

CONTRIBUCIONES ORIGINALES

BACTERIOLOGIA DEL AIRE EN EL DISTRITO FEDERAL *

ROGELIO H. VALENZUELA ‡ y SALOMÓN CALDERÓN §

Se presentan los resultados de un estudio de la contaminación bacteriana del aire en el Distrito Federal. Se realizó un muestreo en diferentes áreas de esta entidad a intervalos de tres meses durante un año. En todos los sitios y todos los momentos del muestreo, se aislaron enterobacterias en el aire. Sobre este índice de contaminación fecal, no parecen haber intervenido las variantes meteorológicas que prevalecen en el Valle de México. Se atribuyen estos resultados a la abundancia de heces fecales colocadas sobre la superficie del suelo y la deficiente penetración de radiaciones solares debida a la contaminación del aire por polvos y gases.

Diversos estudios sobre la bacteriología intestinal del lactante sano y sobre la etiología de las enterocolitis agudas del niño, en los que desde hace años han intervenido

* Trabajo presentado en la sesión ordinaria de la Academia Nacional de Medicina, celebrada el 16 de agosto de 1972.

‡ Académico numerario.

§ Instituto Nacional de Higiene, Secretaría de Salubridad y Asistencia.



1 Fotografía de la entrada a la Clínica 20, en Vallejo, al medio día de un día con sol brillante.



2 Escena de una calle suburbana, como hay innumerables, en las que acumulan basura, *detritus* y tierra.

los autores, han conducido a investigar algunos problemas relacionados con el ciclo vital, la epidemiología y la ecología de algunas enterobacterias. La presente comunicación se refiere a la bacteriología del aire en la ciudad de México.

Es indudable que la contaminación del ambiente (aire, agua, suelo, flora, fauna, hogar, alimentos) en lugares donde se concentran grandes núcleos de población, así como en zonas industriales importantes, como ocurre en el Distrito Federal, ha aumentado durante los últimos años hasta constituir, como ya es bien conocido, un grave problema de salud pública.

La contaminación más ostensible se deriva de los productos de desecho, tanto humanos como caseros e industriales, es decir *detritus*, basuras y sustancias químicas, dispersos en el ambiente en general y en la atmósfera en particular; pero otra menos aparente, aunque quizá más peligrosa, es la debida a la diseminación de múltiples especies de microorganismos patógenos: virus, bacterias, hongos, levaduras y aun protozoos, de los cuales el organismo humano es portador o reservorio; la promiscuidad con animales contribuye a acentuarla. Esto último ocurre con frecuencia en zonas suburbanas.

3



4



Es evidente que en las comunidades con defectos sanitarios importantes, principalmente escasa disponibilidad de agua potable, fallas en los sistemas de avenamiento y bajos niveles de educación higiénica, las contaminaciones de alimentos y utensilios por gérmenes enteropatógenos son tan profusas, que explican y propician la elevada frecuencia de infecciones del aparato digestivo, principalmente entre los niños.

En dichas áreas, como son parte de las que integran el Distrito Federal, son igualmente frecuentes las infecciones de

3 y 4 Algunos aspectos de ciertas áreas suburbanas de la ciudad de México.

las vías respiratorias superiores que ocupan uno de los primeros lugares, como motivo de consulta en la población infantil que se atiende en instituciones o en la práctica profesional privada.

Los índices de letalidad por diarreas (enteritis) así como los causados por neumonías y bronconeumonías, han sido los prevalentes en nuestro país desde 1922 hasta 1967; su disminución en los últimos años se explica por la mejor atención de

los pacientes graves, pero la persistencia de su morbilidad se deriva de la escasa o nula superación del saneamiento del medio.

El incremento de población y de zonas fébriles en el Valle de México durante los últimos años ha transformado su ecología y lo ha convertido en una fuente universal de gérmenes patógenos. La mitad de las 14 500 hectáreas del llamado lago de Texcoco está cubierta por aguas negras, que dejan una costra de tres centímetros de detritos, mismos que en el estiaje son llevados a la zona metropolitana por las corrientes de aire. Puede estimarse que medio millón de habitantes de la periferia de la ciudad, principalmente los de las 500 "ciudades perdidas" que no tienen letrinas, esparcen media tonelada diaria de heces fecales; además las cinco mil toneladas diarias de basura, una tonelada anual de estiércol de las 300 000 vacas que hay en las áreas periféricas, y el producto de combustión de un millón de automóviles, más las 400 toneladas diarias que producen las fábricas, son otros datos significativos (figs. 1, 2, 3 y 4).

El aire —con 78 por ciento de hidrógeno, 21 por ciento de oxígeno y pequeñas proporciones de otros gases— no provee sustancias alimenticias para el crecimiento o reproducción de las bacterias u otros tipos de microorganismos; algunos de éstos resisten variantes importantes de temperatura, humedad y aun de radiación solar. Como se sabe, esta última constituye el mecanismo bactericida natural más eficaz de los detritos desecados, mas no así cuando conservan cierto grado de humedad o cuando se interponen las capas de *smog* que impiden la penetración de los rayos ultravioleta. El mejor ejemplo de esos microorganismos puede ser el de las salmonelas; como viajeras pueden llegar a un medio favorable, los alimentos, o el propio organismo humano, donde se albergan y reproducen.

Cuando no existen vientos que remueven el aire, los contaminantes se estabilizan; el fenómeno de inversión de la temperatura determina atrapamiento de las capas inferiores contaminadas; en el Valle de México esto ocurre de diciembre a abril, de la madrugada a la media mañana, para desaparecer en la tarde, sobre

Cuadro 1 Temperatura mínima externa

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
65	0.5	3.5	5.5	6.5	9.1	8.5	9.2	9.9	8.6	3.9	0.9	0.5	5.6
66	0.4	2.0	3.4	8.0	7.5	7.7	10.3	6.4	7.5	5.0	0.9	0.5	5.3
67	0.3	2.0	6.5	7.2	8.5	9.8	9.7	9.9	6.5	3.5	4.5	1.8	5.8
68	2.3	0.4	2.2	8.0	9.0	10.4	4.6	7.1	9.4	5.4	4.8	3.6	5.6
69	1.7	3.6	6.5	5.6	9.5	10.7	10.1	10.3	6.0	6.5	2.9	2.4	6.5
70	2.0	1.4	6.0	8.5	7.0	10.2	9.1	9.8	10.3	10.3	3.4	2.3	6.4
71	3.0	3.0	4.6	4.5	9.9	9.5	0.9	9.0	11.0	5.7			

Cuadro 2 Temperatura media

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
65	11.8	13.9	17.3	17.4	18.6	17.7	15.8	15.4	16.5	14.2	14.5	13.5	15.6
66	17.5	14.1	14.5	17.4	19.2	17.8	16.5	16.5	16.1	15.1	12.5	12.5	15.8
67	12.1	14.2	16.2	17.7	18.5	17.9	16.2	15.9	15.3	14.5	14.5	13.8	15.5
68	12.7	12.9	15.5	17.1	18.1	17.4	15.9	16.5	16.3	15.7	14.7	13.6	15.5
69	13.9	16.1	17.1	19.0	19.6	20.0	17.2	16.0	16.2	17.0	14.5	13.5	16.7
70	13.0	13.8	17.9	20.6	18.1	16.4	16.1	16.8	16.2	16.6	16.8	13.4	16.3
71	19.0	15.0	16.6	17.2	18.8	16.9	15.8	16.0	16.3	15.9			

todo cuando faltan las precipitaciones pluviales.

Los promedios en los últimos 7 años (1965 a 1971) de algunas características climáticas del Distrito Federal, de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Mexicano, muestran que la temperatura media anual es de 15.9° C., con variantes máximas entre abril y julio y mínimas de octubre a marzo, la velocidad máxima anual de los vientos dominantes es de 13.9 y la velocidad media de 1.3 metros por segundo, la precipitación pluvial to-

tal de mayo a septiembre, o sea la época de lluvias, es de 108 mm., y de octubre a abril, temporada seca, es de 12 mm., y la humedad relativa media, por ciento, es de 64.0 y de 48.6 respectivamente para cada una de estas temporadas (cuadros 1 a 5; fig. 5).

La contaminación del aire por bacterias gramnegativas, causantes de la gran mayoría de las infecciones entéricas en los niños, y por las grampositivas, frecuentemente responsables de infecciones del aparato respiratorio, ha sido investigada

Cuadro 3 Temperatura máxima externa

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
65	24.5	25.0	28.3	28.7	30.2	29.9	25.6	23.0	25.8	25.0	24.7	25.5	26.5
66	24.5	27.7	27.8	28.6	30.8	28.5	26.5	25.6	26.0	25.1	25.1	24.6	26.8
67	23.2	26.4	28.1	30.4	31.0	29.0	26.7	26.9	24.7	23.7	24.5	23.4	26.5
68	24.5	25.2	26.2	29.6	27.5	29.6	26.5	26.0	26.0	24.5	25.5	23.8	26.3
69	26.2	27.9	29.4	30.0	30.6	30.9	26.8	24.9	25.2	26.2	26.0	24.4	27.4
70	24.6	24.6	20.8	32.2	31.4	38.9	24.9	25.9	25.3	26.7	24.4	24.3	27.0
71	25.8	27.5	31.5	30.4	28.7	28.7	25.9	25.2	25.9	25.3	—	—	—

Cuadro 4 Viento dominante y su velocidad máxima en metros por segundo

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
65	15.1 SE	12.1 ES	11.2 ES	25.4 SE	15.0 EN	18.1 EN	12.1 EN	11.0 SW	13.0 EN	10.2 NW	9.5 NE	8.6 ES
66	18.1 S	15.0 SW	13.8 WN	13.9 NW	13.5 NW	11.1 N	19.9 S	13.0 NE	8.2 N	10.9 E	9.9 NW	10.0 SE
67	17.0 SE	10.3 W	11.2 WS	13.4 NW	15.0 NE	12.9 N	12.2 N	11.8 NE	9.1 NE	11.0 N	10.7 W	10.0 W
68	11.6 NW	12.0 NW	17.0 SE	14.8 S	13.1 SW	9.0 W	17.0 N	8.1 NE	9.0 W	7.0 N	16.6 SE	7.2 SW
69	21.0 W	22.2 SW	18.8 SW	1.8 W	16.0 NE	19.0 W	19.0 E	18.0 W	11.8 N	16.5 NE	12.3 W	14.7 SW
70	17.0 W	15.6 EN	17.0 NW	18.0 NW	22.7 NW	12.8 S	12.0 E	14.5 S	12.0 NE	12.0 SE	11.2 WS	10.0 N
71	14.0 NE	13.5 SW	13.9 S	13.1 W	16.9 SW	13.0 E	13.9 NE	11.0 NE	13.7 SE			

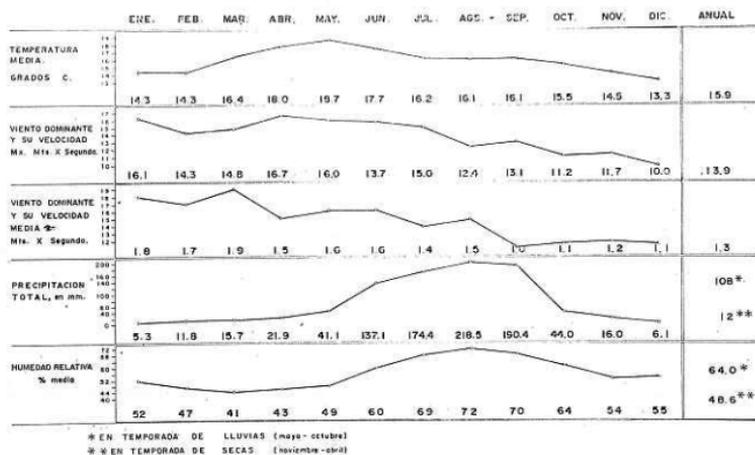
en salas de hospital, pero pocas informaciones existen acerca de su frecuencia en el ambiente de las calles y casas.

Con esta hipótesis de trabajo, se ha realizado la investigación que motiva la presente comunicación.

5 Promedios mensuales de algunos registros climáticos del Distrito Federal de los años 1961 a 1970, de acuerdo con los datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Mexicano.

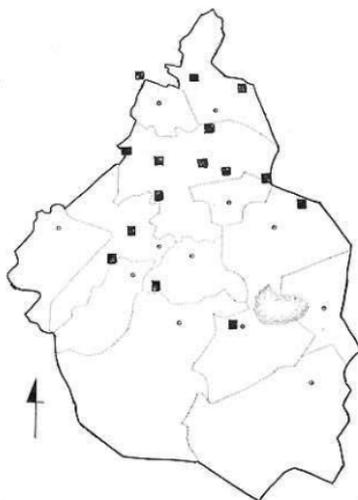
Material y métodos

En quince diversos lugares del Distrito Federal (cuadro 6), en los meses de abril,



julio, y octubre de 1971, y en enero de 1972, correspondientes a las cuatro estaciones del año, se obtuvieron siembras del aire en medios de cultivo para gérmenes gramnegativos y para grampositivos, abriendo las cajas de Petri que los contenían, durante cinco minutos, a la sombra, generalmente a mediodía, a un metro de altura del piso, retiradas de personas, en banquetas o sitios cercanos a donde pasaban vehículos que levantan polvo (fig. 6).

Las cajas de Petri se enviaron al laboratorio donde permanecieron 24 horas en incubación, para seguir el proceso de la marcha de Edwards para gérmenes entéricos. Los medios de cultivo iniciales fueron el EMB-agar y el SS-agar. No se determinaron cuentas de colonias.



6 Distrito Federal. Bacteriología del aire. Zonas donde se hicieron las siembras en cajas de Petri. Corresponden a áreas con mayor densidad de población.

Resultados

Las enterobacterias y el estafilococo identificados en cada una de las muestras, se

Cuadro 5 Viento dominante y su velocidad media en metros por segundo

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
65	1.2 NW	1.9 WSW	1.4 SW	1.5 S	1.7 NW	1.8 N	1.4 NW	1.4 NW	1.2 NW	1.5 NW	1.5 NW	1.5 NW
66	C	1.5 NW	1.9 NW	2.8 W	1.8 W	1.8 W	1.9 NW	1.2 NW	1.5 W	1.5 W	1.5 W	1.5 W
67	C	1.6 NW	1.4 N	1.4 W	1.9 N	1.5 N	2.1 NW	1.4 NW	1.7 NW	1.5 NW	1.4 NW	1.8 SW
68	C	1.1 W	2.0 SE	1.2 NW	1.2 N	1.2 NW	1.2 NW	1.2 N	C	0.9 C	0.8 N	2.0 N
69	C	1.6 N	3.0 SW	2.0 N	S	2.1 N	2.0 S	N	C	C	2.3 N	C
70	C	1.7 N	2.0 SW	2.8 N	C	2.1 N	C	2.0 N	C	C	2.3 N	C
71	4.8 N	3.0 SW	1.2 NW	1.8 NW	2.2 NW	2.9 N	2.4 NE	1.9 NE	1.5 NE			



7 Algunas de las cajas de Petri después de 48 horas de incubación de la siembra de aire.

señalan en el cuadro 6. En estos resultados se omiten los hallazgos de una gran cantidad de colonias correspondientes a levaduras, hongos y otras bacterias saprófitas.

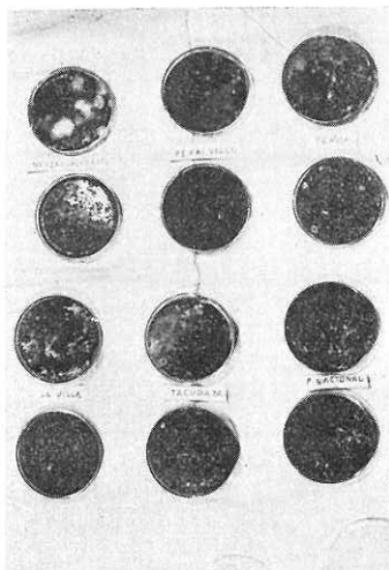
Puede observarse que en todos los lugares donde se expusieron los medios de cultivo, y en todas las ocasiones del año, se encontraron enterobacterias, unas de los tipos calificados como patógenos (*Salmonellas*, *Shigellas*, *E. coli* patógena) y otras saprófitas, o patógenas facultativas (*Klebsiella*, *Pseudomonas*, *E. coli*). Por lo que se refiere a bacterias grampositivas la selección se enfocó, como ya se dijo, solamente al estafilococo dorado, coagulasa positivo (figs. 7 y 8).

Se identificó la presencia de *Salmonella* en cuatro lugares en enero, dos en abril,

cuatro en julio y tres en octubre, es decir, tanto en época de lluvias como en temporada seca; *Shigella* sólo se aisló en dos lugares, uno en enero y otro en abril, correspondientes a etapas secas; el estafilococo patógeno pudo identificarse en dos lugares en enero, cuatro en abril, tres en julio y solamente uno en enero.

Comentarios

Puesto que en todos los sitios y épocas se pudieron identificar enterobacterias en los cultivos, no pueden establecerse diferencias significativas ni prevalencias en relación con la ubicación de zonas urbanas o suburbanas, unas con buenas condiciones y otras con conocidos defectos sanitarios.



8 Siembras de aire en cajas de Petri después de 48 horas.

Cuadro 6 Estudio bacteriológico del aire en el D. F. Sitios donde se hicieron las siembras y principales gérmenes aislados

Colonias	Abril/71	Julio/71	Octubre/71	Enero/72
Nápoles	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella, E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Merced	<i>Salmonella, Shigella, E. coli</i>	<i>Salmonella, E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella, estaf.</i>
C.U.	Estafilococo	<i>Salmonella, E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Aeropuerto. Peñón	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>Sbigella, E. coli</i>
Tacubaya	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella, estaf.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>
Peralvillo	<i>E. coli</i>	<i>E. coli, estaf.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Pseudomonas, E. coli</i>
Tacuba	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli, Shigella</i>
C. Netzahualcóyotl	<i>E. coli, estaf.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella, E. coli</i>	<i>Salmonella</i>
Martín Carrera	<i>E. coli, estaf.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>E. coli</i>
Las Águilas	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>E. coli</i>
Vallejo	<i>Salmonella, E. coli, Pseudomonas</i>	<i>Salmonella,</i>	<i>E. coli</i>	Estaf., <i>Salmonella, E. coli</i>
Zócalo	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Xochimilco	<i>E. coli, estaf.</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Tlalnepantla	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	Estafilococo	<i>E. coli, estaf.</i>
Roma	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella, E. coli</i>

Aun cuando se trata de un muestreo corto en cuanto a distribución estacional y sólo a las mismas horas —el mediodía— en unas cuantas zonas del Distrito Federal, tampoco es posible relacionar los resultados con las variantes climáticas específicas.

Consideramos permisible concluir:

1) En todos los lugares y en todas las fechas del muestreo, se aislaron enterobacterias del aire del Distrito Federal, lo cual indica contaminación fecal universal.

2) Las variantes meteorológicas del Valle de México no parecen influir en la frecuencia o prevalencia de la contaminación bacteriana del aire.

3) Puede estimarse que en esta contaminación, por su generalización y persis-

tencia, intervienen dos factores esenciales: el primero es la fuente extraordinariamente grande de detritos fecales, y el segundo la atmósfera de polvos y gases (*smog*) que a diario, y durante muchas horas, impiden la penetración de las radiaciones solares que son el mecanismo bactericida natural.

4) Mientras estas situaciones adversas subsistan o prosperen, sin procesos de saneamiento del medio que las neutralicen, constituyen un importante problema de salud pública y un constante peligro para los organismos susceptibles a las infecciones por los gérmenes señalados, como son principalmente los niños menores de tres años de edad, con relativa inmadurez en sus mecanismos inmunológicos.

REFERENCIAS

1. Carballo, M. A.: *Costra de detritus en tierras del Plan Texcoco*. Excélsior, 7 de agosto, 1972.
2. Kuthy-Porter, J.: *Contaminación atmosférica en el Valle de México*. GAC. MÉD. MÉX. 99: 797, 1969.
3. Maynez Puente, S.: *Festín de microbios*. Excélsior, 23 de octubre, 1969.
4. Ordóñez de la Mora, B. R.; Márquez, M. E.; Mexas, A., y Newil, V.: *Investigación de la Academia Nacional de Medicina sobre efectos en la salud por la contaminación atmosférica en el Distrito Federal*. Sesión ordinaria del 26 de julio de 1972.
5. Rossi, E.: *Problemas de pediatría en los países desarrollados*. II. Congreso de Pediatría de las Naciones Latinas. Guadalajara, 1968.
6. Valenzuela, R. H.; Luengas, J., y Marquet, L.: *Manual de pediatría*. 8a. ed. México, Interamericana, 1972.
7. Van Oye, E.: *The world problem of salmonellosis*. La Haya, W. Junk Publ. 1964.