

BIOSEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE: PROTECCION PERSONAL, MANEJO Y DISPOSICION DE DESECHOS REACTIVOS DE LABORATORIOS

ARAYA, JUAN CARLOS

ABSTRACT

Chile ha tenido un gran desarrollo en el ámbito de la salud, especialmente en el diagnóstico de laboratorio. No obstante, no hay suficientes normas para disponer de los reactivos y de sus desechos y/o productos de reacción, ya que son eliminados sin ningún tratamiento previo al medio ambiente.

En esta comunicación se da a conocer los riesgos existentes para la salud, tanto del operador como de la población, al no contar con un procedimiento adecuado y se presentan métodos para inhibirlos o inactivarlos antes de su disposición final, haciendo hincapié en el uso de elementos de protección personal en su manipulación.

Palabras Clave:

Bioseguridad, laboratorios, reactivos, desechos reactivos, disposición, protección.

INTRODUCCION

Chile continental tiene aproximadamente 4.500 kms de extensión de norte a sur y se encuentra adosado a la ladera oeste de la Cordillera de los Andes; esta característica geográfica lo hace más ecológicamente frágil al evidenciar que sus pendientes bajan en rápido declive hacia el Océano Pacífico, lo que implica que en cada ciclo hidrológico se arrastra una no despreciable cantidad de elementos contaminantes que confluyen a través de los cursos de aguas superficiales y/o subterráneos, hacia el mar.

Nuestro país ha tenido un gran desarrollo en el ámbito de la salud, especialmente referido al diagnóstico de laboratorio. Es así como entidades, tanto privadas como estatales, cuentan con instalaciones para laboratorio clínico, anatomía patológica e histopatología, banco de sangre, hematología, radiología, radioinmunoensayo, investigación y docencia (dependientes de las universidades) y de energía nuclear.

No obstante, son insuficientes las normas o herramientas legales que definen la disposición de los reactivos y de sus desechos y/o productos de reacción (excepto en el caso de la energía nuclear y los radiosótopos, donde éstas si existen y son estrictas), ya que actualmente son eliminados sin ningún tratamiento previo al medio ambiente a través de los ductos de agua del establecimiento y de allí directamente a las cloacas de la ciudad, ejerciendo una fuerte presión tanto sobre éste como hacia los recursos naturales no renovables y renovables.

No depende exclusivamente de quienes tienen la responsabilidad de su eliminación el hacerlo adecuadamente, sino que igualmente de todos los profesionales de la salud que deben tener y asumir su responsabilidad ética de hacerlo, porque el déficit de normas, métodos y formas seguras para esa disposición, implica un daño directo sobre el entorno y una externalidad no considerada en los costos involucrados en las prestaciones de salud por parte de las instituciones encargadas de su protección y fomento.

Conjuntamente con lo anterior, aparecen los *Riesgos Biológicos* para el personal, que son aquellas labores a las que se exponen los Tecnólogos Médicos y todo el personal del laboratorio al estar en contacto con contaminantes químicos durante su manejo, transporte, almacenamiento y uso. Dichos riesgos son susceptibles de provocar efectos negativos en la salud del personal descrito y estos efectos negativos se pueden concretar en procesos infecciosos, tóxicos y/o alérgicos por contacto con fluidos biológicos, tejidos, cadáveres y/o piezas anatómicas (biopsias), manipulación de microorganismos patógenos y por contacto con animales de experimentación.

De acuerdo con lo anterior, el uso de elementos de protección personal no sólo es indispensable para quienes laboran en estos establecimientos, sino que debiera ser implementado obligatoriamente en todas las unidades involucradas o dedicadas a proveer salud para no provocar afecciones de rebote a quienes actúan en su consecución por la manipulación de reactivos o elementos patógenos.

ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Ecología es una expresión griega compuesta por dos vocablos: "oikos", que significa casa u hogar y "logos", que es estudio, razón o entendimiento; por comprensión

entonces Oikoslogía, Ecología, viene a ser el estudio de la casa o lugar donde se vive, y que por extensión implica el considerar al planeta Tierra como el hogar común para toda la humanidad.⁽¹⁾ No se sabe específicamente quién fue el primero en utilizar el término para referirse a lo que hoy se entiende por esta ciencia, pero Ernest Haeckel (1834-1919) lo aplicó hacia 1869 para definir las interrelaciones existentes entre los seres vivos y el medioambiente en el cual habitaban. No obstante, Teofrasto (372 a.c.) un destacado naturalista griego, ya habría escrito su "Historia Natural" que se considera como el primer texto ecológico conocido, donde describe un sinnúmero de plantas y su relación con los ríos, lagos, matorrales y marismas donde éstas crecían y menciona que la destrucción de Babilonia se produce a partir de la erosión causada a los suelos por cultivos excesivos e intensivos.⁽²⁾

Asimismo, Medio Ambiente como vocablo pareciera ser una redundancia idiomática que sin embargo no lo es: es principio el "medio" en donde se despliegan un sinnúmero de actividades bióticas, en donde el "ambiente" es la biosfera en sí, lo que circunda y envuelve al medio con sus múltiples interrelaciones; por lo tanto, el uno no puede estar separado del otro sin que pierda el sentido holístico que como tal guarda intrínsecamente.

Los seres humanos perciben el medio ambiente en el que viven como un conjunto de condiciones físicas, químicas, biológicas, sociales, culturales, históricas y económicas que difieren según la geografía local, la infraestructura, la estacionalidad climática, la hora y la actividad desarrollada.

Podemos establecer entonces que debe existir una actitud ética que sea capaz de regir nuestras relaciones con la naturaleza y con los demás seres vivos, dado que el Hombre es parte integral de la Naturaleza al estar en relación directa y dependiente con respecto a ella y que un medioambiente en equilibrio es aquel que se encuentra como tal, pero en función de los seres humanos, dado que el planeta *per sé* tiene su propio sentido y connotación vital, concluyendo por lo tanto que la Ecología es una ciencia síntesis del conocimiento humano y que no es otra cosa que el estudio global del **Hombre en la Naturaleza**.⁽¹⁾

MEDIO AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN

Se entiende por contaminación al proceso de degradación sostenida por acumulación, que sufre un elemento natural -que actúa como contenedor de otros u otros elementos- a los cuales no puede o se vuelve incapaz de asimilar o reciclar y por tanto, tiende a saturarse.⁽¹⁾

Uno de los componentes considerados literalmente como fuente de vida en la Tierra es el agua. Si se estima que el 70% del cuerpo humano es agua y que una persona comienza a sentir sed después de tan sólo perder un 1% de líquido corporal, corriendo peligro de muerte si la pérdida se aproxima al 10%,⁽³⁾ es fácil concluir que el ser humano no es capaz de sobrevivir sin el vital elemento más que un corto lapso de tiempo. No obstante lo anterior, las actividades humanas están, por una parte alterando el caudal de agua de ríos, lagos y fuentes subterráneas más rápidamente de lo que tardan en renovarse "extrayendo de forma insostenible, lo que una vez era un recurso renovable"⁽⁴⁾ y sin darle tiempo a que se reponga, y por otra, contaminándola.

La cantidad de agua que las personas utilizan no depende sólo de las necesidades mínimas y de cuánta agua se dispone para su uso, sino también del nivel de desarrollo económico y del grado de urbanización del país, dado que con ellos el uso y consumo del agua aumenta notablemente y son una forma clave de medirlos, aumentando en las tres categorías principales: la demanda industrial (23%), la creciente demanda doméstica, incluídos los servicios municipales (8%) y la

dependencia del riego para la producción de alimentos.⁽⁵⁾ Pero en la Tierra no hay más agua hoy en día que hace 2000 años, cuando estaba habitada por menos del 3% de la población actual⁽⁶⁾ y teniendo en consideración que sólo un centésimo del 1% del suministro total de agua del mundo se considera fácilmente accesible para uso humano.⁽⁷⁾

Sin embargo, conjuntamente con la mayor urbanización hace su entrada en escena la contaminación de los recursos hídricos, que es un fenómeno de reciente data, pero que ya ha infligido grave daño al medio ambiente y presenta riesgos crecientes a numerosas especies biológicas, incluido el hombre.^(5,8,9) El agua contaminada y la evacuación inadecuada de desechos causan serios problemas de salud pública, dado que en algunos lugares los lagos y ríos se han transformado en receptáculos de una variedad repulsiva de desechos, que incluyen aguas negras municipales, efluentes industriales tóxicos y sustancias químicas lixiviadas provenientes de laboratorios que las eliminan en los ductos del alcantarillado y que van a las aguas de superficie y freáticas,⁽¹⁰⁾ contribuyendo a deteriorar las aguas adyacentes a la costa y los mares. Es importante destacar que predominantemente la población está concentrada a lo largo o cerca de la costa o valles ribereños, ocupando sólo un 10% de la zona continental.

La enorme producción de contaminantes pone a prueba la capacidad de las corrientes de agua para asimilar o liberarse de la contaminación. Los ingenieros hidráulicos tienen un dicho: "la solución de la contaminación es la dilución". Este axioma está asumiendo dimensiones inquietantes puesto que todos los años se arrojan en el mundo a los ríos, arroyos y lagos aproximadamente 450 kms³ de aguas servidas. Para diluir y transportar esta agua sucia antes de volverla a usar se necesitan otros 6000 km³ de agua limpia, o sea, dos terceras partes del total anual de la escorrentía de agua dulce utilizable en el mundo.⁽¹¹⁾

En los países en desarrollo, 90-95% promedio de las aguas negras domésticas y 75% de los desechos industriales se descargan en aguas de superficie sin tratamiento de ninguna clase^(12,13). En Chile, al menos 67 ciudades y pueblos descargan sus aguas de alcantarillado sin tratar.⁽¹⁴⁾ En el gran Sao Paulo, Brasil, todos los días se arrojan al río Tieté 300 tons. métricas de efluentes no tratados de 1200 industrias al pasar el río por la ciudad. Como resultado, el río contiene altas concentraciones de plomo, cadmio y otros metales pesados. La ciudad también descarga en el río unas 1000 tons. métricas de aguas negras por día, de las cuales sólo 12% se someten a algún tratamiento.⁽¹⁵⁾

Si se analiza lo anterior, tendremos entonces que el uso del agua por parte de los seres humanos se concentra en la agricultura, la industria, el uso doméstico, la producción de energía hidroeléctrica y el saneamiento y evacuación de desechos, tendremos que como resultados aparecerán agotamiento de ésta por contaminación, degradación de la tierra de cultivo, perturbación del ciclo hidrológico y con lo cual se afecta directamente al crecimiento económico, creando dificultades en la población por concentración de densidad en algunos lugares lo que conlleva a su vez a conflictos por el agua, morbilidad y mortalidad por enfermedades asociadas a su uso.

En consecuencia, podemos definir que los riesgos ambientales para la salud humana se pueden dividir en "Riesgos Tradicionales", asociados a la falta de desarrollo, y los "Riesgos Modernos", asociados al desarrollo insostenible.

CONTAMINANTES QUÍMICOS

Algunos de los peores contaminantes son las sustancias químicas sintéticas. En el mundo se usan comúnmente unos 70.000 productos químicos diferentes⁽¹⁶⁾ y todos los años se introducen unos 1.000 compuestos nuevos⁽¹⁷⁾ estimándose que entre

200 y 400 de elevada toxicidad contaminan los ríos, lagos y acuíferos subterráneos del mundo.⁽¹⁸⁾

Reviste especial importancia el grupo conocido como contaminantes orgánicos persistentes (COP), en los que están incluidos los hidrocarburos halogenados, las dioxinas y los cloros orgánicos como el PCB (difenilos policlorinados) que tienen larga vida y son sumamente tóxicos en el ambiente.^(19,20) No se descomponen fácilmente en los procesos naturales y tienden, por tanto, a acumularse en la cadena alimentaria biológica hasta que llegan a presentar riesgos a la salud humana.

REACTIVOS DE LABORATORIO

Existe una gran cantidad de sustancias que se utilizan como reactivos de laboratorio para las distintas determinaciones en los exámenes de salud. Estas pertenecen en su gran mayoría, a elementos químicos de síntesis, los cuales traen cada uno por separado o en su conjunto, riesgos para el operador, sean estos durante la exposición del trabajador durante la manipulación, manejo, transporte, almacenamiento o uso de ellos.

Todos los laboratorios requieren usar estos reactivos químicos para sus procedimientos y es así como en el área clínica tendremos productos para química, bioquímica, virología, bacteriología, parasitología, micología, inmunología; en radiología se usarán placas con emulsiones con haluros de plata u otros elementos, líquidos reveladores y fijadores (normalmente ácidos); en el banco de sangre se utilizarán anticuerpos para clasificación de grupos y químicos para determinaciones de enfermedades transmisibles; en medicina nuclear se tendrán elementos radioactivos como los radioisótopos; en cultivos de tejidos y células son indispensables los medios orgánicos y minerales; en anatomía patológica se usan solventes orgánicos, fijadores químicos, colorantes, anticuerpos, cromógenos, decalcificadores y otras sustancias volátiles.

Estas sustancias presentan a su vez diferentes Grados de peligrosidad (GP) considerados como GP1, de bajo grado; GP2, de grado intermedio; y GP3, de alto grado. A continuación la Tabla 1 presenta los principales reactivos utilizados en algunos laboratorios para sus procedimientos de rutina y el grado de peligrosidad asociado a su manipulación.

TABLA 1

REACTIVO	CARACTERISTICAS	GRADO PELIGROSIDAD
Cloruro de Aluminio	Corrosivo, teratígeno experimental	GP3
Hidróxido de Amonio	Puede causar shock anafiláctico	GP3
Anilina	Veneno, carcinógeno experimental, penetra por vía cutánea	GP3
Azur I	Mutágeno experimental	GP3
Fucsina básica	Potencialmente cancerígeno	GP3
Escarlata de Biebrich	Cancerígeno	GP3
Hidrato de cloral	Tumorigeno experimental	GP3
Cloroformo	Penetración por piel y pulmón	GP3
Acido crómico	Pesticida, cancerígeno, teratígeno, incompatible	GP3

	con alcoholes	
Cromótopo 2R	Irritante, efectos acumulativos	GP3
Cristal violeta	Posible mutágeno	GP3
Rojo congo	Cancerígeno, teratógeno	GP3
Etanol	Hepatotóxico	GP2
Eosina	Cancerígeno y mutágeno experimental	GP3
Cloruro férrico	Efectos en la reproducción	GP3
Formaldehído	Mutágeno experimental, cancerígeno, penetración por piel, mucosas y vías respiratoria, irritante ocular	GP3
Giemsa	Mutágeno experimental	GP3
Cloruro de oro	Mutágeno	GP3
Hematoxilina	Cancerígeno	GP3
Acido clorhídrico	Teratógeno experimental, corrosivo	GP3
Hidroquinona	Veneno, cancerígeno	GP3
Yodo	Corrosivo	GP3
Cloruro de mercurio	Veneno, teratógeno experimental, penetra por piel y pulmón	GP3
Metanol	Tóxico, efectos acumulativos	GP3
Fenol	Penetración por vía cutánea	GP2
Acido fosfomolibdico	Altamente tóxico	GP3
Acido fosfotungstico	Altamente tóxico	GP3
Yoduro de potasio	Teratógeno experimental	Gp3
Piridina	Mutágeno experimental	GP3
Nitrato de plata	Corrosivo	GP3
Bisulfito de sodio	Veneno, mutágeno, alergeno	GP3
Borato de sodio	Tóxico para el sistema nervioso central	GP3
Metabisulfito de sodio	Veneno	GP3
Azul de toluidina	Mutágeno experimental	GP3
Acido tricloroacético	Mutágeno	GP3

- GOSSELIN, R.E., Smith, R.P., and Hodge, H.C. *Clinical Toxicology of Commercial Products*. 5th. Ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1984.

Cada laboratorio del país requiere además para la realización de sus exámenes al menos tres elementos esenciales: un profesional de la salud habilitado, un equipo de análisis y los ya mencionados reactivos para efectuar las determinaciones necesarias.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los tres elementos citados en este estudio requieren interactuar a su vez para producir el resultado final: evacuar un informe respecto del estado de salud fisiológico o patológico del paciente. Pero para evitar las dañinas consecuencias que pueden provocar las sustancias descritas precedentemente, el profesional de salud, requiere de un equipamiento de protección personal adecuado a las labores que debe desarrollar e incluyen: protección a la cabeza, visual y facial, auditiva, de

manos y pies, de las vías respiratorias y contra caídas. La función básica de un Equipo de Protección Personal (EPP) es la de establecer una barrera entre el usuario del equipo y el producto agresivo. La elección de la protección estará determinada por la peligrosidad del agente, el tiempo de exposición, el nivel de contacto, entre otras consideraciones.

Dichos elementos deben ser de uso individual y no intercambiables; mantenidos en buen estado, lavados y desinfectados para evitar el contacto de microorganismos o sustancias tóxicas con la piel o mucosas; al finalizar o al interrumpir sus funciones en el laboratorio, deben quitarse completamente para evitar diseminación de patógenos al ambiente; utilizar protección ocular para evitar daños a los ojos por emisión de reactivos, gases o aerosoles; usar guantes desechables (dobles, si es preciso) siempre cuando trabaje con material contaminado o altamente riesgoso.

Junto a lo anterior, deberá igualmente tener siempre presente y considerar la formación de aerosoles durante la preparación de muestras microbiológicas o virales de rutina, dado que permiten la transmisión de patógenos por las vías respiratorias; que está estrictamente prohibido preparar o consumir bebidas o alimentos en los espacios de manipulación de elementos biológicos o tóxicos (reactivos); y que, debe lavarse siempre de forma cuidadosa manos, cara y ojos al finalizar sus labores, aunque haya utilizado EPP, ya que estos no eliminan los riesgos, sólo los minimizan.

ENFERMEDADES ASOCIADAS A LOS RIESGOS

Lo descrito precedentemente tiende a evitar los problemas derivados de la falta de prevención por no utilización de la protección personal adecuada. En la Tabla 2 se describen algunas de las posibles consecuencias asociadas a la exposición del operador sin EPP.

TABLA 2

Agente	Enfermedad
Aldehídos y sus derivados	Úlceras cutáneas, dermatitis eczematiforme sub-aguda o crónica, rinitis, retinitis, asma o disnea asmátiforme.
Radiaciones ultravioletas	Conjuntivitis aguda, queratitis crónica, fotosensibilización, cáncer de células escamosas de la piel.
Microorganismos y sustancias sensibilizantes del pulmón	Neumonitis alérgica extrínseca y fibrosis pulmonar crónica.
Virus hepatitis y VIH	Hepatitis B o C, cirrosis post-hepática B o C, sida: grupos I al IV y sub-grupos A, B, C, D, E.
Enzimas de origen animal, vegetal o bacteriano	Dermatitis eczematiformes recidivantes, úlceras cutáneas, conjuntivitis aguda recidivante, retinitis, asma o disnea asmátiforme.
Brucella	Brucelosis
Bacillus anthracis (carbunco)	Pústula maligna, edema maligno, carbunco gastrointestinal y/o pulmonar.
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis pulmonar o extrapulmonar, intestinal y genital, artritis.

El segundo elemento corresponde al equipo de análisis, porque en él se encuentran una serie de mecanismos que requieren la presencia del tercer elemento: los reactivos, los que una vez utilizados van a constituirse en desechos *per sé*, o bien, se encontrarán mezclados con fluidos orgánicos que también conformarán desechos pero que podrían considerarse de distinta índole. Dicho de otra forma, tendremos en el laboratorio desechos de reactivos propiamente tales (que se pueden seguir considerando como reactantes) y desechos reactivos.

Como es fácilmente apreciable, no es posible el funcionamiento de un laboratorio del área de la salud sin la existencia y empleo de reactivos químicos, los cuales una vez utilizados son descartados ^(21→24) y pasan a considerarse desechos.

DESECHOS DE REACTIVOS Y DESECHOS REACTIVOS DE LABORATORIO

En primer lugar hay que separar los desechos que evacúa el laboratorio. Para ello se considerarán en función de su constitución o presentación física y de su disposición en el medio ambiente.

- 1) Sólidos: Lo conforman los envases y materiales que permiten el almacenamiento y transporte del reactivo.
- 2) Líquidos: Mayoritariamente se consideran a los reactivos en sí mismos cuando no tienen otra característica en particular.
- 3) Gaseosos: Producto de su combinación con el ambiente.
- 4) Biológicos: Geles, fluidos orgánicos.

Normalmente los primeros son inertes, pero si su composición no es biodegradable, como los plásticos,⁽²⁵⁾ entonces se consideran como agresivos y contaminantes del ambiente al convertirse en basura acumulativa en el suelo y las aguas, donde son competidores y modificadores del espacio vital de los organismos biológicos cuyo habitat son lagos, ríos y mares.

Los otros tres grupos constituyen una triada de alto riesgo, tanto para el medio ambiente como para la salud de los que los operan directamente, así como de la población en general. Estos reactivos se clasifican a su vez en: tóxicos (*in situ* o *in toto*), corrosivos y patogénicos, siendo igualmente considerados reactantes porque al mezclarse con otros compuestos generan reacciones que originan nuevos productos o complejos químicos menos degradables aún y que se hacen potencialmente más tóxicos y provocadores de enfermedades irreversibles -como el cáncer o mutaciones genéticas- o que reaccionan directamente con los elementos encargados de su eliminación.

Algunos de esos compuestos y sus efectos son:

La azida de sodio, que se presenta en la mayoría de los reactivos de laboratorio como preservante, es capaz de formar mezclas explosivas con el plomo y el cobre de las cañerías de agua y es un potente inhibidor de la aminoperoxidasa humana.^(26,27,28)

Los colorantes utilizados para destacar o poner en evidencia los diferentes elementos celulares al microscopio, son compuestos orgánicos aromáticos derivados del benceno que tienen un alto efecto mesomérico, por lo que son buenos dadores de electrones, y tienen la posibilidad de "n" sustituciones, formando por aminación el grupo de las anilinas o colorantes nitrados, azoicos, quinoides, derivados del di y trifenilmetano, de la antraquinona, del benzo y

dibenzopirano, de azinas y del indol.⁽²⁹⁾ En general son venenos, carcinógenos experimentales, mutágenos, teratógenos con efectos acumulativos y que penetran por la vía cutánea, irritantes de las mucosas y sensibilizantes, al igual que los cromógenos como la diaminobencidina, aminoetilcarbazol, α -naftol y nitro-blue-tetrazolium.^(30,31)

Los solventes orgánicos como los alcoholes, fenol, benzol, toluol, xilol, cloroformo son hepatotóxicos, con efectos acumulativos, irritantes de las mucosas y destructores neuronales, pueden penetrar por la piel y por la vía respiratoria al pulmón, donde se hacen carcinogénicos.

Los aldehídos usados como fijadores de tejidos son irritantes de las mucosas y sus vapores pueden fijar parte de la vía respiratoria y la córnea, son mutágenos, carcinógenos, con efectos tóxicos acumulativos.⁽²⁰⁾

Los ácidos por su propia naturaleza son corrosivos, teratogénicos, carcinógenos y algunos, como el ácido crómico, son incompatibles con alcoholes, llegando al grado de peligrosidad 3 y en contacto directo con el agua generan reacciones exotérmicas aumentando bruscamente la temperatura de la mezcla y por consiguiente, el riesgo de quemaduras o abrasiones al operador. Algunos laboratorios consideran la instalación de campanas de extracción de gases para proteger a los operadores, pero envían sin ninguna precaución dichos vapores tóxicos, irritantes y contaminantes al aire exterior.⁽³²⁾ El dióxido sulfuroso y los óxidos de nitrógeno, que se combinan en la atmósfera para formar ácidos nitroso – inestable – y nítrico (HNO_2 y HNO_3), caen posteriormente en forma de lluvia ácida y tienen amplios efectos en los ecosistemas de agua dulce y terrestre. La lluvia ácida hace bajar el pH de los ríos y corrientes de agua y a menos que el calcio (contenido en la piedra caliza) las amortigüe, las aguas acidificadas matan a muchos peces sensibles a la acidez, inclusive el salmón y la trucha. En el suelo, los ácidos pueden liberar metales pesados, como plomo, mercurio y cadmio, que luego se cuelan en las vías de agua y contaminan las napas freáticas.⁽³³⁾ Sobre la vegetación y los seres humanos la acción es aún más letal y marcada, actuando como defoliadores⁽³⁴⁾ y provocando afecciones alérgicas y respiratorias crónicas, especialmente en los niños.

En las ciudades se han establecido parámetros para clasificar los emisores de contaminantes. Así se ha denominado como fuentes móviles a los medios de transporte que producen cerca del 67% del material particulado respirable que se emite a la atmósfera; el 92% de monóxido de carbono; el 69% de óxidos de nitrógeno; y el 45% de los compuestos orgánicos volátiles. A estos hay que agregar las fuentes fijas, que son las industrias principalmente y a ellos habría que adicionarles los laboratorios con sus emisiones no contabilizadas hasta el momento.

Otros compuestos, como el cloruro férrico, de oro, de aluminio, nitrato de plata, bisulfito de sodio, borato de sodio e hidróxido de amonio, metales pesados como mercurio, cromo, níquel, zinc, pueden causar efectos como los ya descritos anteriormente hasta el shock anafiláctico, al utilizar distintas vías de penetración, las que van desde el simple contacto con la piel a la inhalación accidental de sus vapores.⁽²⁰⁾

Junto a los reactivos descritos se encuentran los elementos con los cuales han sido hechos reaccionar y que luego también son eliminados una vez obtenidos los resultados. Son estos los exámenes bioquímicos, medios de crecimiento y cultivo celular y microbiológico, desechos de tejidos biológicos humanos y animales, fluidos orgánicos y excretas cuya concentración de patógenos es mayor a la habitual que se elimina en las alcantarillas, constituyendo una verdadera "bomba biológica" de microorganismos,⁽³⁵⁾ sangre, plasma y hemoderivados "expirados",⁽³⁶⁾ recambio de líquidos empleados en radiografía y otros elementos, los que en conjunto y a veces cada uno por separado, se constituyen en desechos reactivos de laboratorio frente

al medio ambiente e interactúan con él reaccionando inesperada o inapropiadamente en detrimento de la salud y calidad de vida humana.

Se sabe que la mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, fiebre tifoidea, shigellosis, poliometitis, meningitis y hepatitis A y E son producidas por "agua sucia", que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos y es sabido que los seres humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de las bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de doce millones de defunciones por año.^(37, 38)

En aquellos lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esta sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por ésta o se lixivian en los manantiales de agua dulce contaminando la potable y los alimentos.

Las sustancias tóxicas que van a terminar al agua dulce son otra causa de enfermedades transmitidas por ella. Cada vez más se encuentran en los suministros de agua dulce productos químicos provenientes de la agricultura y desechos industriales, a los cuales debemos agregar los de los laboratorios de instituciones de salud descritos en el presente trabajo.

Esos productos químicos, aún en bajas concentraciones, con el tiempo se acumulan y causan enfermedades crónicas e invalidantes entre las personas que usan esas aguas,⁽³⁹⁾ como las concentraciones excesivas de nitratos que causan trastornos sanguíneos⁽⁴⁰⁾ y otras, como el cáncer. Además, los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas azul verdosas, las que al morir y descomponerse llevan a la eutroficación y desoxigenación, compitiendo obviamente por el oxígeno que requieren para su metabolismo los microorganismos que sirven de depuradores y que descomponen la materia orgánica que contamina el agua.

TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS REACTIVOS DEL LABORATORIO

Es cierto que el axioma de los ingenieros sanitarios es válido y que la dilución sigue siendo un elemento preponderante a la hora de eliminar desechos reactivos o de reactivos reactantes, pero no es menos valioso que existen otros medios para coadyuvar en este noble propósito, siendo la inhibición o neutralización, la inactivación, el reciclaje y la incineración de los compuestos utilizados, los métodos más adecuados a los propósitos de protección ambiental.

Los inhibidores actúan en general por mecanismos químicos, sea por oxidación, reducción o corrección del pH. Uno de los más utilizados es el cloro,⁽⁴¹⁾ el que empleado en concentraciones adecuadas (considerar que una solución al 1% implica tener una concentración de 10.000 p.p.m. y que 1 g/L es igual a 1.000 p.p.m.) puede inactivar eficientemente cromógenos y colorantes, que en su mayoría no son hidrosolubles, al devolverlos en gran medida a su forma original de clorhidratos, previo a su disposición final en los ductos de agua. Además, es capaz de actuar como un potente germicida y viricida, aplicado en las condiciones descritas, sobre dichos elementos biológicos y en sus contenedores o los materiales e instrumental con los que hayan tenido contacto.

Los fijadores aldehídicos pueden ser tratados con carbonato de calcio (CaCO_3) a saturación, con lo cual se obtiene primero una inactivación del ácido fórmico presente en alrededor del 5% en la solución y luego, una neutralización en términos de pH, con lo que la solución final pueda ser mejor eliminada como

desecho en la red de agua al ser menos tóxica para el ambiente. Lo anterior no indica ni quiere decir que el aldehído sea neutro y que haya perdido sus propiedades fijadoras, sino que está en condiciones de ser diluído con menor riesgo o peligrosidad. Este mismo procedimiento puede ser efectuado con buffer o tampón fosfato salino (PBS, pH 7,2), pero su costo es demasiado elevado en las cantidades que se requiere. Otro procedimiento que puede ser utilizado es el de oxidación, con lo cual el aldehído es llevado a ácido y luego éste puede ser neutralizado mediante la adición de una base o álcali adecuado. No obstante todo lo expuesto, lo más recomendable es reciclarlos mediante separaciones en fases y recuperarlo para ser reutilizados.

Los metales pesados son fácilmente inactivados al precipitarlos mediante los compuestos antagónicos y el mercurio pierde su capacidad tóxica al amalgamarlo. Todos los metales pueden posteriormente mediante procedimientos electrolíticos, ser separados y recuperados para poder ser reutilizados, con lo cual se protege también un recurso natural no renovable.

Los solventes orgánicos pueden ser recuperados en plantas tratadoras de desechos, mediante procesos de remoción y/o separación en fases líquidas, para lo cual sólo es necesario establecer políticas de acopio y reciclaje adecuadas. Con esto, además de proteger el ambiente, se están generando recursos económicos o ahorrando dichos recursos al reutilizar parte de lo invertido inicialmente.

Los alcoholes se pueden diluír al máximo con sólo dejar correr el agua transportadora antes de vaciarlos a los ductos (ley del menor esfuerzo), o bien proceder en la misma forma que para los solventes, considerándose ésta como la medida más recomendable, tanto ecológica como económicamente.

Para otros elementos de mayor toxicidad o elevada peligrosidad, como los biológicos,⁽³⁵⁾ es recomendable la incineración en cámaras cerradas, existentes en Chile, que no emiten vapores al ambiente y que devuelven los restos convertidos en carbono reutilizable. Es cierto que se tiene la precaución actualmente de autoclavar parte de estos residuos, pero posteriormente van a dar al incinerador abierto del establecimiento, si lo hay, donde se mezclan con otros desechos de todo tipo y salen a la atmósfera a través de las chimeneas, o bien, simplemente a la basura para llegar finalmente a vertederos donde se convierten en caldos de cultivo propicios para incubar otros patógenos, o servir de alimento a ratas u otros animales merodeadores de estos lugares y con ello crear nuevos focos de enfermedades o de patologías emergentes a través de estos vectores.

Igualmente es necesario implementar acciones que permitan inactivar las excretas con altas concentraciones de patógenos, mediante la adición de soluciones de sulfato de cobre antes de dispensarlas por las alcantarillas.

Actualmente es posible separar también los residuos provenientes tanto del laboratorio como del recinto hospitalario en su conjunto, preclasificándolo en envases debidamente codificados y reconocidos como tales para su disposición final. Estos son:

BOLSA ROJA: para residuos patológicos (miembros y órganos humanos, cadáveres animales).

BOLSA TRANSPARENTE: para receptáculos con sangre o fluidos corporales, materiales contaminados (gasas, apósitos, guantes, etc.), cortopunzantes en envases de cartón (es preferible que se utilicen otro tipo de envases no permeables y que sean rígidos), residuos de laboratorios clínicos, y de productos biológicos.

BOLSA CELESTE: para ropa contaminada desechable.

CARROS ROJOS: para transporte al interior del establecimiento de salud.

En forma independiente de las medidas señaladas precedentemente y que son válidas en cualquier laboratorio del mundo porque dependen exclusivamente del profesional que está a cargo, existen una serie de normas establecidas al respecto en otros países especialmente en Estados Unidos, que regulan la disposición de los desechos de laboratorio y que son fiscalizadas por la EPA (Agencia para la Protección del Ambiente). Por razones de espacio sólo se mencionarán las más relevantes y en las Referencias Bibliográficas se incluirán otras pertinentes al tema.

- * POTWs, Publicly Owned Treatment Works. Son plantas tratadoras de aguas servidas que aceptan formalina, alcoholes, zinc y otros reactivos químicos.
- * National Pretreatment Program: regula 126 reactivos químicos y tóxicos.
- * Ley General "Pretreatment and National Pollutant Discharge Elimination System Regulations", prohíbe el vaciado de:
 - Solventes no solubles en el agua;
 - Las altas cantidades de formol (aldehídos) y metales pesados que alteren la población bacteriana de los tanques de tratamiento de aguas servidas;
 - Los de elementos que corran el riesgo de explotar o provocar incendios (alcohol, xilol y sus alternativas);
 - Los corrosivos bajo pH 5 y los decalcificadores;
 - Los agentes viscosos (cultivos celulares, geles) en cantidades que alteren el flujo de cañerías y aguas cloacales;
 - Aquellas descargas que superen los 40°C;
 - Las de sustancias y/o reactivos (ácidos u otras) que emitan gases, vapores o humos en cantidades que afecten la salud de la población o de los manipuladores cercanos.⁽⁴²⁾

Por lo tanto, la mejor forma de disponer de los elementos señalados y que están vetados que vayan a los ductos por ser inadecuados para las plantas de tratamiento de aguas, tienen necesariamente que ser reciclados, inactivados o depositados en contenedores sellados herméticamente.^(21→24) El reciclaje de desechos mediante el uso de lagunas de oxidación y lagunas aireadas no requiere disponer de tanta tierra como suele suponerse y además reduce la contaminación, pudiendo lograrse con "tecnología de pequeña escala y de bajo costo basada en las tradiciones locales, descentralizada y ecológicamente atinada",⁽⁴³⁾ con lo cual se está protegiendo adecuadamente al ambiente y a la población.

Todos estos criterios de protección y bioseguridad se establecen porque el problema reside en que, si el desecho del reactivo o el desecho reactivo se mantiene activo y llega en esas condiciones, al no degradarlo sigue su camino hasta contaminar el entorno donde se depositará finalmente, y además, destruye aquellas bacterias necesarias para la descomposición de residuos (la formalina y los metales pesados son altamente tóxicos para los microorganismos que actúan como depuradores ya que mantienen sus propiedades fijadoras). En una analogía, cuando consumimos medicamentos antibióticos estamos eliminando los gérmenes patógenos que nos afectan directamente, pero en forma indirecta estamos también actuando sobre la flora bacteriana saprófita del resto de nuestros sistemas.

En Chile, lamentablemente la legislación es prácticamente inexistente ya que sólo el Decreto 745, del Ministerio de Salud, que establece el "Reglamento sobre condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo",⁽⁴⁴⁾ D/O N° 34585, del 08/06//93 y que entró en vigencia el 05/12/93 contempla medidas relacionadas con el tema y como muchas otras normas o decretos, sólo "toca" el problema pero no entra en él.

CONCLUSIONES

La contaminación ambiental efectivamente está muy generalizada. Pocos países, sea desarrollo o industrializados, han protegido adecuadamente la calidad del agua, aire y suelos o han controlado su contaminación. Muchos países, como el nuestro, carecen de una legislación precisa y con normas adecuadas para controlar y hacer cumplir las disposiciones en cuanto a calidad que debe tener cada uno de los elementos del ambiente afectado.

En general, los programas de salud pública y de control de enfermedades no han sido algo que involucre específicamente a los proyectos de desarrollo que habitualmente se centran sólo en los potenciales beneficios económicos; por lo tanto, hay que esforzarse para que las instituciones respondan positivamente y sean más eficaces. Los organismos encargados de la gestión administrativa, tanto públicos como privados, deben ser capaces de responder a las situaciones cambiantes (tanto políticas y sociales como ambientales) y establecer lazos estrechos con las universidades e institutos de investigación.

Puesto que hoy en día los temas referentes al ambiente están presentes en las consideraciones sociales y en los valores culturales, los organismos reguladores deberán extenderse más allá de los habituales conductos gubernamentales y hacer uso de un amplio espectro de opiniones a fin de evaluar todos los aspectos relativos al asunto y encontrar soluciones, aplicando amplias medidas de conservación y políticas eficaces que presten debida atención al saneamiento como parte de los proyectos de desarrollo y salud pública o el desarrollo económico se detendrá y la calidad de vida decaerá.

Finalmente, todos estemos donde estemos, tenemos el deber de hacer algo por mejorar el medio ambiente... Tal vez, sea necesario que debemos considerar seriamente si en el laboratorio de nuestras instituciones de salud, dedicadas a proporcionar un beneficio a nuestros semejantes, no estamos creando cada día una nueva caja de Pandora, especialmente si tenemos presente que en la "Promesa del Tecnólogo Médico" en forma expresa se indica que *debemos comprender que cada individuo tiene una misión que cumplir en la búsqueda de una sociedad mas digna y mas justa, entregando en forma generosa el resultado de su quehacer científico y tecnológico, y cumplir los postulados de esta mi profesión, comprendiendo y aceptando mi responsabilidad social*. Por lo tanto, nuestra acción se considera indispensable para que los establecimientos encargados de velar por la salud de la población lo hagan efectivamente y no transgredan sus objetivos al no hacerlo en forma apropiada, por no manejar de manera conveniente aquellos parámetros que tienen directa relación con los desechos generados por las prestaciones efectuadas en el laboratorio, cuya finalidad es la protección, el fomento, la recuperación y rehabilitación de la salud en todos los niveles de atención, conjuntamente con la del propio trabajador de la salud.

REFERENCIAS

1. ARAYA, J. C. *El Hombre, la Naturaleza y el Bien Común. Fundamentos Filosóficos de Ecopolítica*. Rev. Univ. Límite, 5/6: 59-64, 1998-99.
2. HUGHES, J. D. *La ecología de las civilizaciones antiguas*. F.C.E. México, 1981.
3. GLEIK, P. *Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs*. International Water, 21 (2): 83-92, 1996.
4. ABRAMOVITZ, J. *Imperiled waters, impoverished future: The decline of fresh water ecosystems*. Washington D.C. Worldwatch Institute, March 1996, pp: 5 - 66.

5. UNITED NATIONS. *Commission on Sustainable Development. Comprehensive assesment of the fresh water resources of the world. Report of the Secretary General.* New York, UN, 1997.
6. PHILIPPINE LEGISLATOR'S COMMITTEE ON POPULATION & DEVELOPMENT. *Of all the planet's renewable resources fresh water.* People Count, Jan. 1994. pp: 1 - 4.
7. LEFORT, R. *Down to the last drop.* UNESCO Sources, 84: 7, Nov. 1996.
8. SHERBININ, A. *Water and population: The urgent need for action.* New York, Inter-American Parliamentary Group on Population and Development, 1997. pp: 1 - 5.
9. UNITED NATIONS/UNESCO. *Ground water: Managing the "invisible" resourse.* Environment and Development Briefs, 2: 4, 1997
10. MERLA, A. *A commitment to the global environment: The role of GEF and International waters.* Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, March 1998. pp: 1 - 3.
11. SHIKLOMANOV, I.A.. *Assessment of water resources and water availability in the world.* Stockholm Environmental Institute, 1997. pp: 1 - 88.
12. ALLAOUI, K. *Long-term finance for water projects: The IDB' s approach.* Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, March 1998. pp: 1 - 7.
13. CARTY, W. *Towards and urban worlds.* Earthwatch (43): 2 - 4, 1991.
14. SALINAS, S. *La contaminación del mar en las zonas costeras de Chile.* Bol. Inst. Ecol. Ch., 2, 1-12, 1976.
15. OMS. *Our planet, our health.* Report of the WHO Commission on Health and Environment. Geneva, WHO, 1992. pp: 106 -144.
16. PULLEN, S. & HURST, P. *Marine pollution prevention. WWF background report.* Gland, World Wide Fund for Nature, Jul 1993. pp: 3 - 7.
17. WORLD RESOURCES INSTITUTE. *World resources 1987.* Washington DC, WRL, 1987.
18. RODDA, J. *The depths of our knowledge.* UNESCO Sources, 84, 9, Nov 1996.
19. WORLD BANK. *Water resources management: A World Bank policy paper.* Washington DC, World Bank, 1993.
20. GOSSELIN, R.E., Smith, R.P., and Hodge, H.C. *Clinical Toxicology of Commercial Products.* 5th. Ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1984.
21. "Drain Disposal of Laboratory Chemicals". Lableader, Shandon Lipshaw, 7,2, 3-7, 1992.
22. LEWIS, Richard J. *Hazardous Chemical Desk Reference.* 3rd. Ed., Van Nostrand - Reinhold, New York, 1993.
23. LUNN, G. and Sansone, E.B. *Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory.* 2nd. Ed., John Wiley & Sons, New York, 1994.
24. LUXON; S.G. *Hazards in the Chemical Laboratory.* 5th. ed., Royal Society of Chemistry, London, 1992.
25. "El porvenir de los plásticos". Shell Briefing Service, 1, 1993.
26. "Decontamination of laboratory sink drains to remove azide salts". Center for Disease Control Manual Guide - Safety Management, N° CDC-22, Atlanta, Georgia, April 30, 1976.
27. Department of Health, Education and Welfare, National Institute for Occupational Safety and Healt. "Procedures for the decontamination of plumbing systems containing copper and or lead azides". Rockville, 1976.
28. National Institute for Occupational Safety and Health. "Explosive Azide Hazard". Current Intelligence Bullentin: August, 16, 1980.
29. CONN, H.J. *Biological stain.* 8th.ed., R.D. Lillie, Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1969.
30. "Bioassay of 3-Amino-9-Ethylcarbazole-HC1 for possible carcinogenicity". Case n° 132-32-1, National Cancer Institute, Carcinogenesis Technology Report Series 93, 180, 1978.
31. "3,3'-Diaminobenzidine Tetrahydrochloride, grade II". Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, N° Dv8753000, 1983.

32. ARAYA, J.C. *The air: A basic necessity of the human being*. Bull. IFOFSAG, XXXVI (4): 12-15, 1990.
33. ARAYA, J.C. *Edafología Teórico-práctica*. En prensa, Santiago, 2003.
34. HINRICHSEN, D. *Acid rain and forest decline*. In: Goldsmith, E. & Hildyard, N. Eds. *The earth report: Monitoring the battle for our environment*. London, Mitchell Beazley, 1988. pp: 66-78.
35. "Biosafety in the Laboratory: Prudent practices for the handling and disposal of infectious material". National Academy Press, Washington D.C., 1989.
36. National Committee for Clinical Laboratory Standards. "Protection of laboratory workers from infectious diseases transmitted by blood and tissue"; proposed guideline. Villanova, 7 (9), 1991.
37. DAVIDSON, J. MYERS, D. & CHAKRABORTY, M. *No time to waste. Poverty and the global environment*. Oxford, Osfam, 1992.
38. UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. *Strategies for linking water and sanitation programs to child survival*. Washington D.C. USAID, Sep 1990. pp: 1-62.
39. SILFVERGER, P. *Environmental health hazards*. In: Lankinen KS, Bergström S, Mäkela PH & Peltomaa M. eds. *Health and disease in developing countries*. London, MacMillan Press, 1994. pp: 67-78.
40. BOWMAN, J. "Water is best": *Would Pindar still think so?*. In: Cartledge, B. ed. *Health and the environment: The linacre lectures 1992-3*. Oxford University Press, 1994. pp: 85-125.
41. BAYER AG. *Chemistry with chlorine. Opportunities, Risks, Perspectives*. Leverkusen, 1995.
42. CROCKHAM & DAPSON. *Hazardous Chemicals in the Histopathology Laboratory: Regulations, risks, handling and disposal*. Anatech, Battle Creek, 1992.
43. NIEMCZYNOWICZ, C. *Megacities in water perspective*. Water International, 21 (4): 198-205, 1996.
44. CONSEJO NACIONAL DE SEGURIDAD, "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo". Decreto 745, Ministerio de Salud, Santiago, Agosto 1993.