

LA MICROBIOLOGIA DEL AGUA.  
SU IMPORTANCIA EN LA POTABILIZACION DEL AGUA  
Y EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS.

— **Dr. Oswaldo Vizcarrondo.**

Laboratorio de Aguas.  
Instituto Nacional de Obras Sanitarias.  
Caracas.

A mediados del siglo XIX se evidenció que el agua de bebida podía ser transmisora de enfermedades entéricas tales como el cólera y la fiebre tifoidea, y que asimismo, las aguas de desecho frecuentemente contenían los agentes causantes de estas enfermedades. Tal hallazgo motivó que en los campos de la química y la bacteriología se desarrollaran métodos de análisis de laboratorio y técnicas de tratamiento que permitieran el control de las enfermedades de origen hídrico.

El auge constante de la tecnología ha dado lugar a la conformación de sistemas de abastecimiento de aguas y de disposición de aguas servidas, cada vez más complejos, más eficaces y más difíciles de controlar por su amplitud.

En el planeamiento, diseño y operación de los proyectos destinados a constituir sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, y sistemas de tratamiento de las aguas servidas, toma parte un grupo numeroso de diferentes especialidades. La meta primordial de los proyectos anotados es salvaguardar la salud pública, y éstos dejarán de cumplir a cabalidad con su cometido en la medida que el aspecto sanitario sea relegado de su condición de prioridad.

Para la estructuración del conjunto armónico que constituye un sistema de los antes mencionados, ha sido necesaria la participación de diversos especialistas responsables por instalaciones tales como las represas, aducciones, plantas de tratamiento, sistemas de distribución, laboratorios de control, etc. Hay un grupo de especialistas que tiene incumbencia directa con el agua como materia de trabajo; este grupo está llamado a garantizar la cantidad y la calidad suficientes de ese elemento fundamental. Su contribución tiene lugar durante todo momento, desde la etapa final de los procesos de tratamiento hasta la disposición de

las aguas servidas. La calidad del agua a través de todas estas etapas, es un parámetro clave.

Se han establecido conceptos de calidad mínima requerida del agua de acuerdo con los usos inmediatos a que se le destina, expresados básicamente en función de sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

Se hace ostensible en el encuadre somero que hemos presentado, que es indispensable el conocimiento y evaluación de los fenómenos biológicos que tienen lugar en las aguas. *La participación del microbiólogo especializado en la microbiología del agua es decisiva.*

La microbiología del agua es una disciplina bastante compleja, comprende especialidades tales como la bacteriología, micología, fitología, virología, protozoología y la misma zoología. Esta disciplina se denomina hoy Microbiología Sanitaria, porque en estrecha colaboración con la Ingeniería Sanitaria tiene como meta principal el velar por el normal funcionamiento de los procesos directamente relacionados con la salud de la colectividad.

La intervención del microbiólogo sanitario comienza en las propias fuentes de abastecimiento, cuando aporta información de campo pertinente a parámetros de diseño; y se proyecta en sus funciones con responsabilidades que van desde el control de la calidad bacteriológica de las aguas, la interpretación y control de los fenómenos que tienen lugar en los procesos biológicos utilizados en el tratamiento de las aguas servidas, hasta llegar al campo de la investigación necesaria para el continuo mejoramiento de los métodos de control y procesos de tratamiento.

A título de ilustración podemos mencionar que el microbiólogo sanitario suma a su intervención en los sistemas de tratamiento convencionales, la participación en sus estudios específicos de volúmenes naturales de agua, con la finalidad del saneamiento de los mismos. De manera similar, su aporte permite determinar la influencia de descargas incontroladas de desechos a fuentes poco contaminadas. Sería tarea larga y quizá tediosa enumerar las múltiples posibilidades de aplicación de la microbiología en el campo de la ingeniería sanitaria; sin em-

bargo, es imperativo tratar más en detalle dos aspectos de importancia fundamental; me refiero al papel que juega la microbiología sanitaria en el control de las aguas destinadas al consumo humano, y el control de los sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Para que un agua destinada a consumo humano sea aceptable como tal, es necesario que cumpla con una serie de normas que determinan las características físicas, químicas y bacteriológicas que esa agua debe tener. Estas normas usualmente denominadas "Normas de Calidad de Agua de Bebida", fijan los límites permisibles de concentración de todos aquellos factores considerados como de importancia para la salud. Entre estos factores están la cantidad de organismos coliformes y el número de colonias presentes en el agua.

La Organización Mundial de la Salud, en su carácter de Organismo con proyección internacional, ha establecido normas que fijan el máximo permisible de ciertos parámetros de calidad del agua. Cada país por separado, a su vez, tiene como meta el establecimiento de sus propias normas de calidad del agua, según su capacidad para producir aguas que cumplan con esas normas basadas en el ambicioso espíritu de alcanzar las metas de una "calidad deseable" en vez de meramente cumplir con una "calidad permisible".

Es oportuno observar que en las normas se usa el término contaminación como la presencia de cualquier sustancia extraña (orgánica, inorgánica, radiológica o biológica) en el agua, que tienda a degradar su calidad en una forma tal que pueda convertirla en un peligro o limitar su utilización.

En lo referente al aspecto bacteriológico, las normas en general fijan como indicador del grado de contaminación a los organismos coliformes. Dado que los métodos actuales utilizados para la identificación de los organismos patógenos presentes en el agua son laboriosos, lentos y por ende poco prácticos para un control sanitario efectivo, se ha hecho necesario establecer un patrón que por correlación indique si existe o no contaminación del agua con organismos patógenos presumiblemente de origen fecal.



El Instituto Nacional de Obras Sanitarias en su condición de organismo responsable del suministro de agua potable y la disposición de las aguas servidas, para las poblaciones que excedan de 5.000 habitantes, tiene instalaciones para tales fines en todo el País. La operación de dichas instalaciones implica el control de las mismas, y para ello son necesarias normas de calidad. No disponiendo en el presente de normas propias, se han adoptado provisionalmente como patrón de referencia, con un justo criterio sanitario, los valores establecidos en las Normas Internacionales de Calidad de Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud, con vigencia desde el año 1962; manteniendo el Instituto el propósito de alcanzar las metas establecidas en el logro de los "ideales de calidad" que dicta una correcta práctica sanitaria.

Para el control de sus sistemas, el Instituto Nacional de Obras Sanitarias dispone de una unidad central: el Laboratorio de Aguas, y de instalaciones similares dispersas por todo el País. En el Laboratorio, equipado a cabalidad y siguiendo los métodos normales vigentes para el control bacteriológico de las aguas, junto con otras diversas tareas de su especialidad tiene fundamentalmente su campo de acción el microbiólogo sanitario.

Las Normas de la Organización Mundial de la Salud establecen que la presencia del grupo coliforme debe ser considerada como un índice de contaminación fecal remota o reciente. Para cada muestra de agua individual, la densidad coliforme se estima cuantitativamente en términos del Índice NMP, o sea "el número más probable" de organismos presentes en 100 ml. de agua.

Para obtención de resultados satisfactorios, las normas recomiendan utilizar el procedimiento de siembra en tubos múltiples de dilución o bien el procedimiento de la membrana filtrante.

En lo referente a las normas de calidad del agua tratada, la Organización Mundial de la Salud establece básicamente que: "No se deberán encontrar bacterias coliformes en el 90% de las muestras examinadas durante cualquier año, o el Índice NMP de los microorganismos coliformes será menor de 1,0.

Ninguna de las muestras deberá tener un Índice NMP de bacterias coliformes que exceda de  $10''$ .

Aparte del anterior enunciado hay una serie de limitaciones en cuanto a los resultados, que se basan en consideraciones de probabilidades, frecuencia de muestras, o técnicas de dilución, etc.

A título de comparación podemos mencionar de las Normas de Calidad de Agua Potable del Servicio de Salud Pública de los E.U.A., también del año 1962, la parte correlativa a la anteriormente citada. Los siguientes son los límites básicos.

a) Cuando porciones normales de 10 ml. de muestra son examinadas, no más de un 10% en cualquier mes debe indicar la presencia de organismos coliformes; la presencia de organismos coliformes en 3 ó más porciones de 10 ml. provenientes de una muestra normal no será permisible.

b) Cuando porciones normales de 100 ml. de muestra son examinadas, no más de un 60% en cualquier mes debe indicar la presencia del grupo coliforme. La presencia del grupo coliforme en todos los 5 tubos de porciones normales de 100 ml. no será permitido.

Al igual que las Normas de la Organización Mundial de la Salud, para cada enunciado básico aplican una serie de alternativas fundadas en las mismas consideraciones antes anotadas.

En lo relacionado con las normas de calidad bacteriológica, el Instituto muestra un celo mayor por el control de sus aguas, reflejo de una conciencia sanitaria compartida por el microbiólogo, y de hecho la verificación de la calidad del agua es llevada hasta la identificación rutinaria de los propios organismos fecales, ya que las bacterias coliformes totales en los suministros de agua han sido aceptadas sólo como evidencia presuntiva de contaminación con organismos patógenos. En forma complementaria se efectúa paralelamente el conteo de bacterias presentes en 1 ml. de muestra, incubadas en disco Petri con agar nutriente a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Cuando el caso lo amerite se efectúan investigaciones más completas para la identificación de organismos componentes de la familia de las enterobacteriáceas.

Como ilustración de la magnitud del esfuerzo realizado en este sentido podemos citar que tan solo en el Laboratorio de Aguas se realizó durante el año de 1969 la cantidad de 13.272 análisis bacteriológicos de rutina y 215 análisis bacteriológicos especiales.

Asimismo, son actividades frecuentes del microbiólogo sanitario en el control de los sistemas de abastecimiento de aguas, la investigación de bacterias sulfatorreductoras y bacterias del hierro: para la explicación de los fenómenos biológicos de corrosión en los sistemas de bombeo, tanques y tuberías de distribución; estudios de fitoplancton y zooplancton para la interpretación de los fenómenos ecológicos de los embalses y ríos; el estudio de esporulados y el análisis de lodos bentales y su acción en los procesos de formación de gases tóxicos; y nematodos como posibles receptores de bacterias y virus.

La evidencia de que en el ciclo de las aguas hay cada día una mayor incidencia de contaminación debida a la descarga arbitraria de aguas servidas en las fuentes de abastecimiento relativamente libres de contaminación constituye un alerta para los organismos encargados de velar por la salud pública. Aparte de las consideraciones económicas que establecen que a mayor contaminación son mayores los costos de producción, es imperativo imponer el convencimiento de que son necesarios mecanismos legales suficientemente efectivos y enérgicos para regular definitivamente la descarga indiscriminada de aguas servidas sin tratamiento previo, bien se trate de aguas de origen industrial o doméstico.

La preocupación por el desarrollo de nuevos procesos de tratamiento de las aguas servidas, y por el mejoramiento de los existentes, es un reflejo de la toma de conciencia que frente al problema evidenciado han adoptado los especialistas en la materia.

El microbiólogo sanitario participa activamente en casi la totalidad de los procesos existentes, ya que en la mayoría de los procesos de tratamiento de aguas servidas está involucrada la actividad biológica.

El concurso del microbiólogo permite evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento, encontrar y corregir deficiencias del mismo y controlar la calidad del efluente producto del pro-



ceso. Para la interpretación de los eventos biológicos y químicos, ya que así puede aportar una información apropiada y clara, que conduzca a decisiones bien fundamentadas.

En los procesos de tratamiento de aguas servidas es importante conocer el contenido de oxígeno y de materia biodegradable así como la capacidad de reoxigenación de las aguas. Estos valores son índices de las condiciones sanitarias de un curso de agua o de la eficiencia de un proceso de tratamiento. En relación con estos parámetros existe una prueba para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno o D.B.O. que podemos definir como la cantidad de oxígeno requerido durante la estabilización de la materia orgánica degradable y la materia inorgánica oxidable por la acción biológica de los organismos anaeróbicos.

Básicamente el tratamiento de aguas servidas, que generalmente contienen desechos orgánicos, comprende tres etapas que son: el pre-tratamiento, la oxidación biológica, y el tratamiento y disposición de los lodos.

La oxidación biológica tiene lugar en unidades de lechos filtrantes o fijos tales como los denominados "filtros trickling", o bien en sistemas de lechos húmedos o de lodos activados. El propósito de la oxidación biológica es la remoción de la materia coloidal y de la materia orgánica disuelta.

El proceso de lodos activados puede ser definido como un sistema en el cual se circulan constantemente cultivos biológicos floculados poniéndolos en contacto con los desechos orgánicos en la presencia de oxígeno. Como complemento para un tratamiento eficiente se someten los lodos activados a procesos de digestión aeróbica o anaeróbica.

Usualmente es necesario efectuar estudios previos a escala de planta piloto, donde también es útil la microbiología.

El proceso de tratamiento basado en la utilización de lagunas de oxidación implica la acción biológica por la presencia de organismos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos.

Como podemos observar, el microbiólogo tiene en los procesos de tratamiento de las aguas para consumo humano y las servidas, un amplio campo para la aplicación de los conociemien-



tos propios de su especialidad. Queda en sus manos conjugar conocimientos, trabajo tesonero y mística para que en colaboración con los demás especialistas se mantenga un paso firme hacia el logro de la supervivencia del hombre.

Digo esto en virtud de que debido a un desarrollo industrial vertiginoso, a una superpoblación a todas luces irrefrenable, al uso irracional de los recursos naturales y a la creciente contaminación de las aguas, el hombre vislumbra un horizonte incierto ante la alternativa de que, a pesar de todos sus conocimientos, la carencia de ese elemento vital que es el agua dicte su fracaso como dueño y señor de este planeta.

#### BIBLIOGRAFIA SOBRE CONTAMINACION Y PURIFICACION DE LAS AGUAS EN VENEZUELA

- 1881: Vicente Marcano Un. Médica I-20; 153-154. Las aguas de alimentación en la Ciudad de Caracas, en sus relaciones con la salubridad.
- 1890: Pineda A. M. Bol. Hosp. Car. III; 26-200-204. De las aguas potables de Barquisimeto.
- 1897: Eduardo Andrade Penny; Gac. Médica Caracas. V 6-45-50. Influencia de la purificación del agua en la salubridad.
- 1911: Meir Flegel. Gac. Méd. Caracas. XVIII; 11-86-87. Esterilización del agua destinada a la alimentación.
- 1914: Córdova, Salvador. El problema del agua en Caracas. El Universal.
- 1914: Luis Razetti. El Universal. 13-26-29 Nov. y 2 de Dic. El problema del agua en Caracas.
- 1916: J. D. Montenegro. Gac. Méd. Ciudad Bolívar. El agua potable de Ciudad Bolívar. Facilidad de poner en práctica las condiciones de su mejoramiento.
- 1916: Juan Iturbe y Eudoro González. Rev. Vargas VII; 15-303-317. Contribución al estudio de los gérmenes patógenos del agua.
- 1927: B. Perdomo Hurtado. Rev. Méd. y Cir. Caracas XI; 104-63-72. Un nuevo procedimiento de esterilización de las aguas: la auto-javelización imperceptible por el método de Bunau-Varilla.
- 1928: L. G. Chacín Itriago. Gac. Méd. Caracas, XXXV. 13; 202-204. Purificación de las aguas.
- 1928: Sánchez Carvajal. M. A. Tesis U. C. V. La purificación del agua.
- 1931: Elías Benarroch. Caracas, Tipografía Americana. 49 pgs. Métodos modelos para análisis de aguas y alcantarillado.

- 1931: Elías Benarroch. El nuevo Diario Caracas N° 6.576, Mayo 3. Las aguas del Rio Guaire. Su depuración espontánea.
- 1934: Georges Roche. Caracas. Lit. y Tip. Casa de Especialidades. 15 páginas. Verdunización de las aguas de Caracas.
- 1934: Laboratorio de Análisis de aguas e Investigaciones Sanitarias. M. de Sanidad y Asistencia Social. Informe Anual. Lit. y Tip. Vargas.
- 1935: Elías Benarroch. El Heraldó. Caracas. N° 4.093. Dic. 23. El problema de las aguas potables.
- 1935: Elías Benarroch. La Esfera. Caracas. N° 2.820. Pág. 6. El saneamiento de las aguas que proveen a Caracas.
- 1935: Elías Benarroch. El Heraldó. Caracas. N° 3.992. Junio 8. Sobre purificación de las aguas potables.
- 1936: Elías Benarroch. Caracas. Tip. Americana. 49 págs. Calidad bacteriológica de las aguas y métodos modelos para análisis de agua y alcantarillado.
- 1936: J. B. Ascanio Rodríguez. Bol. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. 529-570. Examen de agua bajo el punto de vista sanitario.
- 1936: Ascanio Rodríguez. Bol. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Concepto sobre Hidrología Sanitaria.
- 1936: Elías Benarroch. Bol. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Págs. 409-412. El agua. Consideraciones generales. Usos. Cantidad. Clasificación Sanitaria. (Conferencia para el Curso de Inspectores).
- 1936: Elías Benarroch. El Universal. Caracas. N° 9.609. Agua pura desde el Acueducto.
- 1936: Benarroch-Martin Vegas. El Heraldó, Febrero 26. Informe al M.O.P. sobre tratamiento de aguas.
- 1936: Elías Benarroch. El diario Ahora. Caracas, N° 205. Agosto 8. La Sanidad y las Aguas Potables.
- 1937: Elías Benarroch. Boletín de la Oficina Panamericana XVI-3:220-222. A propósito de la Cloración en Caracas.
- 1937: Rísquez, J. R. Gac. Méd. Caracas XLV. 17-262. Nota acerca de la esterilización del agua por variaciones del pH.
- 1937: Rísquez, J. R. Bol. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, páginas 1.157-1.170. El ácido tartárico en la destrucción de los gérmenes patógenos del agua.
- 1941: Dario Curiel J. A. Jove-Ofelia Iturbe I. XII Conferencia Panamericana. Libro amarillo. Ed. Grafolite. Estudio de una epidemia de fiebre tifoidea ocurrida en Altagracia de Orituco, Edo. Guárico, durante el lapso marzo-mayo 1941.
- 1943: Dario Curiel. Trabajo presentado a la Tercera Conferencia Sanitaria Nacional reunida en Caracas, en Abril de 1943. Cuaderno amarillo N° 12. Conferencia Panamericana. Ed. Grafolite. Algunas notas sobre la Epidemiología de la fiebre tifoidea en el Departamento Libertador del Dtto. Federal.

- 1943: POR DECRETO EJECUTIVO N° 71 del 15 de abril, cuya reglamentación se hizo por decreto ejecutivo el 22 de mayo, se creó el Organismo Público denominado: INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (I.N.O.S.).
- 1943: Castillo, Demetrio. Leída en las reuniones interunidades en San Juan de los Morros. Algunas notas sobre la Epidemia de fiebre tifoidea en San Fernando de Apure.
- 1943: Gallo, P. Gaceta Médica, Caracas. L. 6. Págs. 62-67. Estudio sobre los bacteriófagos de las aguas de Caracas.
- 1945: Ricardo Archila. Libreto Amarillo N° 5. XII. Conferencia Panamericana. La Epidemia de fiebre tifoidea en Mérida.
- 1946: Luis Wannoni Lander. Revista de Sanidad y Asistencia Social: 2:-81-94. La autopurificación de los cursos de aguas y letrinas como medida de saneamiento.
- 1946: Geo. C. Bunker. Rev. Sanidad y Asistencia Social. XI-2-145. Sobre calidad de aguas: impurezas minerales y orgánicas.
- 1956: José Rafael Hurtado (I.N.O.S.). Química y Microbiología del agua. Libro de 286 páginas. (Laboratorio de Aguas).
- 1962: Carlos Lara -Miguel Yamin Yamin. Primer Congreso Venezolano de Ingeniería Sanitaria: 20 al 26 de mayo. El problema de la contaminación de las Playas del Litoral Central del D.F.
- 1962: Carlos Lara (I.N.O.S.). Laboratorio de Aguas. Manual para operadores de Plantas de Tratamiento, 5 folletos.
-