anexo 15

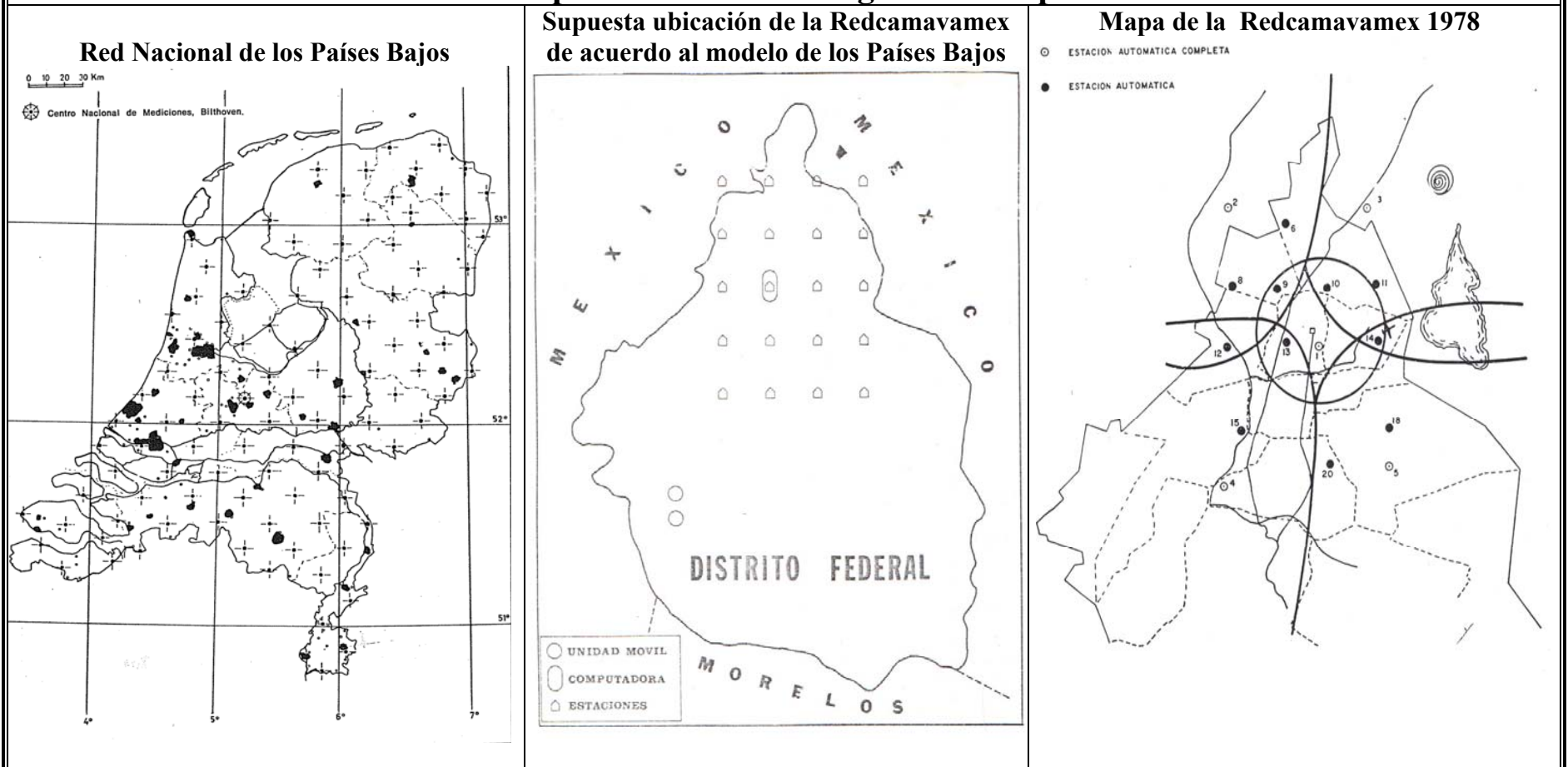
### Estructura Dirección General de Saneamiento Atmosférico 1976–1982



Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Colobaltes. Con información de: SSA, “Manual de Organización de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente” [en línea], pp. 30 y 31.

## Anexo 16

### Comparación entre los siguientes mapas



Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: M. J. Suess y S. R. Craxford, ed., *Manual de calidad del aire en el medio urbano*, 1980, p. 218; Enrique Márquez Mayaudón, "Red Computarizada Automática de Monitoreo del Aire del Valle de México", en *Salud Pública de México*, septiembre–octubre 1975, p. 700; Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*, 1979, p. 29.



**Anexo 17**  
**Red de Monitoreo Automático, Recamavemex, SSA**  
**Estaciones 1976**

<b>Número</b>	<b>Ubicación</b>
1	Glorieta Insurgentes (metro)
2	Atacomulco, Tlanepantla, Edomex
3	Carretera a Pachuca con cllle Hierro, Xalostoc, Edomex
4	Canoas 202, San Jerónimo
5	Cerro de la Estrella, San Lorenzo s/n, Iztapalapa
6	Vallejo y Monte Alto Col. San José de la Escalera
7	Cerro de Salud Lázaro Cárdenas, Col. La Presa
8	Democracia 102, San Miguel Amantla
9	Cuitláhuac 548
10	Calle H. Ford entre Saúl y Martha
11	Calle 483 con Calle 416, San Juan de Aragón
12	Montes Urales y Prado Sur
13	Morazán 43, esquina con Carretones
14	Av. Hangares 235
15	Dr. Francisco de P. Miranda 177
16	Prolongación Tajín s/n
17	Calzada de la Viga y Oriente 166
18	Sur 21 y Calle 10, Col. Bizantina
19	Cuadrante de San Francisco, Rosas y Tetongo
20	Taxqueña 1811, San Francisco Culhuacán

Fuente: SSA, *I Reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental del 14 al 19 de enero de 1973*, 1973, pp. 1203 y 1217.

**Anexo 18**  
**Instrumento Philips modelo PW9790**



Fuente: Juan A. del Georgio, *Contaminación atmosférica: métodos de medida y redes de vigilancia*, 1977, lám. 3.7.

## Anexo 19

### Dispositivos en el centro de control

### Caseta de monitoreo

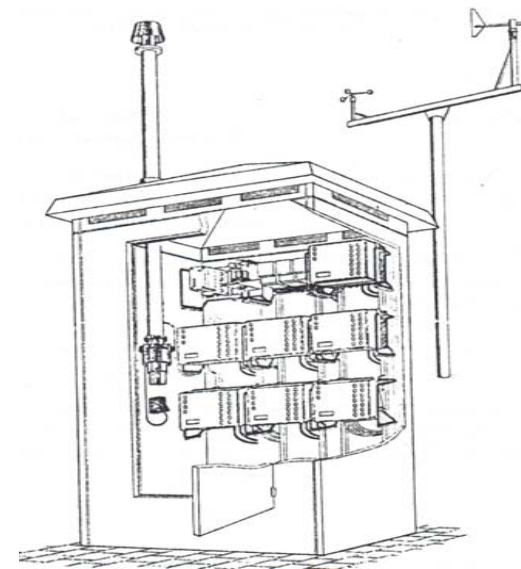
Imagen 1



Imagen 2



Imagen 3



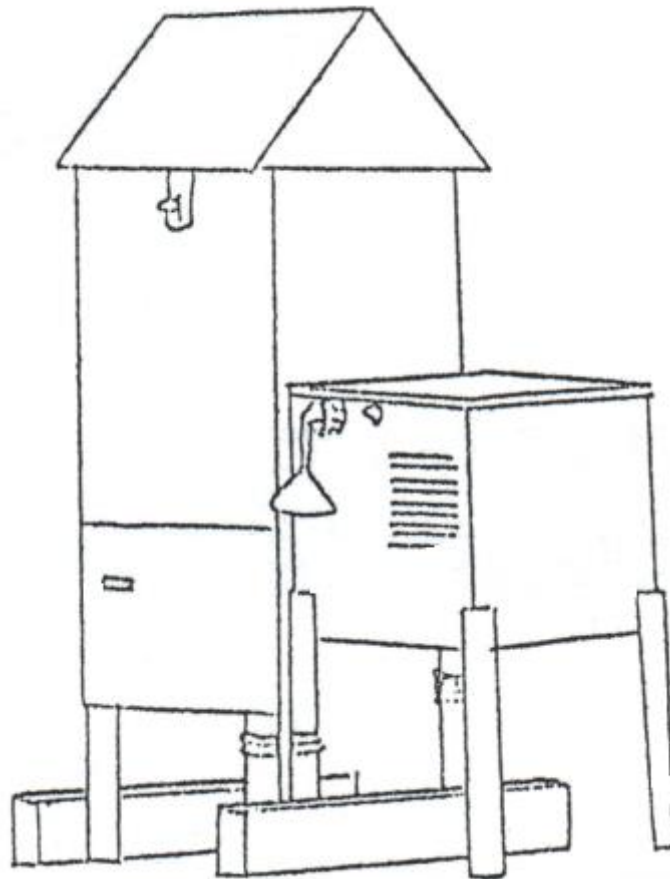
Fuentes:

(Imagen 1) Philips Electrologica, *P855M/P860M System description* [en línea], 1973, p. IV.

(Imagen 2) Philips electronic instruments, "Total systems capability", en *Journal of the Air Pollution Control Association*, noviembre 1973, p. 931.

(Imagen 3) Rodrigo Andrés Serrano Cruz, *Operación y mantenimiento de equipo continuo para determinar la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera*. 1984, Tesis, UNAM, p. 12.

**Anexo 20**  
**Muestreador de alto volumen**  
**y monitor múltiple de gases (RAC)**



Fuente: Rodrigo Andrés Serrano Cruz, *Operación y mantenimiento de equipo continuo para determinar la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera*. 1984, Tesis, UNAM, p. 6.

## Anexo 21 (primera parte)

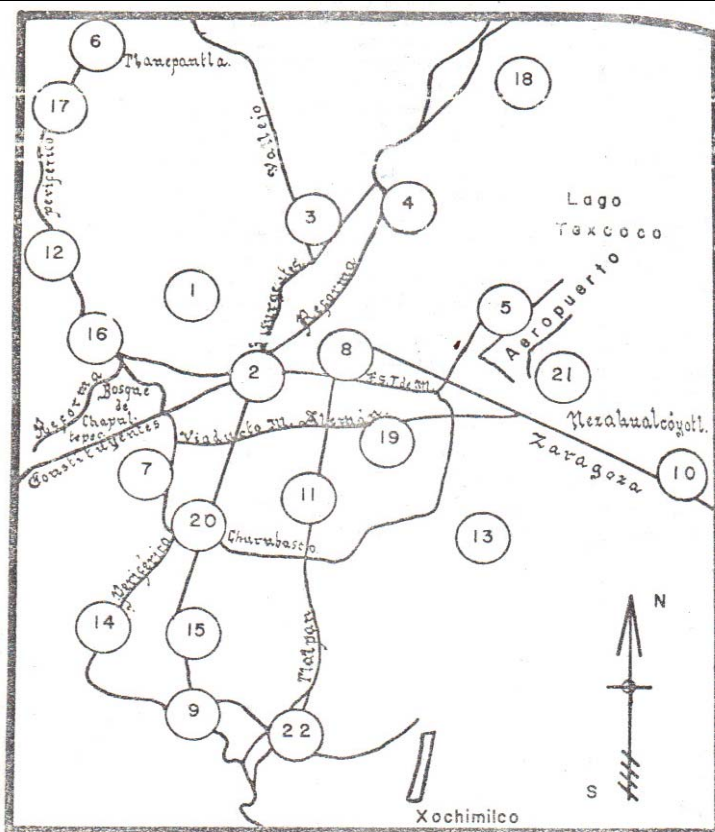
### Estaciones de la Red de Monitoreo Manual, SSA

Estaciones 1977 22 estaciones (Localización en el mapa)		Estaciones 1979 13 estaciones (sin mapa)		Estaciones 1982 14 estaciones (Localización en el mapa)	
1	Mariano Escobedo 20. Tacuba, D.F	1	Mariano Escobedo 20, Tacuba, D.F	ME	<b>Mariano Escobedo.</b> Mariano Escobedo y Mar Negro. Centro de Salud.
3	Poniente 140, No. 720. Industrial Vallejo, D.F.	2	Industrial Vallejo, Poniente 140, No. 720, D.F.	Ha	<b>Hacienda.</b> Lab. Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Legaria 608, Col. Irrigación (Legaria y Presa de la Angostura)
4	Cinco de Febrero y Victoria, G.A Madero, D.F	3	5 de Febrero y Victoria, G.A Madero, D.F.	Vi	<b>Villa.</b> 5 de Febrero y Victoria. Col. Villa Gustavo A. Madero, Centro de Salud
10	Ángeles de Independencia 139. Nezahualcóyotl, Edo. de México.	12	Ángeles de Independencia 139, Nezahualcóyotl, Edo. de México.	Ne	<b>Nezahualcóyotl.</b> Ángel de la Independencia y Escalerillas, Col. Evolución, Centro de salud.
2	Chapultepec 284. Col. Roma, D.F	4	Av. Hangares No. 235, Aeropuerto, D.F.	Ap	<b>Aeropuerto.</b> Boulevard Hangares No. 235, Col. Federal CIAAC, Estación automática No. 14.
5	Aeropuerto Benito Juárez. D.F.	5	Pino Suárez No. 20 (Museo ciudad de México)	Mu	<b>Museo.</b> Pino Suárez y Rep. Del salvador. Museo de la Ciudad de México
6	Av. Central y Andadores 30. Barrientos, Edo. de México	6	Escuela Gral. Felipe Ángeles, John F. Kennedy No. 1, Tlapan, D.F.	FA	<b>Felipe Ángeles.</b> J.F. Kennedy s/n. Col. Isidro Fabela, escuela primaria “Felipe Ángeles”
7	Gral. Felipe Ángeles y Canario. Bellavista, D.F.	7	Escuela Chipre, Av. 9 y Prolog. Canarias, Portales, D.F.	Po	<b>Portales.</b> Prolongación Canarias, entre Av. 9 y Av. 11, Col. San Simón, escuela primaria “República de Chipre”
8	Seminario y Guatemala. Centro, D.F.	8	Ciudad Vicentina, Iztapalapa	Vc	<b>Vicentina.</b> Calle 11 y Sur 21, zona urbana ejidal de Iztapalapa escuela “Ciudad Vicentina”
9	Insurgentes 3496. Tlalpan, D.F.	9	Av. La Presa y Excursionistas, Edo. de México	LP	<b>La Presa.</b> Excursionistas s/n. Col. La Presa, Centro de Salud “Lázaro Cardenas”
11	San simón 94. Portales, D.F.	10		Xa	<b>Xalostoc.</b> Carretera México-Pachuca, Km 13.5, Volkswagen Santa Clara, Edo. de México.
12	Juárez s/n. San Bartolo, Naucalpan, Edo. de México	11	Taxqueña No. 1811, D.F. (Nota: es la misma ubicación que la estación automática número 20, año 1976)	Tx	<b>Taxqueña.</b> Taxqueña No. 1811, Col. San francisco Culhuacán, escuela primaria “Cándido Jaramillo”
13	Victoria s/n. Iztapalapa D.F.	13	Bosques de las Lomas, Av. Ciprés, Edif. de Industrias Resistol	Lo	<b>Lomas.</b> Centro Bosques de las Lomas, Edificio Industrias Resistol
14	San Bernabé 549, San Jerónimo Lídice, D.F.	14	Cuchilla del tesoro	Cu	<b>Cuchilla del tesoro.</b> Poniente 1 y Av. Cuchilla del Tesoro, escuela primaria.
15	Facultad de Ingeniería CU. D.F.	<p>Las direcciones se han dejado tal y como en los documentos originales aparecen con el fin de llevar a cabo dos observaciones, primero, mientras en los años de 1977 y 1979 las estaciones se identifican mediante números –aunque también se identifican mediante claves– sin embargo en 1982 definitivamente se les asigna un nombre según su ubicación y también una clave que costa de dos letras, aunque en –en el caso de que la clave este constituida por dos palabras ambas van en mayúscula, por ejemplo la clave para la estación La Presa es LP, en otros casos la clave se genera a partir de una palabra por ejemplo, Cuchilla del tesoro se identifica con Cu–. Segundo, aunque en algunos casos las direcciones de las estaciones son las mismas, las direcciones varían, la información de 1977 y 1979 es mucho más austera respecto a la de 1982. El principal motivo de poner estas tablas juntas es el de hacer notar el cambio en la ubicación de las estaciones, así mientras en 1977 se tienen 22 estaciones, dos años después en 1979 no solamente ha disminuido el número de estaciones –desaparecen 9 sitios de monitoreo, quedando 13 estaciones– sino que se han cambiaron de lugar, conservándose solamente cuatro sitios de la red de 1977, el resto de estaciones aparece en una nueva ubicación, que más o menos se mantiene igual en los siguientes años, pues vemos que en 1982, se tienen 14 estaciones de monitoreo once de ellas ubicadas en los mismos sitios.</p> <p>Fuente: Enrique Márquez Mayaudón, “Muestreo de grandes volúmenes de aire en el Valle de México para determinar concentración de partículas en suspensión. Informe preliminar”, en <i>Salud Pública e México</i>, marzo-abril 1977, p. 264. Departamento de Monitoreo Manual, <i>Memoria anual 1978 correspondiente a partículas totales, plomo y bióxido de azufre en el Valle de México</i>, México, Secretaría, 1979, pp. 7-8. Departamento de Evaluación de la Calidad del Aire, <i>Evaluación de la calidad del aire en la ciudad de México</i>, 1982, p.10.</p>			
16	Periférico y Conscripto COM. D.F.				
17	Ávila Camacho y Convento. Sta. Mónica, Edo. de México				
18	Vía Morelos, Km 12.7. Xalostoc, Edo. de México				
19	PE Calles 135. Iztacalco, D.F.				
20	R. Cifuentes 53. Sn. José Insurgentes, D.F.				
21	Hangar SSA. D.F.				
22	Tlalpan 22. Huipulco, D.F.				

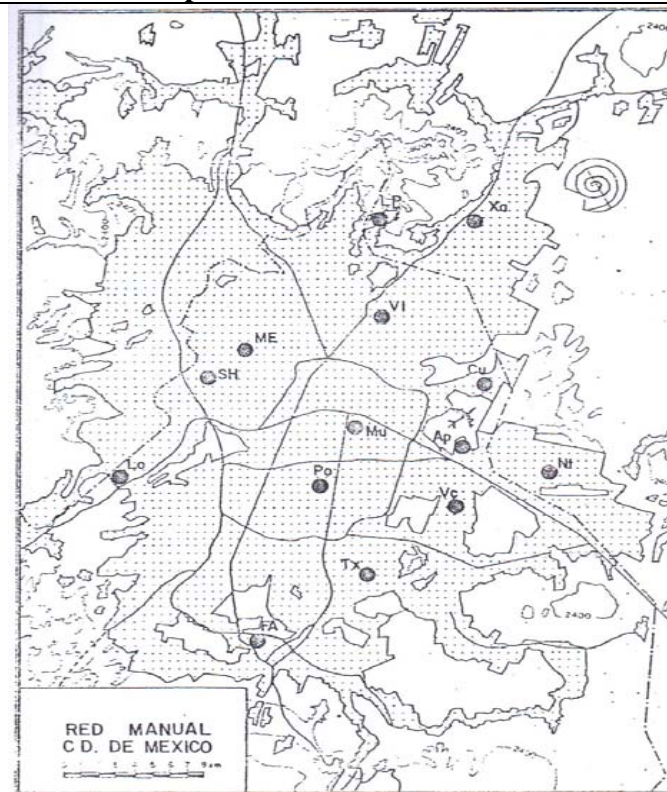
## Anexo 21 (segunda parte)

### Estaciones de la Red de Monitoreo Manual, SSA

Mapa de las 22 estaciones 1977



Mapa de las 14 estaciones 1982



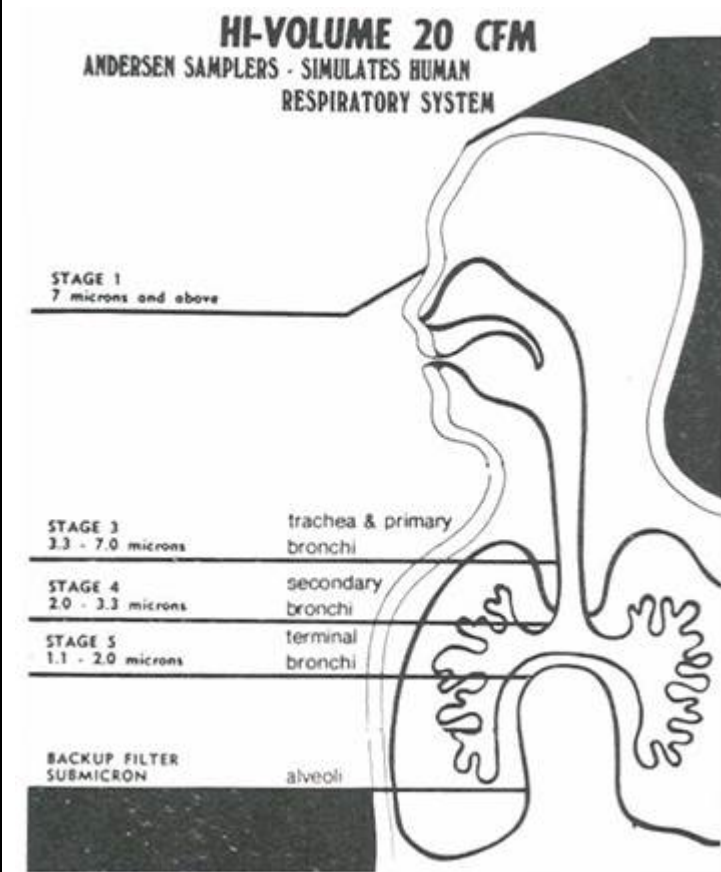
En estos mapas que observamos y que son los que acompañan a la información de la anterior tabla correspondientes a 1977 y 1982 puede notarse lo siguiente, en el mapa de 1977 se destacan por un lado las estaciones –representadas con números– y por otro las principales vías de circulación automovilística, mostrando que se han colocado en función o cubriendo estas últimas. Mientras que en el mapa de 1982 puede observarse varias cosas respecto al primer mapa: las estaciones han cambiado de ubicación; hay menor número de estaciones; están señaladas con una clave de dos letras; y aunque se destacan las principales vías de circulación no todas las estaciones están cerca de ellas. Este mapa además incluye, a diferencia del anterior, el área conurbada del Distrito Federal y el Estado de México señalada con los puntos.

Fuente mapas: Enrique Márquez Mayaudón, “Muestreo de grandes volúmenes de aire en el Valle de México para determinar concentración de partículas en suspensión. Informe preliminar”, en *Salud Pública de México*, marzo-abril 1977, p. 264. Departamento de Evaluación de la Calidad del Aire, *Evaluación de la calidad del aire en la ciudad de México*, 1982, p.10.



## Anexo 22

### Equipo Andersen



En la primera imagen observamos el cabezal fraccionador Andersen, el que constaba de cinco discos de aluminio (o filtros). En el primer disco se colectaban partículas de 7 micras y mayores; en el segundo disco partículas de un diámetro entre 2 y 3.3 micras; y partículas de 1.1 a 2 micras de diámetro en un tercer filtro. Mientras que en el usual filtro rectangular del muestreador de grandes volúmenes se colectaban partículas de diámetro menor a 1.1 micra. En la imagen de la derecha vemos que estos tamaños de partículas se relacionaban con su acceso en el sistema respiratorio humano.

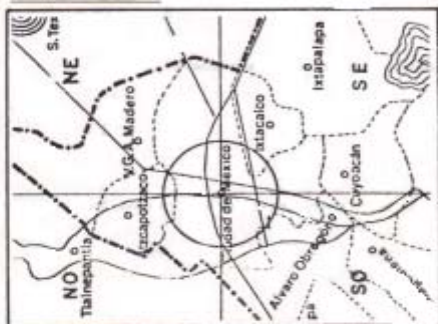
Fuente: Anuncio, en *Journal Air Pollution Control Association*, núm. 4, vol. 23, 1973, p. 283.

## Anexo 23 Imexca reportes

### Formato público

# CONTAMINACION ATMOSFERICA

## índice de calidad del aire, valle de México



INFORME PERIODO  
DE LAS \_\_\_\_\_ HRS.  
DEL DIA \_\_\_\_\_  
A LAS \_\_\_\_\_ HRS.  
DEL DIA \_\_\_\_\_

NO = \_\_\_\_\_  
NE = \_\_\_\_\_  
CENTRO = \_\_\_\_\_  
SO = \_\_\_\_\_  
SE = \_\_\_\_\_  
VISIBILIDAD = \_\_\_\_\_



Información proporcionada por:  
Dirección General de Saneamiento Atmosférico  
Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente  
Secretaría de Salubridad y Asistencia

**CALIDAD DEL AIRE :** 0-50 Buena, 51-100 Satisfactoria, 101-300 No Satisfactoria, 301-400 Mala, 401-500 Muy Mala

**VISIBILIDAD :** Mayor de 20 km. Muy buena, de 10 a 20 km. Buena, de 5 a 10 km. Regular, De 1 a 5 km. Mala, Menor de 1 km. Muy Mala ( PROPORCIONADO POR EL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL )

**EL IMEXCA :** SE REPORTA EN BASE AL CONTAMINANTE CON EL MAS ALTO NIVEL DE LA ZONA. LOS CONTAMINANTES MEDIDOS SON: PST(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES - FRACCION RESPIRATORIAL SO<sub>2</sub> (DIOXIDO DE AZUFRE), NOx (OXIDO DE NITROGENO), O<sub>3</sub> (OZONO), CO ( MONOXIDO DE CARBONO )

### Formato de registro interno (uso técnico)

**I.M.E.X.C.A.**

INFORME DEL PERIODO DE LAS 01 HRS. DEL 18-Abr-79 A LAS 24 HRS. DEL 18-Abr-1-79

CONTAMINANTE	S E C T O R E S					Hora	Visibil.
	N.W.	N.E.	CENTRO	S.W.	S.E.		
OS CONC. MAX. HORA (P.P.M.)						01 7	
VALOR	(1)	(1)	(1)	(3)	(2)	02 7	
DEL INDICE						03 6	
SO <sub>2</sub> CONC. PROM. DIARIO P.P.M.	15.3	13.70	17.13	14.15	12.20	04 4	
VALOR	0.043	0.021	0.019	0.009	0.012	05 3	
DEL INDICE	30.36	14.64	13.33	6.43	8.57	06 2	
PST CONC. PROM. DIARIO μg/m <sup>3</sup>	(1)	115	57	71	54	07 1	
VALOR		58.22	28.58	35.30	26.85	07 2	
DEL INDICE						08 1	
PM <sub>10</sub> CONC. RESULT. μg/m <sup>3</sup>		2.41	1.09	0.64		09 1	
VALOR		52.52	23.61	13.21		10 1	
DEL INDICE						10 2	
CO CONC. PROM. 3hrs P.P.M.	11.00/12.4	11.20/13.10	11.00/13.14	11.00/14.15	11.00/16.20	11 6	
VALOR	3.75	4.30	4.28	3.21	2.76	12 6	
DEL INDICE	26.80	30.71	30.54	22.92	19.70	13 4	
DEL INDICE MAXIMO	30	58	31	35	27	14 4	
CONTAMINANTE I.M.E.X.C.A.	SO <sub>2</sub>	PST	CO	PST	PST	15 4	
CALIDAD DEL AIRE	B.	S.	B.	B.	B.	16 5	

**CONCENTRACIONES AXIMAS DEL DIA.**

	N.O.	N.E.	CENTRO	S.O.	S.E.
SO <sub>2</sub>	0.133 / 7.6	0.132 / 7.5	0.162 / 7.1	0.062 / 7.2	0.082 / 7.0
PST	4.00	10.00	4.00	5.00	5.00
CO	19.25 / 9	9.20 / 10	13.12 / 13	9.94 / 12	11.00 / 10

**CAPA DE INVERSION.**  
BASE: Superficie  
TECHO: 100 metros  
INTENSIDAD: 2.2 °C en 100 m.

**TEMPERATURA SUPERFICIE**  
MAXIMA: 26.4 °C, 14:00 hrs Est. 4  
MINIMA: 7.3 °C, 6:00 hrs Est. 4

**VIENTOS SUPERFICIE (DOMINANTES)**

ESTACION	DIRECCION	VELOCIDAD m/s
1-		
2-		
3-	AW	1.1
4-	SO	1.4
5-		

**PRONOSTICO.**  
Para el día 19: No habrá cambio en la temperatura. Nublado por la tarde con chubascos. Temperatura máxima 27 °C.

**VELOCIDAD MAXIMA.**  
VELOCIDAD 4.6 m/s a LAS 15:00 hrs, ESTACION 4 DIRECCION 0

**OBSERVACIONES** La capa máxima de mezcla fue de 390 m. La inversión térmica se rompió a las 9:00 horas con una temperatura de 19.0 °C.

(1) Fuera de operación (3) Falla en el equipo  
(2) Falla en la transmisión (4) Valor estimado

Fuente: Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)*, 1979, p. 36  
Imexca, México, 18 de abril, 1979. 1 pp.



**Anexo 24**  
**Valores del Imexca y su correspondencia con las**  
**concentraciones de PST y fracción respiratoria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Partículas Suspendidas Totales</b>	<b>Fracción respiratoria</b>	<b>Términos descriptivos</b>
Valor del índice 50=175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor del índice 50=100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	“Bueno” Del 0 al 50 valor del índice
<b>Valor del índice 100=350 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> (Supuesta Norma de Calidad del Aire para México, punto de quiebre)	<b>Valor del índice 100=190 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> (Supuesta Norma de Calidad del Aire para México, punto de quiebre)	<b>“Satisfactorio”</b> <b>Del 51 al 150 valor del índice</b>
Valor del índice 200=510 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor del índice 200=240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	“No satisfactorio” Del 151 al 200 valor del índice
Valor del índice 300=675 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor del índice 300=275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	“Malo” Del 201 al 300 valor del índice
Valor del índice 400=835 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor del índice 400=305 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	“Muy malo” Del 301 al 500 valor del índice
Valor del índice 500=1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor del índice 500=330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: Dirección General de Saneamiento Atmosférico, “El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (Imexca)”, 1979, pp. 22 y 23.

## Anexo 25

### Patrones propuestos por la Unión Soviética , Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud para polvo en suspensión

Microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	URSS 1951	E.U 1971		Organización Mundial de la Salud	
		<i>Normas Primarias</i>	<i>Normas Secundarias</i>	<b>Redpanaire</b> <i>Niveles de Referencia</i> <b>1967</b>	<b>Comité de expertos</b> <i>Objetivos a Largo Plazo Recomendados</i> <b>1972</b>
Promedio anual	---	75 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Promedio geométrico Analizado por la técnica de muestreador de alto volumen (gravimetría)		Determinado por el método recomendado por la British Standards Institution (1963) y empleado en la Redpanaire, que medía en conjunto los óxidos de azufre y las partículas en suspensión.	
Promedio diario	150	260 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	---	---
		Analizado por la técnica de muestreador de alto volumen (gravimétrica) No debe excederse más de una vez por año			
Máximo ocasional	500	---	---	---	---
98% de las observaciones inferior a	---	---	---	---	120 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Determinado por el método recomendado por la British Standards Institution (1963)

Cepis, *Redpanaire Informe 1967-1974*, pág. 6 y Cepis, *Redpanaire Resultados obtenidos:1967-1970*, pág.8.

## Anexo 26

### Comparación de las funciones de las diversas direcciones de la SMA para establecer criterios y normas de la calidad del aire de acuerdo a los reglamentos internos de la SSA (1972–1982)

Presidente: Luis Echeverría Álvarez SSA: Jorge Jiménez Cantú SMA: Francisco Vizcaíno Murray (1970-1976)		Presidente: José López Portillo y Pacheco (1976-1982)		
		SSA: Emilio Martínez Manatou SMA: Humberto Romero Álvarez (1976–1980)	SSA: Mario Calles López Negrete SMA: Manuel López Portillo y Ramos (1980–1982)	
<b>DOF 10 agosto de 1973</b>		<b>DOF 31 de agosto de 1977</b>	<b>DOF 9 de junio de 1978</b>	<b>DOF 16 de marzo de 1981</b>
Normatividad	<b>Consejo Técnico</b> Artículo 12 II. Elaborar y proponer alternativas de normas generales para la investigación y para los programas de prevención y control de la contaminación ambiental.			
		<b>Dirección General de Jefe de Mejoramiento del Ambiente</b> Artículo 40 II. Proponer al Subsecretario los planes, programas, normas técnicas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental	<b>Dirección General de Coordinación y Control Ambiental</b> Artículo 22 I. Formular planes, programas, estudios, acciones y normas en materia de saneamiento y mejoramiento ambiental.	
	<b>Dirección General de Coordinación</b> Artículo 26 VI. Recopilar normas de trabajo relacionadas con el mejoramiento del ambiente y proponer la elaboración de las faltantes o modificación de las existentes, en caso necesario.	<b>Dirección General de Efectos del Ambiente en la Salud</b> Artículo 41 III. Determinar índices de tolerancia de contaminantes y establecer las normas respectivas		<b>Dirección General de Investigación de los Efectos del Ambiente en la Salud</b> Artículo 24 III. Fijar normas y criterios técnicos sobre los límites permisibles de contaminación ambiental en relación con la salud humana.
		<b>Dirección General de Saneamiento Atmosférico</b> Artículo 45 IV. Establecer las normas de calidad del aire y de los niveles permisibles de contaminación en la atmósfera.	<b>Dirección General de Saneamiento Atmosférico</b> Artículo 44 I. Investigar el grado de contaminación de la atmósfera, establecer los niveles tolerables de contaminantes y determinar medidas para mejorar su calidad.	<b>Dirección General de Saneamiento atmosférico</b> Artículo 34 I. Investigarla la contaminación de la atmosfera, establecer los límites permisibles de contaminantes y fijar medidas para mejorar su calidad. IV. Formular normas técnicas generales para el control de fuentes emisoras de contaminación.
Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Con información de: SSA, “Reglamento Interior de la SSA”, en <i>DOF</i> , 10 agosto, 1973, pp. 17–29; SSA, “Reglamento Interior de la SSA”, en <i>DOF</i> , 31 de agosto, 1977, pp. 18–32; SSA, “Reglamento Interior de la SSA”, en <i>DOF</i> , 9 junio, 1978, pp. 2–12; SSA, “Reglamento Interior de la SSA”, en <i>DOF</i> , 16 marzo, 1981, pp. 17–31.				

## Anexo 27

### Ejemplo de estación de monitoreo. Xalostoc (XAL)



Fachada del Hospital General de Zona, Clínica número 76 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ubicado en Xalostoc, en el municipio de Ecatepec de Morelos en el Estado de México. En la parte superior del edificio se puede apreciar la caseta de monitoreo atmosférico donde se resguardan los instrumentos.



Caseta de monitoreo en la azotea del Hospital. Arriba de la caseta se encuentran, de izquierda a derecha las tomas de muestras para los instrumentos automáticos de gases y también para el instrumento de partículas, en la esquina derecha de la caseta se localiza la torre meteorológica y detrás de ella un analizador de espectroscopia diferencial óptica. También puede apreciarse la caja de conexiones eléctricas y la del aire acondicionado.



Interior de la caseta de monitoreo. Se observa en primer plano un equipo automático TEOM para la medición de partículas y del lado derecho de la fotografía se observan los analizadores automáticos de gases, así como el equipo de transmisión de datos, todos ellos pertenecientes a la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.



Instrumentos expuestos a la intemperie en la azotea del Hospital. En primer plano se observa un pluviógrafo y después un muestreador de depósito húmedo y seco, ambos instrumentos de la Red de Deposito Atmosférico. Posteriormente se halla un muestreador para la medición de PM<sub>2.5</sub>, después un muestreador para PST y finalmente uno para PM<sub>10</sub> todos estos últimos instrumentos pertenecen a la Red Manual

Fotos: Natalia Verónica Soto Colobaltes.

## Anexo 28

### Ejemplo de estación de monitoreo. San Agustín (SAG)



Centro de Salud Comunitario “San Agustín” ubicado en el Estado de México. En el lado superior izquierdo de esta imagen puede observarse la torre meteorológica y justo en medio –detrás del letrero– se puede ver la caseta de monitoreo que resguarda algunos instrumentos. Como puede verse esta estación se encuentra a unos pocos metros del suelo a diferencia de la anterior – Xalostoc– que se encuentra ubicada a una altura mayor.



Caseta de monitoreo tipo *Shelter*, como puede observarse, se trata de una estructura específica para aislar los instrumentos de las condiciones atmosféricas. En la parte superior izquierda puede apreciarse un panel solar. Posteriormente, se localiza la toma de muestra para el instrumento de partículas de la red automática.



Torre meteorológica con sensores de dirección y velocidad de viento en la parte superior. Y en la parte inferior se observa un analizador de espectroscopia diferencial óptica.



Instrumentos de la red manual en la azotea del Centro de Salud, en primer plano se observan dos instrumentos para la medición de  $PM_{2.5}$ , al fondo un muestreador para la medición de  $PM_{10}$

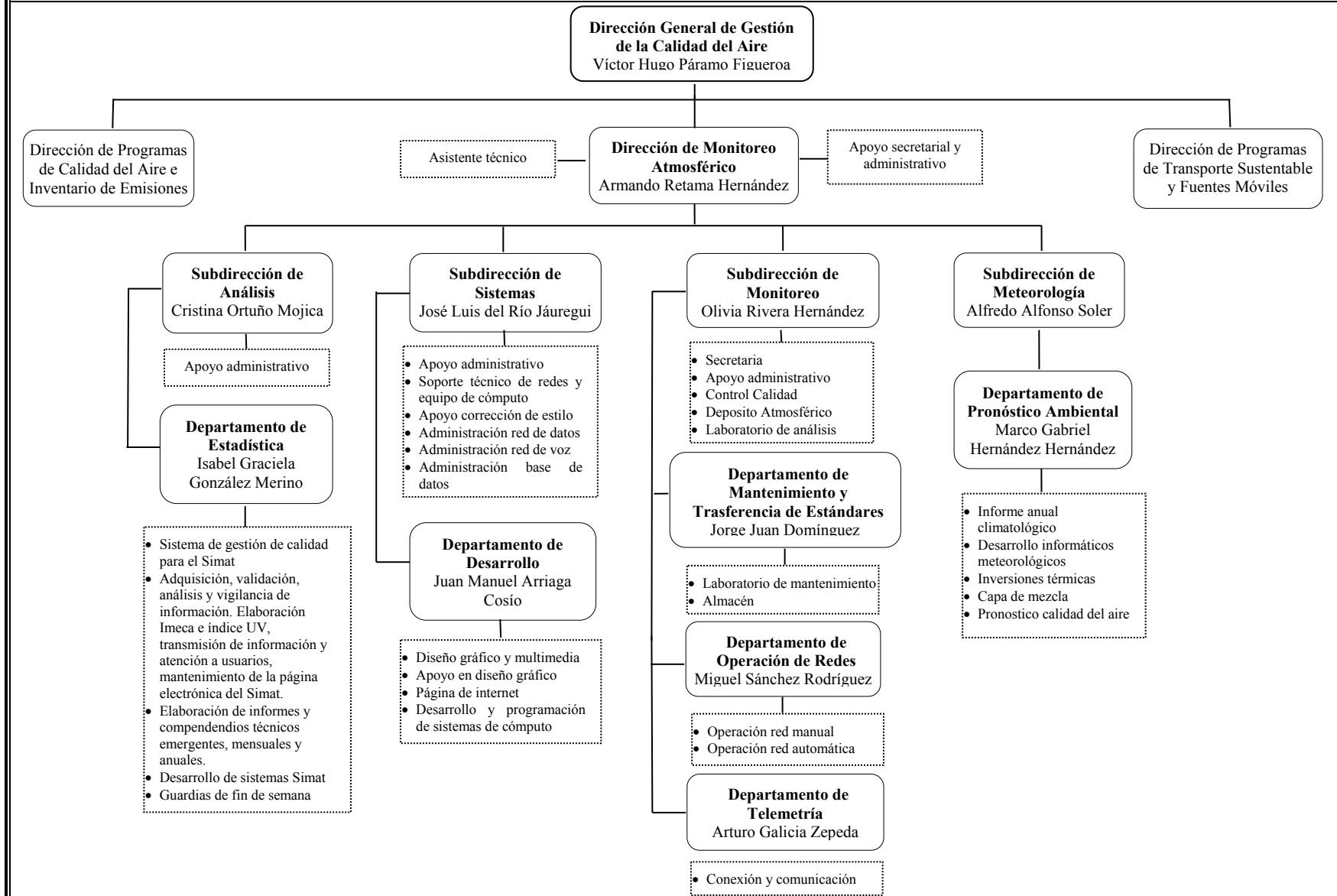


En esta imagen se muestra la estructura eléctrica para el funcionamiento de los instrumentos manuales.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.

## Anexo 29

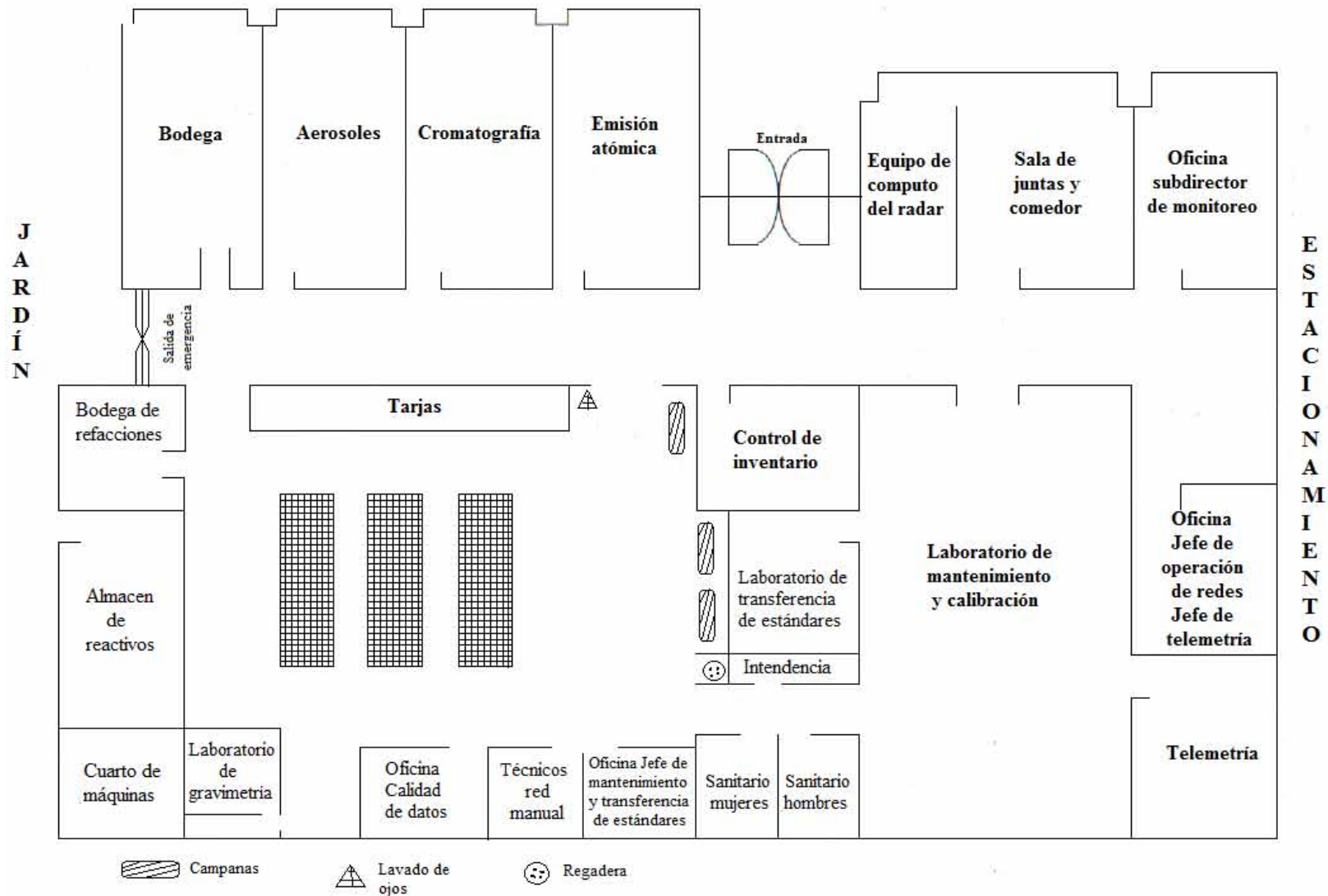
### Estructura Dirección de Monitoreo Atmosférico



Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes. Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Federal, *Organigrama* [en línea] <<http://www.sedema.d.gob.mx>> [Consultado: 3 septiembre de 2014]

## Anexo 30

### Mapa del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico



Fuente: Elaboración propia Natalia Verónica Soto Coloballes a partir del mapa del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico.

### Anexo 31

### Logotipos del Simat



Aquí algunos ejemplos de las imágenes que usa con frecuencia en sus informes, reportes, comunicados y demás documentos la Dirección de Monitoreo Atmosférico para referirse al Sistema de Monitoreo Atmosférico.

Fuente: Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la ciudad de México. Informe 2008*, 2009, p. 1. Y Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la ciudad de México. Informe 2009*, 2010, p. 16.



## Anexo 32

### Imágenes del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico



Laboratorio de Mantenimiento y Calibración



Áreas analíticas del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico.



Fachada del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico. En la azotea puede observarse algunos instrumentos de medición como el radar perfilador de viento, la torre meteorológica así como tomas de muestras. Del lado Izquierdo de la fotografía se aprecia la parte delantera de una de las camionetas Kango utilizadas como medio de transporte para la visita a las estaciones.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes, tomadas durante el estudio etnográfico.

## Anexo 33

### Medición de partículas: red manual y red automática (año 2012)

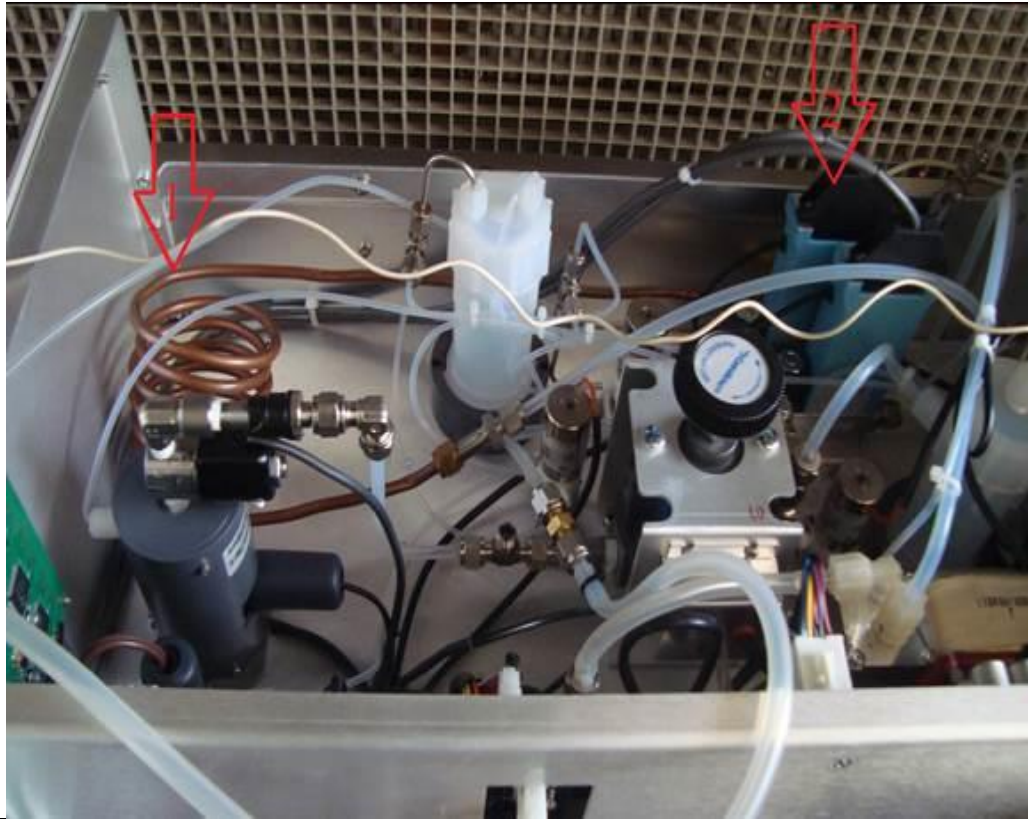
Ubicación de la estación		Clave y nombre de la estación		Red manual (12 estaciones)			Red automática (32 estaciones)		
Distrito Federal	Álvaro Obregon	PED	Pedregal	PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
	Azcapotzalco	CAM	Camarones				PM10	PM 2.5	
	Coyoacán	COY	Coyoacán			PM 2.5		PM 2.5	
		SUR	Santa Úrsula				PM10		
	Cuajimalpa	CUA	Cuajimalpa						
		SFE	Santa Fe				PM10	PM 2.5	
	Cuauhtémoc	HGM	Hospital General de México				PM10	PM 2.5	
	Gustavo A. Madero	SJA	San Juan de Aragón					PM 2.5	
	Iztacalco	IZT	Iztacalco				PM10		
	Iztapalapa	CES	Cerro de la Estrella	PST	PM10				
		UIZ	UAM Iztapalapa	PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
	Sin estaciones de monitoreo								
	Miguel Hidalgo	LOM	Lomas		PM10				
		SHA	Secretaría de Hacienda		PM10				
	Tlalpan	TPN	Tlalpan						
		AJU	Ajusco					PM 2.5	
	Venustiano Carranza	MER	Merced	PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
	Xochimilco	TAH	Tláhuac				PM10		
UAX		UAM Xochimilco					PM 2.5		
Estado de México	Acolman	ACO	Acolman				PM10		
	Atizapán	ATI	Atizapán						
	Chalco	CHO	Chalco						
	Coacalco	VIF	Villa de las Flores				PM10		
	Ecatepec	LLA	Los Laureles						
		SAG	San Agustín			PM 2.5	PM10	PM 2.5	
		XAL	Xalostoc	PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
	Naucalpan	FAC	FES Acatlán				PM10		
	Nezahualcoyotl	NEZ	Nezahualcoyotl		PM10			PM 2.5	
	Texcoco	MON	Montecillo						
	Tlalnepantla	LPR	La Presa		PM10				
		TLA	Tlalnepantla	PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
Tultitlán	TLI	Tultitlán				PM10			
<b>Total número de estaciones de acuerdo al parámetro medido:</b>				<b>6</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	
				PST	PM10	PM 2.5	PM10	PM 2.5	
				<b>Red manual</b>			<b>Red automática</b>		

Como puede observarse algunas estaciones de monitoreo miden de manera manual y automática todos los parámetros: PST, PM10 y PM 2.5. En los demás casos la situación es diversa con lo que quiere resaltarse que cada estación tiene una cierta configuración en las que se miden unos u otros parámetros. También se observa que en las delegaciones Benito Juárez, La Magdalena Contreras, Milpa Alta y Tláhuac no se tienen estaciones de monitoreo para este cotaminante.

Fuente: Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la ciudad de México. Informe 2011, 25 años de monitoreo atmosférico 1986–2011, 2012*, pp. 125 y 126.

### Anexo 34

#### Tuneo. Rediseño: incorporación de un serpentín



En la fotografía de la izquierda puede observarse el serpentín de cobre, señalado con la flecha roja que tiene el número 1. Y la válvula, el componente azul, señalado con la flecha roja que contiene el número 2. En la fotografía de arriba puede observarse el instrumento en su totalidad, el cual se encuentra abierto debido a las pruebas y rediseños que se llevaban a cabo.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.

## Anexo 35

### Tueno. Creación de artefactos: Juyis tool



En las dos fotografías de la izquierda puede apreciarse cómo la *Juyis tool* se ensambla en la válvula para poderla abrir. Mientras que en las fotografías que se encuentran del lado derecho puede observarse por un lado la válvula desarmada, y por otro lado, la propia herramienta, en la foto superior derecha aparecen las dos versiones de la herramienta, la que tiene escrito el nombre de *Juyis tool* es la primera versión, es decir, la versión beta, la que servía solamente para abrir un determinado tamaño de válvulas y la otra es la versión “mejorada” que abre un mayor número de válvulas.

Fotos: Natalia Verónica Soto Colobaltes



### Anexo 36

#### Tuono. Creación de artefactos y herramientas: controlador de humedad

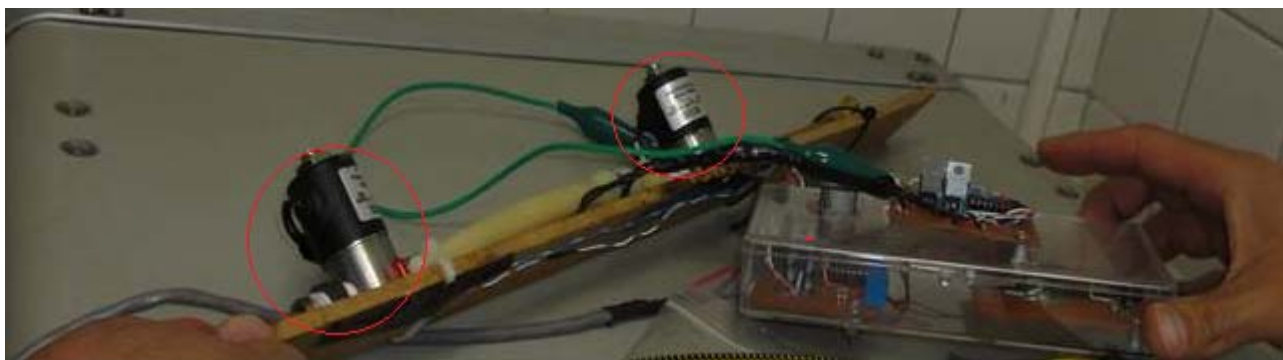


En la fotografía de la derecha puede observarse justo arriba del estante donde se guardan los filtros una caja negra, señalada con una elipse roja, precisamente el controlador de humedad. En la fotografía de la izquierda se aprecia de cerca el controlador de humedad del laboratorio de gravimetría.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes

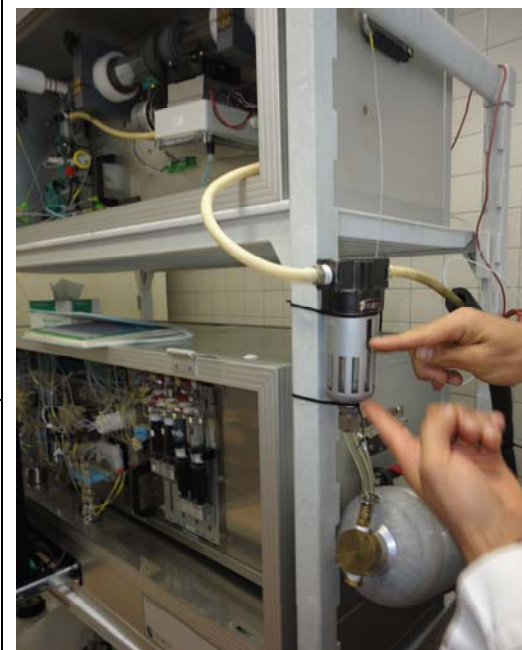
### Anexo 37

#### Tuneo. Caso Marga

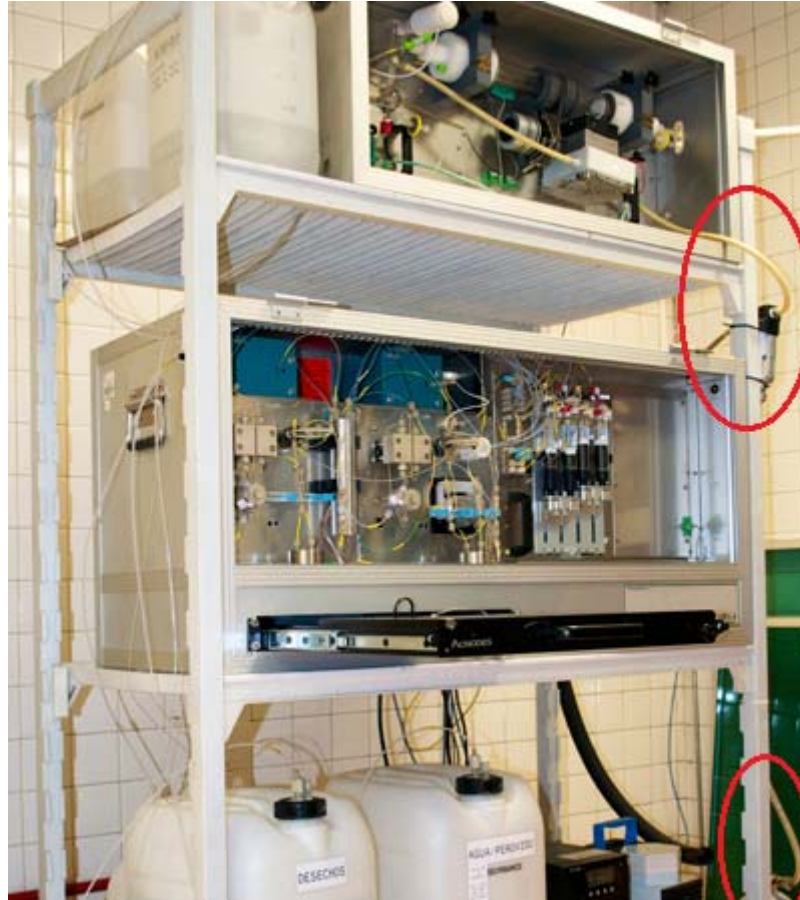


En la fotografía de arriba puede apreciarse “la muñequita vudú”, diseñada para retirar la humedad del instrumento. Señaladas con un círculo rojo aparecen las válvulas constitutivas de este dispositivo las cuales fueron recicladas de los instrumentos de gases. En la fotografía del lado derecho puede observarse tanto el instrumento MARGA, como el dispositivo que sustituyo al anterior, y el cual se encuentra conectado mediante una manguera al controlador de flujo másico y al tanque que almacena el agua.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.



**Anexo 38**  
**Tuneo. Caso Marga**  
**(fotografía en la página electrónica del Simat)**



En esta fotografía puede apreciarse también la manguera y parte del tanque, señalados en rojo, que los cuidadores colocaron para ayudar al instrumento, la fotografía ha sido subida por la propia institución y se encuentra en la siguiente dirección electrónica <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27aaBhnmI=%27> [consultada: 23 de febrero de 2014]

## Anexo 39

### Tuneo. Grasa de silicón



En la fotografía del lado izquierdo se observa las mangueras de las bombas peristálticas donde se usa la grasa de silicón. Y en la fotografía del el lado izquierdo simplemente se muestra el envase de la grasa de silicón.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.



**Anexo 40**  
**Tuneo. Sustituciones: recipientes-cubetas**



Del lado izquierdo puede apreciarse el instrumento colector de depósito seco y húmedo con las cubetas que no son originales, y en la imagen de arriba se observan tanto las cubetas originales (las más pequeñas) junto con las cubetas no originales.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.

## Anexo 41

### Tuneo. Sustituciones: tiras de neopreno



En estas dos imágenes puede observarse el neopreno que rodea el portafiltro, el cual hace de sello para evitar las fugas de aire. En la fotografía de la izquierda el filtro se encuentra limpio mientras que en la fotografía de la derecha, el filtro se halla con la carga de partículas.

Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.

En la imagen de arriba puede apreciarse dónde se ubica el portafiltro y el neopreno en el instrumento de medición

## Anexo 42 Maya



En esta fotografía se observa una especie de maya –color verde– que se coloca sobre el ventilador del instrumento de partículas  $PM_{2.5}$  con el fin de disminuir la cantidad de polvo que entra al instrumento.  
Fotos: Natalia Verónica Soto Coloballes.

### Anexo. 43

## Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA)



En la fotografía de arriba puede observarse los monitores donde se consulta los datos de los instrumentos, el mapa digital de las estaciones así como las imágenes de la ciudad procedentes de cámara que se encuentra a las afueras de la ciudad. Esta fotografía es de 2009 cuando el CICA todavía se encontraba en las instalaciones de Agricultura número 21 en la colonia Escandón.

Fotografía: Natalia Verónica Soto Colobaltes

## Anexo. 44

### Ventana del sistema AirVision (validación de datos)

Alerta de Precontingencia O3	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Alerta de Precontingencia por O3: [5] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige negativo O3	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo O3: [5] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige negativo CO	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo CO: [4] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige negativo NO	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:59 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo NO: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige negativo NO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo NO2: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige negativo NOx	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:59 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo NOx: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Corrige Negativo SO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Corrige Negativo SO2: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Datos sospechoso PM10	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:51 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Datos sospechosos de PM10: [1] site(s) were not processed and will be retried.
Falla en la veleta	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:52 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Posible falla en la veleta: [2] site(s) were not processed and will be retried.
Falla en Temp Shelter	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	TIN>30: [5] site(s) were not processed and will be retried.
Incremento extra de PM10	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:52 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Incremento Extra PM10: [1] site(s) were not processed and will be retried.
Incremento extra de SO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Incremento Extra SO2: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo CO	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:59 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg CO: [4] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo NO	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg NO: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo NO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg NO2: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo NOx	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg NOx: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo O3	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg O3: [5] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo PM10	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:59 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg PM10: [1] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo PM2.5	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg PM2.5: [9] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda Negativo SO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda Neg SO2: [3] site(s) were not processed and will be retried.
Invalidado por PM10 igual a cero	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:04:53 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalidado por [PM10] igual a cero: [1] site(s) were not processed and will be retried.
Invalidado por PM2.5 igual a cero	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:00 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalidado por [PM2.5] igual a cero: [9] site(s) were not processed and will be retried.
Invalidado por PMCO igual a cero	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalidado por [PMCO] igual a cero: [9] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda TIN_NO2	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda TIN_NO2: [5] site(s) were not processed and will be retried.
Invalda TIN_CO	Adryp Task	Task completed with warnings	2/14/2012 1:04:25 PM	2/14/2012 1:05:01 PM	2/14/2012 1:04:25 PM	Invalda TIN_CO: [5] site(s) were not processed and will be retried.

La imagen de arriba es una ventana perteneciente al sistema AirVision. La columna en amarillo indica “tarea completada con advertencias” es decir que el programa ha llevado a cabo la validación automática de los datos. Esta acción (la aplicación de los criterios) es informada a un grupo de personas de la Dirección de Monitoreo Atmosférico mediante correo electrónico.

Fuente: *Sistema de adquisición y publicación de información del AirVision*, p.13. Documento no publicado, proporcionado personalmente por el Técnico K al final de la entrevista realizada en las instalaciones de la Dirección de Monitoreo Atmosférico, el día 6 febrero de 2012 SMA.



## Anexo. 45

### Aviso de aplicación de criterio y colocación de bandera

**Bandeja de entrada** Buscar Bandeja de entrada

Organizado por: De A encima

adminav@sma.df.gob.mx

adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
- Corrige Negativo SO2 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 12:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
Negativo en PM2.5 - Invalida Neg PM2.5 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 ...

adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
- Corrige Negativo CO 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 12:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
- Invalida TIN\_PM10 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 12:00:00 1h

**adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
- Corrige Negativo NO2 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 12:00:00 1h**

adminav@sma.df.gob.mx 1:03 p.m.  
Negativo en PM10 - Invalida Neg PM10 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 1...

adminav@sma.df.gob.mx 12:03 p.m.  
- Invalidado por [PMCO] igual a cero 2/14/2012 10:00:00 - 2/14/2012 11:00:...

adminav@sma.df.gob.mx 12:03 p.m.  
- Invalidado por [PM2.5] igual a cero 2/14/2012 10:00:00 - 2/14/2012 11:00:...

adminav@sma.df.gob.mx 12:03 p.m.  
- Corrige Negativo SO2 2/14/2012 10:00:00 - 2/14/2012 11:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 12:03 p.m.  
- Corrige Negativo CO 2/14/2012 10:00:00 - 2/14/2012 11:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 11:03 a.m.  
- Corrige Negativo SO2 2/14/2012 09:00:00 - 2/14/2012 10:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 11:03 a.m.  
- Corrige Negativo NO2 2/14/2012 09:00:00 - 2/14/2012 10:00:00 1h

adminav@sma.df.gob.mx 11:03 a.m.  
- Corrige Negativo CO 2/14/2012 09:00:00 - 2/14/2012 10:00:00 1h

**- Corrige Negativo NO2 2/14/2012 11:00:00 - 2/14/2012 12:00:00 1h**

adminav@sma.df.gob.mx

Enviado: martes 14/02/2012 01:05 p.m.

Para: Juan Manuel Arriaga Cosio; airvision@monitoreoaire.com; Arturo Galicia Zepeda; Centro de Información de la Calidad del Aire; Guadalupe Tovar Arellano; Rocio Carmona Martir

Message:

Applying Actions on reading: Chalco:NO2:001h at 2/14/2012 13:00:00 with value -0.753

----- > Add Flag n

----- > Assign Value 0

En la imagen de arriba puede observarse, por un lado, el asunto, los destinatarios y el mensaje del correo electrónico. En el asunto se indica: la corrección del negativo del contaminante dióxido de nitrógeno, el día 14 de febrero de 2012 de las 11 horas a las 12 horas. Los destinatarios de esta información son: los jefes de las unidades departamentales de desarrollo, y de telemetría, el propio CICA y dos técnicas de este centro. El texto del mensaje indica que: la aplicación de una de las reglas o criterios de validación se ha llevado a cabo para la lectura del contaminante dióxido de nitrógeno procedente del analizador ubicado en la estación Chalco, el día 14 de febrero de 2012 a las 13 horas. Y que el valor de dicha lectura era de -0.753 (menos setecientos cincuenta y tres). Finalmente, se menciona que se ha colocado la bandera N y que se ha asignado el valor 0. Y por otro lado en la columna de la derecha puede observarse otros correos electrónicos enviados por el sistema y su respectivo asunto.

Fuente: *Sistema de adquisición y publicación de información del AirVision*, Doc. inéd. México, p.14. Documento no publicado, proporcionado personalmente por el Técnico K al final de la entrevista realizada en las instalaciones de la Dirección de Monitoreo Atmosférico, el día 6 febrero de 2012 SMA.

## Bibliografía

- \_\_\_\_\_, “5 días duró en el cargo el Subsrio. del Ambiente”, en *Excelsior*, México, 25 de enero, 1972, pp. 1 y 10.
- \_\_\_\_\_, “Colón necesita un baño”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal México, 12 de marzo, 1951, p 13.
- \_\_\_\_\_, “Comisión para luchar contra las tolveneras”, en *La Prensa*, México, 29 de marzo, 1947, p. 2.
- \_\_\_\_\_, “Dirección de Higiene Industrial”, en *Salud Pública de México*, núm. 6, vol. 7, México, noviembre–diciembre, 1965, pp 910-914.
- \_\_\_\_\_, “El peligro de las tolveneras”, en *El demócrata. Diario Independiente*, México, 8 de junio, 1923, p. 3.
- \_\_\_\_\_, “En cambio”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal México, 22 de marzo, 1951, p. 22.
- \_\_\_\_\_, “Enfermedades de la estación”, en *El Popular*. México, 5 de febrero, 1903, p. 1.
- \_\_\_\_\_, “Fábrica insoportable”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal, México, 2 de mayo, 1951, p. 17.
- \_\_\_\_\_, “Febrero Loco, Marzo...”, en *La Prensa*, México, 25 de marzo, 1947, p. 1.
- \_\_\_\_\_, “Hollín de una chimenea”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal, México, 15 de diciembre, 1952, p. 20.
- \_\_\_\_\_, “La ruina forestal en los lomeríos y serranías del suroeste del Distrito Federal” en *México Forestal*, núm. 7–8, vol. 11, México, julio–agosto 1933, pp. 127–130.
- \_\_\_\_\_, “Las orejas de Juárez”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal, México, 12 de marzo, 1951, p 13.
- \_\_\_\_\_, “Más contaminados de lo que se dice”, en *Proceso*, núm. 118, México, febrero de 1979, p. 30.
- \_\_\_\_\_, “Montañas hediondas”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal, México, 12 de marzo, 1951, p 13.
- \_\_\_\_\_, “Se procede a la reforestación de la cuenca hidrográfica del Valle de México”, en *El demócrata*, México, 27 de junio, 1923, p 1.
- \_\_\_\_\_, “Toda una acera sin pavimentar”, en *Excelsior*, México, 19 de febrero, 1951, p. 25.
- \_\_\_\_\_, “Tolveneras en camellones abandonados”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal México, 3 de febrero, 1951, p. 26.
- \_\_\_\_\_, *Sistema de adquisición y publicación de información del AirVision*, Doc. Inéd, México, 19 pp.
- \_\_\_\_\_, “El silbato de la refinería”, en *Excelsior*, secc. Distrito Federal, México, 23 de marzo, 1952, p. 20.
- Administración Pública del Distrito Federal, “Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del decreto por el que se expide el Programa para Contingencias

- Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal”, en *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, núm. 163, México, 22 de diciembre, 1999, pp. 2–11.
- AGUADO Edward y BURT James E., *Understanding weather and climate*, 3ra. Ed., New Jersey, Prentice Hall, 2004, 560 pp.
- AMADOR MUÑOZ, Omar, *Estudio de los hidrocarburos aromáticos policíclicos absorbidos a las aeropartículas  $\leq 10 \mu\text{m}$  del suroeste de la Ciudad de México*. México, 2003, Tesis, UNAM, Facultad de Química. 189 pp.
- APPADURAI, Arjun, *La vida social de las cosas. Perspectiva cultural de las mercancías*, Trad. de Argelia Castillo Cano, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Grijalbo, 1991, 406 pp. (Los noventa, 79)
- BACHELARD, Gaston, *Epistemología*, Barcelona, Anagrama, 1971, 254 pp.
- BAIRD, Davis, *Thing knowledge: a philosophy of scientific instruments*, Los Angeles, University of California Press, 2004, 273 pp.
- BAUDRILLARD, Jean, *El sistema de los objetos*, Trad. de Francisco González Aramburu. México, Siglo XXI, 1969, 229 pp.
- BECK, Ulrich, *La sociedad del riesgo global*, Trad. de Jesús Alborés Rey, México, 2006, 290 pp.
- BELL, Michelle, DAVIS Devra y FLETCHER Tony, “A Retrospective Assessment of Mortality form the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution”, en *Environmental Health Perspectives*, núm. 1, vol. 112, Estados Unidos de America, enero 2004, pp. 6–8.
- BELTRÁN, Enrique, “Problemas médicos en la conservación de los recursos naturales”, en *Gaceta Médica de México*, núm. 4, vol. 75, México, agosto 1945, pp. 255–263.
- BIJKER, W.E, y LAW Jhon, eds., *Shaping Technology. Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge/Londres, Massachusetts Institute of Technology Press, 1992, 341 pp.
- BLANCO, Cenobio, “La cuenca hidrográfica del Valles de México. El problema del Lago de Texcoco y la Reforestación”, en *México Forestal*, núm. 2, vol. 9, México, febrero 1931, pp. 28–32.
- BOURDIEU, Pierre, “The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason” en *Social Science Information*, núm. 6, vol. 14, Francia, diciembre 1975, pp. 19–47.
- BOWKER, Geoffrey y LEIGH STAR. Susan, *Sorting Things Out Classification and Its Consequences*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, 1999, 377 pp.
- BRAVO Humberto, “El estudio, prevención y control de la contaminación ambiental en México etapa preliminar”, Doc. Inéd. Distrito Federal, 1971, 7 pp.
- BRAVO Humberto, “El problema actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México”, Doc. Inéd. Distrito Federal, 1975, 5 pp.
- BRAVO Humberto, “Importancia del uso de tecnología correcta en la determinación de la calidad del aire”, Doc. Inéd. Segundo Simposio y exposición de equipo sobre contaminación ambiental, Monterrey, Nuevo león, abril 1973, 5pp.
- BRAVO, Humberto; Báez Armando y Lares, S., “Estudio del depósito de polvo por gravedad en la Ciudad de México”, en *Ingeniería Química*, núm. 50, vol. 5, México, junio 1960, p. 26–28.
- BRIMBLECOMBE, Peter, *The Big Smoke: A history of air pollution in London since medieval times*, London, Routledge, 1987, 185 pp.
- BUSCH, Lawrence, *Standards: recipes for reality*, Cambridge/Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology Press, 2011, 390 pp.
- CALLON, Michel, “Redes tecno-económicas e irreversibilidad”, en *Redes*, núm. 17, vol. 8, junio 2001, p. 85–126.



- CALVÓ MONREAL, Xavier, *Polímeros e Instrumentos. De la química a la biología molecular en Barcelona (1957-1977)*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2012, 245 pp. (Estudios sobre la ciencia, 62)
- CARBALLO, Marco Aurelio, “Costra de detritus en tierras del Plan Texcoco”, en *Excélsior*, México, 7 de agosto, 1972, pp. 1, 14–15.
- CARDOSO, Víctor, “Minimiza la SSA la suciedad atmosférica”, en *Proceso*, núm. 154, México, octubre 1979, p. 33.
- CARRILLO, Nabor, *El hundimiento de la Ciudad de México y proyecto Texcoco*, México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1969, 328 pp.
- CARSON, Rachel, *Primavera silenciosa*, Barcelona, Critica, 2001, 255 pp.
- CEPIS, “Seminario Latinoamericano de contaminación del aire”, Washington, OMS, 1970, 212 pp. (Serie Técnica del Cepis, 6)
- CEPIS, *Manual de Operaciones*, 2ª. ed., Lima, OPS, 1970, 37 pp.
- CEPIS, *Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire, Resultados obtenidos junio 1967–diciembre 1970*, Lima, OPS–OMS, 1970. 146 pp. (Serie técnica, 10)
- CEPIS, *Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire: Informe 1967–1974*, Lima, OPS–OMS, 1976. 53 pp. (Serie técnica, 18)
- CEPIS, *Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire: Informe final 1967–1980*, Lima, OPS–OMS, 1982, 73 pp. (Serie técnica, 23)
- CEPIS, *Seminario Latinoamericano de contaminación del aire*, Washington, OPS, 1970, 212 pp. (Serie técnica, 6)
- CEPIS, *Seminario Latinoamericano de Contaminación del Aire*, Washington, OMS, 1970, 210 pp. (Serie Técnica, 6)
- CEPIS, *Simposio sobre medio ambiente, salud y desarrollo en las américas*, Lima, OPS, 1976, 580 pp. (Serie Técnica, 19)
- CHÁZARO GARCÍA, Laura, “Recorriendo el cuerpo y el territorio nacional: instrumentos, medidas y política a fines del siglo XIX en México”, en *Memoria y Sociedad*, núm. 27, vol. 13, Bogotá, julio–diciembre 2009, pp. 101–119.
- CHOY, Timothy, *Ecologies of Comparison: An Ethnography of Endangerment in Hong Kong*, Durham, Duke University Press, 2011, 224 pp. (Experimental Futures)
- COLLINS, Harry M., “Tacit knowledge, trust and the Q of sapphire”, en *Social Studies of Science*, núm. 1, vol. 31, febrero 2001, pp. 71-85
- COLLINS, Harry M., EVANS, Robert, *Rethinking expertise*, Chicago, University of Chicago Press, 2007, 159 pp.
- COMMONER, Barry, *Ciencia y supervivencia*. Trad. de Manuel Vázquez, Barcelona, Plaza & Janés, 1970, 158 pp.
- COMMONER, Barry, *Energías alternativas*. Trad. de Horacio Vázquez Rial, México, Gedisa, 1980, 168 pp.
- COMMONER, Barry, *The closing circle: nature, man and technology*, Nueva York, Bantam Books, 1972, 344 pp.
- COMMONER, Barry, *The poverty of power*, Nueva York, A. A. Knopf, 1976, 314 pp.
- CONNELL SANDERS, James, “Los peligros del polvo”, en *Anales del Instituto Médico Nacional*, vol. 12, México, 1912-1914, pp. 159–182.
- CONTRERAS SERVÍN, Carlos, “El crecimiento urbano de la Ciudad de México y la desecación del lago de Texcoco”, en *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, núm. 76, vol. XIX, México, 1998, pp. 132–153.

- Council of Europe, *European Conference on Air Pollution: 24th June-1st of July*, Strasbourg, Council of Europe, 1964, 670 pp.
- CRENSON, Matthew, *The un-politics of air pollution: a study of non-decisionmaking in the cities*, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1971, 227 pp.
- CRUICKSHANK GARCÍA, Gerardo “Discursos de ceremonia de clausura” en *Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas*, Lima, OPS, 1976, pp. 545–547.
- CRUICKSHANK GARCÍA, Gerardo, *Proyecto Lago de Texcoco: rescate hidroecológico*, México, [s.e], 1998, 137 pp.
- CUTCLIFE, Stephen H. y REYNOLDS, Terry S., antól., *Technology and the west: a historical anthology from technology and culture*, Chicago, University of Chicago Press, 1997, 461 pp.
- CUTCLIFE, Stephen H. y REYNOLDS, Terry S., antól., *Technology and American history: a historical anthology from technology and culture*, Chicago, University of Chicago Press, 1997, 448 pp.
- DASTON, Lorraine ed., *Biographies of scientific objects*, Chicago, University of Chicago Press, 2000, 307 pp.
- DASTON, Lorraine y GALISON Peter, “The image of objectivity”, en *Representation*, núm, 40, Universidad de California, otoño 1992, pp. 81–128.
- DASTON, Lorraine y GALISON, Peter, *Objectivity*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2007, 501 pp.
- DAVIDSON, Cliff I., “Air Pollution in Pittsburgh: a Historical Perspective”, en *Journal Air Pollution Control Association*, núm. 10, vol. 29, octubre 1979, pp. 1035–1041.
- DAVIS Devra Lee, *When smoke ran like water: tales of environmental deception and the battle against pollution*, Nueva York, Basic Books, 2002, 316 pp.
- DE BUSTOS GUADAÑO, Eduardo, “Objetividad”, en Luis Villoro ed., *El conocimiento*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1999, 86–106. (Enciclopedia iberoamericana de filosofía, 20)
- DE LA LOZA SALDÍVAR, Arnoldo, *et. al.*, “Las condiciones de la salud en México en 1973”, en *Salud Pública de México*, vol. 17, núm. 5, México, septiembre–octubre 1975, pp. 627–656.
- DE LAET, Marianne y MOL Annemarie, “The Zimbabwe Bush pump: mechanics of a fluid technology”, en *Social Studies of Science*, núm. 2, vol. 30, abril 2000, pp. 225–263.
- DE NEVERS, Noel, *Ingeniería de control de la contaminación del aire*, México, McGraw-Hill Interamericana, 1998, 541 pp.
- DE QUEVEDO, Miguel Ángel, “Consideraciones complementarias al estudio sobre las polvaderas de los terrenos tequexquitosos del antiguo Lago de Texcoco y los procedimientos de enyerbe para remediarlas” en *México Forestal*, núm. 5–6, vol. 11. México, mayo–junio 1933, pp. 99-104.
- DEL GEORGIO, Juan A., *Contaminación atmosférica: métodos de medida y redes de vigilancia*, Madrid, Alhambra, 1977, 176 pp.
- Departamento de Evaluación de la Calidad del Aire, *Evaluación de la calidad del aire en la Ciudad de México*, México, SSA, 1982, 48 pp.
- Departamento de Monitoreo Manual, *Memoria anual 1978 correspondiente a partículas totales, plomo y bióxido de azufre en el Valle de México*, México, SSA, 1979, 70 pp.
- Departamento del Distrito Federal, *Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México*, México, Departamento del Distrito Federal, 1978, 62 pp.

- Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, *Bases técnicas para la exclusión de la estación de monitoreo Xalostoc de la Rama en el cálculo del Índice Metropolitano de la calidad del aire*, Doc. Inéd, México, 30 de Junio de 2002, 13 pp.
- Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, Subdirección de Monitoreo, *Apendum al documento: Bases técnicas para la exclusión en el cálculo del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire a la Estación de Monitoreo Xalostoc*, Doc. Inéd, México, 5 de julio de 2002, México, 7 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2008*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2009, 143 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2009*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2010, 183 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2011, 25 años de monitoreo atmosférico 1986–2011*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2012, 160 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Informe de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México: estado y tendencias 1990–2007*, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2008, 50 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *Justificación para la solicitud de adquisición por el procedimiento de adjudicación directa de un analizador continuo de composición de aerosoles*, Doc. Inéd. México, 22 de octubre de 2010, p. 431–436.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *La calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México, 20 años de monitoreo*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2006, 85 pp.
- Dirección de Monitoreo Atmosférico, *La calidad del aire en la Zona metropolitana del Valle de México 1986–2006: Informe del estado y tendencias de la contaminación atmosférica*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2007, 34 pp.
- Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, *Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal: avances y propuestas 2000–2006*, México, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2006, 262 pp.
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, *Manual administrativo: nombre del procedimiento: Elaboración y difusión del reporte Imeca e Índice UV* Doc. Inéd. México, 1ro de febrero de 2007, 14 pp.
- Dirección General de Saneamiento Atmosférico, *El Índice Mexicano de la Calidad del Aire (IMEXCA)*, México, SSA, agosto 1979, 111 pp. (Memorándum técnico SMA/DGS At/02-78)
- Distrito Federal, “Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Zona Metropolitana del Valle de México”, en *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, núm. 168, México, 30 de octubre, 1998, pp. 3–6.
- DOUGLAS, Mary y WILDAVSKY Aaron, *Risk and culture: an essay on the selection of technical and environmental*, Berkeley, University of California Press, 1982, 221 pp.
- DOUGLAS, Mary, *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*, Barcelona, Paidós Ibérica, 1996, 176 pp.
- DOUGLAS, Mary, *Pureza y peligro: Un análisis de los conceptos de contaminación y tabú*, Madrid, Siglo XXI, 1973, 243 pp.
- EDGERTON, David, *Innovación y tradición: historia de la tecnología moderna*, Trad. de David León Gómez. Barcelona, Crítica, 2006, 336 pp.

- ENRLICH, Paul R., *The population bomb*, Nueva York, Ballantine Books, 1978, 226 pp.
- ENZENSBERGER, Hans Magnus, *Contribución a la crítica de la ecología política*, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 1976, 64 pp.
- FEENBERG Andrew, *Transformar la tecnología: una nueva visita a la teoría crítica*, Trad. de Claudio Daniel Alfaraz, Héctor Gustavo Giuliano, Fernando Tula Molina y Ana María Vara, Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes, 2012, 308 pp.
- FERNÁNDEZ, José, *El control de partículas en ambientes laborales*, España, Fundación Mapfre, 1980, 82 pp.
- FINE, Gary Alan, *Authors of the storm: meteorologists and the culture of prediction*, Chicago, University Press, 2007, 294 pp.
- FINLAYSON, Bárbara, *Atmospheric Chemistry: fundamentals and experimental techniques*, New York, Wiley, 1986, 1098 pp.
- FRANKEL, Maurice, *Manual de anticontaminación: Cómo evaluar la contaminación del ambiente y de los lugares de trabajo*, Trad de. Eduardo L. Suárez, México, Fondo de Cultura Económica, 1982, 282 pp. (Colección Popular 235)
- FRESSOZ, Jean Baptiste, *L'Apocalypse Joyeuse: une histoire du risque technologique*, Paris, Du Seuil, 2012, 320 pp. (L' Univers Historique)
- FUENTES GEA, Vicente, *Metodología para la validación de datos de calidad del aire generados por una red de monitoreo automático*. México, 2011, Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería. 98 pp.
- FUENTES, Carlos, *La región más transparente*, México, Fondo de Cultura Económica, 1958, 460 pp.
- GAY, Paul du, *In praise of bureaucracy: Weber. Organization. Ethics*, London, Sage publications, 2000, 159 pp.
- GLACKEN, Clarence J., *Huellas en la playa de Rodas. Naturaleza y cultura en el pensamiento occidental desde la antigüedad hasta finales del siglo XVIII*, Trad. de Juan Carlos García Borrón. Pres. de Horacio Capel. Barcelona, Ediciones del Serbal, 1996, 729 pp.
- GONZÁLEZ FLORES, Laura, *La Ciudad de México: seis paseos fotográficos*, México, Fundación Televisa, 2008, 389 pp.
- GÓNZALEZ OCHOA, Antonio y Orozco Catalina, “Los Hongos del aire en la Ciudad de México, sus relaciones con los factores atmosféricos”, en *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, núm. 3, vol. 4, México, septiembre 1943, pp. 259–264.
- GOODAY, Graeme J. N., *The morals of measurement: accuracy, irony and trust in late Victorian electrical practice*, Cambridge/Nueva York, Cambridge University Press, 2004, 285 pp.
- GRAEDEL T.E., *Chemical compounds in the atmosphere*, New York, Academic Press, 1978, 440 pp.
- HACKING Ian, *Historical Ontology*, Cambridge, Harvard University Press, 2002, 279 pp.
- HARAWAY Donna, *Ciencia, cyborgs y mujeres: la reinención de la naturaleza*, Trad. de Manuel Talens, Madrid, Catedra, Universidad de Valencia, Instituto de la Mujer, 1995, 431 pp. (Feminismos, 28)
- HIDALGO NAVARRO, Marcos, *Metodología para la validación de datos de calidad del aire generados por una red de monitoreo automático*, México, 2011, Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería, 98 pp.
- HOLTORF, Cornelius, “Notes on the life history of a pot sherd”, en *Jornal of Material Cultura*, núm. 1, vol. 7, marzo 2002, pp. 49–71.

- IHDE, Don, *Los cuerpos en la tecnología*, Trad. de Cristian P. Hormazábal, Barcelona, Universitat Oberta de Catalunya, 2004, 153 pp. (Nuevas tecnologías y sociedad)
- INE, *Manual 1: Principios de medición de la calidad del aire*, México, 2010, 43 pp.
- INE, *Manual 2: Sistemas de medición de la calidad del aire*, México, 2010, 32 pp.
- INE, *Manual 3: Redes estaciones y equipos de medición de la calidad del aire*, México, 2010, 75 pp.
- INE, *Manual 4: Operación de estaciones de medición de la calidad del aire, mantenimiento y calibración de sus componentes*, México, 2010, 75 pp.
- INE, *Manual 5: Protocolo de manejo de datos de la Calidad del Aire*, México, 2010, 106 pp.
- IZMEROV, N. F., *La Lucha contra la contaminación del aire en la URSS*, Ginebra, OPS, 1974, 166 pp. (Cuadernos de salud pública, 54)
- JACOBSON, Mark, *Atmospheric pollution: history, science, and regulation*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002, 399 pp.
- JASANOFF, Sheila, *Designs on nature: science and democracy in Europe and the United States*, New Jersey, Princeton University Press, 2005, 344 pp.
- Jefatura de Gobierno, “Decreto por el que se expide el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal”, en *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, núm. 1413, México, 9 de agosto, 2012, pp. 3–24.
- KNORR CETINA, Karin, “Culture in global knowledge societies: knowledge cultures and epistemic cultures”, en *Interdisciplinary Science Reviews*, núm. 4, vol. 32, 1 diciembre, 2007, pp. 361–375.
- KNORR CETINA, Karin, *Epistemic cultures. How the sciences make knowledge*, Cambridge, Harvard University Press, 1999, 329 pp.
- KNORR CETINA, Karin, *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*, Trad. de María Isabel Stratta, Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes, 2005, 366 pp. (Ciencia, tecnología y sociedad)
- KNORR CETINA, Karin, *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon Press, 1981, 189 pp.
- KREBS, Daniel James, *A tales of two cities: the regulation of particulate air pollution in Mexico City and Los Angeles*. Estados Unidos de America, 1999. Tesis, Massachusetts Institute of Technology. Department of Urban Studies and Planning. 176 pp.
- LAFUENTE, Antonio y VALVERDE Nuria, “La producción de objetos y valores científicos: tecnología, gobierno e ilustración”, en *Las dos orillas de la ciencia*, Madrid, Marcial Pons, 2012, pp. 101–12
- LAMPLAND, Martha y LEIGH STAR, Susan, eds., *Standards and their stories: How quantifying, classifying, and formalizing practices shape everyday*, Ithaca, Cornell University Press, 2009, 244 pp.
- LANDEROS MUGICA, Karina, *Dimensiones psicosociales de la contaminación del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. México, 2013, Tesis, UNAM, Facultad de Psicología. 236 pp.
- LATOUR, Bruno y WOOLGAR, Steve, *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Trad. de Eulalia Pérez Sadeño, Madrid, Alianza, 1995, 326 pp.
- LATOUR, Bruno y WOOLGAR, Steve, *Laboratory Life. The social construction of scientific facts*, New Jersey, Princeton University, 1986, 294 pp.
- LATOUR, Bruno, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Trad. Roberto Mendez, Estela Ponisio, Eduardo Albar, Barcelona, 1992, 278 pp.

- LAWRENCE RUSSELL, Andrew, *“Industrial legislatures”: consensus standardization in the second and third industrial revolutions*, Baltimore Maryland, 2007, Tesis, Johns Hopkins University. 382 pp.
- LEAL NOVELO, Fernando, “Las Tolvaneras de Texcoco”, en *La Prensa*, México, 26 de abril, 1947, p. 15.
- LEMKOW, Luis y Buttell Fred, *Los Movimientos ecologistas*, Madrid, Mezquita, 1982. 121 pp.
- LENOIR, Timothy “Shaping Biomedicine as an Information Science”, en Mary Ellen Bowden, ed., *History and heritage of Science Information Systems*, New Jersey, Information today, 1999, p. 27–45.
- LEZAMA, José Luis, *Aire Dividido: Critica a la política del aire en el Valle de México*, México, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de desarrollo Urbano, 2000, 330 pp.
- LEZAMA, José Luis, *El medio ambiente hoy: temas cruciales del debate contemporáneo*, México, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, 2001, 473 pp.
- LEZAMA, José Luis, *La construcción social y política del medio ambiente*, México, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de desarrollo Urbano, 2004, 277 pp.
- LÓPEZ RAMOS, Sergio, *Historia del aire y otros olores en la Ciudad de México 1840-1900*, México, Centro de Estudios y Atención Psicológica, A.C., 1992, 195 pp.
- LYNCH, Michael, “Discipline and the material form of imagines: an analysis of scientific visivility”, en Luc Pauwels, ed., *Visual Cultures of Science: Rethinking representationl practices in knowledge building and science communication*, New Hampshire, University Press of New England, 2006, p. 195–221.
- LYNCH, Michael, *Art and Artifact in laboratory science: a study of shop work and shop talk in a research laboratory*, London, Routledge & K. Paul, 1987, 317 pp.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Actividades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la evaluación de la contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, núm. 3, vol. 14, México, mayo–junio 1972, pp. 417–422.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Aire sucio. Contaminación”, en *Salud Pública de México*, núm. 2, vol.12, México, marzo–abril 1970, pp. 133–136.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Contaminación ambiental”, en *Salud Pública de México*, núm. 2, vol. 13, México, marzo–abril 1971, pp. 133–140.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Evaluación de la contaminación del aire en el Valle de México”, en *Salud Pública de México*, núm. 5, vol.12, México, septiembre–octubre 1970, pp. 629–637.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Información de la calidad del aire en algunas ciudades del país”, en *Salud Pública de México*, núm. 4, vol. 19, México, julio–agosto 1977, pp. 501–535.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “La contaminación del aire”, en *Salud Pública de México*, núm. 1, vol. 12, México, enero–febrero 1970, pp. 45–49.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Muestreo de grandes volúmenes de aire en el Valle de México para determinar concentración de partículas en suspensión. Informe preliminar”, en *Salud Pública de México*, núm. 2, vol. 19, México, marzo–abril 1977, pp. 263–272.
- MÁRQUEZ MAYAUDÓN, Enrique, “Red Computarizada Automática de Monitoreo del Aire del Valle de México (RECAMA)”, en *Salud Pública de México*, núm. 5, vol. 17, México, septiembre–octubre 1975, pp. 699–706.

- MARTÍNEZ, Sergio F. y SUÁREZ DÍAZ, Edna, *Ciencia y tecnología en sociedad: el cambio tecnológico con miras a una sociedad democrática*, México, Limusa, UNAM, 2008, 214 pp.
- MARX, Karl, *El 18 brumario*, Trad. de José Bullejos, Madrid, Librería Bergua, 1935, 346 pp.
- MAYNEZ PUENTE, Samuel, “Festín de microbios: La región más intransparente”, en *Excélsior*, México, 23 de octubre, 1969, pp. 7–8.
- MEADOWS Donella, et al., *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*, Trad. de María Soledad Loaeza, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, 256 pp.
- Memoria I Reunión Nacional sobre problemas de Contaminación Ambiental del 14 al 19 de enero de 1973*, SSA, México, 1973, 2 vols.
- MERTON, Robert, *Reader in bureaucracy*, Glencoe, ill, Free, 1960, 464 pp.
- MIRANDA PACHECO, Sergio, *Tacubaya de suburbio veraniego a ciudad*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, 2007, 238 pp. (Historia Moderna y Contemporánea, 47)
- MOLINA, Luisa y MOLINA, Mario, coord., *La Calidad de aire en la megaciudad de México: un enfoque integral*, Fondo de Cultura Económica, 2005, 463 pp. (Sección de obras de ciencia y tecnología)
- MORAG LEVINE, Niga, *Chasin the wind: regulating air pollution in the common law state*, Nueva Jersey, Princenton University Press, 2003, 249 pp.
- MOTA BOTELLO, Graciela Aurora, *La burocracia en México: opiniones hacia un proyecto de reorganización administrativa*, México, 1978, Tesis, UNAM, Facultad de Psicología, 258 pp.
- NÚÑEZ, Roberto, “Ante la gris embestida de las tolvaneras”, en *Jueves de Excélsior*. México, 18 de abril, 1968, p. 32.
- OLESKO, Kathryn M., “Cuando los instrumentos se pierden de vista” en *Abriendo las Cajas Negras. Colección de instrumentos científicos de la Universitat de València*, Ed. de José Ramón Bertomeu Sánchez y Antonio García Belmar, Valencia, Universitat de València, 2002, pp. 21–32.
- OLLERVIDES, Raúl A., *Informe del Ing. Raúl A. Ollervides ante la XXV Asamblea General Anual Ordinaria de la Cámara Nacional de la Industria de Transformación*, México, diciembre 1965, 179 pp.
- OMS, *Aspectos sanitarios de la lucha contra la contaminación del medio: planificación y ejecución de los programas nacionales*, Ginebra, OMS, 1974, 63 pp. (Serie de informes técnicos, 554)
- OMS, *Contaminación de la atmósfera: quinto informe del comité de expertos en saneamiento del medio*, Ginebra, OMS, 1958, 28 pp. (Serie de informes técnicos, 157)
- OMS, *Contaminantes de la Atmósfera*, Ginebra, OMS, 1964, 20 pp. (Serie de informes técnicos, 271)
- OMS, *Glossary on air pollution*, Copenhague, OMS, 1980, 114 pp. (Serie Europea, 9)
- OMS, *Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire*, Ginebra, OMS, 1977, 114 pp. (Publicación en Offset, 24).
- ORDOÑEZ DE LA MORA Blanca Raquel, “La contaminación ambiental como problema de salud pública”, en *Salud Publica de México*, núm. 6, vol. 19, México, noviembre–diciembre 1977, pp. 779–785.

- ORDOÑEZ DE LA MORA Blanca Raquel, “Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre”, en *Salud Pública de México*, núm. 2, vol. 14, México, marzo–abril 1972, pp. 209–215.
- ORTIZ REZA, A., “Funciona ya la Comisión Contra el *Smog* en el DF”, en *Excélsior*, México, 28 de enero, 1970, p. 1.
- ORTIZ, Federico “Si la contaminación no se reduce en 20 % en 10 años, fracaso”, en *Excélsior*, México, 26 de marzo, 1971, p. 10.
- PANI, Alberto, *La higiene en México*, México, J. Ballezá, 1916, 274 pp.
- PERALTA ROSALES, Óscar Augusto y MARCOVICH Gustavo, *Percepción de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México*, Comité Editorial del Gobierno del Distrito Federal, 1999, 97 pp. (Así funciona tu ciudad)
- PEREVOSHCHIKOVA, M., Sandoval Romero G. E., y Argueta Díaz, “Developing an optical sensor for local monitoring of air pollution in México” en *Journal of Optical Technology*, núm. 5, vol. 76, mayo 2009, pp. 274–278.
- PICKERING, Andrew, “Objectivity and the mangle of practice”, en *Rethinking objectivity*, Durham/London, Duke University Press, 1994, pp.109–125.
- PICKERING, Andrew, *The Mangle of Practice. Time, Agency and Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1995, 281 pp.
- PIMENTEL, Juan, “¿Qué es la historia cultural de la ciencia?”, en *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, núm. 743, vol. 186, Madrid, mayo–junio 2010, pp. 417–424.
- PINCH, Trevor y BIJKER Wiebe, “The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other”, en Wiebe Bijker, Thomas Hughes y Trevor Pinch eds., *The Social Construction of Technological Systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, 1987. pp. 17–50.
- PORTER, Theodore M., *Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life*, New Jersey, Princeton University Press, 1995, 310 pp.
- PRADO VÉRTIZ, Antonio y MURILLO PULIDO, Pablo, “Revisión clínica de 210 historias de Laringo-traqueo-bronquitis infecciosa”, en *Gaceta Médica de México*, núm. 10, vol. 88, México, octubre 1957, pp. 769–777.
- PROCTOR, Robert N. y SCHIEBINGER, Londa eds., *Agnology: the making and unmaking of ignorance*, California, Universidad de Stanford, 2008, 298 pp.
- REYES, Alfonso, *Visión de Anáhuac: palinodia del polvo: historia documental de visión de Anáhuac*, México, Planeta, 2002, 65 pp. (Ronda de clásicos mexicanos)
- RHEINBERGER, Hans Jörg, *Toward a history of epistemic things, synthesizing proteins in the test tube*, California, Stanford University Press, 1997, 325 pp.
- RIVERA HERNANDEZ, Olivia, *Propuesta metodológica para la selección de sitios de monitoreo de partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) en la región centro de la zona metropolitana de Ciudad de México*. México, 2005, Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería. 76 pp.
- RIVERO SERRANO, Octavio y Ponciano Rodríguez Guadalupe, *Riesgos ambientales para la salud en la Ciudad de México*, México, Programa Universitario de Medio Ambiente, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, 1996, 592 pp.
- RODRÍGUEZ, Jorge E., “La suciedad del aire de México supera ya los más altos niveles mundiales”, en *Proceso*, núm. 233, México, abril 1981, pp. 22–24.



- ROMERO ÁLVAREZ, Humberto, “El saneamiento ambiental, la tecnología y su correlación internacional”, en *Salud Pública de México*, núm. 5, vol. 16, México, septiembre–octubre 1974, pp. 755–764.
- ROMERO SOTELO, Ma. Eugenia, coord., *La industria mexicana y su historia: siglos XVIII, XIX y XX*, México, UNAM, Facultad de Economía, 1997, 494 pp.
- ROTHBART, Daniel, *Philosophical Instruments: Minds and tools at work*, Pref. de Rom Harré, Chicago, University of Illinois Press, 2007, 138 pp.
- SAF, “Influencia que ha tenido en la climatología de la Ciudad de México la desecación de los Lagos del Valle. Resumen del estudio que la Dirección de Estudios Geográficos y climatológicos presentó al Secretario de Agricultura y Fomento”, en *Boletín anual del Servicio Meteorológico Mexicano*, México, Servicio Meteorológico Mexicano, 1924.
- SANTOS BURGOA, Carlos, *Sustento técnico para NO excluir la estación de monitoreo Xalostoc de la RAMA en el Índice Metropolitano de la calidad del aire*, Doc. Inéd, México, Director General de Equidad y Desarrollo de la Secretaría de Salud, 15 pp.
- Secretaría del Medio Ambiente, “Manual Administrativo de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal”, en *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, núm. 1496, México, 6 de diciembre, 2012, pp. 4–163.
- SERRANO CRUZ, Rodrigo Andrés, *Operación y mantenimiento de equipo continuo para determinar la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera*. México, 1984. Tesis, UNAM, Facultad de Ingeniería. 103 pp.
- SHOVE, Elizabeth, *Comfort, cleanliness and convenience: the social organization of normality*, Oxford/Nueva York, Berg, 2003, 221 pp.
- SIC, “Decreto que señala los estímulos, ayudas y facilidades que se otorgarán a las empresas industriales a que se refiere el Decreto del 23 de noviembre de 1971”, en *DOF*, núm. 17, México, 20 de julio, 1972, pp. 3–7.
- SILVA BÁRCENAS, Ángel, “Consideraciones biológicas sobre la naturaleza de los polvos captados en la región lacustre de la Cuenca de México”, en *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, núm. 2, vol. 21, México, diciembre 1960, pp. 353–373.
- SPERANDIO, Odyer, *Informe final*, Lima, Cepis, 1980, 220 pp.
- SRH, “Acuerdo por el que se aprueba el Plan Lago de Texcoco y las recomendaciones formuladas por la Comisión de Estudios a que se refieren los considerandos del mismo”, en *DOF*, núm. 18, México, 21 de julio, 1971, p. 8.
- SRH, “Acuerdo por el que se constituye una comisión intersecretarial transitoria que se denominará Comisión de Estudios del Lago de Texcoco”, en *DOF*, núm. 18, México, 20 de marzo, 1971, p. 6.
- SRH, “Decreto por el que se fijan los límites del vaso del Lago de Texcoco y se destinan a la Secretaría del Patrimonio Nacional los terrenos que se citan”, en *DOF*, núm. 18, México, 21 de julio, 1971, p. 9.
- SSA, “Acuerdo por el que se crea en la Secretaría de Salubridad y Asistencia la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente”, en *DOF*, núm. 24, México, 29 de enero, 1972, pp. 2–3.
- SSA, “Acuerdo por el que se crea la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental”, en *DOF*, núm. 20, México, 25 de agosto, 1978, pp. 15–16.
- SSA, “Acuerdo que establece los lineamientos para determinar el criterio que servirá de base para evaluar la calidad del aire en un determinado momento”, en *DOF*, núm. 21, segunda sección, México, 29 de noviembre, 1982, pp. 84–85.

- SSA, “Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos”, en *DOF*, núm. 9, México, 13 de marzo, 1973, pp. 17–51
- SSA, “Instructivo que describe las características, uso e interpretación de la Carta de Humo de Ringelmann”, en *DOF*, 25 de enero, núm. 20, México, 1972, pp. 10–12.
- SSA, “Ley Federal de Protección al Ambiente”, en *DOF*, núm. 6, México, 11 de enero, 1982, pp. 23–32.
- SSA, “Ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental”, en *DOF*, núm. 20, México, 23 de marzo, 1971, pp. 8–11.
- SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, núm. 30, México, 10 de agosto, 1973, pp. 17–29.
- SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, núm. 44, México, 31 de agosto, 1977, pp. 18–32.
- SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, núm. 28, México, 9 de junio, 1978, pp. 2–12.
- SSA, “Reglamento interior de la Secretaría de Salubridad y Asistencia”, en *DOF*, núm. 11, México, 16 de marzo, 1981 pp. 17–31.
- SSA, “Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos”, en *DOF*, núm. 14, México, 17 de septiembre, 1971, pp. 2–9.
- SSA, *Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México*, México, Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1979, 62 pp.
- STERN, Arthur, “History of air pollution legislation in the United States”, en *Journal Air Pollution Control Association*, núm. 1, vol. 32, 1982, pp. 44–65.
- Subsecretaría de Mejoramiento del Medio Ambiente, *La calidad del aire en el Valle de México. Síntesis histórica y perspectivas*, México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, SSA, 1980, 82 pp.
- SUESS, Michael, J. y CRAXFORD, S. R. eds., *Manual de calidad del aire en el medio urbano*, México, OPS, 1980, 230 pp. (Publicación científica, 401)
- TE BRAKE, William H., “Air Pollution and fuel crises in preindustrial London, 1250-1650”, en *Technology and Culture*, núm. 3, vol. 16, julio 1975, pp. 337-359.
- THORSHEIM, Peter, *Inventing pollution: coal, smoke, and culture in Britain since 1800*, Atenas, Ohio University Press, 2006, 307 pp.
- UEKÖTTER, Frank, *The Age of Smoke environmental policy in Germany and the United States, 1880-1970*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2009, 350 pp.
- VALVERDE, Nuria, “Displayed dexterity and distorted knowledge: amateurism and precisión in late 18th century Spain”, en *Asclepio: Revista de historia de la Medicina y de la Ciencia*, núm. 2, vol. 62, Madrid, julio–diciembre 2010, pp. 483–516.
- VARELA, Gerardo y PERCASTEGUI, Marta, “Estudio bacteriológico del aire en la Ciudad de México”, en *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales*, núm. 3, vol. 18, México, septiembre 1957, pp. 121–126.
- VELASCO ORTEGA, Julián, *et. al.*, “Fracción respirable de materia particulada: convenios y evaluación ambiental”, en *Prevención*, núm. 89, julio-septiembre 2008, pp. 22–29.
- VERA, Héctor, “The social construction of units of measurement: institutionalization, legitimation and maintenance in metrology” en Schlaudt Oliver y Huber Lara eds., *Standardization in Measurement: Philosophical, Historical and Sociological Issues*, Londres, Pickering & Chatto, 2015, pp. 173–187.

- VIGARELLO, Georges, *Lo sano y lo malsano. Historia de las prácticas de salud desde la Edad Media hasta nuestros días*, Trad. de Analía Martínez Amoretti, Madrid, Abada, 2006, 444 pp.
- VINIEGRA, Gustavo y Bravo, Humberto, “Informe preliminar acerca de la polución atmosférica en la Ciudad de México”, en *Boletín de la Higiene Industrial*, México, 1960.
- VINIEGRA, Gustavo, “La contaminación atmosférica”, en *Salud Pública de México*, núm. 1, vol. 8, México, julio-agosto 1966, pp. 601–607.
- VIZCAÍNO MURRAY, Francisco, “La contaminación ambiental y la salud del niño”, en *Salud Pública de México*, núm.1, vol. 15, México, enero–febrero 1973, pp. 91–100.
- WARD Bárbara y DUBOS René, *Una sola Tierra: el cuidado y conservación de un pequeño planeta*, México, Fondo de Cultura Económica, 1972, 278 pp.
- WEBER, Max, *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, 2a. ed., introd. y notas de Francisco Gil Villegas, México, FCE, 2011, 580 pp.
- WINNER, Langdon, *La ballena y el reactor: Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Trad. de Elizabeth b. Casals, Barcelona, Gedisa, 1987, 208 pp.
- WINNER, Langdon, *Tecnología autónoma: la técnica incontrolada como objeto del pensamiento político*, Trad. de Ramón Font Segura y Alberto Cardín Garay, Barcelona, Gustavo Gili, 1979, 383 pp. (Tecnología y sociedad)
- WISE, Norton, *The values of precision*, New Jersey, Princeton University Press, 1995, 372 pp.
- ZAVALA RAMÍREZ, Carmen, *El arte de conservar la salud en el Porfiriato. Higiene pública y prostitución en Morelia*, Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2010, 175 pp. (Centenario de la Revolución Mexicana, 3)

## Fuentes electrónicas

- \_\_\_\_\_, “Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano” [en línea], 44 pp.  
<<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/ea/descargas/estocolmo01.pdf>> [Consulta: 19 de abril, 2012]
- CENICA, *Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico* [en línea], México, INE–Semarnat, 2002, 53 pp.  
<<http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/PNMA.pdf>> [Consulta: 9 de enero, 2015]
- BECK, Ulrich, “La política de la sociedad de riesgo”, en *Estudios Demográficos y Urbanos* [en línea]. núm. 3, vol. 13, septiembre–diciembre 1998, pp. 501–516.  
<<http://www.jstor.org/discover/10.2307/40314994?uid=3738664&uid=2&uid=4&sid=21104510034833>> [Consulta: 19 de febrero, 2013]
- BOROWY, Iris, “Global Health and Development: Conceptualizing Health between Economic Growth and Environmental Sustainability”, en *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* [en línea]. 2012, 35 pp.  
<<http://jhmas.oxfordjournals.org/content/early/2012/03/30/jhmas.jrr076.full>> [Consulta: 9 de abril, 2012]
- BRONCANO, Fernando, “La agencia técnica”, en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* [en línea], núm. 5, vol. 2, junio 2005, pp. 95–107.  
<<http://www.revistacts.net/archivo>> [consulta: 11 de septiembre de 2014]
- BVSDE, *Acerca de la Repidisca* [en línea]. última actualiz. 5 de octubre, 2012.  
<<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/acerca.html>> [Consulta: 23 de abril, 2014]
- DEL VAL, Jaime, “Cuerpos frontera, imperios y resistencias en el pos-posmodernismo” en *Artnodes* [en línea], núm. 6, 2006, pp. 31–43. <<http://www.uoc.edu/artnodes/6/dt/esp/val.pdf>> [Consulta: 1 de septiembre de 2014]
- FEENBERG Andrew, “Teoría Crítica de la tecnología”, en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* [en línea], núm. 5, vol. 2, junio 2005, pp. 109–123.  
<<http://www.revistacts.net/archivo>> [consulta: 11 de septiembre de 2014]
- FISCHETTI, Natalia, “Técnica, tecnología, tecnocracia. Teoría crítica de la racionalidad tecnológica como fundamento de las sociedades del siglo XX”, en *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad* [en línea], selección 2012, pp. 43–52.  
<<http://www.revistacts.net/archivo>> [consulta: 11 de septiembre de 2014]
- HIMANEN, Pekka, *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información* [en línea] Finlandia, 2001, 166 pp. <<http://eprints.rclis.org/12851/1/pekka.pdf>> [consulta: 1 de septiembre de 2014]
- IHDE Don, “La incorporación de lo material: fenomenología y filosofía de la tecnología”, en *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* [en línea], núm. 5, vol. 2, junio 2005, pp. 153–166. <<http://www.revistacts.net/archivo>> [consulta: 11 de septiembre de 2014]
- KORC, Marcelo E. *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*, [en línea]. Lima, OPS, 1999, 22 pp.

- <[http://gef.educaciongefeducacion.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud\\_ambiente/File/Monitoreo%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire%20en%20Am%20rica%20Latina%201999.pdf](http://gef.educaciongefeducacion.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud_ambiente/File/Monitoreo%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire%20en%20Am%20rica%20Latina%201999.pdf)> [consulta: 8 de septiembre de 2014]
- LAFUENTE, Antonio, “*Los cuatro entornos del procomún*”, [en línea]. 2007. 9 pp. <[http://digital.csic.es/bitstream/10261/2746/1/cuatro\\_entornos\\_procomun.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/2746/1/cuatro_entornos_procomun.pdf)> [Consulta: 4 de septiembre, 2014]
- LEZAMA, José Luis, *Construcción del campo de la sociología ambiental* [en línea] Conferencia 23 de junio 2014, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. <<http://www.youtube.com/watch?v=DM6vUixvDUU>> [Consulta: 25 de junio, 2014]
- Mayor of London, *50 years on: the struggle for air quality in London since the great smog of December 1952* [en línea]. Londres, Greater London Authority, diciembre 2002, 26 pp. <[http://legacy.london.gov.uk/mayor/environment/air\\_quality/docs/50\\_years\\_on.pdf](http://legacy.london.gov.uk/mayor/environment/air_quality/docs/50_years_on.pdf)> [Consulta: 15 de abril, 2012]
- Philips Electrologica, *P855M/P860M System description*, [en línea] 1973, 99 pp. <<http://www.theoengel.nl/P800/P855M-P860M%20System%20Description.pdf>> [Consulta: 4 de septiembre, 2011]
- Railroad Commission of Texas, *The History of Smog* [en línea]. Texas, Texas State Energy Conservation Office. <[http://www.energyeducation.tx.gov/environment/section\\_2/topics/what\\_is\\_smog/the\\_history\\_of\\_smog.html](http://www.energyeducation.tx.gov/environment/section_2/topics/what_is_smog/the_history_of_smog.html)> [Consulta: 23 de Agosto, 2013]
- RAYMOND, Eric S., *La catedral y el bazar* [en línea], 1998, 38 pp. <<http://www.openbiz.com.ar/La%20Catedral%20y%20El%20Bazar.pdf>> [Consulta: 13 de marzo de 2013]
- Semarnap, *Programa de medio ambiente 1995-2000* [en línea]. México, Instituto Nacional de Ecología, 1996, 332 pp. <[http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=100](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=100)> [Consulta: 13 de abril, 2009]
- SMA, *Consejo Asesor* [en línea] <<http://www.sma.df.gob.mx/simat/>> [Consulta: 23 de febrero de 2008]
- SMA 2006–2012, *Instrumentos de gestión de la Calidad del Aire* [en línea], 2012, 101 pp. (Libros blancos) <<http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/11-Gestion-de-Calidad-del-Aire.pdf>> [Consulta: 1 de julio de 2014]
- Subdirección de Coordinación de Laboratorios, *Manual de procedimientos técnicos: aire* [en línea]. México, SSA, 1982, 266 pp. <[http://repositorio.inecc.gob.mx/ae/ae\\_003216.pdf](http://repositorio.inecc.gob.mx/ae/ae_003216.pdf)> [Consulta: 14 de febrero, 2011]
- Thermo Fisher Scientific, *Operating Guide TEOM 1405-DF* [en línea] 16 septiembre 2009, <<http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/EPD/EPD%20Documents/Product%20Manuals%20&%20Specifications/Air%20Quality%20Instruments%20and%20Systems/Particulate/EPM-manual-1405DF.pdf>> [Consulta: 14 de marzo, 2015]
- Thermo Fisher Scientific, *Operating Guide TEOM 1405: Ambient Particulate Monitor 42-010976* [en línea], 15 febrero 2008, 190 pp. <<http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/EPD/EPD%20Documents/Product%20Manuals%20&%20Specifications/Air%20Quality%20Instruments%20and%20Systems/Particulate/EPM-TEOM1405-Manual.pdf>> [Consulta: 14 de marzo, 2015]
- United States Government Publishing office, *Electronic Code of Federal Regulations* [en línea], Washington.

<[http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr50\\_main\\_02.tpl](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr50_main_02.tpl)>  
[Consulta: 8 de enero, 2015]

VON HIPPER, Eric, *Democratizing Innovation* [en línea], 2005, 201 pp.  
<<http://web.mit.edu/evhippel/www/books/DI/DemocInn.pdf>> [Consulta: 1 de septiembre de 2014]

WHO, IARC: *Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths* [en línea], Lyon, Geneva, 17 octubre 2013, 4 pp. (Press release 221), <[http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf)> [Consulta: 16 de abril, 2014]

## Fondos

Departamento de Archivos de Concentración e Histórico, del Centro de Documentación Institucional, de la Dirección General de Tecnologías de la Información, de la Subsecretaría Innovación y Calidad de la Secretaría de Salud:

\_\_\_\_\_, “Análisis preliminar de recursos para el estudio de la protección ambiental en México”, Fondo de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, Sección: Secretaría Particular, caja 1, expediente 4, 1968-1972, 446 fojas.

\_\_\_\_\_, “Informe de actividades (septiembre de 1971 a agosto de 1972)”, Fondo de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, Sección: Secretaría Particular, caja 1, expediente 4, 1958-1969, 100 fojas.

\_\_\_\_\_, “Resumen de quejas”, Fondo de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 86, expediente 3, 1952-1988, 263 fojas.

A., Cacho, “Calificación Metropolitana”, Fondo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 212, expediente 2, 1968-1971, 354 fojas.

Dirección General de Operación, “Estudio para solucionar los diversos problemas creados por la fabricación actual de tabique recocido”, Fondo de la Secretaria de Salubridad y Asistencia, sección: Secretaría Particular, caja 214, expediente 1, 1968–1972, 446 fojas.

## Entrevistas

- Cuidador A. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 2 de febrero de 2012.
- Cuidador B. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 1ro de febrero de 2012.
- Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.
- Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.
- Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.
- Cuidador C. Entrevista en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 31 de enero de 2012.
- Cuidador C y Cuidador B. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 23 de enero de 2012.
- Cuidador D. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 1ro de marzo de 2012.
- Cuidador F. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 7 de febrero de 2012.
- Cuidador G. Entrevista realizada en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo, el día 21 de diciembre de 2012.
- Cuidador K. Entrevista realizada en las instalaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (delegación Miguel Hidalgo), el día marzo 7 de marzo de 2012.
- José Zaragoza Ávila. Entrevista realizada en Ciudad Universitaria, el día 20 de agosto de 2009.
- Rogelio González García. Entrevista realizada en las instalaciones de la Asociación Civil Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases y Medicamentos (Singrem), el día 11 de junio de 2014.
- Saúl García Dos Santos. Entrevista realizada en las instalaciones del Área de Contaminación Atmosférica del Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto Carlos III de España, el día 5 de abril de 2013.

## Agradecimientos

En primer lugar mi agradecimiento es para la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha formado desde la licenciatura hasta el doctorado, donde he pasado muchos años felices debido a la cultura y el conocimiento que me ha brindado su comunidad.

En segundo lugar es para las instituciones que han financiado esta investigación sobre todo para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt, que me proporcionó una beca durante los cuatro años de investigación y sin la cual no hubiera sido posible dedicarme de tiempo completo a esta actividad. Así como a los programas: Becas Mixtas Movilidad en el extranjero y al Programa de Movilidad Internacional de Estudiantes, que me otorgaron una beca complementaria para llevar a cabo las estancias de investigación en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en Madrid, España durante marzo–mayo de 2012 y marzo–junio de 2013. Así como al proyecto Conacyt *Historias de Instrumentos, colecciones y saberes en movimiento* (Ciencia básica No. 130847) que inspiró la creación de esta tesis y por cubrir parte de los gastos para asistir a la conferencia *Hazardous chemicals, agents of risk and chnge* en el *Rachel Carson Center* en Múnich, Alemania durante abril de 2012 y también durante la estancia en Madrid, España en 2013.

En otro primer lugar agradezco a mis tutores empezando por mi directora de tesis Nuria Valverde Pérez profesora-investigadora del Departamento de Humanidades de la UAM-Cuajimalpa. Así como a los otros cuatro miembros del jurado: Carlos López Beltrán investigador del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM; José Luis Lezama de la Torre investigador del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México; Laura Cházaro García investigadora del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, IPN; Héctor Vera investigador del Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación de la UNAM por acompañarme durante esta investigación, por sus consejos y sugerencias, pero sobre todo por el cuidado de este texto.



La Dirección de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal tiene un papel protagónico en esta investigación por ello agradezco verdaderamente a su director Armando Retama Hernández, a su Subdirectora de Monitoreo, Olivia Rivera Hernández, quienes me permitieron realizar una estancia de tres meses en las instalaciones del Laboratorio de Monitoreo Atmosférico. Así como a Cristina Ortuño Mojica, Subdirectora de Análisis por las entrevistas, pero sobre todo por haberme abierto las puertas de este gremio y también por los documentos que me confió.

También agradezco a los técnicos del laboratorio de monitoreo atmosférico: Arturo Galicia, Jorge Juan Domínguez, Alfonso López, Fernando Alonso Vega, Alejandro Campos, César Abad, Eloy Contreras, Eugenio López, Julio César Argueta, Jorge Alberto Rodas, Jorge Hernández, Raúl Amador, Salvador Cervantes, Angélica Neria, Ernesto González, Jesús Yael Jiménez, Oswaldo López, Adrián Pérez, Gabriel Elías, por sus enseñanzas en campo y en el laboratorio, así como por contestar amablemente mis preguntas sobre su trabajo cotidiano.

Además de la valiosa orientación de los técnicos de la Subdirección de Análisis: Isabel González, Mónica Jaimes, Samuel López y Rocio Carmona. En esta lista de agradecimientos ocupa un lugar relevante Gabriela Olguín quien me puso en contacto con su esposo Rogelio González García quien tuvo la amabilidad de brindarme su testimonio respecto a su trayectoria en la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en la década de los setenta y quien a su vez me presentó al técnico José Zaragoza Ávila, esencial para la realización de mi capítulo segundo.

De la Dirección General del Centro de Investigación y Capacitación Ambiental, del Instituto Nacional de Ecología agradezco profundamente a Óscar Fentanes Arriaga, Subdirector de Evaluación de Emisiones y Monitoreo Atmosférico; a Daniel López Vicuña Jefe de Departamento de Laboratorio de Calibraciones y Transferencia de Estándares y a Carmen Alejandra Sánchez Soto, Jefa de Departamento del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire por su apoyo en la búsqueda de documentos de carácter histórico que resguardan en su pequeña biblioteca y también por invitare a participar en el taller *Diseño de programas de aseguramiento y control de la calidad en sistemas de monitoreo atmosférico* llevado a cabo a finales de agosto y principios de septiembre en 2011.

Del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM agradezco al doctor Omar Amador Muñoz por sus enseñanzas y también por incorporarme en su seminario de tesis durante el segundo semestre de 2013. Así como al doctor Humberto Bravo por los documentos proporcionados respecto a sus primeras publicaciones. Y finalmente al doctor Armando Báez por compartir su experiencia en torno a las tolvaneras.

Para la realización de esta tesis también fueron fundamentales las personas con las que me relacione durante las dos estancias realizadas en 2012 y 2013 en el Instituto de Filosofía del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Madrid, España. Por ello agradezco a la doctora María Jesús Santesmases Navarro de Palencia mi tutora foránea, así como a los alumnos de este recinto –Diego Sanz Fuentes, Miguel García-Sancho Sánchez, Sandro Jiménez, Manuel Burón, Paula Martos y Rocio Peña– por las recomendaciones y sugerencias durante las dos ponencias que presente: “Los polvos de México” en mayo de 2012 e “Instrumentos Beta. Prácticas del monitoreo atmosférico en la ciudad de México” en mayo de 2013 durante el Seminario Internacional de Jóvenes Investigadores.

Gracias especiales son para el doctor Antonio Lafuente del Instituto de Historia del Centro de Ciencias Humanas y Sociales por su tiempo, por su atención y por creer en mí así como por su siempre buena voluntad para conversar.

Del Medialab-Prado Madrid agradezco muchísimo a Sara Alvarellos por la inspiración derivada de su proyecto *The data-citizen driven city*. Así como a Nerea Calvillo responsable del proyecto *In the air* quien tuvo la amabilidad de conversar sobre su proyecto.

Un profundo agradecimiento es para Saúl García Dos Santos del Área de Contaminación Atmosférica del Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto Carlos III de España por abrirme las puertas del laboratorio de monitoreo atmosférico de esta institución y por la detallada entrevista que me proporcionó.

Mis agradecimientos no estarían completos sin decir gracias a los investigadores que encabezan las discusiones del Seminario de Historia de los Instrumentos; del Seminario de Equilibrium de la División de Humanidades y Ciencias Sociales de la UAM-Cuajimalpa y del Seminario Interdisciplinario sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales del Colegio de México como Miruna Achim, Zenia Yébenes, Violeta Aréchiga y los ya mencionados miembros de mi jurado. Así como a los compañeros de estos seminarios –Lidia Barajas, Elisa Silvana Palomares, Joel Vargas, María Eugenia Constantino, Leonardo Abraham González, Luis Sánchez, Beatriz Vázquez González, Miriam Jerade, Natalia Bautista– que me acompañaron en este recorrido entre otros compañeros como Blanca Uribe, Abigail Nieves, Haydeé García, Dayanira García, Yuriditzi Pascano. Además de las asistentes administrativas Jimena Turrent y Elizabeth Barajas.

También agradezco a las investigadoras Esmeranda Covarrubias de la UAM–Xochimilco; Angélica Morales y Gisela Mateos del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM por los documentos proporcionados; así como a Dominique Pestre profesor de la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales de París y a Mauricio Nieto del Departamento de Historia de la Universidad de los Andes con los que tuve la oportunidad de comentar algunos episodios el presente texto.

En mi larga lista de agradecimientos un papel relevante lo tiene la familia Martínez-Achim, constituida por Rodrigo, Miruna, Julián y Constanza por hacer posible la formativa y encantadora estancia en París, y por los momentos compartidos. Así como mis amigas del posgrado Elisa Silvana Palomares y Lidia Barajas quienes se tomaron el tiempo de leer diversas versiones de esta investigación y sobre ellas hacer sugerencias, pero sobre todo por escuchar mis conflictos con cada capítulo de la tesis.

Los agradecimientos no estarían completos si no mencionara a los amigos que durante las estancias de investigación me acompañaron: Yessica González, Fernando Contreras Robles, Rodrigo López, Ula Glodsik, así como a Karin Beramendi, Diego Jiménez, Damián Murtra y Jorge Esteban por su cordialidad y hospitalidad. Así como para Chema de la Peña, Nuria Valverde y Jennifer López por recibirme en sus respectivos pisos. Y a mis amigos de Turquía y Francia quienes me mostraron su cultura, su comida y sus museos: Savas Onurcu, Erdem Cubukgil, Bariş Kayserilioğlu y Delphine Harada.