

“ASPECTOS SANITARIOS DEL AGUA.”

**“ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVES
DE LAS AGUAS”**

DR. ENRIQUE BELDARRAIN CHAPLE.

DOCTOR EN MEDICINA,

ESPECIALISTA EN EPIDEMIOLOGIA.

INVESTIGADOR ASISTENTE ACADEMIA DE CIENCIAS

LA HABANA.

1999.

TABLA DE CONTENIDO.

Introducción.

Algunos datos históricos.

Ciclo del agua en la naturaleza.

Origen de la contaminación de las aguas.

Tipos de contaminantes.

Características de la toma de muestra de agua.

Investigaciones que se hacen al agua :

Examen físico.

Examen químico.

Examen bacteriológico.

Examen microscópico.

Inspección sanitaria de campo.

Requisitos radiológicos del agua de consumo.

Autodepuración del curso de las aguas.

Polución de cursos de agua.

Daños provocados a los cursos de agua.

Daños de naturaleza física.

Daños de naturaleza química y bioquímica.

Daños de naturaleza bacteriológica.

Autodepuración física, bacteriológica y bioquímica.

Estudio de un curso de agua contaminada.

Zona de degradación.

Zona de descomposición activa.

Zona de recuperación.

Zona aguas limpias.

Defensa de los cursos de las aguas.

Clasificación de los cursos de las aguas.

Sistemas de abastecimientos de agua.

Públicos y privados.

Importancia sanitaria y económica.

Consumo de agua.

Partes de un sistema público de abastecimiento de agua (acueducto).

Procesos de tratamiento de agua.

Aereación

Sedimentación.

Filtración.

Desinfección.

Clasificación de los sistemas individuales de abastecimiento de agua.

Contaminación de un pozo.

Protección sanitaria de los pozos.

Métodos de purificación del agua en zonas rurales.

Ebullición.

Desinfección.

Filtración.

Desinfección del agua potable y subproductos de interés para la salud.

Cloro y sus subproductos.

Cloramina y sus subproductos.

Dioxido de cloro y sus subproductos.

Ozono y sus subproductos.

Tecnologías de desinfección utilizadas en América Latina.

Desinfección a nivel doméstico.

Normas de calidad para el agua de consumo.

Físicos.

Químicos.

Bacteriológicos.

Determinaciones de cloro residual en una muestra de agua.

Método de ortotolidina.

Desinfección de pozos, cisternas y tanques.

Sustancias que causan daños a la salud.

Agroquímicos.

Afectaciones agudas y crónicas producidas por agroquímicos.

Enfermedades relacionadas con el agua.

Enfermedades vinculadas con la falta de higiene.

Enfermedades producidas por el contacto con el agua.

Enfermedades producidas por vectores de hábitat acuático.

Enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedades diseminadas por el agua.

Hace poco tiempo, en un taller ecológico celebrado en Guatemala, oí hablar al colega Javier Bogantes sobre el Tribunal Centroamericano del Agua. Antes de que empezara su charla, el nombre de esta institución hizo viajar mi imaginación hasta la obra de Don Vicente Blasco Ibañez y a su Valencia natal, en la novela “ La Barraca ”, donde hace una vívida descripción de la remota y famosa institución llamada EL TRIBUNAL DE LAS AGUAS y su labor de justicia. Las imágenes de mi memoria fueron mas allá y se situaron en la misma Valencia, ciudad ligada a mis emociones por vínculos y estancias en su Universidad, por amigos, por tiempo compartido. En la Plaza de la Catedral de Nuestra Señora de los Desamparados, está la Fuente de las Aguas, monumento escultórico que recuerda a esta institución con su colosal figura en bronce del Dios de las Aguas, rodeado por las figuras femeninas en bronce también, más pequeñas, que representan las acequias proveedoras de tan preciado líquido.

El Tribunal de las Aguas se reunía frente a la Puerta de los Apóstoles de la Catedral valenciana,. Blasco Ibañez dejó escrito: “ La Puerta de los Apóstoles, vieja, rojiza, carcomida por los siglos, extendiendo sus roídas bellezas a la luz del sol, formaba fondo digno del antiguo tribunal : era como un dosel de piedra, fabricado para cobijar una institución de cinco siglos ” . Y más adelante añade : “ La gente labradora miraba con respeto a estos jueces salidos de su clase, cuyas deliberaciones no admitían apelación. Eran los amos del agua ; en sus manos estaba la vida de las familias, el alimento de los campos,

el riego oportuno, cuya carencia mata una cosecha. Y los habitantes de la extensa vega cortada por el río nutridor, como una espina erizada de púas que eran sus canales , designaban a los jueces por el nombre de las acequias que representaban .'' (1).

Eran siete los jueces y los valencianos se sentían orgullosos de su tribunal, de su forma de hacer justicia, se llevaban los problemas con el agua ante ellos, la pena era sentenciada inmediatamente y nada de papeles, pues entre las gentes honradas no era necesario ni el papel timbrado, ni el sello, ni el escribano.

Como vemos, desde tiempos remotos los hombres tienen problemas por el agua y con el agua, pero la solución de estos no es tan fácil en el momento actual. El que se negaba a cumplir con el dictamen del Tribunal valenciano, le quitaban el agua para siempre, con las consecuencias fatales que ello conllevaba.

Este es uno de los antecedentes históricos del actual Tribunal Centroamericano del Agua, organismo que se alza para defender las aguas de la región, su pureza, su accesibilidad, su ecosistema para denunciar a todo aquello o a quienes la contaminen, la degraden o intenten una sectorización indebida de las mismas.

El agua es parte de la naturaleza, de la vida, de la unidad de la Creación, es por tanto un bien común, que todos los individuos del planeta debemos compartir y estamos en la obligación de preservar, tanto para nuestro uso cotidiano como para el de las futuras generaciones.

El agua es un elemento esencial, es muy simple , sin ella no hay vida. Es necesaria para el mantenimiento de la biodiversidad. Esto hace pensar en la importancia de hacer campañas educativas a favor de su conservación de las mismas cada vez mas amplias y profundas, que lleven a las poblaciones a reflexionar en un tema tan importante como el mantenimiento de su calidad porque, continuamente, unas veces sin saberlo y otras por negligencias, las estamos contaminando : arrojando basuras; o regando en campos agrícolas plaguicidas o productos químicos, que por sus cercanías a las corrientes de aguas van a contaminar con estos productos ríos y embalses, vertiendo desechos industriales, que pueden tener compuestos que contaminan las aguas, otras veces se producen accidentes, que con un poco de cuidado pueden evitarse, y traen como consecuencia contaminaciones grandes, como las que ocurren cuando se derrama un tanquero de petróleo en el mar. Con estrategias que incluyan buenas campañas de promoción y educación, brindando la información adecuada a la población y a las entidades industriales, pueden reducirse estas contaminaciones. A veces son necesarios instrumentos coercitivos del tipo de regulaciones legislativas, que prohiban algunas actividades, sobre todo los vertimientos de residuales de algunos tipos de industrias al medio ambiente. Este trabajo es arduo, pero creemos que puede tener efectos positivos sobre todo a mediano y largo plazo.

El agua por supuesto es vital, como ya sabemos, para la existencia de los seres humanos. Las dos terceras partes del organismo están constituidas por agua, cantidad que debe mantenerse constante para garantizar la omeostasis del sistema. Este volumen de agua se intercambia y moviliza dentro del propio organismo para atender a las necesidades fisiológicas, como es el transporte de sustancias, metabolitos y elementos celulares y la regulación de la temperatura. A través de las membranas celulares existe un intercambio de

líquidos de 50 litros/día. En los glomérulos renales se filtran diariamente 170 litros de agua, de los que aproximadamente 169 pasan de nuevo a la sangre y el resto se elimina en forma de orina. También hay pérdida de agua por la piel, los pulmones e intestinos del orden de 600 a 1400 ml diarios. Por ello es muy necesario reponer por ingestión el líquido en un promedio de 2 litros diarios, en dependencia de la actividad física, la edad y el clima entre otros factores. Si se suspende el aporte de agua por un breve periodo de tiempo (dos o tres días), el organismo humano muere. Los procesos vitales se hacen en soluciones acuosas, por eso las pérdidas por evaporación, secreción o excreción tienen que ser restituidas para su funcionamiento normal.

Pero al igual que el agua nos trae la vida y nos ayuda a preservarla, nos puede ocasionar enfermedades y la muerte. Nos vamos a referir en este trabajo a algunas enfermedades que pueden ocurrir transmitidas por las aguas.

Las aguas ya sean de ríos, lagos, embalses o mar pueden contaminarse por agentes biológicos y causar un grupo de enfermedades clasificadas como infectocontagiosas o transmisibles. De manera general son causadas por microorganismos pertenecientes a los grupos conocidos como virus, bacterias, hongos, parásitos, etc. También algunas sustancias químicas que son tóxicas al hombre pueden contaminar las aguas y éstas producir enfermedades en los humanos y en los animales que las ingieran o entren en contacto con ellas.

Entre las enfermedades infectocontagiosas que pueden ser transmitidas por aguas contaminadas están las bacterianas, con un grupo amplio de entidades patológicas que van

desde el dramático y temido cólera, hasta estafilococos que pueden producir lesiones dermatológicas.

Estas aguas contaminadas pueden producir epidemias y afectar a grandes conglomerados humanos que las utilicen para el consumo doméstico, o pueden afectar a bañistas, a la flora y la fauna de la zona y éstas a su vez producir enfermedades en la población que las consuma.

* * *

El hombre, desde tiempos inmemoriales recogidos en la historia de su desarrollo como especie, se dio cuenta de la importancia del agua para la vida, para la actividad económica que realizara y trató de disponer de ella en la mejor forma posible, de acuerdo con su nivel de su desarrollo.

En la antigua civilización egipcia, el río Nilo ejerció una notable influencia, tanto en la vida como en las actividades económicas de ese pueblo. Era una región donde las lluvias escaseaban, con la vegetación propia de las regiones desérticas, pero en la zona del delta del río y en el plano aluvial, favorecía algunos cultivos, que eran aprovechados por los egipcios, para desarrollar sobre todo el del algodón. Las zonas de las márgenes del Nilo gozaban desde aquella época de una gran fertilidad, debida en buena medida a las inundaciones regulares y periódicas del río, que al desbordarse todos los años y volver de nuevo a su cauce, dejaba depositado en los terrenos de la rivera, un limo fértil que servía de

abono. De esta forma , Egipto venía a ser un oasis creado por la corriente fluvial, una dádiva, presente, regalo o don del Nilo, como escribía el historiador griego Heródoto. (2)

Un cántico popular de la época decía :

“Salud, ¡oh Nilo! Que en tu cauce guardas
la ventura y la vida del Egipto;
tú lo traes, Dios Amón, constantemente
y siempre alegre su venida el alma “. (2)

Este es un ejemplo de cómo las crecidas de un río tuvieron una influencia positiva en el desarrollo y florecimiento de una civilización.

Pero la naturaleza puede crear situaciones en que las corrientes de aguas generen calamidades y situaciones adversas, como ocurrió en 1998 en la región centroamericana, con el huracán Mitch , fenómeno con el que el desborde de los ríos, lagos y embalses arrastró pueblos, comunidades, destruyó puentes y carreteras, acabó con parte de la vegetación y la agricultura, dañó la fauna, contaminó las aguas, y generó la desolación y la muerte de miles de ciudadanos, al desatar hambrunas y epidemias.

Pero como decíamos unos párrafos atrás, desde tiempos muy antiguos el hombre trató de modificar y utilizar para su provecho los cursos de las aguas, además que siempre instaló y desarrolló sus comunidades a orillas de ríos, lagos o mares, para tener muy cerca el líquido vital, y posibilitar posteriormente el desarrollo de las ciudades, algunas de las cuales

conocemos hoy , siempre en una relación muy directa con una fuente de abastecimiento de agua, de gran importancia tanto para la agricultura como para cualquier otra actividad económica y como vía de comunicación, que permitiera en un momento el desplazamiento del producto sobrante de esas actividades económicas para su intercambio con otras comunidades.

Ya los romanos trescientos años antes de Cristo, habían aprendido de sus ascendientes, los etruscos, los conocimientos necesarios para efectuar obras de acueductos, que fueron perfeccionadas en Roma. En esta ciudad se llegaron a construir 14 de cuyos acueductos, algunos restos pueden ser apreciados hoy en ruinas que se conservan de esa época en la Ciudad Eterna. Estos acueductos traían agua desde lejanos manantiales hasta la ciudad y abastecían a la población con un volumen aproximado de 500 litros diarios por persona del preciado líquido. (3)

En Roma hay que recordar que se desarrollaron muchos hábitos higiénicos como el del baño, que tuvo una importante repercusión en el terreno de la higiene y la salud.

En las ciudades romanas de la península Ibérica también se construyeron acueductos; hoy podemos contemplar entre otras obras las que pertenecían a la actual ciudad de Segovia.

Pero los antiguos no sólo se preocupaban por conducir el agua hasta las ciudades, sino también por su calidad. Se conserva un texto sánscrito de unos 2 000 años A. C. donde se recomienda “ conservar el agua en ánforas de cobre, exponerla al sol y filtrarla”. (3)

En otro texto de esa época leemos : “hay que purificar el agua ensuciada, hirviéndola, calentándola al sol, sumergiendo en ella un hierro candente y dejar luego que se enfríe. Se puede filtrar también con arena y cascajo”. (3)

En América, las civilizaciones de la época precolombina también se preocupaban por el agua. Los Aztecas y los Toltecas tuvieron un excelente dominio de la escultura en piedra, desaparecidas casi todas por la destrucción de los colonizadores, pero sobreviven dos ejemplos colosales. Uno es una escultura de tres metros de altura llamada “La Diosa del Agua”, que actualmente está en el Museo de México. Esta diosa es un monumento que simboliza la fuerza implacable de la naturaleza. (4)

En Teotihuacán, el agotamiento de los arroyos trajo como resultado la deforestación y las malas cosechas. Además, para utilizar en la construcción y la obtención de las piedras calizas de las canteras, quemaron los bosques, lo que provocó la sequía de los arroyos y la erosión de los campos. (4)

En Tenochtitlan, Moctezuma I (gobernó a partir de 1440), dictó medidas sanitarias, y construyó un acueducto desde los manantiales de Chapultepec para traer el agua potable en abundancia a la ciudad y así solucionar el problema del suministro del preciado líquido que se transportaba en canoas en recipientes de barro, lo que era bastante engorroso, además de insuficiente. El acueducto conducía el agua hasta el mismo centro de la ciudad, cinco kilómetros de distancia dentro de la muralla del gran Teocalli. Este se hizo de piedra y argamasa y tenía dos conductos, cada uno del grueso de un hombre. Moctezuma I ordenó

también la construcción de un gran dique en el perímetro oriental de su capital, para represar el desbordamiento de los lagos en la época de lluvias. (4,5)

Los acueductos unían a la ciudad con tierra firme. El de Chapultepec parece haber sido construido para traer agua únicamente y tenía dos canales, para que cuando uno se limpiaba el otro pudiera continuar en uso, como describió fray Toribio de Benavente en 1524 .(4)

Según Bernal Díaz del Castillo, Tecnochtitlan tenía canales que cortaban las calzadas sobre las que existían puentes movedizos

Como el imperio se había expandido, la capital estaba densamente poblada, ello trajo consigo problemas con el abastecimiento de alimentos y obligó a extender e intensificar los cultivos, lo que conllevó nuevos problemas con el abastecimiento de agua dulce. Como algunos canales no funcionaban en tiempos de sequía, se proyectó contener los abundantes manantiales de Coyoacán, a unos diez kilómetros al sureste, y traer sus aguas hasta Tenochtitlan. Se construyó el nuevo acueducto, pero las obras de ingeniería fueron insuficientes para contener las aguas y a los cuatro días empezó la inundación que barrió literalmente la ciudad.(5)

En el templo de Tlatelolco se habían construido estanques alimentados por canales procedentes de un acueducto que venía de tierra firme y que daba la impresión de una paz imperturbable. El reflejo de los templos intensificaba el misticismo que se desprendía del

sagrado recinto, lo cual es una muestra mas de la espiritualidad de este pueblo y del uso de elementos naturales como el agua en la construcción de lugares sagrados.

El otro gran problema era el de las aguas albañales que se vertían en los canales y la laguna, cuya corriente aseguraba, afortunadamente, en algo su dispersión. Una red de letrinas públicas favorecía el desague y la basura se arrojaba en los suburbios o era enterrada y utilizada para estercolar los suelos como abono orgánico (5). Estos acueductos fueron acompañados posteriormente de sistemas de alcantarillado, que permitían el desague de los residuales de la ciudad.

Después de la conquista de México por los españoles, el acueducto azteca siguió utilizándose por espacio de varios cientos de años más.

Los Incas en el antiguo Perú, trabajaron la piedra con maestría, idearon y edificaron un sistema de canales, murallas y subterráneos aplicados a la defensa y a la agricultura. La utilización de las aguas fue un problema para ellos, dadas las condiciones orográficas de su territorio, (5). Utilizaron la irrigación de los suelos en la agricultura, pero no construyeron acueductos, seguramente por las dificultades que les planteaba la topografía de la región andina.

* * *

Como hemos mencionado varias veces, el agua tiene una gran importancia biológica : ningún ser viviente, ni animal, ni vegetal, puede mantenerse sin agua, es un elemento esencial en el aspecto evolutivo, ecológico y fisiológico de todas las formas vivas.

Esto nos lleva a una conclusión que cae por su propio peso : que también tiene una importancia sanitaria, pues su ingestión es necesaria para la vida y para crear y mantener los hábitos del aseo personal y colectivos, que son importantes para la salud. Ahora bien, para conseguir todo esto necesitamos un agua de buena calidad, so pena de servir entonces como un vehículo propagador de enfermedades y en casos extremos hasta provocar la muerte.

Por lo tanto, estamos planteando que en el cuadro de salud de una región, de un país, las cifras de morbilidad y mortalidad, están en una relación muy estrecha con la disponibilidad de agua, tanto en cantidad como en calidad.

Las enfermedades diarreicas agudas, tan típicas de los países subdesarrollados, son un ejemplo del significado del abastecimiento de agua, ya que ocurren en sitios donde los acueductos son insuficientes o no existen, donde no hay alcantarillado o está defectuoso, por lo que se contaminan las aguas de uso humano con materias fecales y de otros tipos de desecho y estas pierden su potabilidad. Además de esto, no son tratadas para remediar en algo el problema, y sobrevienen entonces estas enfermedades con su estela de daños y

muerdes, sobre todo en la infancia. También se producen enfermedades por exceso o defecto de elementos contenidos en el agua.

El agua tiene además una importancia económica en la industria para la elaboración directa de infinidad de productos, sobre todo en la del procesamiento de alimentos, pues es necesaria para el lavado, preparación, cocción del producto, etc., para el enfriamiento de motores y para el arrastre de elementos residuales de cualquier proceso industrial.

Según cálculos internacionales, para la producción de una lata de conserva de vegetales se necesitan 40 litros de agua; para obtener un kilogramo de papel son necesarios 100 litros y para una tonelada métrica de cemento 3 500 litros (3).

También para las actividades agrícolas es esencial, para el riego de los cultivos, lo que ha llevado a muchas regiones a represarla y mantenerla en embalses.

CICLO DEL AGUA EN LA NATURALEZA.

El agua, como sabemos desde la escuela primaria, ni se crea ni se destruye, solamente se transforma. A esta serie de transformaciones se le conoce como el ciclo del agua y tiene varias fases : evaporación, condensación, precipitación, escurrimiento superficial e infiltración y da origen a los mantos de aguas subterráneas. La fuente principal de energía para la realización de este ciclo es la solar.

En sus orígenes el agua es pura, químicamente y sanitariamente, es prácticamente destilada, por lo que no contiene microbios ni sustancias extrañas. Pero al transcurrir su ciclo sobre la tierra se carga de sustancias y de microorganismos que proceden de distintos sitios : atmósfera, suelos, hombres, animales, etc. Estos hechos son favorables y perjudiciales al mismo tiempo. Son favorables porque el agua destilada no es potable, no sirve para la bebida, ya que le faltan elementos minerales que son los que le dan su potabilidad y que son además necesarios para el organismo, pero también puede recibir sustancias químicas nocivas o micro organismos patógenos y ser fuente de enfermedad.

Teóricamente el agua más pura debiera ser la de lluvia, que es agua destilada, ya que previamente el agua se ha evaporado y luego condensado. Las aguas superficiales están en continua evaporación formando nubes, que al condensarse producto de los cambios de temperatura, se precipitan en forma de lluvia, nieve o granizo. Al atravesar la atmósfera, el agua se carga de polvo y de otras partículas que están en suspensión, incluso microbios, y llega a la superficie de la tierra con un determinado contenido de sustancias extrañas, que es variable en cantidad y calidad, según las características geográficas, climáticas y ecológicas de la zona en cuestión.

La lluvia produce escurrimientos superficiales que dan origen a los ríos, lagos, llegando a parar a las nubes. Otras aguas se infiltran a través de la tierra y constituirán las aguas subterráneas que dan origen al manto freático y a los mantos profundos; otras estarán en continua evaporación.

Esta diferenciación, por supuesto no existe en la naturaleza; a todas las aguas le suceden las tres cosas en mayor o menor grado y ello depende del lugar en que caen.

ORIGEN DE LA POLUCION DE LAS AGUAS.

Las aguas se pueden contaminar de diversas formas. En cantidades pequeñas esta polución procede de la atmósfera, pero en su gran mayoría se debe a la tierra. Las aguas superficiales son las mas susceptibles a causa de su mayor exposición a las fuentes habituales de contaminación. Las aguas subterráneas sufren una infiltración que será mayor o menor según la calidad del terreno que atraviesen y según el grosor de la capa filtrante.

Así el agua será más pura cuando atraviere capas gruesas de tierra fina, arenosa, que cuando se infiltre a través de terrenos fisurados o agrietados. Las plantas de tratamiento de agua que el hombre ha diseñado están basadas en este proceso natural.

El agua subterránea puede arrastrar sustancias extrañas que encuentra en los terrenos por los que atraviesa. Puede arrastrar elementos minerales como hierro, ácidos, azufre, bicarbonato, etc., en grandes cantidades, así como micro organismos patógenos que se encuentran en la superficie de la tierra, o provenientes de pozos negros o de cualquier origen diferente a estos.

Resumiendo, la polución de las aguas es debida a dos causas : las aguas provenientes de fenómenos naturales, como erosión, etc., o las aguas residuales de las actividades humanas,

albañales domésticas o residuales industriales, que se incorporan a otros cursos de agua arrastrando y extendiendo la contaminación.

Existen varios tipos de sustancias que contaminan las aguas :

SUSTANCIAS BIODEGRADABLES : se oxidan fácilmente por la acción microbiana en presencia de oxígeno; la mayoría de éstas son orgánicas y forman parte de los vertidos de aguas residuales, desechos industriales (fábricas procesadoras de alimentos, papeleras, mataderos).

SUSTANCIAS NO BIODEGRADABLES : fundamentalmente son compuestos químicos sintéticos, plásticos, fibras, pesticidas, así como sustancias naturales con tiempo de degradación largo, que se movilizan en una proporción muy superior a la correspondiente a sus ciclos biológicos, como ocurre con los metales pesados. Envenenan los procesos autodepurativos, constituyen un peligro para la flora y la fauna de los sistemas acuáticos y pueden causar numerosos trastornos al hombre.

SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGANICAS Y MINERALES: comprenden las sales inorgánicas y los ácidos minerales, pueden afectar el equilibrio ácido – base del agua y la salinidad.

AGENTES O MICRO ORGANISMOS PATOGENOS.

CALOR Y RADIOACTIVIDAD.

SEDIMENTOS.

Después de todo lo dicho, se impone que hay que definir qué es un agua de calidad.

Agua pura o potable : es la que está apta sanitariamente para el consumo humano.(3).Debe ser apetitosa, cuyo aspecto incite a la bebida, incolora, inodora, fresca, clara y de buen sabor, además de no contener materias orgánicas disueltas, ni restos de pequeños organismos vivos o plantas.

Agua poluída : contiene sustancias indeseables o inapropiadas para su consumo. Dichas sustancias están en cantidades no aceptables. (3)

Agua contaminada : su calidad está amenazada por la presencia de micro organismos patógenos o sustancias tóxicas, que de ingerirse acarrearían daños corporales o la presencia de una enfermedad que pueda llevar incluso a la muerte. En dependencia del agente contaminante, puede afectar tanto a personas individualmente como a colectividades o comunidades que la utilicen (3). El agua contaminada siempre constituye un peligro potencial.

Hay condiciones que favorecen o dificultan el mayor o menor contenido de gérmenes en el agua, entre ellos figuran :

El tipo de agua, si es superficial, subterránea o de lluvia, la cantidad de sustancias orgánicas contenidas en ella,, su temperatura, el pH que tenga, el contenido de sales, la acción de la

luz solar, la presencia de protozoos, el efecto de la sedimentación y la filtración natural, el contenido de oxígeno y el movimiento que tenga su masa de agua . (3)

Las impurezas que tienen mayor significado sanitario para el consumo humano de las aguas, es decir , mayor peligro son las bacterias u otros agentes biológicos patógenos.

CARACTERISTICAS DE LOS MICRO ORGANISMOS PATOGENOS DE ORIGEN INTESTINAL, QUE TIENEN IMPORTANCIA EN LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS.

_____ SUPERVIVENCIA EN EL AGUA, EN DIAS. _____

MICRO ORGANISMOS	PERIODO DE SUPERVIVENCIA (EN DIAS)			
	En agua esterilizada	en agua de acueducto	en agua de río	en agua de pozo
E. coli	8 - 365	2 - 262	24 - 183	—
<i>Salmonella typhi</i>	6 - 365	2 - 93	4 - 183	1,5 - 107
S. paratífica A	22 - 55	—	—	—
S. paratífica B	39 - 167	27 - 97	—	—
Shigella desintereae	2 - 72	15 - 27	—	—
Pasteurella tularensis	3 - 15	hasta 92	7 - 91	12 - 60
Leptospira	16	—	hasta 150	7 - 75
Brucella	6 - 168	5 - 85	—	4 - 45

Fuente : (3).

Según los resultados de algunos trabajos experimentales, en la naturaleza, a causa de la dilución, las bacterias del grupo intestinal, no duran generalmente más de 2 – 3 días en el agua, a causa de la dilusión.

Variabilidad en el suelo : Suelo seco de 10 a 15 días.

Suelo húmedo de 30 a 70 días. (3)

La capacidad de infiltración en el suelo de estas bacterias horizontalmente es hasta 30 metros y verticalmente varía según sean :

Suelos compactos hasta 0,30 metros.

Suelos porosos hasta 0,60 metros.

Suelos saturados hasta 1,5 a 3 metros.

Es indispensable entonces saber antes de consumirla si un agua es de buena calidad o no, para saber esto hay que analizarla con la toma de muestras en el laboratorio. Para lograr resultados realmente certeros, es necesario que las muestras reúnan ciertas condiciones..

La calidad del agua depende de la concentración de impurezas que contenga, la cual fluctúa continuamente, por lo que nunca es la misma. Para realizar un examen de laboratorio, es importante considerar algunos detalles en el momento de tomar la muestra, pues ésta es una porción muy pequeña del agua que queremos analizar. Entre las condiciones básicas que debe cumplir esta toma de muestra ciertas, se cuentan :

- 1- Deben ser tomadas por personas competentes (que sepan la técnica).
- 2- Debe tomarse un número adecuado de porciones, en puntos diferentes, que representen lo mejor posible toda la masa de agua que se quiere estudiar.
- 3- Deben ser tomadas con la frecuencia suficiente para que los resultados reflejen las variaciones de la calidad del agua, dentro de intervalos de tiempo que ya han sido fijados previamente, cuando se diseña el plan de muestreo

Al efectuar la recolección de la muestra de agua para el análisis microbiológico o bacteriológico, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos :

- 1- Que se utilice un frasco estéril procedente del mismo laboratorio que va a efectuar el análisis; la tapa del frasco debe estar protegida con papel estéril amarrado a su cuello. .
- 2- Las aguas superficiales procedentes de ríos, arroyos, depósitos que ofrezcan una superficie libre, deben ser recogidas en el frasco cuidando no tocar la boca del mismo con las manos y manteniendo la tapa cubierta con el papel estéril, de manera que los dedos del recolector no contacten la tapa. Se debe sumergir el frasco a unos 20 centímetros con la boca dirigida hacia la corriente, tratando que éste no toque el fondo, las paredes u orillas. Una vez extraído se tapa inmediatamente y se deja una burbuja de aire en su interior.
- 3- Si el agua procede de un abasto público o privado, antes de recoger la muestra , se debe flamear la llave u orificio de salida, se abrirá y se hará circular unos minutos a fin de no tomar la que ha estado en contacto con las tuberías mucho tiempo. Cuando el agua se extrae por bomba, ésta se hará funcionar durante cinco minutos antes de tomar la muestra.

INVESTIGACIONES QUE SE LE HACEN AL AGUA.

Al agua se le realizan entre otras pruebas el examen físico, así como análisis químico, bacteriológico, microscópico y la inspección sanitaria de campo.

EXAMEN FISICO.

En esta prueba se investigan las condiciones físicas del agua, que son temperatura, turbiedad (producida por las materias en suspensión presentes en ella : arcilla, sílice, cloruros, hierro, manganeso etc), el color (debido a las sustancias en solución), el olor y el sabor.

Los cloruros en exceso le dan gran salinidad al agua, que la hace inadecuada para el consumo; el hierro y el manganeso le proporcionan un sabor desagradable a metal y el cobre y el zinc alteran su color.

Las características físicas dicen poco en relación con los daños que el agua puede causar a la salud.

EXAMEN QUIMICO.

Se hace para determinar las cantidades de cualquier sustancia orgánica o inorgánica presentes en el agua y que pueda ser perjudicial. Hay una serie de sustancias que normalmente están presentes en el agua, que si se encuentran por encima de determinados

índices son motivos para prohibir su empleo para uso humano. Entre ellas se encuentran : cobre, hierro, manganeso, cloruros, plomo, flúor. Otras causan perjuicio económico como el exceso de calcio y manganeso, que dan origen a las llamadas aguas duras y que provocan gran gasto de jabón para hacer espuma, producen incrustaciones en los recipientes, etc. Otras sustancias hacen corrosiva al agua.

Entre las sustancias directamente relacionadas con la potabilidad del agua, cuya presencia por encima de determinadas concentraciones indican que debe prohibirse su consumo, se encuentran :

	Mg / l
Plomo	0,1
Flúor	1,5
Arsénico	0,05
Cromo hexavalente	0,05
Compuestos fenólicos	0,001
Cianuro	0,2
Bario	1,00
Cadmio	0,01

Otras sustancias que no deben estar en concentraciones mayores a las señaladas son:

	Mg/ l
Cobre	1,5
Hierro	0,1
Manganeso	0,05

Aluminio	0,5
Níquel	0,02
Zinc	1,5
Magnesio	50
Sulfato	250
Cloruros	250
Nitratos	50
Calcio	150
Plata	0,01
Selenio	0,01
Mercurio	0,001
Amoniaco	ausencia
Sulfuro	ausencia
Pesticidas y difenilos	
policlorados	ausencia
Hidrocarburos, aceites y	
grasas	ausencia
Otros productos indi-	
cadores contaminación	ausencia
Sólidos totales	1000

Existen investigaciones que indican el índice de polución : PRESENCIA DE NITROGENO en sus diferentes formas, OXIGENO CONSUMIDO en grandes cantidades y la presencia de CLORUROS y AQUIL BENCENO SULFONADO.(7)

Estas nos indican contaminación por materia orgánica e indirectamente la posibilidad de contaminación por micro organismos patógenos.

El nitrógeno orgánicamente combinado indica siempre una contaminación del agua por sustancias animales o vegetales. En aguas superficiales puede provenir de la fauna natural de las aguas y ser inobjetable, en aguas subterráneas representa procesos de putrefacción o contaminación por materias fecales.

La determinación de NITROGENO ALBUMINOIDEO, indica la cantidad de nitrógeno de origen proteico presente en el agua. El NITROGENO AMONIACAL es producto de la actividad microbiana y demuestra contaminación sanitaria en aguas superficiales y en aguas subterráneas como resultado de procesos naturales de reducción. No deben estar presentes en el agua potable.(7)

El nitrato en aguas no superficiales en concentraciones mayores de 5 mg/l es casi siempre resultado del uso de abonos orgánicos en la agricultura o por contaminación por aguas residuales humanas en las que las bacterias oxidan el amoníaco y los compuestos aminados dentro del ciclo del nitrógeno, lo cual da por resultado iones nitrato como último producto de oxidación. Produce sabor desagradable en el agua y tienen la facilidad de reducirse a nitritos.

El nitrito en aguas superficiales indica contaminación, es un producto intermedio de los procesos de oxidación –reducción.

El OXIGENO CONSUMIDO, que es otro índice de contaminación, se mide de tres formas

:

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

OXIGENO DISUELTO

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mide la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar la materia orgánica que está sujeta a descomposición en el agua.

El oxígeno disuelto mide la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua.

La demanda química de oxígeno (DQO) mide el oxígeno que se ha consumido en el agua.

El oxígeno consumido está en relación directa con la cantidad de materia orgánica presente en el agua; es una indicación directa del grado de polución por materia orgánica e indirectamente de la posibilidad de contaminación que ha tenido el agua. En un agua no contaminada, el contenido de saturación de oxígeno disuelto depende de la temperatura de la misma y varía de 14,6 mg/ml a 0 grados centígrados hasta 7,6 mg/ml a 30 grados. En el agua potable la DBO es cero.

Los CLORUROS en elevadas concentraciones indican contaminación por residuos domésticos e industriales o la salinización de las cuencas superficiales o subterráneas por penetración de agua del mar. Su concentración no debe ser mayor de 250 mg/l. Se

encuentran en gran cantidad en la orina del hombre y los animales, no son nocivos para la salud, pero en concentraciones mayores de las indicadas le proporcionan un sabor salobre desagradable al agua.

Los iones amonio proceden de la reducción microbiana de la materia orgánica. E en ocasiones son de origen industrial y su presencia indica contacto reciente con materia orgánica en descomposición.

El AQUIL BENCENO SULFONATO es un agente de los llamados humectantes. A concentraciones mayores de 1 mg/l, dan lugar a espumas y proporcionan un sabor especial al agua. Su presencia indica contaminación con materias residuales. Es un componente de los detergentes.

EXAMEN BACTERIOLOGICO.

Estos análisis constan básicamente de cuatro pruebas:

- Recuento de bacterias aerobias a 37 y 22 grados centígrados.
- Investigación de coliformes fecales y totales.
- Investigación de Estreptococos fecales.
- Recuento de Clostridios sulfito – reductores.

Estos organismos se encuentran en la flora comensal del intestino del hombre y los animales; sirven como indicadores de contaminación fecal.

RECuento DE BACTERIAS AEROBIAS. Se cuenta el número de colonias desarrolladas en un medio de cultivo sólido, de agar nutritivo que permite el crecimiento de todo tipo de bacterias heterótrofas.

INVESTIGACIONES DE ESTREPTOCOCOS FECALES. Comprende diversas especies del género Streptococcus del grupo D de Lancefield. El procedimiento de análisis es una siembra en tubos múltiples. Se considera positivos donde aparezca crecimiento o viraje del indicador de pH.

INVESTIGACIONES DE CLOSTRIDIOS SULFITO – REDUCTASA. Son bacterias capaces de formar esporas y tienen actividad sulfito – reductasa. La prueba se hace con el recuento de las cifras de colonias de estas bacterias, en un medio de cultivo sólido, glucosado que contiene sulfito sódico y una sal de hierro. La reducción del sulfito por parte de los micro organismos, produce sulfuro, que en presencia de hierro, da lugar a sulfuro de hierro, por lo que las colonias toman un color negro intenso. Los resultados se expresan como número de esporas de clostridios sulfuro – reductores en 20 o 100 ml del agua problema.

INVESTIGACION DE COLIFORMES.

El control bacteriológico del agua de bebida se basa generalmente en la determinación del **INDICE DE COLI** que ha sido universalmente aceptado como índice de contaminación de agua, por la facilidad de su investigación y causada por el alto significado sanitario de su presencia en ella.

La demostración de la presencia de estos bacilos, constituye un índice de contaminación por micro organismos que habitan en el intestino humano y en el de los animales.

Aunque el bacilo habitualmente no es patógeno, esta investigación tiene mayor significado sanitario que la búsqueda directa de los microbios patógenos, porque comprobada la polución por residuales humanos (excretas), se tiene que suponer inmediatamente que hay en cualquier momento micro organismos perjudiciales a la salud, aunque no existan específicamente en el momento del examen. Por tanto, las aguas se clasifican como potencialmente contaminadas y no aptas para el consumo humano.

La investigación de los gérmenes del tipo coli se hace sembrando 5 porciones de 10 cc cada una en caldo lactosado (prueba presuntiva). Si a las 24 o 48 horas hay formación de gas en los tubos, se puede presumir de la existencia de bacilos coli. En este caso, se hace una nueva siembra del contenido de los tubos con descubrimiento de gas, en un medio con bilis verde brillante por un nuevo período de 24 horas de incubación, que es conocida como prueba confirmativa. (3)

No. PROBABLE DE COLIBACILOS EN UNA MUESTRA

NUMERO	PORCIONES	CUANDO SE EXAMINAN	CUANDO SE PORCIONES DE.
		5 PORCIONES DE 10cc.	DE 100cc.
5	0	menos de 2,2	menos de 0,22
4	1	2,2	0,22
3	2	5,1	0,51
2	3	9,2	0,92
1	4	16	1,6
0	5	mas de 16	mas de 1,6

Se pueden sacar conclusiones de un solo examen físico y químico, no así del bacteriológico, que se requiere una serie de exámenes.

Deben realizarse mensualmente, en los sistemas públicos de abastecimiento según lo normado :

POBLACION SERVIDA	NO. MUESTRAS POR MES
Hasta 2 500 habitantes	2
10 000 "	11
25 000	30
100 000	100
1 000 000	300
2 000 000	400 (3).

En la flora normal del intestino del hombre, está el grupo coliforme. Se plantea que un gramo de heces fecales contiene de 100 millones a 1 billón de colonias de éste, por lo que se considera su presencia en agua como un índice de polución por residuales humanos.

El conteo total de bacterias elevado no indica que sean necesariamente peligrosas, pero las aguas de buena calidad contienen pocas bacterias, ya que son muy escasas las que tienen su hábitat natural en este medio.

La evidencia en epidemiología radica en la transmisión de enfermedades a través del agua producida esencialmente por organismos patógenos procedentes de residuales humanos (heces fecales y orina). Entre ellas se cuentan la fiebre tifoidea, la paratifoidea, la disentería bacilar, la disentería amebiana, el cólera y las enfermedades producidas por helmintos (cisticercosis, esquistosomiasis, ancilostomiasis, etc.) .

EXAMEN MICROSCOPICO.

En este examen se encuentran los organismos visibles solamente al microscopio (con excepción de las bacterias que se utilizan en los exámenes bacteriológicos con siembra de la muestra), que están presentes en el agua (plakton). Mediante este examen podemos explicar la causa de las características físicas desagradables del agua, y conocer el origen de obstrucciones en tuberías y filtros, etc.

Entre los organismos visibles en estos exámenes se encuentran las ALGAS de agua dulce, que son generalmente microscópicas y que realizan fotosíntesis, hasta donde penetra el sol. Esto depende de la turbiedad. Se encuentran principalmente en lagos y embalses. Además de la clorofila están presentes otros pigmentos. Las familias mas importantes comprenden :

- a) CLOROFICEAS. Son verdes, unicelulares o multicelulares y en grandes proliferaciones, algunos imparten a las aguas olores ícticos (de pescado) o de pastos. Por ejemplo géneros Eudorina, Pandorina y Volux.
- b) CIANOFICEAS o algas azul verdoso. Son monocelulares o multicelulares en filamentos o colonial. Imparten al agua olores desagradables, proliferan de tal forma que cubren los embalses con una espesa nata. Distintiva es el género Anabaena.
- c) BACILARIOFICEAS o DIATOMEAS. Generalmente son individuos monocelulares, menos frecuentes en colonias, de color amarillo verdoso, caracterizadas por cápsulas de sílice, de finos trazos, despiden olores aromáticos o ícticos. Las acumulaciones de los restos silicosos de estas algas, de épocas geológicas anteriores, constituyen las tierras de diatomeas. Géneros Asterionella, Navicula, Synedra y Fragilaria.

HONGOS, MOHOS y LEVADURAS. Por lo común son incoloros, algunos hongos y mohos filamentosos, levaduras yemas o esporangios. Son heterótrofos y dependen de la materia orgánica para su nutrición. Su presencia es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

BACTERIAS. Las patógenas, coliformes y estreptococos, son indicadores de contaminación fecal,

Existen un grupo de bacterias que pueden estar presentes en las aguas y que producen enfermedades a los humanos que consuman esta agua :

Vibrio cholerae productora del cólera

Shigella dysenteriae : disentería bacilar.

Salmonella : enfermedades diarreicas agudas.

Salmonella typhi : fiebre tifoidea.

Leptospira : leptospirosis.

Pasteurella tularensis : tularemia.

Pueden encontrarse también algunas especies de *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli*, que causan diarreas infecciosas.

MOLUSCOS. Es importante la presencia de algunos caracoles terrestres como los *Australorbis*, *Biomphalaria*, *Tropicorbis*, *Bulinus*, *Physopsis*, *Planorbis* y *Oncomelania*, que con huéspedes intermediarios o vectores de vermes de la clase tremátode producen enfermedades en los humanos.

ARTROPODOS. Las clases crustáceos, insecta y arácnida. Es importante sanitariamente un crustáceo género *Cyclops*, que sirve de vector o huésped intermediario a un nematelminto. Los géneros *Cyclops* y *Daphnia* constituyen una porción importante del plackton de las aguas dulces.

HELMINTOS. Fundamentalmente los nematelmintos de las especies *Ascaris lumbricoide* y *Trichuris trichura*. Los nemátodos *Enterobius vermicularis*, necátor americano y *Ancylostoma*

duodenale y los platelmintos echinococcus granulosus y shistosoma, pueden afectar al hombre a través de las aguas.

Y finalmente entre los PROTOZOARIOS, la famosa entoameba histolítica.

INSPECCION SANITARIA DE CAMPO.

Es un complemento de los exámenes anteriores. Consisten en una investigación sobre el terreno de las condiciones del sistema de abastecimiento de agua, en relación con las causas potenciales de contaminación.

REQUISITOS RADIOLOGICOS DEL AGUA DE CONSUMO.

En los últimos tiempos se ha incrementado el uso de materiales radioactivos. Esto es un peligro; sus concentraciones en agua deben mantenerse en niveles mínimos. Hay que realizar un adecuado control sanitario de la disposición de los residuales radioactivos en las cuencas acuíferas. En muchos sitios del mundo se utiliza la energía nuclear para la producción de electricidad. En estas plantas se usa agua para el enfriamiento de los reactores nucleares. Si esta agua no tiene un buen sistema de tratamiento y descontaminación, puede ir a contaminar el resto del sistema hidrográfico de la región en cuestión, incluso hasta las aguas subterráneas por infiltración. En la agricultura se está

utilizando mucho actualmente el tratamiento de ciertas plantas y frutos con sustancias radioactivas, que favorecen su crecimiento rápido. Estas técnicas han sido prohibidas en muchos países desarrollados preocupados por la contaminación ambiental que puedan ocasionar y el daño biológico al organismo humano y se han trasladado a países subdesarrollados donde las legislaciones son menos rigurosas. Este empleo en la agricultura puede también afectar a las aguas subterráneas por infiltración y las superficiales. Otra fuente de contaminación de las aguas es su uso como basurero de desechos radioactivos, donde son depositados estos materiales generalmente industriales en los fondos de lagos, embalses y mares. También pueden provenir de armamentos nucleares y la minería.

La principal contaminación ocurre de forma accidental o por manejo y eliminación inadecuados de los radioisótopos. La radiación resultante de esta desintegración es nociva y a veces letal, según la dosis, para los organismos vivos.

Estas sustancias siempre se depositan en los fondos y tienden a sedimentarse, por lo que es necesario, si se va a realizar un examen de las mismas, tomar la muestra de las proximidades del fondo, y de un litro de volumen por lo menos, recogidas en frascos de polietileno para eliminar la posibilidad de absorción de la radiación por el recipiente y debe ser examinada la muestra lo más rápido posible.

Los límites (milicuríes por litro), con un carácter tentativo, que nos pueden servir de guía son:

Estroncio -90	30 milicuríes / litro
Radio -226	10 milicuríes/ litro

Concentración total radiaciones

Beta (en ausencia de reconocida de

Estroncio -90 y emisiones alfa) 1000 milicuríes/ litro

Estos son valores aceptados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica, que incluyen a la radioactividad natural y la que puede ocasionar los residuales radioactivos.

(7,8) . En general los límites para la radiación alfa se sitúan en 3 picocuries/litro y para las beta en 30 picocuries/l.

Los efectos sobre la salud dependen del tipo y de la intensidad de la energía recibida, así como de la capacidad de recepción del organismo del radionucleótido responsable. Estos producen diversas enfermedades que van desde aplasias medulares hasta leucemias.

AUTODEPURACION DE LOS CURSOS DE LAS AGUAS.

POLUCION DE CURSOS DE AGUA.

Si hay una polución masiva , se produce un aumento del color y de la turbiedad del agua acompañado de la aparición de olores y sabores desagradables, motivado por la presencia de sustancias y organismos perjudiciales a la salud, por exhalación de gases pestilentes y por el desarrollo de una fauna y una flora indeseable, que sustituye a los peces y otras formas valiosas de la vida acuática en la zona, que estaban anteriormente presentes.

Después de ocurrir la polución, en la masa líquida actúan paulatinamente transformaciones complejas gobernadas por leyes físicas, químicas, bioquímicas y biológicas, tendientes a devolverles sus condiciones primitivas. Al final de cierto tiempo, el curso de agua se regenera, constituyendo el fenómeno de AUTODEPURACION, que es uno de los ciclos por el que la naturaleza mantiene su equilibrio.

Origen de la polución :

1- Aguas provenientes de fenómenos naturales : ciclo hidrológico, erosión de los suelos, etc.

2- Aguas residuales de las actividades humanas : albañales domésticos, residuos industriales.

Entre las medidas de prevención es necesario evitar la erosión, mediante la reforestación y el control directo de los residuales de las actividades humanas.

Esta polución puede ocasionar daños de diversa magnitud a los cursos de agua.

DAÑOS PROVOCADOS A LOS CURSOS DE AGUA.

DAÑOS DE NATURALEZA FISICA.

1- Depósitos de materias en suspensión en el lecho o márgenes de los ríos, lagos, represas y mares que originan inconvenientes como son :

- A) La obstrucción a la navegación.
 - B) La disminución en la capacidad de almacenamiento en los depósitos de acumulación de aguas.
 - C) La obstrucción en las obras de captación de agua.
 - D) Formación de depósitos de materia orgánica en procesos de putrefacción, que originan olores y aspecto general repulsivo.
- 2- Se aprecian las materias flotantes de efecto antiestético tales como espumas, grasas, aceites y fragmentos flotantes.
- 3- También se altera el color y la turbiedad excesiva debidos a sustancias disueltas o en suspensión.(7)

DAÑOS DE NATURALEZA QUIMICA Y BIOQUIMICA.

Fundamentalmente producen la disminución del oxígeno normalmente disuelto en el agua, a consecuencia de la DBO ejercida por los organismos responsables de la descomposición y mineralización de la materia orgánica, que ocasiona :

- 1- La desaparición de organismos acuáticos inferiores indispensables a la alimentación de los peces.
- 2- Sustitución de las especies más deseables de peces por otras más resistentes y de menor valor económico y en casos extremos, desaparición total de los peces.
- 3- Desarrollo en casos extremos, de descomposición anaerobia de la materia orgánica, característica de la putrefacción que provoca la aparición de olores desagradables, el desprendimiento de gases ofensivos (metano, sulfhídrico), la desaparición de todas las

formas superiores de vida acuática a una flora primitiva, constituida por bacterias anaeróbicas.

La agresividad del agua como resultado del lanzamiento de residuos industriales origina :

- a) Efectos tóxicos o venenosos a los peces.
- b) Daños a estructuras de hormigón y a instalaciones industriales.
- c) Aparición de aguas duras, corrosivas, de color, sabor, olor impropios y difíciles de purificar para usarlos en el abastecimiento de poblaciones situados aguas abajo del punto de polución.(7)

DAÑO DE NATURALEZA BACTERIOLOGICA.

Se produce por contaminación de albañales, por bacterias patógenas, de las aguas y esto origina :

- 1- Contaminación de hortalizas, que a su vez se convierten en vehículos de transmisión de enfermedades.
- 2- Enfermedades por el uso de esta agua con fines domésticos o recreativos.
- 3- Dificultad en el aprovechamiento del agua para abastecimiento público, en casos de contaminación bacteriológica masiva.

Con los sistemas usuales de tratamiento de agua, el límite de coliformes es de 50 organismos por centímetro cúbico promedio en agua cruda. Se podrá aprovechar si se hace

tratamiento completo, o si se le somete a tratamiento auxiliar con presedimentación o precloración.

A pesar del daño que se le causa a los cursos de aguas, éstos tienen la capacidad de autodepurarse mediante un grupo de procesos naturales.

AUTDEPURACION FISICA. Esta capacidad de los cursos de agua depende de :

- a) Su caudal o volumen, que permite la dilución de la materia poluidora.
- b) Su velocidad, que impide la formación de depósitos de sedimento o que los remueve cuando su sección se reduce a causa de ellos.

AUTODEPURACION BACTERIANA. Cuando la polución ocurre por contaminación de albañales, tiende a mejorar sus condiciones a través del tiempo por medio de causas naturales.

- a) La disminución del número de bacterias se efectúa en progresión geométrica. Se reducen en una proporción constante en relación con el número existente al inicio del intervalo.
- b) La razón de esa progresión geométrica de disminución es variable para un mismo curso de agua, de acuerdo con la temperatura y es mayor en los meses de calor.

La autodepuración bacteriana puede deberse a :

- 1- Causa predominante, que es la tendencia natural de las bacterias de origen intestinal a morir cuando se encuentran fuera de su hábitat natural (37 grados centígrados del cuerpo humano y abundancia de alimentos) y principalmente cuando se encuentran

sometidas al ambiente desfavorable de los cursos de agua y falta alimentos por dilución y baja temperatura.

- 2- Causas subsidiarias, como son la sedimentación de las bacterias (solamente en aguas tranquilas), la luz solar, la concurrencia vital, etc.

AUTODEPURACION BIOQUIMICA. La materia orgánica poluidora es gradualmente descompuesta, oxidada y estabilizada por la acción de los organismos vivos presentes en el agua. La descomposición y la oxidación de la materia orgánica por esos organismos, le suministra la energía necesaria para su propia subsistencia.

La DBO es la mejor medida de la capacidad que tiene un agua residual de producir daños de naturaleza bioquímica en un curso de agua.

En cuanto a la capacidad de reacción de un curso de agua, todo curso tiene tendencia a sustraer oxígeno de la atmósfera y a disolverlo en su masa, hasta alcanzar el límite máximo de saturación de oxígeno., Esto depende de la temperatura del agua y la presión barométrica. A nivel del mar varía de 14,6 ppm (a 0 grado centígrados) hasta 7,8 ppm (a 29 grados). A la diferencia del oxígeno disuelto OD con el OD de saturación se le llama déficit de saturación. Siempre que hay un déficit, el curso de agua tiende a eliminarlo aumentando su OD hasta la saturación y ello constituye la capacidad de reacción.

Importancia del oxígeno disuelto. Todo organismo vivo depende para sus actividades vitales del OD presente. La presencia de peces está supeditada al contenido mínimo de 2,5 ppm, si disminuye hacia 0 la vida acuática normal desaparece y es sustituida por la flora

primaria de bacterias anaerobias. Se inicia la descomposición de la materia orgánica presente por anaerobiosis o putrefacción, resultando de este proceso gas metano, amoníaco y gas sulfhídrico. Es necesario un OD no menor de 4 –5 ppm. (7)

ESTUDIO DE UN CURSO DE AGUA CONTAMINADA.

En la contaminación con albañales de un curso superficial de aguas limpias procedentes de una población, por apreciación visual, se pueden establecer varias zonas a partir del sitio donde se descarga el albañal : turbiedad, color y olor, naturaleza de la vegetación acuática, especies que contienen su flora y fauna y el aspecto general del curso caracterizan cada zona. (7)

Las zonas en que se divide este proceso son :

Zona de degradación.

Zona de descomposición activa

Zona de recuperación.

Zona de aguas limpias.

ZONA DE DEGRADACION. Al llegar el albañal las aguas se enturbian, no dejan pasar los rayos del sol y desaparecen las plantas verdes (poseen clorofila, necesitan del sol).

La materia orgánica albañal es la base de la alimentación de variadas especies de peces, lo que de pronto da lugar en los alrededores del vertimiento a su desarrollo intenso, junto a numerosas bacterias que viven de estas materias. Rápidamente disminuye el contenido de OD del agua hasta el extremo de desaparecer toda manifestación de vida que no sea la de

los más primitivos organismos : bacterias saprofitas, hongos y protozoarios, que son los únicos seres que pueden encontrarse en esta zona.

La disminución del OD continúa progresivamente, aumenta el CO₂, la reoxigenación por la atmósfera comienza a manifestarse, pero no en la medida necesaria para compensar la desoxigenación y establecer un balance de O₂ favorable. Si la velocidad se reduce en tramos a cifras que permitan la deposición, forman bancos de sedimentos, que pronto entran en descomposición anaeróbica y aparece la pequeña lombriz roja LIMNODRIUS y el TUBIFEX, acompañados de otros pequeños seres del plackton, que forman gran número

A partir del lugar del vertimiento, se ven flotar grandes masas blancas adheridas a las piedras y a las riberas en general, que si se toma una muestra y se observa al microscópio, tienen las características del hongo del albañal SPHAEROTILUS NATONS. Tal situación cambia instantáneamente si se producen intensas lluvias y fuertes crecientes.

Toda manifestación de vida corriente en los ríos ha desaparecido.

El agua en calidad física y química ha cambiado por completo y la materia orgánica comienza su proceso de degradación. El sentido en que se efectúa el proceso lo determina la cantidad de OD, que llega a reducirse por debajo de 40 % del valor de sedimentación a menos de 3 ppm.

ZONA DE DEGRADACION ACTIVA. Los procesos de desdoblamiento molecular de la materia orgánica, continúan con mayor actividad, el agua es de color oscuro, tienen

actividad los procesos reductores que producen compuestos, algunos saludables, otros vitales y gaseosos. Mientras el agua contiene alguna cantidad de OD no se desarrollan malos olores, cuando se agotan los procesos anaeróbicos y el mal olor característico de ácido sulfhídrico se manifiesta intensamente.

A medida que la desoxigenación es más activa, se produce la reorganización en mayor grado, a mayor depresión de la tasa de oxígeno y de su déficit correspondiente, la reoxigenación tiene efecto con mayor actividad sin que ello signifique que no pueda llegar a agotarse por completo el contenido de OD. Si ocurren procesos sépticos, la situación es la más indeseable que un río puede presentar.

El color del agua parece tinta, la gasificación se manifiesta por burbujas en la superficie del agua, situación esta que termina al agotarse la materia orgánica, pero que se establece de manera continuada y permanente mientras tenga efecto el vertimiento albañal y al curso le falte capacidad depuradora.

Cuando el curso de agua es de extenso recorrido, en sus límites aguas abajo, la materia orgánica que llega sin transformarse resultará escasa y van desapareciendo conjuntamente con ella las bacterias y toda vida asociada característica de la zona. Llega a un lugar en el río donde los requerimientos de oxígeno comienzan a ser pequeños y, como consecuencia, la desoxigenación se reduce y la reoxigenación disminuye el déficit con un balance de oxígeno más favorable, lo que permite nuevas formas de vida.

El proceso de autodepuración ya se ha realizado en gran parte y el balance de oxígeno comienza a ser positivo. El déficit de oxígeno puede llegar a ser mayor del 60 % y hasta alcanzar el 100 %, comienza ahora a mantenerse por debajo del 40 % y todas las condiciones aparentes demuestran un cambio que se inicia favorablemente.

ZONA DE RECUPERACION. El curso de agua recupera sus condiciones originales, el agua es mas clara, va desapareciendo el color oscuro y las especies de algas y en general la vegetación acuática que existía antes del vertimiento albañal, comienzan de nuevo a aparecer. Poco a poco los balances de oxígeno van siendo cada vez más favorables; el déficit disminuye y el OD aumenta hasta llegar a su completa saturación, principalmente por la reoxigenación y por tener efecto en el medio. Se presentan formas pequeñas de animales de vida superior y más organizada y comienza de nuevo el ciclo de naturaleza normal en cursos de aguas limpias. Es una zona de franca mineralización de la materia orgánica; los productos nitrógenados finales se oxidan a nitritos o nitratos; los sulfuros a sulfatos y el carbono a anhídrido carbónico o a carbonatos.

ZONA DE AGUAS LIMPIAS. Las condiciones normales indican que todo proceso de mineralización de la materia orgánica ha tenido efecto y las características originales del curso de agua quedan restablecidas. Ello no quiere decir que no puedan contener especies patógenas capaces de ocasionar alguna enfermedad al hombre y a los animales.

En los cursos superficiales de agua, el factor de saneamiento más eficaz se produce en las crecientes, que arranca, arrastra y limpia el cauce y origina un verdadero saneamiento, restableciendo al final las condiciones iniciales de pureza.

Que los ríos y algunos lagos tengan las condiciones naturales y la capacidad de autodepurarse, no significa que debemos dar la espalda a las contaminaciones, que no se deban regular, prohibir o actuar sobre ellas y sobre los emisores de las mismas, pues esta capacidad natural tiene un límite o puede agotarse y los daños serían irreversibles.

DEFENSA DE LOS CURSOS DE AGUA.

Motivados por la posibilidad de que un día fuera imposible el proceso de autodepuración, por agotamiento de las capacidades naturales de los cursos de las aguas, a niveles moleculares, bioquímicos, etc. Un grupo de personas se preocupó por tratar de regular estos procesos y ya, a mediados del siglo XIX en Inglaterra, exactamente en 1865, surgen disposiciones administrativas para la protección necesaria de los ríos. Fue el Parlamento inglés el primero que dictó las regulaciones más completas para su tiempo, contenidas en la famosa Acta de Salud Pública, que fueron complementadas en 1898 con la creación de la Comisión Real de Estudio para la Disposición de Albañales, que fijó las condiciones a que debía someterse todo residual que se fuera a verter en un curso de agua. Originalmente estableció dos normas : una relacionada con la limitación en la composición de las aguas industriales y otra con la calidad del efluente a verter.

PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA.

El ingeniero Hubbs ha sugerido como norma para apreciar el estado de impurezas perjudiciales a la vida acuática, mediante la diferencia existente entre el DBO del residual y

el OD en el curso, si esta diferencia es mayor de 3 ppm, las condiciones resultan satisfactorias y por debajo de esta cifra, perjudiciales.

En relación a la defensa de la vida acuática, el National Resource Committee ha fijado las cifras (7):

- a) No menos de 5 ppm de OD, pues los niveles letales varían entre 0,56 ppm y 3,4 ppm.
- b) La acidez debe estar comprendida entre un pH de 6,5 y 8,5.
- c) La densidad de sales ionizables indicada por la conductividad, fluctuará entre 150 y 500 mho por 10 elevado a -6 a 25 grados centígrados de temperatura y en general no sobrepasará de 2000 mho por 10 a la -6 a 25 grados C.
- d) El amoníaco no debe exceder de 21,5 ppm.
- e) Los suspensoides de una dureza de 1 o mayor, están tan finamente divididos que pasan por el tamiz de 1000 en pulgadas y tan diluidos que la turbiedad resultante no pueda reducir la profundidad de intensidad millonésima para la penetración de la luz a menos de 5 metros.

* * *

Los sistemas de abastecimiento de agua pueden ser :

PUBLICOS, que son los acueductos y

PRIVADOS, que corresponde a corrientes superficiales (ríos, arroyos, lagunas) o los que se sirven de aguas subterráneas (manantiales y pozos), que pueden ser de aguas de lluvias.

SISTEMAS PUBLICOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE CONSUMO
(ACUEDUCTOS).

IMPORTANCIA SANITARIA. Con el suministro de agua en cantidades suficientes y de buena calidad sanitaria, se relacionan :

- 1- El control y prevención de algunas enfermedades (enfermedades diarreicas agudas, fiebre tifoidea, etc.)
- 2- La facilidad de hábitos que fomentan la salud :
 - A) Hábitos higiénicos (aseo personal, limpieza de utensilios, etc.)
 - B) Servicios de limpieza públicos (riego de calles).
 - C) Prácticas deportivas y recreativas.
- 3- Mejoría de las condiciones de confort y seguridad (combatir incendios, etc.)

IMPORTANCIA ECONOMICA.

La existencia de agua suficiente influye en el nacimiento y desarrollo de industrias, en el aumento de la vida productiva del individuo y en el aumento de la población.

CONSUMO DE AGUA. Según la OMS, el consumo de agua fluctúa entre 100 y 350 litros por persona por día.

Los cálculos del ingeniero Cosculluela en Cuba, nos dicen que las necesidades diarias serían :

Consumo doméstico	180 litros por persona por día.
Consumo público	40
Consumo industrial	40
Pérdidas y desperdicios	45

El mínimo absoluto para satisfacer las necesidades higiénicas de un núcleo humano son:

Bebida y comida	4 litros por persona por día
Lavado de ropas	23
Baño	19
Inodoro	19
Limpieza	10
Total	75

Hay que agregar el consumo para otros usos, como jardines, etc. (3,9)

PARTES DE UN SISTEMA PUBLICO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA,
(ACUEDUCTO).

Fuente de abastecimiento

Sistema de captación

Conducción por bombeo

Conducción por gravedad

Planta de tratamiento

Almacenamiento (tanques)

Red de distribución

Acometida domiciliaria

Las fuentes de abastecimiento son: AGUAS METEORICAS : lluvia, nieve, etc.

AGUAS SUPERFICIALES : arroyos, ríos, lagos.

AGUAS SUBTERRANEAS : manantiales, pozos.

Los sistemas de captación están en relación con la fuente de abasto de las aguas que se dispone. Si es captación de agua de lluvias, se utilizan preferentemente los techos de las casas, de donde se conducen a los aljibes. Para las aguas superficiales generalmente se construyen presas que retienen grandes cantidades de agua, instalando en ellas el sistema de captación. Cuando la fuente de abasto es subterránea, se utilizan los pozos y las galerías de infiltración.

La Conducción del Agua en los acueductos es mediante tuberías conductoras, instaladas desde la captación llegando hasta los demás órganos del sistema.

Las plantas de tratamiento tienen el propósito de mejorar la calidad del agua desde el punto de vista higiénico sanitario, así como aspectos económicos y estéticos.

En los acueductos se utilizan depósitos (tanques), con el fin de garantizar el agua necesaria en cada momento, pues el consumo no es el mismo en todo momento, ni en todas las épocas del año.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA.

El objetivo de estos procesos es mejorar la calidad higiénico sanitaria del agua, además de cumplir otros fines estéticos y económicos.

En el aspecto higiénico sanitario se eliminan las bacterias, metales o sustancias venenosas, la mineralización excesiva, las concentraciones elevadas de compuestos orgánicos, los protozoos y otros organismos. En el aspecto estético se incluye la corrección de olor, sabor, color y turbiedad. En el económico se eliminan la corrosividad y la dureza de las aguas.

Los procesos que se utilizan son : aereación, sedimentación (simple y con coagulación), filtración (lenta y rápida) y desinfección. Además, es necesario utilizar otros procesos para la corrección del olor y el sabor, o para el control de la corrosividad.

AEREACION. Mediante este proceso se eliminan los gases indeseables y ciertos olores que puede tener el agua, así como el hierro soluble, que se transforma en óxido férrico precipitado. La aereación se consigue haciendo pasar el agua por surtidores que la lanzan en chorros finos, o se hace escurrir en cascadas por medio de escalones o bandejas escalonadas.

SEDIMENTACION. Se logra en este proceso la sedimentación de partículas en suspensión disminuyendo la velocidad del agua o manteniéndola en reposo en recipientes llamados tanques de sedimentación o decantadores. Es el proceso de sedimentación simple, cuando

las impurezas se encuentran en forma de partículas muy finas, sólo se consigue su sedimentación agregándole al agua ciertas sustancias químicas coagulantes (sulfato de aluminio, sales de hierro). A esto se le llama sedimentación por coagulación.

FILTRACION. Este proceso tiene dos variantes, la lenta y la rápida. Para la filtración lenta se utilizan generalmente tanques rectangulares en número variable, en los cuales existe una capa de arena de cerca de un metro de espesor, una capa soportante de unos 30 centímetros y un sistema de drenaje formado por tuberías de barro de juntas abiertas. En ellos el agua, con una velocidad de circulación relativamente baja, atraviesa esas capas filtrándose y mejorando sus características de potabilidad (7).

Ver en el anexo los esquemas de las plantas de tratamiento del agua.

La necesidad de abastecer centros urbanos, desarrolló la construcción de filtros mas perfeccionados, conocidos como filtros rápidos o mecánicos, donde es necesario que se aplique previamente al agua el tratamiento de sedimentación con coagulación.

DESINFECCION. Su objetivo es eliminar eventualmente a los gérmenes patógenos mediante la acción de agentes desinfectantes como el cloro, el yodo, el ozono, etc.

La cloración es el proceso de desinfección mas utilizado en el tratamiento de las aguas de abastecimiento público. Se atribuye en gran parte a la cloración , combinada con la filtración cuando es necesaria, la eliminación a principios de siglo en los EEUU, tanto de la fiebre tifoidea como el cólera transmitidos por el agua.

Hasta 1974 las preocupaciones en materia de cloración estuvieron centradas en cómo hacerlas más eficientes y lograr su aplicación generalizada en los países en desarrollo. A partir de ese año, estos enfoques empiezan a cambiar radicalmente como consecuencia del descubrimiento del cloroformo y otros trihalometanos que se producen durante la cloración del agua potable y la preocupación por la carcinogenicidad de los mismos. Al poderse identificar los subproductos de la desinfección (SPD) y evaluar sus posibles efectos sobre la salud humana, se han identificado más de 400 de ellos, aunque solo un reducido número han sido adecuadamente evaluados. (10)

En 1990, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) convocó a un grupo de trabajo en Lyon, para evaluar el riesgo carcinogénico del agua potable clorada y los subproductos de la cloración. Este llegó a la conclusión de que “no hay pruebas satisfactorias de la carcinogenicidad del agua potable clorada en los seres humanos” (11).

En 1992, Morris y su grupo concluyeron que había una significativa relación entre el consumo de subproductos de la cloración en el agua potable y la incidencia de cáncer de vejiga y recto.(12).En una conferencia internacional se consideraron ambas evaluaciones y se infirió que la información disponible hasta entonces era insuficiente para determinar la carcinogenicidad del agua potable clorada (13) . Actualmente se considera que existe una débil relación epidemiológica entre la presencia de SPD y la incidencia de cáncer. Hay tratamientos alternativos para disminuir estos subproductos, pero son realmente muy costosos.

La acción desinfectante del cloro se debe a su propiedad de penetrar en las células del micro organismo patógeno, combinándose con elementos vitales de la misma y causando así su muerte. La cloración puede ser mediante gas cloro, cloro líquido, hipoclorito de sodio o de calcio o cloramida.

La importancia de la desinfección mediante cloro es la siguiente :

- 1- Es eficiente en la destrucción de los gérmenes patógenos de transmisión hídrica.
- 2- No forma con los elementos del agua sustancias tóxicas a la salud.
- 3- En cantidades adecuadas, no altera el color, olor y sabor del agua.
- 4- Es de aplicación fácil, segura y económica.
- 5- Tiene poder residual (poder de desinfección, pues destruye gérmenes patógenos que contaminan el agua con posterioridad a la aplicación del cloro).

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INDIVIDUALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Estos sistemas toman el agua habitualmente de las corrientes superficiales (ríos, lagos) o de los sistemas individuales que captan aguas subterráneas, como son los manantiales y pozos.

El sistema más utilizado en los campos latinoamericanos es el pozo raso, consistente en una excavación circular de profundidad variable, que llega hasta los mantos subterráneos del agua. Se dividen según capten el agua del manto freático (pozos rasos o freáticos) o del manto profundo (pozos profundos).

Los más corrientes son : los excavados (más de 0,80 metros de diámetro) y los perforados o tubulares, con diámetros entre 0,05 y 0,40 metros.

Si el agua brota a presión , se trata de los pozos artesianos.

CONTAMINACION DE UN POZO.

- 1- Si el brocal del pozo está defectuoso, o no lo tiene, el agua de la superficie que está contaminada penetra en él.
- 2- El agua de charcos cercanos se infiltra en el subsuelo y penetra por las paredes del pozo y lo contamina.
- 3- Los pozos negros que estén cercanos pueden contaminarlo.
- 4- Se pueden contaminar por medio de la soga y el cubo que se utilicen para sacar el agua.
- 5- Los animales domésticos en su cercanía pueden contaminarlo
- 6- Una mala ubicación del sistema de disposición de excretas.

PROTECCION SANITARIA DE LOS POZOS.

- 1- Las letrinas deben situarse aguas abajo y apartadas de los focos de contaminación(a más de 20 metros).
- 2- Los corrales de animales deben situarse aguas abajo y apartados de los focos de contaminación (a más de 20 metros).
- 3- Debe disponerse de una bomba manual o eléctrica para la extracción del agua.

- 4- Hay que realizar la impermeabilización de las paredes interiores del pozo hasta 3 metros de profundidad.
- 5- La protección de la abertura superior debe hacerse con una tapa de concreto y registro, para la limpieza periódica de él.
- 6- Debe lograrse una elevación del borde superior sobre el terreno y un declive desde el mismo (piso lateral, zanja de inserción, etc). De esta forma se mantiene el paso libre de aguas superficiales que pueden contaminarlo.
- 7- Hay que desinfectar el pozo después de construido y cada vez que se repare.

METODOS DE PURIFICACION DEL AGUA EN ZONAS RURALES.

Cuando existan dudas sobre la calidad del agua, antes de consumirla se le debe hacer algún tratamiento a cuyo efecto existen métodos sencillos como son:

EBULLICION. Se debe hervir el agua durante 10 minutos. Esta técnica es, por supuesto, para pequeñas cantidades del líquido. Como pierde oxígeno al calentarse, debe aerearse para que lo recupere.

FILTRACION. Existen filtros que pueden comprarse ya hechos, construidos a base de carbón, piedra porosa y porcelana vitreada. Son muy utilizados, pues eliminan la turbiedad de las aguas. Su empleo puede ser peligroso cuando se usa para tratar aguas contaminadas, ya que el mismo filtro se contamina. Necesita ser muy bien lavado y desinfectado continuamente. En general, el rendimiento es escaso y su empleo no es muy aconsejable.

DESINFECCION DEL AGUA POTABLE Y SUBPRODUCTOS DE INTERES PARA LA SALUD.

La inactivación de los agentes patógenos en el agua potable es esencial para proteger a las poblaciones de los brotes de enfermedades transmitidas por el agua, que afectan principalmente a los países en vías de desarrollo y, especialmente, a los sectores rurales y urbanos más pobres.

Para la desinfección del agua potable, los desinfectantes más usados son el cloro libre, las cloraminas, el dióxido de cloro y el ozono. También, pero con menor frecuencia, se utilizan los rayos ultravioletas, el bromo, el yodo y la plata.

COLORO Y SUS SUBPRODUCTOS.

Es el desinfectante más utilizado para la desinfección del agua; cuando se le agrega a esta última, produce la siguiente reacción :



El ácido hipocloroso (HOCL) es un ácido débil que se disocia parcialmente en agua.

$\text{HOCL} = (\text{H}^+) + (\text{OCL}^-)$.A pH = 8 cerca del 30 % del cloro está presente como HOCL y a pH = 6,5 el 90 % está presente como HOCL. El término cloro libre se refiere a la suma HOCL y OCL⁻.(10)

El HOCL como desinfectante es más eficaz que el OCL- y que el cloro libre, incluso como hipoclorito. Seficacia es mayor que la del cloro combinado (como las cloraminas). Se recomienda que la desinfección final proporcione una concentración residual de cloro libre mayor o igual a 0,5 mg/l después de 30 minutos de contacto con el agua a pH menor que 8.

Entre todos los desinfectantes, la química y la toxicidad de los SPD del cloro han sido las más estudiadas, desde el descubrimiento de la formación de haloformas durante la cloración del abastecimiento de agua de Rotterdam en 1974. Desde entonces se han identificado numerosos compuestos en el agua potable clorada y se ha evaluado la toxicidad. Los SPD más comunmente encontrados son los tetrahalometanos, los ácidos acéticos halogenados, los acetotrinilos halogenados, el hidrato de cloral y los fenoles clorados.

La exposición a estos compuestos depende de la concentración de cloro, la sustancia orgánica, el pH, el tiempo de contacto, la cantidad de agua consumida, la tasa de volatilización y la inhalación. La exposición por ingestión puede variar considerablemente si el agua potable se calienta antes del consumo (para prepara café, té, etc.). La ebullición del agua por 5 minutos elimina el 95 % de la fracción de hidrocarburo de halógeno voátil total; el calentamiento a 70 – 90 grados centígrados eliminaría de 50 a 90 % de los compuestos halogenados volátiles.

COLORO. Esta sustancia libre en el agua potable no es particularmente tóxica para los humanos. Se ha establecido un valor guía de 5 mg/ml para el cloro residual en función de la salud (14). Sobre la base del umbral del gusto y el olor del cloro libre, es dudoso que los

consumidores toleren un nivel tan alto. Este no es el valor exigible ni deseable de la cloración. Los servicios públicos deben agregar sólo una parte apropiada, que sea suficiente para inactivar a los agentes patógenos, teniendo en cuenta la fuente de agua, su temperatura, su pH y el tiempo de contacto.

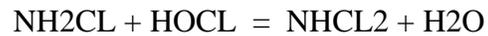
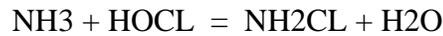
TRIHALOMETANOS (THM). Son los SPD del cloro que predominan; representan sólo el 10 % de los compuestos totales halogenados formados por la cloración del agua. Se forman por la cloración acuosa de sustancias húmicas, compuestos solubles secretados de las algas y compuestos nitrogenados que aparecen en forma natural. Los THM son fundamentalmente el cloroformo, el bromodiclorometano, el dibromoclorometano y el bromoformo.(10)

La concentración de THM en agua potable varía mucho y fluctúa entre un grado no detectable a 1 mg/ml o más. Sus niveles son mayores en el agua superficial clorada. Su formación se puede reducir al mínimo, si se evita la precloración y se recurre a una efectiva coagulación, sedimentación y filtración, para disminuir el nivel de precursores orgánicos antes de la desinfección final. La remoción de THM después de su formación es difícil, pues son procesos complejos y costosos.

COLORFORMO. Productos reactivos de la desinfección por cloro; también se forman por la cloramina. Su valor guía es de 0,2 mg/l en el agua potable (14).

COLORAMINAS Y SUS SUBPRODUCTOS.

Se forman por la reacción del cloro y del amoníaco o las aminas orgánicas. Se pueden formar mono, di y tricloroaminas, según la reacción del cloro con el amoníaco.



En el tratamiento de agua, la concentración de cloraminas es generalmente de 0,5 a 2,0 mg/l. La dicloramina y la tricloramina son compuestos olorosos, por lo que no es deseable su formación en el tratamiento del agua potable.(10)

Para la monocloramina el valor guía es de 3 mg/l .(14)

Las cloraminas no reaccionan en grado significativo con sustancias orgánicas para formar THM, por lo que ha aumentado su uso en los últimos años. El principal subproducto de la reacción de la cloramina es el cloruro de cianógeno (CNCL) en agua potable a concentraciones de 0,002 mg/l. Se metaboliza rápidamente en cianuro en el cuerpo humano.(10)

La monocloramina es aproximadamente de 2 000 a 100 000 veces menos eficaz que el cloro libre para inactivar la Echerichia coli y los Rotavirus, por lo que no se puede depender de ella como desinfectante primario. Es útil para mantener un desinfectante residual en los sistemas de distribución.(10)

El cambio a monocloramina para controlar la formación de THM puede comprometer la desinfección.

DIOXIDO DE CLORO Y SUS SUBPRODUCTOS.

Sustancia que tiene un riesgo explosivo, el dióxido de cloro (CLO₂) se elabora en el sitio a utilizar por esta razón. Generada por una reacción del clorito de sodio y el cloro o por la acidificación de una fuerte solución de clorito de sodio no produce niveles significativos de THM. No reaccionan con el amoníaco para formar cloraminas. Los principales SPD son el clorato y el clorito. Para el clorito el valor guía provisional es 0,2 mg/l. (10, 14).

El dioxido de cloro es más eficaz que el cloro libre para inactivar los quistes de Giardias, pero menos efectivo para el control de otros agentes como los Rotavirus y la E.Coli.

OZONO Y SUS SUBPRODUCTOS.

Esta sustancia se descompone muy rápidamente después de su cloración, por lo que no hay un valor guía propuesto . Los subproductos de la ozonación son aldehídos, ácidos carboxílicos, peróxido de hidrógeno, bromato, bromometanos, ácidos acéticos bromados, acetonitritos bromados y acetonas.

El valor guía para el bromato es 0,025 mg/l y para el formaldehído 0,9 mg/l. (14)

El ozono es el desinfectante más eficaz para todo tipo de micro organismos. Sus desventajas son, entre otras, la ausencia de un residual del desinfectante en agua potable tratada. También existe la posibilidad de rebrote biológico en los sistemas de distribución,

elevado costo y limitada información sobre la naturaleza y la toxicidad de los subproductos.(10)

A pesar de lo comentado sobre la formación de SPD con el uso del cloro, no se debe paralizar la misma por este motivo. En muchos países si la desinfección puede llevarse a cabo de alguna forma, es mediante el uso del cloro.

TECNOLOGIAS DE DESINFECCION UTILIZADAS EN AMERICA LATINA.

Los sistemas de agua desinfectados mediante cloración gaseosa, abastecen a más personas que los tratados con cualquier otro tipo de tecnología de desinfección. El 82 % de la desinfección se hace con cloro gaseoso. La gran mayoría de los que la reciben residen en las grandes ciudades de América Latina. Este es el método menos costoso de los tratamientos y tiene un exitoso historial. Se utiliza en la etapa final del proceso de la mayoría de las principales plantas de tratamiento de agua, para desinfectarla procedente de pozos que alimentan tanques de almacenamiento o que se conectan directamente a los sistemas de distribución de la misma. Una segunda aplicación se hace con soluciones de hipoclorito como proceso de tratamiento final antes de distribuir el agua a los usuarios. El 17 % de la población de América Latina recibe agua así desinfectada. Estas soluciones de hipoclorito de sodio, dejan una concentración de cloro que oscila entre el 3 y el 10 % . Las soluciones de hipoclorito pueden generarse “in situ”, sometiendo a electrólisis una solución de cloruro de sodio, lo que produce una concentración entre 0,4 y 1 % . Se puede preparar una solución de hipoclorito de calcio o de la cal clorada (10).

La forma más común de dosificar soluciones de hipoclorito, es con el empleo de una bomba de desplazamiento positivo, pero existen otros muchos dispositivos como los venturímetros, los orificios sumergidos flotantes, etc. También existe la hipocloración por tabletas de hipoclorito de calcio, que se disuelven paulatinamente.

Alrededor del 1 % de los sistemas de desinfección utilizan la ozonación, el dióxido de cloro, la luz ultravioleta y los oxidantes mezclados.

El costo de la desinfección del agua es tan bajo y su importancia para la salud pública tan grande, que es difícil hallar una razón válida para no aplicar esta técnica sanitaria en todos los sistemas de agua comunitarios.

DESINFECCION A NIVEL DOMESTICO.

Un grupo muy grande de personas en nuestros países no tiene acceso a una fuente de agua segura y desinfectada. El método más antiguo y utilizado consiste en hervir el agua en el hogar, que es muy fácil de hacer y muy efectivo, pero a la vez muy costoso, pues según cálculos hervir un litro de agua durante 2 minutos consume un aproximado de un kg de madera (o su equivalente en otro combustible), y son muy pocas las familias de escasos recursos que puedan afrontar estos gastos.

Para ello también se puede utilizar yodo y cloro :

A) Tintura de yodo. Se aplican 3 –4 gotas por litro de agua y se espera de 15 – 30 minutos antes de consumirla.

B) Hipoclorito de sodio o calcio. Se dispone de hipoclorito de calcio al 47 % y al 60 %.

Este viene ya comercialmente preparada y su costo puede oscilar entre \$ 0,30 y 0,50 al año, proporcionando unos 2 mg de cloro por litro de agua (10).

La cantidad de este producto que se debe utilizar para efectuar una desinfección correcta del agua de consumo, se puede determinar por la siguiente fórmula (3):

$$G = \frac{C \times L}{\% \times 10}$$

Donde : G = cantidad de hipoclorito a utilizar.

C = concentración que se desea obtener (en ppm).

L = número de litros de agua a clorar.

% = actividad del hipoclorito existente.

10 = constante.

Ejemplo.

Para adicionar 1 ppm de cloro a un tanque de 200 litros de agua si se dispone de hipoclorito de calcio al 60 %, se necesitará :

$$G = \frac{1 \times 2000}{60 \times 10} = \frac{200}{600} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} = 0,333$$

$$G = 0,333 \text{ g} = 333 \text{ mg}$$

Se necesitan 333 mg de hipoclorito de calcio al 60 % para adicionar al tanque.

Existe una tabla por volumen ya calculado, que facilita esta operación.

VOLUMEN DE AGUA A CLORAR CANTIDAD DE HIPOCLORITO (EN
GRAMOS) PARA

OPTENER 1 PPM DE CLORO.

Metros cúbicos	galones	al 47 %	al 60 %
1,0	264	2,0	1,7
2,0	578	4,0	3,3
3,0	792	6,0	5,0
3,7	1 000	7,5	6,2
7,5	2 000	15,0	12,5
9,4	2 500	18,7	15,7
11,3	3 000	22,5	18,5
13,2	3 500	26,2	22,0
15,1	4 000	30,0	25,0
18,8	5 000	37,5	31,3
37,6	10 000	75,0	62,7

Fuente : (7)

El cloro se disuelve primeramente en un recipiente con agua; luego se adiciona esta solución al total de agua que se quiere desinfectar, removiendo el agua durante un rato.

Cuando el agua a clorar es menor :

A) Preparación de una solución madre.

Disolver 7 gramos de hipoclorito de calcio al 47 % (una cucharadita) o 6 gramos de la misma sustancia al 60 % en un litro de agua limpia y embasar en frascos de cristal ámbar o verde. Esta solución se preparará para usarla hasta una semana.

B) Desinfección del agua con una solución madre :

Para un litro de agua _____ 10 gotas de solución

Para un cubo No.10 _____ 4 cc de solución

Para un tanque 55 gls _____ 80 cc de solución.

En todos los casos se esperan 15 minutos antes de beber el agua

Resumiendo lo expresado anteriormente en relación a la desinfección química del agua potable de consumo, podemos decir que el riesgo de muerte por agentes patógenos es por lo menos de 100 a 1000 veces mayor que el riesgo de cáncer por la presencia de SPD y que el riesgo de enfermedad por agentes patógenos es por lo menos de 10 000 a 1 000 000 de veces mayor que el riesgo de padecer cáncer por SPD presentes en el agua de consumo.

El sistema debe proporcionar la máxima eficacia de desinfección para la más amplia variedad de micro organismos que puedan aparecer en el agua en diversas condiciones, pero reduciendo al mínimo los subproductos indeseables tales como los SPD. La fiabilidad, la continuidad y la eficacia deben tener prioridad. Los gastos necesarios de la inversión inicial del sistema y los posteriores de funcionamiento y mantenimiento, que no son muy elevados, deben compararse con los costos que acarrea a los países las

enfermedades infectocontagiosas transmitidas por él y que podemos evitar con la desinfección.

Se ha demostrado que el cloro es eficaz contra bacterias, los virus y contra algunos protozoos y helmintos, aunque no es efectivo para tratar los quistes de giardias ni los oocistos de cryptosporidium. Para eliminarlos es necesario combinar la desinfección con un tratamiento adicional, como la filtración del agua.

Históricamente, ya desde mediados del siglo XIX el hombre empezó a preocuparse por resolver los problemas sanitarios del agua de consumo, ya que se había observado la relación entre el consumo de ciertas aguas y la aparición de algunas enfermedades. Recordemos aquí la célebre conclusión de John Snow y el brote de cólera de la calle Broad Street en Londres en 1854, al plantear la contaminación de la noria por el alcantarillado y las descargas de pozos negros (15,22). Justamente en esta ciudad se estableció una ley en 1852 que requería la filtración del agua del sistema público de abastecimiento, conocida como Ley de Londres (16), aún antes que se demostrara la teoría de los micro organismos patógenos.

En 1904 Allen Hazen presentó datos que indicaban que la disminución de las tasas de mortalidad de fiebre tifoidea traía aparejada la disminución de las tasas de mortalidad de otras enfermedades “...cuando se evita una muerte por fiebre tifoidea mediante el uso de agua mejorada, también se evitan dos o tres defunciones por otras causas ... en Hamburgo por cada disminución en muerte por fiebre tifoidea después de haberse implantado la filtración, hubo 15,8 defunciones menos por otras causas ...”(16)

En 1889 se introdujo la filtración del agua en Albany, New York, donde se disminuyó notablemente la tasa de mortalidad por fiebre tifoidea de 121 por 100 000 habitantes a 26 por 100 000. En 1914, el 36 % de la población urbana de los EEUU recibía agua filtrada.(17)

La primera vez que se usó cloro (hipoclorito de sodio) de manera continua para desinfectar un sistema municipal de abastecimiento de agua fue en 1908, en el depósito de Boonton, Jersey, New Jersey y en 1930, 2 930 instalaciones comunitarias de aguas desinfectaban sus sistemas de abastecimiento con cloro. En 1948, el 83 % de la población de los EEUU recibía agua filtrada o desinfectada. (17)

La aplicación de los principios de la ingeniería sanitaria para la protección de las fuentes de agua potable, su filtración y la desinfección con cloro ayudaron a terminar las masivas epidemias transmitidas en el mundo. El cloro, es el desinfectante mas usado hasta ahora. Abel Walman, ingeniero sanitario, pionero en este campo, quién tras abogar por la instalación de plantas de tratamiento de agua, las diseñó y las puso en marcha a principios del siglo XX, afirmó que el cloro “quizá esté salvando más vidas en el mundo que cualquier otro producto químico”. (17)

La OMS estima que cerca de la mitad de la población de los países en desarrollo sufren problemas de salud relacionados con el agua insuficientemente tratada o contaminada.

Se ha realizado un grupo de estudios epidemiológicos, que evalúan los riesgos de cáncer asociados con el consumo de agua clorada. Se han planteado también asociaciones de incidencia de cáncer de colon, recto y vejiga. La mayoría de estos estudios fueron ecológicos y consideraron las exposiciones y enfermedades de grupos de población. Relativamente pocos consideraron el estado de la enfermedad del individuo y su exposición al agua clorada. Las pruebas en este sentido no ofrecen hasta ahora resultados concluyentes.

Pequeños estudios se combinaron usando las técnicas del metanálisis. Tal vez no sea apropiado hacerlo en estudios de observación epidemiológica, pues el metanálisis no corrige los sesgos o problemas metodológicos de los estudios epidemiológicos individuales, y los resultados generales de este análisis pueden verse afectados indebidamente por la inclusión de los estudios de casos y controles basados en certificados de defunción.

Estudios epidemiológicos individuales incluidos en el metanálisis (12) y varios toxicológicos fueron evaluados por el Centro Internacional de Investigaciones del Cáncer (IARC) (11) y se concluyó que las pruebas de carcinogenicidad del agua potable clorada en los seres humanos o en animales de laboratorio, son insuficientes y que el agua potable clorada no se puede clasificar en cuanto a su carcinogenicidad.

El uso de fuentes de agua de alta calidad y el posterior empleo de las técnicas de coagulación y filtración eficaces, reducen considerablemente los requisitos de

desinfección y pueden disminuir los niveles de SPD sin aumentar los riesgos microbianos.

La desinfección del agua es muy eficaz cuando se aplica como parte del concepto de barreras múltiples para la prevención de enfermedades transmitidas por el agua, o sea, el uso de la mejor fuente de agua disponible, su protección contra la contaminación y el tratamiento del agua para remover e inactivar los agentes patógenos.

La disponibilidad de agua potable, sea cual fuere su calidad, es un factor muy importante para muchos de nuestros países.

NORMAS DE CALIDAD PARA EL AGUA DE CONSUMO.

A) FISICA.

TURBIEDAD. No mayor de 10 unidades (escala de sílice).

COLOR. No mayor de 20 unidades (escala de cobalto).

SABOR. No rechazable.

OLOR. No rechazable.

B) QUIMICAS

Pomo (Pb)	0,1	mg/l
Fluoruros (f)	1,5	mg/l
Arsénico (As)	0,005	mg/l
Cromo hexavalente	0,05	mg/l

Cobre (Cu)	3,00	mg/l
Hierro (Fe)y manganeso(Mn)		
Juntos	0,3	mg/l
Manganeso (Mn)	125	mg/l
Zinc (Zn)	15	mg/l
Cloruros (Cl)	250	mg/l
Compuestos de ac. Fénico		
(en términos de fenol)	0,001	mg/l
Sólidos totales	1000	mg/l

C) BACTERIOLOGICAS.

Presencia de gérmenes del grupo coliforme se considerará indicios de contaminación fecal más o menos reciente.

El grupo coliforme comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos, grannegativos no esporulados que fermentan la lactosa, con producción de ácidos y gas con una temperatura entre 35 y 37 grados centígrados, en menos de 48 horas.

La densidad de bacterias coliformes en cada muestra se expresa por “el número más probable” de gérmenes existentes en 100 ml de agua o “índice MNP”.

Para efectuar el análisis de una muestra de agua se debe trabajar por lo menos con 5 porciones de 10 ml de cada muestra.

VALORES DE M N P

No. De tubos que dan reacción positiva	índice N M P
Entre 5 tubos de 10 ml	(bacterias coli x 100 ml)
0	- 2,2
1	2,0
2	5,1
3	9,2
4	16
5	+16

Se considera apta para el consumo un agua cuyos resultados de la muestra analizada sea de -2,2 bacterias coli por 100 ml

DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL EN UNA MUESTRA DE AGUA.

METODO DE LA ORTOTOLIDINA

Se necesita un equipo comparador de color.

Reactivo – solución de ortotolidina.

Preparación:

Se disuelven 1,35 gramos de diclorhidrato de ortotolidina en 500 ml de agua destilada. Se agrega esta solución con agitación constante a una mezcla de 350 ml de agua destilada y 150 ml de HLC concentrado.

La solución obtenida se debe conservar en un frasco ámbar, o en la oscuridad protegida siempre de la luz solar directa, a temperatura ambiente, evitando que entre en contacto con el caucho y no utilizándola más de seis meses.

PROCEDIMIENTO.

Adición de la muestra al reactivo:

En el tubo de ensayo, previamente enjuagado en el agua de la muestra, se vierte 0,5 ml del reactivo de ortotolidina y se agrega 9,5 ml de agua de la muestra, para completar 10 ml.

Desarrollo y comparación del color:

El tubo de ensayo con la muestra y el reactivo se coloca en el comparador de color y se comprueba visualmente a cuál de los 4 patrones que ese contiene se acerca mas, calificándose la muestra de acuerdo con el resultado obtenido de esta comparación.

La comparación debe hacerse en el momento de máxima intensidad del color y teniendo en cuenta que éste comienza a desvanecerse a 1,5 minutos de haberlo alcanzado.

Debe por tanto hacerse entre los 3 y 5 minutos a partir de la adición del agua de la muestra al reactivo.

Hay otros métodos como el de la ortotolidina-arsenito.

DESINFECCION DE POZOS, CISTERNAS y TANQUES recién construidos, acabados de reparar o contaminados :

Pozos. Se usa solución de hipoclorito de sodio o calcio, que dé no menos de 50 mg/l (50 ppm) de cloro activo al agua contenida, con la que se lavaran las paredes desde la superficie del agua hasta el brocal con una solución de cloro activo de 100 mg/l.

En los demás se sacará el agua y se limpiarán preferiblemente los depósitos. Después se aplicará a las paredes y el fondo una solución de hipoclorito de calcio o de sodio de 100 mg/l de cloro activo. Posteriormente, se llenará de agua y se le añadirá cloro en la proporción de 50 mg/l.

El agua con la concentración de cloro se dejará por 12 horas, se comprobará en caso del pozo, que al final exista no menos de 0,5 mg/l y se analizará el agua antes de su empleo. En los otros depósitos, se extraerá el agua clorada y se llenarán con agua para el consumo directo.

En caso de no ser posible esperar las 12 horas, debe reducirse el tiempo aumentando las concentraciones de cloro activo:

Para 4 horas concentraciones mayores de 100 mg/l

Para 2 horas concentraciones mayores de 200 mg/l

En cualquiera de los casos señalados, se desinfectarán las tuberías y las bombas.

Actualmente se utiliza una combinación de elementos, que han sido llamados barreras, con el fin de proporcionar la máxima protección contra los agentes patógenos de transmisión hídrica. Esta técnica es conocida como de barreras múltiples en el tratamiento del agua. Las barreras son las siguientes (10) :

- 1- Recolección y tratamiento de todas las aguas residuales.
- 2- Limitación de la descarga de efluentes tratados de aguas residuales en las aguas receptoras, con el fin de que la acumulación de descargas no sobrepase la capacidad de autopurificación de las aguas superficiales.
- 3- Manejo de las cuencas colectoras y del uso del suelo, con el objeto de proteger de la contaminación los recursos de aguas superficiales y subterráneas
- 4- Tratamiento apropiado del suministro de agua con desinfección y filtración, si fuera necesario, para asegurar la protección de los consumidores.
- 5- Protección del sistema de distribución en su totalidad.

En conclusión podemos decir que la desinfección del agua es una intervención primaria de salud pública, que redundará en una incidencia considerablemente menor de infecciones transmitidas por ella si se aplica adecuadamente. El cloro es el desinfectante más usado internacionalmente y el de mayor impacto en relación con sus costos.

El riesgo de producción de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua es considerable y tiene repercusiones sanitarias, sociales y económicas en todo el mundo. La desinfección del agua potable es esencial para cortar la cadena de transmisión de estas enfermedades.

* * *

SUSTANCIAS QUE CAUSAN DAÑOS A LA SALUD.

En las aguas pueden estar disueltas numerosas sustancias dañinas a la salud, en dependencia de su grado de concentración. Algunas de esas sustancias son :

Arsénico,

Bario,

Cadmio,

Plomo,

Cromo,

Selenio,

Plata,

Flúor,

Sulfatos,

Cianuros,

Nitratos,

El flúor en exceso causa la fluorosis dental, que es un moteado en el esmalte de los dientes y se presenta fundamentalmente en niños entre los 8 y 9 años de edad. Ha sido aceptado por la OMS su uso preventivo contra las caries dentales. Las concentraciones en agua de consumo por encima de 1 ppm tiene un efecto positivo en la prevención de las caries.

Cifras superiores a 1,5 ppm son ya suficientes para producir la fluorosis.

El yodo en cantidades anormales puede originar bocio entre sus consumidores habituales.

El plomo es causante de una enfermedad conocida como saturnismo, que es un envenenamiento por el efecto acumulativo de esta sustancia en el organismo.

El sulfato de magnesio produce trastornos digestivos.

El cianuro es tóxico.

Los nitratos se reducen a nitritos en el sistema digestivo y pasan a la sangre uniéndose a los eritrocitos, con lo que se reduce la capacidad de éstos de transportar oxígeno, y da lugar a la enfermedad conocida como metahemoglobinemia idiopática.

Muchos fertilizantes contienen nitratos, que al ser utilizados de forma no adecuada y no controlada en la agricultura, pueden pasar por filtración o escurrimiento y contaminar las fuentes de abasto de agua, pozos o ríos.

* * *

AGROQUIMICOS.

Los agroquímicos son un gran grupo de sustancias químicas de procedencia industrial, es decir elaborados por el hombre en laboratorios, que fueron creados con el fin de mejorar los procesos agrícolas, ellos incluyen pesticidas, plaguicidas, fungicidas, hervicidas, destinados a eliminar por intoxicación o envenenamiento a las plagas biológicas que pueden dañar a los cultivos agrícolas destinados a consumo humano, destruir las malas hierbas que pueden afectar el normal desarrollo de las cosechas. Además se incluyen en los agroquímicos los abonos de procedencia industrial que pueden ser nitrogenados o no, utilizados para fertilizar los suelos y los cultivos con el fin de que crezcan rápido y con mayor vigor las cosechas.

Los agroquímicos tienen su uso a gran escala a partir de la Segunda Guerra Mundial y cada vez se incrementan más las familias de los mismos y su complejidad química y lo que es peor el daño humano y biológico que pueden causar, teniendo una muy negativa repercusión ecológica.

Con el desarrollo y empleo masivo de estos compuestos químicos se ha descubierto que son muy dañinos para el ambiente en general, pues contaminan los suelos, los cursos de aguas y el aire. Todo esto trae alteraciones en los seres humanos, en los animales y en el reino vegetal.

En los hombres, que es lo que más nos interesa por la especificidad de este trabajo, los mismos pueden afectarse por contaminación directa con el agroquímico, es decir al tener un contacto directo con el mismo al prepararlo, al regarlo o distribuirlo. Muchas veces vienen en polvos o líquidos concentrados y al diluirlos en agua los campesinos pueden utilizar las manos sin protección de guantes, o al rociarlos puede contaminar partes de su cuerpo con el producto. También aspira los aerosoles que emanan del rociado de la sustancia.

Igualmente se pueden afectar las personas que trabajan en los almacenes de los mismos, o la población que viva aledaña a ellos, generalmente en las granjas, en el campo, donde estas sustancias se guardan habitualmente sin cumplir las reglas básicas de almacenamiento para sustancias tóxicas, pueden afectarse asimismo las poblaciones que se encuentran próximas a los campos tratados, sobre todo cuando se usan para rociar las avionetas.

Estos agroquímicos que contaminan el suelo, se infiltran en las capas profundas del mismo, ayudados por los regadíos o las lluvias y pueden contaminar los lechos de las aguas subterráneas y los pozos, o por escurrimiento de las mismas pueden llegar y contaminar los cursos de aguas superficiales, arroyos, ríos y lagos. Otras veces los campesinos lavan los equipos utilizados para el rociamiento en los ríos y así va directamente el agroquímico a los cuerpos de agua, incluso se ha encontrado este tipo de contaminación en agua de mar próxima a la desembocadura de ríos contaminados o de áreas agrícolas costeras.

Hay que señalar también que en la lucha contra los mosquitos, en campañas antimaláricas, personal no bien entrenado han rociado insecticidas directamente sobre los cuerpos de agua para tratar de acabar a este vector. El aire según la velocidad de los vientos puede llevar sustancias rociadas hasta cuerpos de aguas superficiales.

Estas aguas contaminadas con sustancias químicas tóxicas son otra fuente de afectación humana y animal, que se suma a las señaladas anteriormente relacionadas con el empleo directo del plaguicida o de la difusión de sus aerosoles. Pues el agua contaminada de un río o un lago afecta potencialmente a las personas que se bañen en ellas o si estas aguas son utilizadas para riego de cultivos alimenticios tanto para el hombre como para el ganado, o si son empleadas para el consumo humano pueden originar afectaciones a comunidades enteras o grandes colectivos humanos.

Históricamente en los estudios de aguas, los primeros plaguicidas detectados fueron los organoclorados, la presencia de nitrógeno en aguas subterráneas, procedentes de fertilizantes, posteriormente se reconoció la presencia de residuos carbámicos y sus productos de degradación en aguas subterráneas. La contaminación marina ha sido demostrada cuantificando la presencia de componentes de los agroquímicos en corales, moluscos y peces.

Las afectaciones de estas sustancias a la salud se complejiza por la presencia de una gran cantidad de productos nuevos en el mercado haciendo muy amplio el panorama toxicológico derivado.

Entre los principales agroquímicos según su composición se encuentran:

Fenólicos : con combinaciones de arsénicos, bóricos, cadmio, cromo, selenio, plomo y mercurio.

Organoclorados.

Organofosforados.

Su acción se diferencia en efectos a corto y a largo plazo, puede llegar a producirse intoxicaciones mortales o dejar secuelas incapacitantes.

Entre las afectaciones directas de estas sustancias sobre el cuerpo humano, podemos citar: Lesiones dermatológicas, como dermatitis por contacto con aguas con presencia de estos químicos, así como en las mucosas de la conjuntiva ocular, de las fosas nasales, boca, etc., pueden presentarse reacciones alérgicas generalizadas de tipo anafiláctico.

Las exposiciones prolongadas pueden causar efectos neurotóxicos: alteraciones del comportamiento y del control motor, neuropatías, nefropatías, hepatopatías, enfermedades cardiovasculares, principalmente.

Estudios realizados a personas expuestas a largo plazo a estas sustancias han demostrado su carcinogénesis, que es la propiedad que tienen las mismas de inducir la formación de tumores malignos en diferentes tejidos u órganos.

Poseen además propiedades mutagénicas, que es la propiedad de producir cambios en el material genético, tanto del tejido somático como del tejido germinal, en generaciones futuras. Es decir producen cambios que son hereditarios en genes y cromosomas humanos, que se expresan clínicamente en malformaciones congénitas, en formación de tumores, etc.

Estas sustancias también tienen efectos en la esfera reproductiva, aquí señalamos las afectaciones siguientes:

- a) Espermatozógenicos, que son alteraciones en los espermatozoides, en cuanto a números, movilidad y malformaciones de los mismos.
- b) Gonadotrópicos, son lesiones en los órganos reproductores a nivel de sus células estructurales o células productoras de hormonas.
- c) Teratogénico, capacidad de producir malformaciones congénitas no a partir del material genético dañado, sino después de la concepción, durante su proceso de división y diferenciación celular del embrión.
- d) Fetotoxicidad, no son alteraciones morfológicas, sino muerte fetal, presentación de partos prematuros y niños con bajo peso al nacer.

Además se señala una disminución en la capacidad reproductiva, con disminución de la tasa de reproducción, del interés sexual y de la fertilidad.

A continuación presentamos los principales agroquímicos según al grupo químico a que pertenecen y sus efectos sobre la salud humana .

ORGANOFOSFORADOS.

Efectos agudos: inhibidores de la enzima acetil-colinesterasa (efecto irreversible).

Producen síntomas muy variados por acumulación de acetil colina en diferentes partes del sistema nervioso, provocando estimulación inicial y posteriormente depresión del mismo.

La recuperación depende de la síntesis de nueva enzima. Puede producir muerte por fallo respiratorio en casos de una exposición muy grande al producto.

Efectos crónicos: neuropatías periféricas, nefrotoxicidad, interfieren con la fertilidad masculina y femenina, son fetotóxicos, teratogénicos y mutagénicos.

CARBAMATOS.

Efectos agudos: inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa, producen en el organismo humano el mismo efecto de los organofosforados, pero su acción sobre esta enzima si es reversible y la recuperación es más rápida por lo tanto.

Efectos crónicos: lesiones renales, producción de anemia aplásica, neuropatías periféricas, infertilidad fetotoxicidad, tiene acción teratogénica. Además forman compuestos nitrogenados cancerígenos en el estómago.

BIPIRIDILOS.

Efectos agudos: dependen de la formación de radiicales OH y O₂ que inducen cambios proliferativos en diferentes tejidos, principalmente a nivel pulmonar, son tóxicos en los pulmones, hígado, riñones, corazón , cerebro, glándulas suprarrenales. Producen quemaduras en la piel y lesiones oculares importantes. Pueden producir la muerte por fallo circulatorio y fibrosis pulmonar.

Efectos crónicos: presencia de lesiones proliferativas en las uñas, tracto gastrointestinal, cristalino, córnea y pulmones. Toxicidad en hígado y riñones, fetotoxicidad, teratogénico y mutagénico.

DERIVADOS DE LA CUMARINA. (WARFARINA).

Efectos agudos: son sustancias anticoagulantes, inhibidoras de la síntesis de protrombina, producen daño capilar directo y pueden ocasionar la muerte por shock hipovolémico (producido por hemorragias múltiples).

Efectos crónicos: hemorragias a cualquier nivel, lesiones de la piel, pérdida de pelo, teratogénicos, pues producen hemorragias y muerte fetal.

DERIVADOS DE LA ANILIDAS.

(AMIDAS, ACETAMILIDAS, DINITROAMILIDAS).

Efectos agudos: se forman un grupo de metabolitos que producen la oxidación de la hemoglobina, haciéndola incapaz de transportar oxígeno (metahemoglobinemia), también destrucción de glóbulos rojos, es tóxico para los riñones, hígado, provoca depresión del sistema nervioso central.

Efectos crónicos: pueden producir cloracné, tóxicos para el hígado, son fetotóxicos y teratogénicos.

DERIVADOS DE LA UREA.

Efectos agudos: irritantes gastrointestinales, de la piel, los ojos, produce metahemoglobinemia.

Efectos crónicos: son muy persistentes, teratogénicos y carcinogénicos, provocando la aparición de tumores pulmonares y hepatomas).

TIAZINAS.

Efectos agudos: neurotoxicidad, alteraciones de la respiración, irritantes de la piel y los ojos.

Efectos crónicos: son alergénos, algunos producen bocio, mutagénicos, fetotoxicidad, teratogénico y carcinogénico (adenomas, y adenocarcinomas de tiroides, entre otros).

DITIOCARBAMATOS.

Efectos agudos: bloquean el metabolismo de diferentes sustancias enzimáticas, producen alergias, aumentan mucho la sensibilidad para el alcohol.

Efectos crónicos en la piel y los ojos, efectos sobre las gónadas y tiroides. Tóxicos para el hígado, riñones y sistema nervioso. Poseen capacidad mutagénica, teratogénica, carcinogénica (producen adenocarcinoma de pulmón, carcinoma de tiroides).

ORGANOCOLORADOS.

Efectos agudos: son estimulantes del sistema nervioso, provocan interferencia con la transmisión nerviosa por alteraciones del transporte iónico al nivel de los axones (el DDT y sus derivados). Pueden causar la muerte por excesiva estimulación del sistema nervioso central, con depresión y coma posterior.

Efectos crónicos: se acumula en tejido adiposo, hígado y cerebro, se ha demostrado la presencia de estos compuestos en los mismos. Tóxico hepático, riñones, sistema nervioso.

Alteran el metabolismo de los lípidos, produciendo arterioesclerosis, hipertensión arterial.

Lesiones severas de la piel (cloracné), aplastias, cistitis hemorrágicas y porfiria hepática.

Son carcinogénicos: hepatomas, carcinomas hepatocelular, enfermedades malignas de la sangre, son fetotóxicos, teratogénicos, mutagénicos, alteran la fertilidad en hombres y mujeres.

DERIVADOS FENOXIACETICOS.

Efectos agudos: neurotoxicidad, producen lesiones en hígado, riñones, irritantes gastrointestinales y muerte por fibrilación ventricular.

Efectos crónicos: acumulación en el tejido adiposo, producen cloracné, pueden inhibir la función inmunológica del timo, son mutagénicos, teratogénicos, fetotóxicos y carcinogénicos.

DERIVADOS CLOROFENOXICOS.

Efectos agudos: neurotoxicidad y tóxicos a nivel hepático, riñones, estimulan el metabolismo.

Efectos crónicos: iguales a los fenoxiacéticos.

DERIVADOS DINITROFENOLICOS.

Efectos agudos: interfieren en los procesos de fosforilación oxidativa. Producen una estimulación general del metabolismo, con un aumento consecutivo en los requerimientos de oxígeno. Producen muerte en coma por falta de oxígeno a todos los niveles de la economía orgánica y temperatura corporal muy elevada.

Efectos crónicos: deterioro del estado general, lesiones crónicas de la piel y neurítis periférica. Toxicidad en el hígado y riñones. Cataratas, trastornos hematológicos, agranulocitosis y púrpura.

SALES DE COBRE.

Efectos agudos: tienen efectos corrosivos a nivel del tracto gastrointestinal, destrucción de glóbulos rojos, tóxicos para los riñones e hígado.

Efectos crónicos: lesiones crónicas en la piel y ojos, tóxico hepático y pulmones. Inducen a la arterioesclerosis, carcinogénicos, incidiendo en la presentación de carcinoma de pulmón y angiosarcomas.

DERIVADOS ARSENICALES.

Efectos agudos. Inhibidores de enzimas protoplasmáticas, neurotoxicidad, hepatotoxicidad, lesiones renales, irritantes gastrointestinales, lesiones de piel.

Efectos crónicos: producen deterioro físico y mental, lesiones de la piel y uñas, neurítis periféricas, alteraciones hematológicas, toxicidad hepática y renal. Mutagenicidad, fetotoxicidad, teratogénico, carcinogénico (cáncer de piel, pulmón, riñón y linfomas).

DIOCARBOXIMIDAS.

Efectos agudos: irritantes dérmicos, oculares, mucosos (estomatitis, bronquitis, irritativas).

Efectos crónicos: alteraciones de la función hepática y renal, anemia e hipertensión, son teratogénicos.

BENZIMIDAZOLES.

Efectos agudos: influyen sobre el sistema nervioso central, tóxico a nivel del hígado, producen alergias, son irritantes dérmicos y oculares.

Efectos crónicos: mutagénico, teratogénico, carcinogénico.

DERIVADOS DEL BROMO.

Efectos agudos: neurotoxicidad, daños renales, hepáticos, causan muerte por colapso circulatorio.

Efectos crónicos: lesiones de la piel, tóxico hepático y renal, son mutagénicos y carcinogénicos.

DERIVADOS DEL ACIDO PICOLINICO.

La exposición prolongada al mismo puede producir fetotoxicidad y efectos teratogénicos.

* * *

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA..

Como se ha demostrado a lo largo de este trabajo, el agua puede estar relacionada con la producción de diversas enfermedades o daños a la salud de individuos o colectividades humanas, tanto de forma directa como indirecta. A continuación se explicarán sus distintas formas de manifestarse.

ENFERMEDADES VINCULADAS CON LA FALTA DE HIGIENE.

Este grupo de enfermedades se caracteriza por presentarse cuando existe escasez o inaccesibilidad al agua para la higiene personal o doméstica en una región o comunidad. Esta situación puede producir una alta incidencia de enfermedades diarreicas y cutáneas como la tiña, el impétigo y la septicemia cutánea y de enfermedades oculares del tipo del trácoma y la conjuntivitis.

Se incluyen además en este grupo la sarna y el tifus, asociado a la infestación por piojos. Estas entidades patológicas disminuyen en cuanto se dispone de un abastecimiento adecuado de agua.

La disponibilidad de agua es fundamental para la prevención de las mencionadas enfermedades, aunque su calidad no sea la mejor. La desinfección del agua tiene un efecto positivo, pero limitado sobre ellas. (18)

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR EL CONTACTO CON EL AGUA.

Estas enfermedades se producen cuando el agua ha sido contaminada por heces fecales, que sirven de hábitat a los agentes patógenos o a los huéspedes intermediarios en los cuales ciertos parásitos pasan parte de su ciclo vital. Los parásitos causan enfermedad a los seres humanos cuando sus formas larvianas infecciosas se ponen en contacto con ellos, mientras éstos se sumergen, bañan, trabajan o nadan en el agua o como consecuencia de la ingestión de esquistosomas o de moluscos o crustáceos infectados (paragonimiasis o trematodiasis pulmonar), de peces (clonorquiasis o trematodiasis hepática) o de plantas acuáticas (fasciolosis o trematodiasis hepática). Todas son enfermedades que pueden ser graves y debilitantes. La desinfección de los abastecimientos de agua potable no influirá en la incidencia de las mismas .

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR VECTORES DE HABITAT ACUATICO.

El agua puede proporcionar un hábitat o un área de reproducción para los insectos vectores de la enfermedad. Por ejemplo, los mosquitos se reproducen en el agua y los ejemplares adultos pueden transmitir la malaria, la filariasis, el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis japonesa. La mosca negra, vector de la oncocercosis microfilárica (ceguera de los ríos), se reproduce en el agua que se mueve rápidamente y tiene una gran aereación, como ocurre con los canales de desagüe de las represas.

La desinfección del agua potable no influirá en ellas; su control incluye otras medidas como limpieza y el drenaje de las áreas de reproducción de los vectores.

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA.

Este grupo de enfermedades constituye la razón principal de la desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Estas patologías se transmiten por la ingestión de agua contaminada por micro organismos patógenos, principalmente procedentes de heces fecales humanas. La ingestión puede ser directa por el agua o indirecta con alimentos o bebidas que han sido alterados con agua contaminada, aunque también puede ser accidental y producirse al nadar o practicar actividades recreativas. El cólera y la fiebre tifoidea se pueden adquirir por esa vía. Estas enfermedades también se transmiten por vía fecal –oral, prácticas de higiene deficientes y contaminación de alimentos.

La única enfermedad infecciosa que se transmite exclusivamente por agua potable es la dracontiasis (enfermedad del gusano de Guinea), que no afecta a las Américas.

La contaminación fecal de los abastecimientos de agua aumenta las probabilidades de transmisión de numerosas enfermedades infecciosas . El agua puede contaminarse en la fuente, durante su distribución , en los tanques de almacenamiento (por no estar bien cubiertos o por la introducción de utensilios contaminados en su interior).

Los agentes patógenos que pueden contaminar las aguas comprenden bacterias, protozoarios y ocasionalmente helmintos. Tras su ingestión, los micro organismos se

multiplican en el tubo digestivo de la persona y se excretan en gran número en las heces, que si ocurre en un lugar con un saneamiento inadecuado, pueden llegar a los cursos de agua, contaminarlos e infectar a otras personas.

Casi la mitad de la población en los países en vías de desarrollo padecen de enfermedades transmitidas por las aguas : gastroenteritis, desinterías, giardiasis, hepatitis A y rotavirus. También se padecen las enfermedades que son causantes de las epidémias clásicas : cólera y fiebre tifoidea..

Las enfermedades diarreicas son la causa principal de mortalidad y morbilidad relacionadas con procesos infecciosos en esos países. Se calcula que representan el 90 % de las defunciones por diarreas en niños menores de 5 años y causadas por enfermedades que no son el cólera, ya que este ataca fundamentalmente a ancianos, adultos jóvenes y niños mayores.(10).Además con un tratamiento adecuado la mortalidad por cólera es baja.

La mayoría de los pacientes con diarrea acuosa se recuperan en pocos días con una conducta terapéutica que incluye casi exclusivamente a la rehidratación oral, sin antiespasmódicos, inhibidores de las secreciones, antidiarreícos ni antibióticos. Se exceptúa en el caso del cólera, en cuyo tratamiento sí es necesario incluir a los antimicrobianos..

Las diarreas agudas son una carga económica en los países en vías de desarrollo, pues en muchos de ellos más de la tercera parte de las camas de los servicios de pediatría están ocupados por niños que las padecen. En caso que se produzcan epidemias de cólera, disminuyen notablemente hasta las exportaciones de alimentos. (10)

Las diarreas agudas son una de las más graves amenazas para la salud de la población infantil de América Latina y el Caribe. Ellas constituyen una de las cinco principales causas de muerte en los niños menores de un año y en muchos países es la primera causa de muerte para los niños entre 1 y 4 años (19).

Los niños sufren en promedio 3,3 episodios de diarrea por año y en algunas zonas hasta de 9. En estos lugares los niños pueden pasar el 15 % de sus vidas con diarreas. El 80 – 90% de las defunciones por diarreas agudas se presentan en niños menores de 2 años. La principal causa de muerte es la deshidratación por pérdida de líquidos y electrolitos durante los episodios. Otras causas importantes de muerte son la disenteria (diarrea sanguinolenta), la malnutrición y otras infecciones graves como las respiratorias. (19)

Los ataques reiterados de diarreas agudas son la principal causa de malnutrición, porque el niño come menos, disminuye su capacidad de absorción intestinal y los requisitos nutricionales aumentan como resultado del proceso infeccioso. Cuando son frecuentes y prolongados, pueden frenar en gran medida el crecimiento y obstaculizar el desarrollo mental.(20)

En América Latina, los agentes microbianos más importantes productores de enfermedades diarreicas agudas son : Rotavirus, Echerichia coli enteropatógena, Shigella, Campilobacter jejuni, y Cryptosporidium parvum, aunque en algunas áreas es importante la Salmonella. Desde su introducción en las Américas en 1991, el Vibrio cholerae es la causa principal de la diarrea acuosa en los adultos.

La disenteria es un tipo de diarrea caracterizada por la presencia de sangre en las heces fecales, su sintomatología va acompañada de anorexia, pérdida de peso en poco tiempo y daños en la mucosa intestinal. En los niños es producida principalmente por *Shigella dysenteriae*, tipo 1 (bacilo de Shiga). Quienes la sufren se observan muy enfermos, con fiebre alta, con síntomas tóxicos, con calambres abdominales y con tenesmo intenso. Una conducta terapéutica antibiótica adecuada, disminuye su gravedad y su tiempo de duración.

La mayor parte de las infecciones entéricas son asintomáticas y más frecuentes en niños mayores de 2 años, como consecuencia de una inmunidad activa que suprime las manifestaciones clínicas. Estas infecciones expelen micro organismos patógenos al exterior y son una fuente importante de contaminación de los cursos de agua. De ahí que estas infecciones asintomáticas tengan un gran significado desde el punto de vista sanitario.

Donde el cólera es endémico, el *Vibrio cholerae* causa del 5 – 10 % de los casos de diarreas. Los agentes más frecuentes de la diarrea infantil en los países en desarrollo son : Rotavirus, *Echerichia coli* entero patógena y *Campylobacter jejuni*, con la misma frecuencia. (10)

Los agentes antimicrobianos generalmente no son eficaces, y en casos como la *Salmonella* pueden prolongar la duración de la infección; sólo deben ser empleados en infecciones por *Shigella* y *Vibrio cholerae*.

Las epidemias de transmisión hídrica son frecuentes en las áreas donde no se dispone de un adecuado proceso de desinfección del agua potable o el mismo es deficiente. Los gérmenes con mayor frecuencia implicados en estos brotes masivos, son el *Vibrio cholerae* 01 y el tipo 1 y la *Shigella dysenteriae* (Sd 1) que pueden causar una morbilidad y mortalidad muy elevada en las comunidades afectadas. Las epidemias de disentería representan una amenaza especial para la salud pública. Es en general más grave que otros tipos de diarreas agudas, tiene mas probabilidades de causar muertes. La tasa de mortalidad puede elevarse hasta el 15 %, lo cuál representa una carga adicional para los servicios de salud.

Las campañas educativas a la población en relación con la desinfección del agua de consumo y el uso de los cursos de agua para otras actividades deportivas o recreativas, son muy importantes a los efectos de controlar las enfermedades que se pueden transmitir por su conducto.

Estos cuatro grupos de enfermedades relacionadas con el agua se abundan fundamentalmente en los países en vías de desarrollo. En años recientes ha hecho su aparición un nuevo grupo de enfermedades en los países desarrollados, que son :

ENFERMEDADES DISEMINADAS POR LAS AGUAS.

En estas enfermedades los agentes patógenos productores infectan a los humanos a través de las vías respiratorias. Los trofozoítos de las amibas *Naegleria fowleri* y *Acantoamiba culbertsoni*, que habitan en los cuerpos de agua dulce templados, pueden penetrar por las

mucosas olfativas de los nadadores, proliferar en gran número en el huésped y ser a menudo causa de una meningoencefalitis mortal. También las bacterias del género Legionella proliferan en las aguas de grandes sistemas de aire acondicionado y en los calentadores de agua. Cuando se dispersan como aerosoles, pueden infectar a un gran número de personas por las vías respiratorias. Para controlarlas hay que efectuar una desinfección especial, mucho mayor que la que normalmente se requiere para el agua potable. La desinfección que podría afectar a ambos micro organismos puede hacerse en piscinas, pero no en lagos ni estanques, donde el problema es prevalente. (10)

Realmente la gran amenaza para la salud pública la representan las enfermedades transmitidas por el agua, donde los micro organismos patógenos son la causa principal de la producción y de defunciones en todo el mundo. Los riesgos para la salud que puedan asociarse con el consumo prolongado de agua tratada con cloro, son sumamente pequeños e inciertos y su impacto se va minimizando, si se compara con los riesgos reales que representa la contaminación del agua por los micro organismos patógenos. En América Latina, las epidemias de cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, gastroenteritis, etc., son atribuidos a la ausencia o insuficiencia de la desinfección del agua. El impacto mayor de la contaminación que afecta la salud de las comunidades, es a través del agua de bebida.

Los principales agentes patógenos que pueden ser transmitidos por el agua, son los siguientes:

BACTERIAS

Campylobacter jejuni

VIRUS

Adenovirus (3 tipos)

Escherichia coli entero

Patógena

Salmonella (1700 especies)

Shigella (4 especies)

Vibrio cholerae

Yersinia enterocolitica

PROTOZOARIOS

Balantidium coli

Entamoeba histolytica

Giardia lamblia

Cryptosporidium

Enterovirus (71 tipos)

Hepatitis A

Agente de Norwalk

Reovirus

V. Coxsackie

Rotavirus

HELMINTOS

Ancilostoma duodenale

Ascaris lumbricoide

Echinococcus granulosus

Nector americanus

Fasciolopsis buski

Strongyloides stercoralis

Taenia solium

Trichuris trichura

Estos micro organismos patógenos pasan a las aguas por desechos procedentes de heces fecales humanas o de animales (corrales de engorde en granjas bovinas, de cerdos o de aves, en los que la disposición final de sus desechos no es la adecuada y pueden contaminar los cursos de agua) y también de animales de vida libre o salvajes.

Los agentes más importantes hoy día en los países desarrollados son la Giardia lamblia y el Cryptosporidium . La infección por Giardia es, en un por ciento muy elevado, asintomática, aunque puede ocasionar cuadros diarreicos de varias semanas de

duración, acompañados de fatiga, pérdida de peso, dolores abdominales, timpanitis y flatulencia. El *Cryptosporidium* es una causa reciente, pero aceptada internacionalmente como factor etiológico de diarrea en el hombre. El primer caso de enfermedad humana fue notificado en 1976 (21). La infección puede ser asintomática o cursar con diarreas acuosas, acompañadas de dolores abdominales, náuseas, vómitos y pérdida de peso. La gravedad del cuadro como su duración son variables. Los huéspedes inmunodeprimidos como los pacientes de SIDA, generalmente no pueden eliminar la infección y la misma pasa a la cronicidad. La prevención es muy importante en esta entidad ya que no se dispone en la conducta terapéutica de un medicamento específico para su control. Se han presentado brotes en los EEUU, el Reino Unido y casi todos los países desarrollados. El primer brote reportado en los EEUU fue en un sistema de distribución de agua de pozo, aunque más tarde han aparecido brotes en sistemas de suministro de agua de pozos y manantiales, cuyas aguas eran sometidas a procesos de desinfección con cloro y en sistemas de aguas superficiales filtradas.

La *Giardia* y el *Cryptosporidium* sobreviven meses en el medio acuático, especialmente a bajas temperaturas del agua. Los reservorios de estos microorganismos son las personas y los animales domésticos y salvajes.

El *Cryptosporidium* es un agente biológico muy resistente a la cloración del agua, la *Giardia* se puede inactivar con desinfección, si se mantienen condiciones estrictas, altas concentraciones de cloro y prolongados períodos de contacto. La cloración prolongada del agua y la filtración posterior puede ser efectiva para eliminar los oocistos de *Cryptosporidium* .(10)

En años recientes se han identificado brotes de diarreas, con un agente patógeno causal protozoario, que se ha llamado Cyclospora y este se ha identificado en todo el mundo

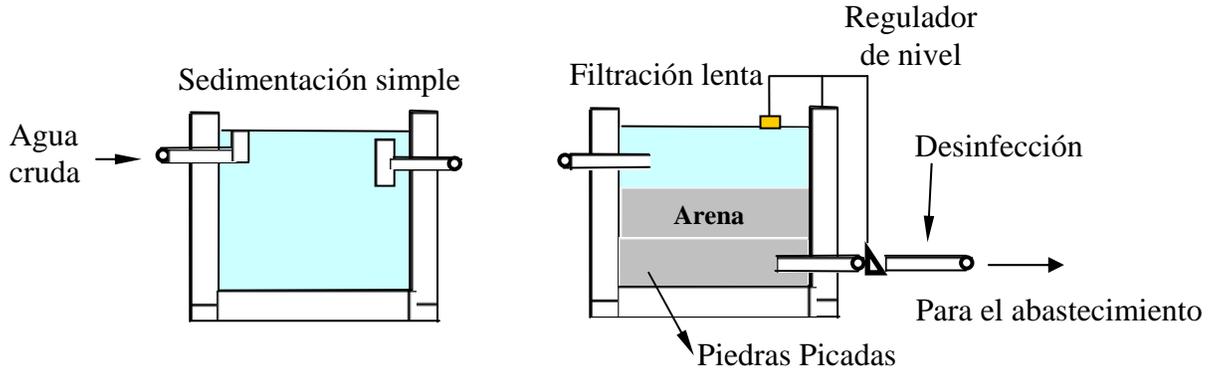
Cuando todo un sistema de distribución de agua potable de una ciudad está contaminado, aparece una epidemia que adquiere las siguientes características :

- 1- Enfermedad de aparición explosiva en gran número de personas de la población que utiliza el agua contaminada.
- 2- Una distribución geográfica particular de los casos.
- 3- No existe una distribución particular según sexo, edad, raza y profesión.
- 4- Pueden ser epidemias mixtas y aparecer infecciones intestinales diversas, junto a un brote epidémico mayoritario.
- 5- Contaminación de fuente única, en cuyo caso la epidemia se establece bruscamente y se desarrolla en un tiempo más o menos determinado. La aparición de los casos depende de la extensión del período de incubación de la enfermedad de que se trate. Si la contaminación del agua se mantiene, la epidemia se prolongará; si se detiene, la epidemia tendrá un desarrollo relativamente corto y perfectamente determinable. Los primeros casos son los más puros; con posterioridad se presentan casos

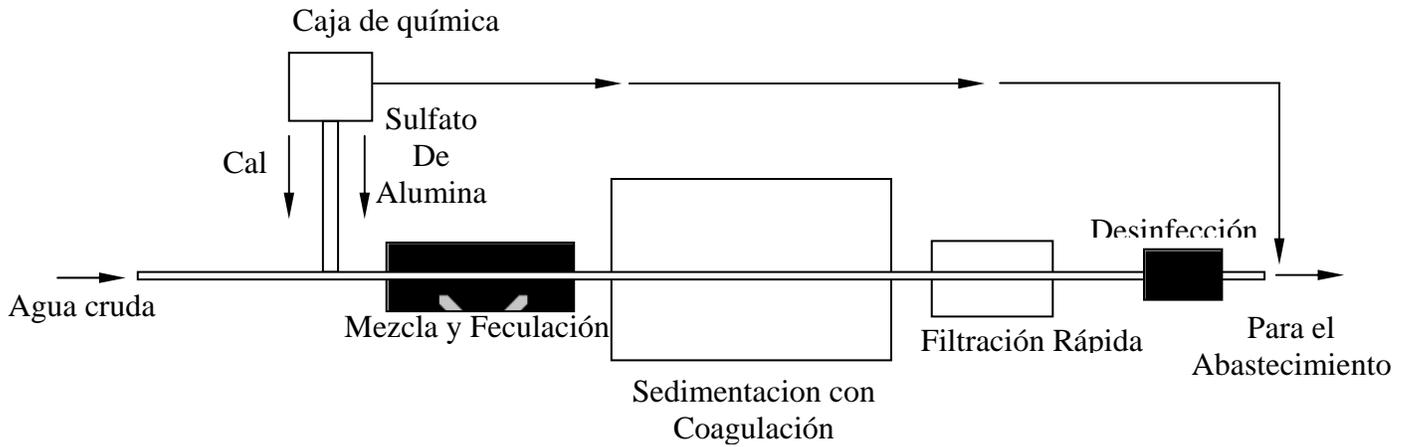
secundarios que pueden prolongar una epidemia aún cuando la contaminación del agua se haya eliminado.

- 6- Si se hace una gráfica de la aparición de los casos de la epidemia, la curva tiene forma de aguja con rápido ascenso . Si el descenso es rápido, ello significa que se ha eliminado el uso del agua contaminada.

Planta de agua con filtración lenta



Planta de filtración rápida



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1-Blasco Ibáñez, Vicente. La Barraca. La Habana, Editora Nacional de Cuba, 1963.
- 2- Marbán, Edilberto. Historia antigua y media, 2 T, La Habana, Imprenta Modelo, 1957.
- 3- Del Puerto Quintana, Conrado y cols. Nociones de Higiene. La Habana, Pueblo y Educación, 1974.
- 4- Vaillan, C., George C . La civilización azteca. México, Fondo de Cultura Económica, 3ra Ed, 1958 , pgs 57, 60, 84, 90.
- 5-López Sánchez, José. Las civilizaciones aborígenes en la América Prehispánica. Lull, vol 21, 1998; 387 –43.
- 6- Morley, Syllanus. La civilización maya. México, Fondo de Cultura Económica, 1961.
- 7-Minsap, Dirección Nacional de Higiene. Higiene del Medio, T I, La Habana, Pueblo y Educación, 1984.
- 8- Norma Cubana. Sistema nacional de protección radiológica. Reglas básicas de seguridad. La Habana,Comité Estatal de Normalización, 1981.

- 9- Cosculluela, J.A. Ingeniería sanitaria, 2t, La Habana, 1947.
- 10- OPS- OMS. Craun, G. y Castro R. Eds. La calidad del agua potable en América Latina. Washintong DC, Ilsi Press, 1996.
- 11-IARC. Chlorinated drinking-water, chlorination by-products, some other halogenated compounds. Lyon, IARC Monogr Eval Carcinogenic Risk Hum 52 :197, 1991.
- 12-Morris, R.D., et al .chlorination, chlorination by-products, and cancer : a meta- analysis. Am J Public Health 82 : 955 – 963, 1992.
- 13- Craun, G.F. ed. Safety of water disinfection : balancing chemical and microbial risk. Washington DC, Ilsi Press,1993.
- 14- OMS. Guias para la calidad del agua potable, vol I, 2 a ed, Ginebra, 1993.
- 15-Castillo M. y cols. Epidemiología texto básico. La Habana, Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, 1983.
- 16- American Water Works Association . Water quality and treatment. In Handbook of public water supplies, 3 a ed, New York, McGraw- Hill Book Co., 1971.

- 17- Craun, G.F. ed. Waterborne disease in the United States. Boca Raton, CRC Press, 1986.
- 18-Carnicross, S., Feachen, R.G. Enviromental health engineering in the tropics, and introductory text. Chinchester, John Wiley and Sons, 1983.
- 19- OPS. Condiciones de salud en las Américas, Washington D.C., Pub Cient No.594,1: 167-174.
- 20- Cruz, J.R., Pareja, G., Cáceres ,P. Enfermedades diarreicas agudas y persistentes y sus consecuencias nutricionales en infantes en Guatemala. Arch Latino Am Nutr, 1989, vol 34.
- 21-Current, W.L. Cryptosporidium : its biology and potential for enviroment transmiton. CRC Critical Rev Environ Control 17, 21, 1993.
- 22- Armijo Rojas, R. Epidemiología, 2 T, Buenos Aires, Intermédica, 1978.
- 23- McNelly, R.,cols. Water quality sourcebook. A guide to water quality parameters. Ottawa, Inland waters directory.water Quality Branch, 1979.
- 24- Castillo ,M. Epidemiología, 2ª ed, La Habana, Instituto Superior de Ciencias Médicas, 1984.

25-OPS. El control de las enfermedades transmisibles en el hombre. Washington D.C., Pub Cient No 538,1982.

26- Minsap. Manejo del paciente con E.D.A. La Habana, 1985.

27- Clavijo, A. El control sanitario internacional y algunas enfermedades exóticas para Cuba. La Habana, IPK, 1979.

28- Piédrola Gil, G. Y cols. Medicina preventiva y salud pública, 8 va ed., Barcelona, Salvat, 1990.

30- OMS Guías para la calidad del agua potable. 2ª E. Addendum al volumen 1. Recomendaciones. Ginebra, 1999.