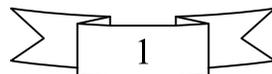


CONTAMINACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO  
DE ACUEDUCTOS POR VERTIMIENTO DE RESIDUOS TOXICOS –  
CASO TIPICO LA MOJANA

ODAIR RODRIGUEZ PACHECO  
CODIGO 223- 92532527

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SUCRE



2006  
CONTAMINACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO  
DE ACUEDUCTOS POR VERTIMIENTO DE RESIDUOS TOXICOS –  
CASO TIPICO LA MOJANA

ODAIR RODRIGUEZ PACHECO  
CODIGO 223- 92532527

Director:

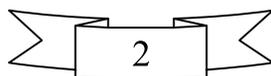
GUILLERMO GUTIERREZ RIBON  
Ing. Civil MSc Ingeniería Ambiental  
Docente Facultad de Ingeniería

Línea de profundización

Residuos Sólidos

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SUCRE

2006



## TABLA DE CONTENIDO

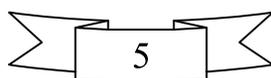
INTRODUCCION	
<b>CAPITULO I</b>	
MARCO CONCEPTUAL	7
JUSTIFICACION	7
GENERALIDADES	8
DEFINICIONES DE DESECHO PELIGROSO	9
CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS	12
DESECHOS SOLIDOS	27
SUSTANCIAS TOXICAS DISUELTAS EN EL MEDIO AMBIENTE	29
¿DE QUE DEPENDE LA PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS?	34
RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD	34
OTROS RESIDUOS PELIGROSOS	35
DATOS SOBRE EL AGUA SUBTERRANEA	37
VULNERABILIDAD DE LOS ACUIFEROS	37
MECANISMOS DE PENETRACION Y FLUJO DE LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS	40
PROTECCION ANTE CONTAMINACION	41
¿CÓMO PREVENIR LA CONTAMINACION DE UN ACUIFERO?	42
METODOS PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE UN ACUIFERO	43
CUIDADOS CON LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA	43
ZONAS DE RIESGO PARA LA PROTECCION DE ACUIFEROS	44
ESQUEMA DE GESTION AMBIENTAL PARA EL DESECHO PELIGROSO	45
VENTAJAS DE UN GESTION AMBIENTAL	61
NORMATIVA DE DESECHOS SOLIDOS Y RESIDUOS PELIGROSOS	62

<b>CAPITULO II</b>	
EFFECTOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SOBRE LA SALUD HUMANA	65
AGENTES O PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS	65
CLASIFICACION	66
DEFINICIONES	68
VIAS DE PENETRACION	70
PRECAUCIONES EN SU MANIPULACION	71
AGENTES BIOLÓGICOS PELIGROSOS QUE AFECTAN LA SALUD HUMANA	77
VIAS DE PENETRACION DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS	78
DIAGNOSTICO GENERAL TOXICOLOGICO DE LA MOJANA	79
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
ANEXO 1	100
ANEXO 2	104
BIBLIOGRAFIA	108

## INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico genera como consecuencia impactos en el medio ambiente que pueden ocasionar severos daños tanto a la naturaleza como a al mismo hombre. Los avances en las ciencias médicas y en salud pública disminuyeron la tasa de mortalidad, facilitando el incremento de la población humana y a su vez el consumo individual creció de forma acelerada a medida que la producción industrial, la extracción de recursos naturales y la agricultura intensiva, proporcionaban un mayor número de bienes de consumo, pero al mismo tiempo se incrementó la generación de desechos. La implementación de nuevos mecanismos de producción y la elaboración de productos innovadores generan mayor cantidad de sustancias que son perjudiciales tanto para la naturaleza como para el hombre y que algunas veces ocasionan daños al organismo e incluso puede ocasionar la muerte, algunas de estas sustancias poseen un carácter tóxico

Solamente en los últimos 25 años, se ha tomado como un problema de suma importancia el ámbito internacional el manejo de los desechos peligrosos. Los diferentes acontecimientos y desastres ambientales relacionados con los desechos peligrosos han incitado al establecimiento de sistemas y medidas de control. Así por ejemplo, el Japón fue uno de los primeros países en establecer un sistema de control para los desechos peligrosos, como acto seguido al incidente de Minamata ocurrido en los años 60, cuando se ocasionaron varias muertes debido al consumo del pescado contaminado con desechos de mercurio que habían sido vertidos al mar. En el Reino



Unido, se precipitó el establecimiento de normas solo cuando en 1973 fueron encontrados algunos tambores, que contenían sales de cianuro, abandonados en campos donde jugaban niños.

Actualmente, los desechos peligrosos son considerados como fuentes de riesgo para el medio ambiente, los recursos naturales y la salud. Estos desechos generados a partir de actividades industriales, de la agricultura, de servicios y aún de las actividades domésticas, constituyen un tema ambiental de especial importancia en razón a su cantidad cada vez creciente como consecuencia del proceso de desarrollo económico, con diversas causas como por ejemplo, las impurezas de los materiales, la tecnología de proceso, las deficiencias de las prácticas operacionales o las características de los productos y sustancias al final de su vida útil, entre otras, así como por la mayor preocupación social derivada de los efectos evidenciados sobre la salud y el medio ambiente, resultantes de una disposición inadecuada de este tipo de materiales.

El problema tiende a ser especialmente grave en los países en desarrollo; la tendencia normal en estos casos ha sido el aplazamiento de las decisiones sobre el establecimiento de políticas, medidas e instalaciones adecuadas para el manejo de este tipo de desechos, produciendo aumentos inmediatos en los niveles de contaminación del recurso agua, suelo, aire y la incorporación de estos desechos a los alimentos a través de la cadena trófica, tal es el caso que se viene presentando en Colombia.

Aunque se proponen numerosas soluciones para mejorar la gestión de los desechos peligrosos, ahora se acepta que lo mejor es producir menos desechos adoptando métodos de producción más limpia y minimizando los desechos en la medida que los sistemas de producción lo permitan. Sin

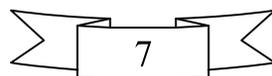
embargo, si se producen desechos, con frecuencia la mayor parte podrían ser reciclados, recuperados o aprovechados. Solo cuando las posibilidades anteriores hayan sido agotadas, es cuando se debería considerar su tratamiento y disposición, la cual debe ser mediante métodos seguros.

## CAPITULO I

### 1. MARCO CONCEPTUAL

#### 1.1 JUSTIFICACION

Vivimos tiempos de grandes cambios sociales culturales y tecnológicos y estos cambios sin duda afectan nuestro estilo de vida, y desafortunadamente la ecología no queda excluida de estas afecciones, y es urgente que se tomen medidas para evitar que nuestra naturaleza siga sufriendo los embates de nuestros errores, y uno de los primeros pasos es reconocer ese grave error de agredir la naturaleza, pero antes debemos conocer la situación de nuestro entorno, pues ignorándolo sería imposible concientizar. El problema de los desechos peligrosos es sin lugar a duda de gran complejidad; por lo tanto la solución debe abordarse desde un perspectiva integral, no limitarse únicamente al desarrollo del control después de su generación, al contrario, no debe deslindarse desde las causas de su generación, enfoque integral desde el cual se puede aplicar los conceptos de minimización y reducción en la fuente, con todas las connotaciones que esto implica. Parte importante de esta serie de residuos peligrosos son los llamados residuos tóxicos



## 1.2 GENERALIDADES

Se llama contaminación a la transmisión y difusión de humos o gases tóxicos a medios como la atmósfera y el agua, como también a la presencia de polvos y gérmenes microbianos provenientes de los desechos de la actividad del ser humano.

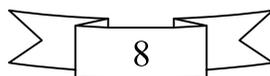
Las fuentes naturales de agua que disponemos son: el agua de lluvia, ríos, lagos, mares y aguas subterráneas. Se encuentra en muchas rocas, piedras y también en la atmósfera en forma de nubes o nieblas.

Desde siempre el hombre ha volcado sus desechos en las aguas. En condiciones normales los ríos pueden auto depurarse: las aguas arrastran los desechos hacia los océanos, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en las aguas y degradan los compuestos orgánicos, que a su vez, son consumidas por los peces y las plantas acuáticas de volviendo el oxígeno y el carbono a la biosfera.

En la actualidad, el resultado del desarrollo y progreso tecnológico ha originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio físico y mental del ser humano. Debido a esto, la actual contaminación se convierte en un problema más crítico que en épocas pasadas. A continuación enumeramos algunos tipos de contaminación:

- La atmosférica (del aire).
- De las aguas, de ríos y lagos.
- De los mares.

## 1.3 DEFINICION DE DESECHO PELIGROSO



### **1.3.1 SEGUN EL DECRETO 4741 DE 2005 DEL 1. GUIA GENERAL PARA EL MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL**

Residuo o desecho. Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó, ó porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

Residuo o Desecho Peligroso. Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (RAS 200).

### **1.3.2 SEGUN EL DR. JAIME J. CORNEJO (UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE).**

Desecho peligroso es todo residuo, desecho, barro, líquido o cualquier otro material desechable que, debido a su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas, pueda causar o contribuir significativamente a un aumento en enfermedades serias e irreversibles, o con incapacidad temporal; o presenta un riesgo inmediato o potencial para la salud de las personas y el medio ambiente cuando se trata, almacena, transporta o dispone de una manera impropia e inconveniente (Tabla 1).

No están incluidos en esta definición:

- Alcantarillado doméstico
- Aguas de riego o descargas industriales autorizadas
- Desecho domiciliario, incluyendo el de ese origen que podría ser tóxico o peligroso.
- Ciertos desechos originados en prospección minera.
- Desecho agrícola, excluyendo los pesticidas.
- Cantidades menores de residuos industriales (menos de 100 Kg./mes).

**Tabla 1. Ejemplos de desechos peligrosos generados por negocios e industrias**

Generador de desecho	Tipo de desecho
Industria química	Ácidos y bases fuertes, solventes usados desechos radiactivos
Imprentas y afines	Soluciones de metales pesados, desechos de tintas, solventes usados, desechos de anodizado o galvanizado, barras de tinta conteniendo metales pesados
Manufacturas de cuero	Desechos de tolueno y benceno
Industria del papel	Desechos de pintura que contienen metales pesados, solventes inflamables, ácidos y bases fuertes
Industria de la construcción	Desechos de pintura inflamables, solventes usados, ácidos y bases fuertes

Manufactura de cosméticos y agentes de limpieza	Polvos con metales pesados, residuos inflamables solventes inflamables, ácidos y bases fuertes.
Manufactura de metales	Restos de pintura que contienen metales pesados, residuos de cianuro, barros con metales pesados ácidos y bases fuertes
Talleres mecánicos	Residuos de pintura en base a metales pesados residuos inflamables, baterías plomo/ácido usadas solventes usados
Maderas y manufacturas de muebles/terminaciones	Desechos inflamables, solventes usados

### 1.3.3 SEGUN EL DR. JAIME J. CORNEJO (UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE)

**1.3.3.1 La característica de inflamabilidad .** Define como desecho peligroso aquel que puede producir fuego durante su transporte, almacenamiento o disposición. Ejemplos: aceites usados, solventes usados.

#### 1.3.3.2 características de corrosividad

- Se establece con referencia al pH.
- Los desechos con alto o bajo pH. pueden reaccionar peligrosamente con otros desechos o producir migraciones de contaminantes tóxicos desde otros desechos, ejemplos: desechos ácidos; soluciones usadas en la manufactura del acero. La habilidad de corroer el acero es un indicador primario de la presencia de desechos.

**1.3.3.3 La característica de reactividad (EPA).** Los desechos inestables químicamente pueden ocasionar problemas graves en cualquier etapa del proceso de gestión.

**1.3.3.4 La característica de toxicidad.** El Procedimiento de Lixiviación para la Característica de Toxicidad (Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP, de la EPA).

- Identifica desechos que pueden lixiviar concentraciones peligrosas de constituyentes tóxicos en aguas subterráneas.
- El procedimiento simula el proceso de lixiviación que ocurre en terrenos usados para acumular desechos.

#### **1.3.4 CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS**

##### **1.3.4.1 ¿DE QUE DEPENDE LA PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS?**

Depende de las propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del residuo, ya que ellas le confieren la capacidad de provocar corrosión, reacción química, explosión, toxicidad, incendios o enfermedades infecciosas.

En situaciones de desastre es conveniente tener cuidado en el manejo de los residuos peligrosos, para ello se debe tener en cuenta, que la generación de residuos peligrosos se da en diversos lugares y situaciones y como tal se recomienda que su manejo se realice de la siguiente manera:

##### **1.3.4.2 RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD**

###### **1.3.4.2.1 ETAPA DE CLASIFICACION DE VICTIMAS (TRIAGE).**

- El triage o clasificación de las víctimas es una fuente significativa de generación de residuos peligrosos por su potencial infeccioso (materiales biocontaminados).
- Por ser una actividad de rápida respuesta, se recomienda que todos los residuos generados en esta etapa de la atención y en los primeros auxilios, sin excepción, sean almacenados en recipientes debidamente identificados como "residuos biocontaminados", en bolsas de color rojo.
- Se evitará el contacto directo con estos residuos.

#### 1.3.4.2.2 TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL

- El tratamiento se hará de acuerdo con el tipo de residuos. Los residuos biocontaminados serán tratados con tecnologías convencionales (incineración, auto clavado).
- Los residuos punzó cortantes serán desinfectados y los residuos químicos que hayan podido identificarse serán dispuestos en el relleno sanitario en un área especial de seguridad (cel das de seguridad), o se acondicionará un área apropiada para esta función en las zonas de enterramiento dispuestas, las cuales deberán estar debidamente aisladas y protegidas para evitar acciones clandestinas de reciclaje.
- Para el manejo de pequeñas cantidades de desechos biocontaminados, se sugiere la adición de cal sobre los desechos depositados en la fosa porque puede ayudar a controlar la emanación de olor desagradable y a eliminar bacterias.

### 1.3.4.3 OTROS RESIDUOS PELIGROSOS

Si la ocurrencia de desastres afecta ocasionalmente instalaciones industriales, depósitos o comercios en los que se almacenan productos peligrosos para la salud, entre los cuales destacan las sustancias corrosivas, las reactivas, las explosivas, las tóxicas e inflamables, como

los plaguicidas, los solventes y los insumos químicos; en caso de que estos productos queden expuestos, deberán tomarse las siguientes medidas:

- Contactar y convocar a personal especializado en el manejo de estos residuos.
- Se establecerá una zona de peligro demarcada y vigilada para mantener a la población alejada.
- Es necesario recordar que existen gases o vapores peligrosos sin olor ni color, más densos que el aire y con tendencia a acumularse en zonas bajas.
- Identificación de productos, se deben interpretar correctamente las etiquetas o empaques, las que pueden proporcionar información sobre el tipo de producto con el que nos enfrentamos, en la etiqueta se debe apreciar mínimamente la siguiente información:
  - Nombre químico, forma de presentación y propiedades fisicoquímicas a temperatura ambiente.
  - Toxicidad aguda (DL50) oral, dermal y/o inhalatoria.
  - Precauciones en su manipulación.
  - Forma de disposición final.
- Debe evitarse el contacto con el producto y su manejo si este no se ha identificado convenientemente.

- En caso de no haberse logrado una identificación adecuada del residuo peligroso, debe mantenerse a la población alejada del lugar o se debe proceder al almacenamiento hasta que la sustancia sea apropiadamente identificada.

En caso de requerir mayor información sobre el manejo adecuado de los residuos peligrosos, por favor contactar con la Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del Ambiente de la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA.

#### **1.3.4.4. CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO O DESECHO PELIGROSO POR SER CORROSIVO :**

Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales, y posee cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 unidades.
- b) Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año a una temperatura de ensayo de 55 °C.

#### **1.3.4.5 CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO O DESECHO PELIGROSO POR SER REACTIVO**

: Es aquella característica que presenta un residuo o desecho cuando al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente cuando se mezcla con agua.
- b) Poseer, entre sus componentes, sustancias tales como cianuros, sulfures, peróxidos orgánicos que, por reacción, liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente.
- c) Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes, confinados.
- d) Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, el agua o cualquier otro elemento o sustancia.
- e) Provocar o favorecer la combustión.

#### **1.3.4.6 CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO O DESECHO PELIGROSO POR SER EXPLOSIVO:**

Se considera que un residuo (o mezcla de residuos) es explosivo cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan

ocasionar daño a la salud humana y/o al ambiente, y además presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- b) Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a temperatura de 25°C y presión de 1.0 at mósfera.
- c) Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser inflamable:  
Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, o presentar cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser un gas, que a una temperatura de 20°C y 1.0 atmósfera de presión arde en una mezcla igual o menor al 13% del volumen del aire.
- b) Ser un líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 60°C de temperatura, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen.
- c) Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25°C y presión de 1.0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego.

d) Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

#### **1.3.4.7 CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO O DESECHO PELIGROSO POR SER INFECCIOSO :**

Un residuo o desecho con características infecciosas se considera peligroso cuando contiene agentes patógenos; los agentes patógenos son microorganismos (tales como bacterias, parásitos, virus, rickettsias y hongos) y otros agentes tales como priones, con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales.

#### **1.3.4.8 CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO PELIGROSO POR SER RADIATIVO**

. Se entiende por residuo radioactivo, cualquier material que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva por unidad de masa superior a 70 K Bq/Kg. (setenta kilo becquerelios por kilogramo) o 2nCi/g (dos nanocuries por gramo), capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

#### **1.3.4.9 CARACTERISTICA QUE HACE A UN RESIDUO PELIGROSO POR SER TOXICO:**

Se considera residuo o desecho tóxico aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos, puede causar Daño a la salud humana y/o al ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos) definidos a

continuación y para los cuales, según sea necesario, las autoridades competentes establecerán los límites de control correspondiente:

- a) Dosis letal media oral ( $DL_{50}$ ) para ratas menor o igual a 200 mg/Kg. para sólidos y menor o igual a 500 mg/Kg. para líquidos, de peso corporal.
- b) Dosis letal media dérmica ( $DL_{50}$ ) para ratas menor o igual de 1000 mg/Kg. de peso corporal.
- c) Concentración letal media inhalatoria ( $CL_{50}$ ) para ratas menor o igual a 10 mg/l.
- d) Alto potencial de irritación ocular, respiratoria y cutánea, capacidad corrosiva sobre tejidos vivos.
- e) Susceptibilidad de bioacumulación y biomagnificación en los seres vivos y en las cadenas tróficas.
- f) Carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad.
- g) Neurotoxicidad, inmunotoxicidad u otros efectos retardados.
- h) Toxicidad para organismos superiores y microorganismos terrestres y acuáticos.
- i) Otros que las autoridades competentes definan como criterios de riesgo de toxicidad humana o para el ambiente.

Además, se considera residuo o desecho tóxico aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para característica de toxicidad (conocida como prueba TCLP), contiene uno o más de las sustancias, elementos o compuestos que se presentan en la Tabla 2, en concentraciones superiores a los niveles máximos permisibles en el lixiviado establecidos en dicha tabla

Además, se considera residuo o desecho tóxico aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para característica de toxicidad (conocida como prueba TCLP), contiene uno o más de las sustancias, elementos o compuestos que se presentan en la Tabla 2, en concentraciones superiores a los niveles máximos permisibles en el lixiviado establecidos en dicha tabla.

**Tabla 2**

Concentraciones máximas de contaminantes para la prueba TCLP

CONTAMINANTE	NÚMERO CAS <sup>1</sup>	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE EN EL LIXIVIADO (mg/L)
Arsénico	7440-38-2	5.0
Bario	7440-39-3	100.0
Benceno	71-43-2	0.5
Cadmio	7440-43-9	1.0
Tetracloruro de carbono	56-23-5	0.5
Clordano	57-74-9	0.03
Cloro benceno	108-90-7	100.0
Cloroformo	67-66-3	6.0
Cromo	7440-47-3	5.0
o-Cresol	95-48-7	200.0
m-Cresol	108-39-4	200.0
p-Cresol	106-44-5	200.0
Cresol	-	200.0
2,4-D	94-75-7	10.0
1,4-Diclorobenceno	106-46-7	7.5
1,2-Dicloroetano	107-06-2	0.5
1,1-Dicloroetileno	75-35-4	0.7

2,4-Dinitrotolueno	121-14-2	"0.13
Endrín	72-20-8	0.02
Heptacloro (y sus epóxidos)	76-44-8	0.008
Hexaclorobenceno	118-74-1	¿0.13
Hexaclorobutadieno	87-68-3	0.5
Hexacloroetano	67-72-1	3.0
Plomo	7439-92-1	5.0
Lindano	58-89-9	0.4
Mercurio	7439-97-6	0.2
Metoxiclor	72-43-5	10.0
Metil etil cetona	78-93-3	200.0
Nitrobenceno	98-95-3	2.0
Pentaclorofenol	87-86-5	100.0
Piridina	110-86-1	5.0
Selenio	7782-49-2	1.0
Plata	7440-22-4	¿5.0
Tetracloroetileno	127-18-4	0.7
Toxafeno	8001-35-2	0.5
Tricloroetileno	79-01-6	0.5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	400.0
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	2.0
2,4,5-TP (silvex)	93-72-1	1.0
Cloruro de vinilo	75-01-4	0.2

<sup>1</sup> CAS= Chemical Abstract Service

El límite de cuantificación es superior al límite de control calculado. Por tanto, el límite de cuantificación se toma como el límite de control.

Si las concentraciones de o-, p- y m-cresol no pueden ser diferenciadas, se debe usar la concentración total de cresol y su límite de control será igual a 200 mg/L.

Fuente: Subparte 261.24 del Título 40 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos de América.

Por otro lado, los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente, son por sus características de alto riesgo generalmente controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental y no se incluye n en la definición de residuos peligrosos.

**Tabla3. Sustancias consideradas toxicas**

Metales carbonilos
Berilio y sus compuestos
Cromo hexavalente y sus compuestos
Compuestos de zinc
Arsénico y sus compuestos
Selenio y sus compuestos
Cadmio y sus compuestos
Antimonio y sus compuestos
Telurio y sus compuestos
Mercurio y sus compuestos
Talio y sus compuestos
Plomo y sus compuestos
Compuestos inorgánicos del flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Cianuros inorgánicos
Asbesto (polvo y fibras)
Compuestos orgánicos del fósforo
Cianuros orgánicos
Fenoles, compuestos fenólicos, incluyendo clorofenoles
Esteres
Solventes orgánicos halogenados y no halogenados
Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas

policloradas
Otras sustancias órgano halogenadas

Se ha optado por una definición de toxicidad totalmente cualitativa para evitar análisis sofisticados de laboratorio para la clasificación de los residuos. Sin embargo, una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas el uso de definiciones que establecen la LC50 (concentración letal media que mata al 50% de los organismos de laboratorio), tales como las que se usan en los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, 1980) o en el Estado de Sao Paulo, Brasil (CETESB, 1985).

➤ **Patogenicidad** (CETESB, 1985).

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.

Después de definir los diferentes tipos de residuos peligrosos y las fuentes de producción encontramos que en los hogares debido al cambio en las actividades de consumo se generan gran cantidad de los mismos, lo cual dichos productos utilizados están basados en procesos industriales para su fabricación. Estos productos son comprados sin tener en cuenta que para su fabricación y transporte hasta el lugar de venta se usaron hidrocarburos y sustancias químicas que generan una gran cantidad de desechos, varios de ellos peligrosos. Muchos de los productos que consumimos diariamente en

nuestros hogares están catalogados como productos peligrosos para nuestra salud y el medio ambiente. Esto implica que debemos tener cuidado con su manejo, uso y desecho.

Un material peligroso es cualquiera que tenga una o varias de las siguientes categorías: corrosivo, tóxico, reactivo, explosivo, inflamable o biológico-infeccioso. Si bien en la mayoría de las etiquetas de productos con sustancias peligrosas se menciona si es tóxico, explosivo o inflamable y las precauciones que se deben tener en su uso, manejo y almacenamiento, no nos indican cómo disponer de estas sustancias ni se informa que su disposición inadecuada puede ser peligrosa. Esta situación se agrava al no existir una recolección a nivel domiciliario de materiales peligrosos y por lo mismo tampoco confinamientos de estas sustancias. Lo que comúnmente sucede es que terminan irresponsablemente en los desagües, ríos, barrancas y tiraderos. Además de la peligrosidad de estos materiales, su manejo como residuo es muy complejo, ya que cada uno de estos productos necesita un tratamiento específico, lo que es totalmente imposible en los tiraderos o incineradoras. Por el contrario, lo que allí ocurre es que se mezclan con otros residuos, pudiendo dar lugar a reacciones imprevisibles e incontroladas que producen contaminantes aún más nocivos, además de provocar explosiones e incendios y lesiones graves y hasta la muerte de trabajadores de aseo. Si se incineran, se emiten gases muy tóxicos, como las dioxinas.

➤ **Pesticidas y plaguicidas.**

Más peligrosos todavía son los insecticidas y herbicidas que se emplean en la agricultura y en nuestras casas y jardines para erradicar plagas e insectos no deseados.

Los organoclorados, organofosforados y carbamatos son usados en la agricultura . Todos estos afectan gravemente al sistema nervioso de los seres vivos (neurotóxicos) y provocan en seres humanos alergias crónicas, cáncer, anorexia y debilitamiento muscular, entre otras afecciones. Además, las plagas que se busca combatir se vuelven resistentes a estas sustancias, por lo que cada vez hay que echar mayores cantidades de químicos a los cultivos.

Los plaguicidas e insecticidas usados en al agricultura se adhieren a las plantas, frutos y tierra; al llover son arrastradas a los ríos, lagos, mares o se infiltran a los mantos acuíferos Al comprar productos frescos como verduras y frutas existe el peligro de que los plaguicidas sean ingeridos.

Muchos pesticidas son compuestos orgánicos persistentes (COP) que permanecen en el agua, los suelos y el cuerpo humano y de los animales sin ser desechados. Los seres vivos que están en contacto prolongado con esas sustancias corren un alto riesgo de sufrir intoxicaciones. Además, pueden pasar fácilmente de un organismo a otro a través de la cadena alimentaría. De estos insecticidas uno de los más conocidos es el DDT.

Recientemente la Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que las mujeres mexicanas son las que tienen mayores niveles de DDT en la leche materna a nivel mundial, y de éstas, las sinaloenses ocupan el primer lugar. Debido a su peligrosidad el DDT ha sido prohibido en muchos países, incluido México.

## ➤ Energía

La generación de energía es otro factor importante de producción de residuos peligrosos, como askareles, y desechos radioactivos si hablamos de energía nuclear.

Cada vez que encendemos la luz o la televisión contribuimos, aunque sea de manera mínima, a la generación de residuos tóxicos.

Otro tanto sucede al utilizar aparatos eléctricos, como controles remotos, walkmans, juguetes, rasuradoras o relojes, que usan un producto altamente peligroso: las pilas y baterías. Sin embargo, no son consideradas generalmente como un material peligroso, puesto que al agotarse la pila la tiramos a la basura sin más. Al destruirse la capa protectora que las recubre se liberan los metales pesados que contienen las pilas y se produce una severa contaminación. Tan sólo una pequeña pila botón contamina hasta 600,000 litros de agua.

Existen 5 tipos de pilas no recargables compuestas por los siguientes minerales: carbón-zinc, alcalinas, cloruro de zinc, óxido de plata y óxido de mercurio. Las dos primeras son usadas en radios, linternas, juguetes y grabadoras, las restantes se utilizan en cámaras fotográficas, relojes y calculadoras. Todas estas contienen mercurio, un elemento altamente contaminante que provoca daños cerebrales, en los riñones y la función motora. Otro tipo de pilas son las pilas recargables, que carecen de mercurio, pero contienen níquel y cadmio, que son dos metales pesados altamente tóxicos. Sin embargo, dado que el tiempo de vida de una pila recargable es mayor al de las pilas no recargables, su impacto sobre el

medio ambiente es menor. Aparatos que usan pilas recargables son los teléfonos inalámbricos, teléfonos celulares y computadoras portátiles.

Otra fuente de generación de residuos importante es el automóvil, que utiliza muchas sustancias peligrosas como gasolina, aceites y anticongelantes, sin olvidar los gases tóxicos que emite al aire ni la gran cantidad de desechos que se generan, tanto durante su fabricación como durante su uso. Un coche común puede generar a lo largo de su vida 160 litros de aceite quemado tóxico, 16 a 20 llantas y utilizar hasta 100 litros de diversos líquidos, como anticongelantes, líquidos para la dirección, líquidos de frenos y hasta 20,000 litros de gasolina. En la fabricación de un solo coche se generan hasta 27 toneladas de residuos.

#### ➤ Agua

Cuando se descargan en el agua, las sustancias peligrosas, por ejemplo los metales pesados, los petroquímicos, el cloro y los compuestos orgánicos volátiles, se resisten a descomponerse en formas no tóxicas.

En Colombia, la mayoría del drenaje ni siquiera pasa por una planta de tratamiento, sino que las aguas son vaciadas directamente a los caudales de los ríos y lagos cercanos, esto sucede tanto en áreas urbanas como rurales. Esto significa que los químicos acabarán contaminando el arroyo, lago o río más cercano, que quizás sirva para proveer de agua a una población, que acabaría bebiendo los mismos residuos peligrosos que generó.

#### 1.3.5 DESECHOS SÓLIDOS

. Peligros para los trabajadores de limpieza. Los recogedores de basura han sido lesionados mientras están recogiendo basura de las casa sin saber que

contienen químicos tóxicos. Las lesiones son generalmente causadas por bolsas de plástico o por botellas que se rompen o vacían a l momento de seleccionar la basura o de compactarla en los camiones. En este proceso, se mezclan varios químicos y pueden ocurrir reacciones imprevisibles como incendios o vapores tóxicos.

## ¿QUÉ LES SUCEDE A LOS QUÍMICOS UNA VEZ QUE ESTÁN EN UN BOTADERO?

- En el pasado y aún hoy en día en muchos lugares del mundo se acostumbra a quemar la basura. Los residuos que se queman desprenden humos tóxicos que contribuyen al efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono. Aquí en México, quemar la basura es común sobre todo en áreas rurales. Aún así, los químicos pueden incendiar accidentalmente los tiraderos de basura regulados.
- Hace años muchos tiraderos comenzaron a compactar la basura. La presión tremenda que se utiliza para compactarla hace que ca si todos los recipientes se abran o rompan y su contenido se disperse y reaccione con otras sustancias. Estas penetran en lo profundo de la tierra hasta llegar a los mantos acuíferos y ríos subterráneos. Si bien los tiraderos están forrados ahora para prevenir la colación o filtración, no son a prueba de fuga de líquidos.
- La mayoría de los productos tóxicos de limpieza vienen en recipientes de plástico, los cuales también se desechan. Para prevenir que los tiraderos se llenen de plásticos debemos reciclar los. En México apenas se empieza con el reciclaje de plásticos, pero sólo dos tipos de plástico, el polietileno teraftalato (no. 1) y el polietileno de alta densidad (no. 2), son los que se reciclan con más regularidad. Cada uno de nosotros marca la diferencia

### 1.3.6 SUSTANCIAS TOXICAS DISUELTAS EN EL MEDIO AMBIENTE

- **Amoníaco:** La mayor parte del amoníaco producido en plantas químicas es usado para fabricar abonos. El resto es usado en textiles, plásticos, explosivos, en la producción de pulpa y papel, alimentos y bebidas, en productos de limpieza domésticos y refrigerantes. Causa irritación a los ojos y a las vías respiratorias, conjuntivitis, laringitis, inflamación de la tráquea, edema pulmonar, neumonitis y quemaduras graves en la piel.
- **Benceno:** El benceno está contenido en productos tales como pegamentos, pinturas, ceras para muebles y detergentes; también en la gasolina y en los cigarrillos. Respirar benceno puede causar somnolencia, mareo y pérdida del conocimiento; la exposición prolongada produce alteraciones en la médula de los huesos y puede causar anemia y leucemia. Cancerígeno.
- **Bifenilos policlorados (PCB):** Son compuestos químicos formados por cloro, carbono e hidrógeno, también conocidos como askareles. En nuestro país todavía se encuentran en transformadores de baja y media tensión y acumuladores. El PCB es considerado un contaminante orgánico persistente, es decir, permanece en el medio ambiente por largos períodos de tiempo. Las dioxinas generadas por la explosión e incendio de los transformadores producen leucemia, mal de Parkinson, diabetes, problemas de tiroides, malformaciones, chloracné (condición dolorosa que desfigura la piel, con manchas de color rojizo y eczemas), labio leporino, abortos prematuros, testículos no descendidos, pene s

sumamente pequeños, daños al hígado y páncreas y endometriosis, entre otros. Cancerígeno

- **Butoxietanol:** Es usado como solvente para lacas, barnices, esmaltes, y resinas epóxicas. También se usa en ciertos productos para remover tintas y manchas. Respirar grandes cantidades de 2- butoxietanol o de acetato de 2-butoxietanol puede causar irritación a la nariz y los ojos, dolor de cabeza, vómitos, problemas respiratorios, baja presión sanguínea, bajos niveles de hemoglobina, acidez en la sangre y sangre en la orina.
  
- **Cloro:** El cloro y sus derivados se utilizan en las casas como desinfectantes para el agua y como limpiadores y blanqueadores. La exposición a bajas concentraciones de cloro puede producir dolor de garganta, tos e irritación de los ojos y la piel . La exposición a niveles más altos puede producir quemaduras en los ojos y la piel, respiración rápida, estrechamiento de los bronquios, jadeo, coloración azul de la piel, acumulación de líquido en los pulmones y dolor en el área de los pulmones. La exposición a niveles aun más altos puede producir quemaduras graves en los ojos y la piel, colapso pulmonar y la muerte.
  
- **Fenol:** El fenol se usa en productos químicos para matar bacterias y hongos, como desinfectante, antiséptico y en preparaciones médicas como enjuagues bucales y pastillas para el dolor de garganta. Causa erupciones y peladuras en la piel, hinchazón, barros, urticaria, irritación, gangrena, adormecimiento, vómito. Posible cancerígeno.
  
- **Formaldehído:** Podemos estar en contacto con esta sustancia de varias formas: smog, cigarrillos, en la manufactura de productos de madera,

alfombras, productos de papel y ciertos limpiadores caseros. Los síntomas por la inhalación de vapores incluyen tos, inflamación de la garganta, ojos llorosos, problemas respiratorios, irritación de la garganta, dolores de cabeza, salpullidos, náusea, sangrado por la nariz, broncoconstricción y ataques de asma. Probable cancerígeno.

- **Glicol de etileno y glicol de propileno** : Son usados para fabricar líquidos anticongelantes, compuestos de poliéster y como solventes en la industria de pinturas y plásticos. El glicol de etileno es también un ingrediente de líquidos para revelar fotografías, fluidos para frenos hidráulicos y en tinturas usadas en almohadillas para estampar, bolígrafos y talleres de imprenta. Comer o tomar cantidades sumamente altas de glicol de etileno puede causar la muerte, en tanto que cantidades grandes pueden producir náusea, convulsiones, dificultad para hablar, desorientación, y problemas al corazón y al riñón.
- **Hidróxido de sodio**: El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, rayón, papel, explosivos, tinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos. Es un material extremadamente corrosivo que puede causar quemaduras graves en todo tejido con el cual entra en contacto. Sin embargo, cuando el hidróxido de sodio se combina con grasa en la preparación del jabón la reacción química que se produce neutraliza el hidróxido de sodio, haciendo que el jabón sea seguro de usar. A niveles muy bajos puede producir irritación de la piel, ojos y vías respiratorias. La exposición a la forma sólida o al líquido concentrado puede producir quemaduras graves

en los ojos, la piel y el tracto gastrointestinal, lo que a la larga puede producir la muerte.

- **Isopropanol:** Se utiliza en productos de limpieza como limpiadores de ventanas. Se sospecha que es tóxico para los sistemas cardiovascular/sangre, desarrollo, gastrointestinal/hígado, neuro, respiratorio, piel/sensorial.
  
- **Mercurio:** El mercurio metálico se usa en termómetros, tapaduras dentales y pilas. Las sales de mercurio se usan en cremas para aclarar la piel y en cremas y ungüentos antisépticos. La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos. La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico u orgánico puede dañar en forma permanente los riñones, cerebro, y feto. Los efectos sobre la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, temblores, alteraciones de la vista o audición y problemas de la memoria. Posible carcinógeno.
  
- **Naftalina:** Se utiliza principalmente en bolas para repeler polillas y en bloques desodorantes para cuartos de baño. Tanto la 1-metilnaftalina como la 2-metilnaftalina se usan en la manufactura de otras sustancias químicas, como por ejemplo tinturas y resinas. Puede causar irritación de la piel, dolor de cabeza, confusión, náusea, vómito, sudor excesivo e irritación urinaria. Posible cancerígeno.
  
- **Nitrobenceno:** La mayor parte del nitrobenceno producido en los Estados Unidos es usado para manufacturar otra sustancia química llamada

anilina. El nitrobenzeno también es usado para producir aceites lubricantes para motores y maquinaria. El nitrobenzeno también es usado en la manufactura de colorantes, medicamentos, pesticidas y goma sintética. Una pequeña cantidad de nitrobenzeno puede causar leve irritación si entra en contacto directo con la piel o con los ojos. Las exposiciones repetidas a altas concentraciones de nitrobenzeno pueden producir metahemoglobinemia, una condición en la cual se reduce la capacidad de la sangre para transportar **oxígeno**. En ese caso la piel adquiere un tono azulado y se presentan náuseas, vómitos y falta de aliento. También puede dar dolor de cabeza, irritabilidad, mareo, debilidad y somnolencia. Hay evidencias que sugieren que respirar altas concentraciones de nitrobenzeno puede dañar el hígado. Posible cancerígeno.

- **Pentaclorofenol:** El pentaclorofenol es una sustancia química usada como pesticida de uso restringido. También se utiliza industrialmente para preservar la madera en postes, rieles de ferrocarriles y en pilotes de muelles. Puede causar depresión del sistema nervioso central, mareos, sueño, náusea, temblores, pérdida de apetito, desorientación, daño al hígado, daño del sistema inmunitario y efectos sobre la reproducción y el desarrollo. Posible cancerígeno.
- **Tricloroetileno:** El tricloroetileno es un líquido incoloro usado como solvente para limpiar metales. Los síntomas nervioso central, fallas en corazón, hígado y pulmones, parálisis, náusea, mareos, fatiga, conducta psicótica, coma y hasta la muerte. Posible cancerígeno.
- **Xileno:** Se usa como solvente y en imprentas e industrias de goma y de cuero. También como agente para limpiar, diluir pinturas y en barnices y

pinturas. Respirar altos niveles puede provocar mareos, confusión y alteraciones en el sentido del equilibrio. Niveles muy altos pueden causar pérdida del conocimiento y aún la muerte.

Todas estas sustancias se encuentran disueltas en el medio ambiente y son arrastradas por las corrientes de agua hasta llegar a los lagos y ríos contaminando las llamadas fuentes superficiales de agua que es el suministro de un sin número de personas como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano.

### 1.3.7 ¿DE QUE DEPENDE LA PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS?

Depende de las propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del residuo, ya que ellas le confieren la capacidad de provocar corrosión, reacción química, explosión, toxicidad, incendios o enfermedades infecciosas.

En situaciones de desastre es conveniente tener cuidado en el manejo de los residuos peligrosos, para ello se debe tener en cuenta, que la generación de residuos peligrosos se da en diversos lugares y situaciones y como tal se recomienda que su manejo se realice de la siguiente manera:

### 1.3.8 RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

#### A) Etapa de clasificación de víctimas (triage).

- El triage o clasificación de las víctimas es una fuente significativa de generación de residuos peligrosos por su potencial infeccioso (materiales biocontaminados).

- Por ser una actividad de rápida respuesta, se recomienda que todos los residuos generados en esta etapa de la atención y en los primeros auxilios, sin excepción, sean almacenados en recipientes debidamente identificados como "residuos biocontaminados", en bolsas de color rojo.
- Se evitará el contacto directo con estos residuos.

## B) Tratamiento y disposición final

- El tratamiento se hará de acuerdo con el tipo de residuos. Los residuos biocontaminados serán tratados con tecnologías convencionales (incineración, auto clavado).
- Los residuos punzó cortantes serán desinfectados y los residuos químicos que hayan podido identificarse serán dispuestos en el relleno sanitario en un área especial de seguridad (celdas de seguridad), o se acondicionará un área apropiada para esta función en las zonas de enterramiento dispuestas, las cuales deberán estar debidamente aisladas y protegidas para evitar acciones clandestinas de reciclaje.
- Para el manejo de pequeñas cantidades de desechos biocontaminados, se sugiere la adición de cal sobre los desechos depositados en la fosa porque puede ayudar a controlar la emanación de olor desagradable y a eliminar bacterias.

### 1.3.9 OTROS RESIDUOS PELIGROSOS

Si la ocurrencia de desastres afecta ocasionalmente instalaciones industriales, depósitos o comercios en los que se almacenan productos peligrosos para la salud, entre los cuales destacan las sustancias corrosivas, las reactivas, las explosivas, las tóxicas e inflamables, como

los plaguicidas, los solventes y los insumos químicos; en caso de que estos productos queden expuestos, deberán tomarse las siguientes medidas:

- Contactar y convocar a personal especializado en el manejo de estos residuos.
- Se establecerá una zona de peligro demarcada y vigilada para mantener a la población alejada.
- Es necesario recordar que existen gases o vapores peligrosos sin olor ni color, más densos que el aire y con tendencia a acumularse en zonas bajas.
- Identificación de productos, se deben interpretar correctamente las etiquetas o empaques, las que pueden proporcionar información sobre el tipo de producto con el que nos enfrentamos, en la etiqueta se debe apreciar mínimamente la siguiente información:
  - Nombre químico, forma de presentación y propiedades fisicoquímicas a temperatura ambiente.
  - Toxicidad aguda (DL50) oral, dermal y/o inhalatoria.
  - Precauciones en su manipulación.
  - Forma de disposición final.
- Debe evitarse el contacto con el producto y su manejo si este no se ha identificado convenientemente.
- En caso de no haberse logrado una identificación adecuada del residuo peligroso, debe mantenerse a la población alejada del lugar o se debe proceder al almacenamiento hasta que la sustancia sea apropiadamente identificada.

En caso de requerir mayor información sobre el manejo adecuado de los residuos peligrosos, por favor contactar con la Dirección Ejecutiva de

Ecología y Protección del Ambiente de la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA.

#### 1.4. DATOS SOBRE EL AGUA SUBTERRANEA

- Más de la mitad de la población de los EE.UU. usa agua subterránea como su principal fuente de agua potable.
- Un 95 por ciento de la población rural cuenta con agua subterránea como fuente de agua potable.
- En algunas áreas, el agua subterránea es la única fuente de agua potable para la población.
- De las 100 ciudades más grandes de los EE.UU., 34 cuentan con agua subterránea como fuente de agua potable o para usos comerciales.

El por un costo razonable y dentro de un plazo razonable. Eliminar la contaminación del agua subterránea puede tomar cientos de años.

##### 1.4.1 VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS

El departamento de sucre cuenta con una distribución de acuíferos en todo su territorio .los cuales son explotados para la obtención de agua potable que debe cumplir con todas las condiciones organolépticas para luego ser distribuida a una determinada comunidad

Los acuíferos situados en el Departamento de Sucre son los siguientes:

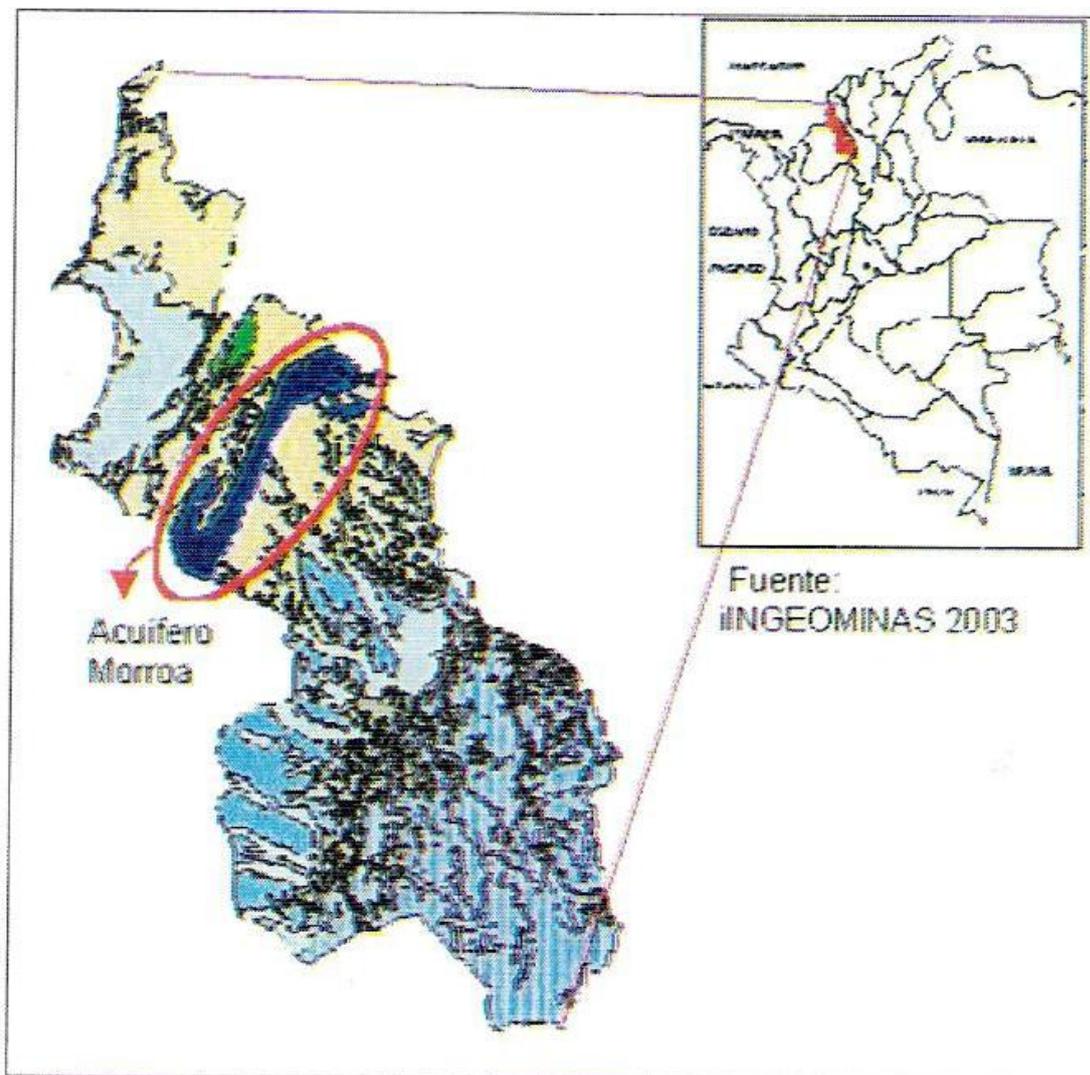
- Acuífero Morroa
- Acuífero Morisquillo
- Acuífero Betulia arenosa
- Acuífero Mojana

La principal fuente de abastecimiento de agua de los habitantes del Departamento de Sucre es la subterránea, la cual es captada mediante pozos profundos, pozos artesanos y manantiales.

El acuífero Morroa es el principal acuífero del departamento, y constituye la única fuente de abastecimiento de agua potable mas asequible , de donde abastecen mas de 500.000 habitantes de las zonas urbanas y rurales de los municipios de Ovejas, los Palmitos, Morroa, Corozal, San Juan de Betulia, Sincelejo, y Sampues, inclusive parcialmente, el municipio del Carmen de Bolívar.

Este ACUÍFERO aflora en la parte Centro -Occidental del departamento de Sucre, formando una franja alargada de 3 km de ancho promedio, la cual se extiende desde el Nororiente del municipio de Ovejas hasta el Sur del municipio de Sampues

1. Figura 12. Posición acuífero Morroa.

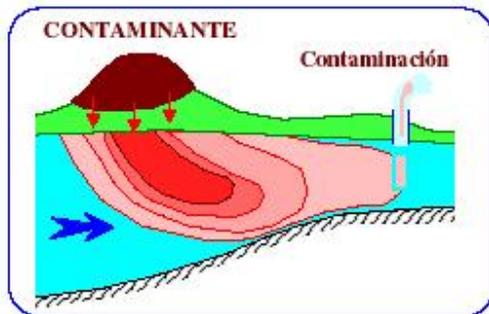


## 1.4.2 MECANISMOS DE PENETRACION Y FLUJO DE LA CONTAMINACION EN LOS ACUÍFEROS

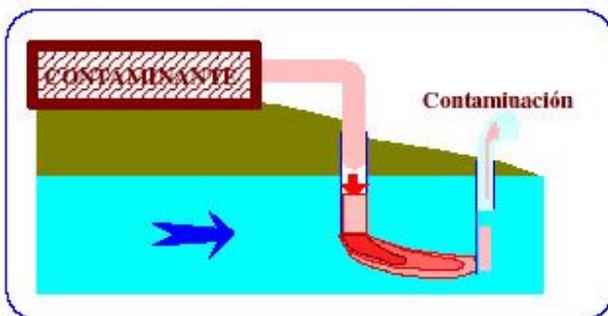
Los principales mecanismos de llegada de contaminantes son los de propagación a partir de la superficie, que incluyen los casos de arrastre de contaminantes desde la superficie del terreno por las aguas de infiltración (vertidos sobre el terreno, uso de fertilizantes, etc..) y los de infiltración de aguas superficiales contaminadas desde ríos, acequias, etc., provocados por la acción humana; los de propagación desde la zona no saturada cuyos ejemplos más típicos son los derivados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y de embalsamiento superficial de residuos líquidos de diversa procedencia y, finalmente, los de propagación originados en la zona saturada cuyos casos más típicos son los pozos de inyección y la progresión de la intrusión salina por alteración del régimen de flujo.

El acuífero Morroa es atravesado por arroyos de aguas residuales y está ubicado en una zona de influencia agrícola, además la presencia de botaderos a cielo abierto y su producción de lixiviados pueden ser agravantes de contaminación para el acuífero.

La siguiente figura nos muestra cómo los contaminantes llegan hasta los ACUÍFEROS alterando las calidades de agua.



### I. Arrastre de contaminantes desde la superficie



### II. Inyección directa al acuífero

Figura 2 Llegada de contaminante a los acuíferos.

### 1.4.3 PROTECCION ANTE LA CONTAMINACIÓN

Existen dos características esenciales en los procesos de contaminación de las aguas subterráneas que es imprescindible tener en cuenta a la hora de adoptar soluciones sobre la protección de los recursos hídricos subterráneos: la protección que para el acuífero representa la zona no saturada, y la dificultad de localizar y eliminar la contaminación una vez producida.

Es por ello que los métodos de prevención de la contaminación son más eficaces que los métodos de curación.

#### 1.4.4 COMO PREVENIR LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO

Estos métodos, en conjunto, persiguen una triple finalidad:

- Evitar que el contaminante llegue al acuífero
- Reducir su peligrosidad antes de que el contaminante alcance el acuífero
- Limitar la cantidad de contaminante que llega al acuífero La primera finalidad puede conseguirse por:
  - Ordenación espacial de las actividades contaminantes en áreas cuya vulnerabilidad haya sido previamente determinada
  - Establecimiento de perímetros de protección de calidad, prohibiendo o limitando ciertas actividades, especialmente en las proximidades de las captaciones o en las zonas de recarga de los acuíferos.
  - Establecimiento de normativas de construcción y abandono de pozos, vía frecuente de contaminación directa de acuíferos.
  - impermeabilización y control efectivo de la misma en cuantos depósitos o almacenamientos de residuos constituyan una amenaza para el mantenimiento de la calidad del agua subterránea
  - Drenaje somero, especialmente en zonas de contaminación difusa.
  - Control de la inyección directa de residuos industriales o domésticos
  - Protección frente a la intrusión por limitaciones de caudales de bombeo.

La reducción de la peligrosidad de un contaminante antes de que alcance el acuífero puede lograrse a través de diferentes tratamientos de depuración artificial o natural del mismo (plantas de tratamiento o vertido en zonas con

adecuado poder autodepurador). La reducción de la cantidad de contaminante puede lograrse a través de reciclados, optimizando la aplicación de fertilizantes nitrogenados utilizados en agricultura y mediante vertidos controlados que limiten la producción de lixiviados, con drenajes adecuados, impermeabilización, etc..

#### 1.4.5 MÉTODOS PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE UN ACUIFERO

Se basan, normalmente, en procesos de alteración del flujo subterráneo.

- Modificación de bombeos, especialmente en zonas con problemas de intrusión marina o de acuíferos conectados con ríos contaminados
- Barreras hidráulicas de presión, modificando los gradientes de modo que se detenga el flujo de agua contaminada hacia los puntos de extracción
- Barreras de depresión entre el foco contaminante y las captaciones a proteger
- Intercepción y extracción, por bombeo, del contaminante (p.e. en fugas de hidrocarburos)
- Barreras subterráneas impermeables

#### 1.4.6 CUIDADO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) define el término vigilancia de la calidad del agua como "un programa, científicamente concebido, de reconocimiento continuo que incluye muestreos directos y medidas indirectas de calidad, inventario de las causas de cambio actuales o potenciales, así como análisis de la causa de cambios acaecidos y predicción de la naturaleza de los futuros cambios de calidad".

En líneas generales, se pueden distinguir cuatro tipos de vigilancia de la calidad:

- Determinación de la tendencia general que permita conocer el estado de la calidad en relación con las normas de calidad así como definir el "fondo regional de calidad".
- Detección de las fuentes potenciales de contaminación Observación de las contaminaciones detectadas
- Vigilancia de contaminaciones esporádicas Para llevar a cabo esta vigilancia se diseña una red de control cuya densidad, frecuencia de muestreo y parámetros a determinar se seleccionan de acuerdo al objetivo específico del programa de vigilancia.

#### 1.4.7 ZONAS DE RIESGO PARA PROTECCION DE UN ACUIFERO

Se pueden establecer categorías de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de cualquier origen, en función de las siguientes litologías:

1. Terrenos donde los acuíferos son muy vulnerables a la contaminación.  
Zonas donde es necesario extremar las medidas preventivas:

- Formaciones aluviales
- Acuíferos libres
- Calizas muy fisuradas y/o karstificadas
- Formaciones fisuradas ( calizas, areniscas, basaltos)

2. Terrenos donde los acuíferos se encuentran parcialmente protegidos, bien de la entrada de agentes contaminantes o bien de su propagación, por ciertas características específicas:

- Acuíferos aluviales cautivos poco profundos
- Acuíferos en arenas o areniscas

3. Terrenos donde la contaminación de los acuíferos puede revestir características variables, por ser poco extensos y de tipos muy diversos:

Formaciones de permeabilidad variable. Alternancia de materiales permeables e impermeables: calizas, margas, arenas, arcillas, pizarras, molazas, materiales volcánicos...

4. Terrenos en las que, por no existir prácticamente afloramientos de materiales permeables, la contaminación afectará casi exclusivamente, a las aguas superficiales:

Formaciones sedimentarias impermeables. Margas y arcillas. Sirven de protección a acuíferos cautivos profundos. Terrenos antiguos plegados y metamorfizados. Pizarras, micacitas, Terrenos graníticos y ultra metamórficos. No se excluye la presencia de pequeños acuíferos libres, muy vulnerables, asentados en las áreas de alteración o arenización.

## 1.5 ESQUEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA DESECHO PELIGROSO

### 1.5.1 CONCEPTO FUNDAMENTAL

Gestión desde el origen hasta la disposición final. Incluye:

- Generador
- Transportista
- Planta de tratamiento

- Instalaciones de almacenamiento
- Sitios de desecho

### 1.5.2 GESTIÓN PARA DESECHO TÓXICO EN EL LUGAR DE ORIGEN

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Preparación para emergencias.
- Reducir la posibilidad de incendios, explosiones o descargas y escapes del desecho peligroso.
- Instalar y mantener equipos de emergencia.
  - Alarmas.
  - Comunicación por radio.
  - Extintores de incendio de acuerdo al tipo de desecho.
  - Mangueras.
  - Regaderas automáticas.
- Crear un plan de contingencia para emergencias.
  - Plan de salud y seguridad.
  - Hojas de seguridad de materiales.
  - Capacitación del personal.
- Establecer comunicación directa con bomberos, policía, hospitales y equipos de rescate o emergencia en la vecindad de la planta.
  - Describir tipo de desechos y riesgos.
  - Establecer plan de acción conjunto.

### 1.5.3 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE DESECHOS

Cuando no existe aún la posibilidad de cambio tecnológico para acceder a una producción limpia, un esquema coherente de gestión ambiental para

manejo de residuos sólidos y desechos peligrosos incluye los siguientes procesos en el orden indicado.

- Minimizar la generación de desechos (prioridad más alta),
- Reciclaje del material utilizado,
- Reutilización de los desechos,
- Tratamiento o destrucción,
- Disposición de los residuos (prioridad más baja).

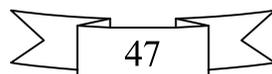
#### 1.5.4 MINIMIZACIÓN DE DESECHOS.

La minimización es la adopción de medidas organizativas y operativas que permiten disminuir (hasta niveles económicos y técnicamente factibles), la cantidad y peligrosidad de los subproductos y residuos generados que precisan un tratamiento o disposición final. Esta etapa está orientada hacia la autogestión por parte de los generadores y un cambio de conducta por parte de los consumidores.

- Hace referencia a actividades que involucran solamente reducir desechos en una determinada actividad, en especial si el desecho es peligroso o tóxico.
- Incluye procesos como reducción en la fuente de origen, y reciclaje adecuado en cualquier forma, tal como reciclaje por fuera de la instalación o reutilización beneficiosa.
- El término no incluye tratamiento o disposición de desechos después que ha sido generado.

#### 1.5.5 EVALUACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS

- Identificar y caracterizar el flujo de desechos,



- Identificar los procesos productivos que generan los desechos,
- Determinar la cantidad de desechos generados por cada flujo,
- Resultado de la evaluación,
- Identificar, con ventajas de costo, las posibilidades de reducción del volumen y la peligrosidad de los desechos generados,
- Permite decisiones informadas sobre cómo asignar recursos para programas de reducción en la fuente o reciclaje,
- Identificar las necesidades de inversiones de capital,
- Involucrar a todo el equipo de producción.

### 1.5.6 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN DE DESECHOS

- Manejo de inventario y mejoramiento de operaciones.
- Modificaciones de equipos.
- Cambios en los procesos de producción.
- Reutilización y reciclaje.

Para tal efecto, el generador de residuos o de desechos peligrosos debe desarrollar un programa de minimización que permita alcanzar ese objetivo.

Los beneficios que se pueden obtener al implantar un programa de minimización de residuos o desechos peligrosos son:

#### 1.5.6.1 A NIVEL ECONÓMICO:

- ✓ Ahorros por aprovechamiento de materias primas, insumos y servicios.
- ✓ Reducción de costos por disposición o tratamiento.
- ✓ Mejora la competitividad.
- ✓ Acceso a beneficios económicos por programas de mejoramiento ambiental.

#### **1.5.6.2 A NIVEL LEGAL:**

- ✓ Ayuda a cumplir la normatividad ambiental.
- ✓ Disminución de costos por sanciones.

#### **1.5.6.3 A NIVEL DE IMAGEN:**

- ✓ Mejora la imagen ante la comunidad y ante los empleados, por el respeto al ambiente.
- ✓ Reconocimiento nacional e internacional.

#### **1.5.6.4 A NIVEL AMBIENTAL:**

- ✓ Base fundamental para el mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
- ✓ Reducción de impactos ambientales.

#### **1.5.6.5A NIVEL TÉCNICO:**

- ✓ Mejora la eficiencia de los procesos, en los productos y los servicios.
- ✓ Disminución de riesgos para la salud de la población.
- ✓ Mejora de la calidad de vida.

### **1.6 REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL ORIGEN .**

**Este aspecto puede Contener uno o varios de los siguientes ítems**

.

#### **1.6.1 CAMBIOS EN EL PRODUCTO:**

- ✓ Diseño para reducir impacto ambiental.
- ✓ Aumento de vida útil del producto.

#### **1.6.2 CAMBIOS EN EL PROCESO:**

- ✓ Cambios en los materiales de entrada.
- ✓ Purificación de materiales.

- ✓ Sustitución de materiales tóxicos.

### 1.6.3 CAMBIOS DE TECNOLOGÍA :

- ✓ Cambios de diseños.
- ✓ Aumento de la automatización.
- ✓ Mejoramiento de las condiciones de operación.
- ✓ Mejoramiento de los equipos.
- ✓ Nueva tecnología.
- ✓ Mejoramiento en las prácticas de operación:
- ✓ Procedimientos de operación y mantenimiento.
- ✓ Prácticas de gerencia/gestión.
- ✓ Separación de flujos de material.
- ✓ Planes y horarios de producción.
- ✓ Control de inventarios.
- ✓ Entrenamiento.
- ✓ Segregación de desechos.

### 1.6.4 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN .

La prevención de la contaminación involucra el uso de materiales, procesos o prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes o desechos en la fuente de origen, todo ello o previo a reciclaje, tratamiento o disposición.

Incluye el diseño de productos y procesos que conducen a una reducción sustantiva o a la total eliminación de la contaminación producida por el fabricante o usuario de los productos.

### 1.6.5 ¿QUIÉNES DEBEN UTILIZAR LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN?

### **CUALQUIER EMPRESA QUE:**

- Genere desechos, en especial si son peligrosos.
- Usa materiales peligrosos o tóxicos.
- Desea ahorrar dinero reduciendo los costos de manejo de desechos, costos de materias primas y costos de producción.
- Desea operar con responsabilidad para proteger el medio ambiente y la salud las personas.

### **1.6.6 LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ES :**

- Reducción en la fuente de origen.
- Reciclaje dentro del proceso.
- Tecnología limpia.
- Sustitución de materia prima.
- Mantenimiento preventivo.

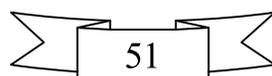
### **1.6.7 LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN NO ES :**

- Tecnologías al final del proceso.
- Control de la contaminación.
- Reciclaje de desechos fuera de la planta o instalación.
- Reciclaje de desechos fuera del proceso principal.

### **1.6.8 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN .**

Este involucra un continuo y detallado análisis de las operaciones en una determinada instalación o planta, con el fin de prevenir la generación de todo tipo de desechos .

Un programa efectivo:



- Protege la salud pública y el medio ambiente.
- Reduce el riesgo de responsabilidad civil o criminal.
- Reduce los costos de operación.
- Aumenta la moral y nivel de participación de los empleados.
- Mejora la imagen de la compañía en la comunidad.

## **1.7 COMO DESARROLLAR UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.**

**El procedimiento ha seguir para desarrollar un programa de prevención de la contaminación es el siguiente:**

**1 Establezca el programa de prevención de la contaminación :** Decisión a nivel ejecutivo, declaración de objetivos, consenso colectivo.

**2. Organice el programa :**

Definición de objetivos, equipo de trabajo.

**3. Conduzca evaluación preliminar:**

Colección de datos, inspección de lugares, establecimiento de prioridades.

**4. Escriba el plan para el programa:**

Definir objetivos, identificar obstáculos potenciales, desarrollar calendario.

**5. Conduzca una evaluación detallada :**

Nombrar equipo de trabajo, revisar datos y lugares, organizar y documentar información.

**6. Defina opciones para prevención de la contaminación:**

Proponer opciones; evaluar opciones.

**7. Conduzca análisis de factibilidad:** Técnicos ambientales; económicos;.

**8. Escriba informe sobre evaluación detallada**

**9. Implemente plan :**

- Seleccionar proyectos.
- Obtener el financiamiento.
- Instalar estrategia.

**10. Mida el progreso del plan:**

- Coleccionar datos.
- Analizar resultados.

**11. Mantenga el programa de prevención de la contaminación**

A continuación se hace una descripción detallada de los ítems anteriormente enumerados:

**1. Establezca el programa de prevención de la contaminación .**

La declaración de los principios y objetivos es la piedra angular del programa de prevención de la contaminación.

Es esencial que los profesionales y demás empleados entiendan y apoyen el programa de prevención de la contaminación, esto incluye aclarar los siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Por qué estamos implementando prevención de la contaminación?
- ✓ ¿Qué se hará para implementar el programa?
- ✓ ¿Quién implementará el programa?

Ejemplo de declaración de principios: “En esta compañía, la protección del medio ambiente es una prioridad importante. Declaramos la intención de eliminar o reducir nuestro uso de sustancias peligrosas o tóxicas y de minimizar nuestro uso de energía y prevenir la generación de todo tipo de desecho. Prevención de la contaminación en el origen es la alternativa seleccionada. Cuando sea imposible evitar la producción de desecho, nos comprometemos a usar reciclaje, tratamiento, y disposición de modo de minimizar efectos adversos sobre la salud humana o sobre el aire, suelos o aguas”.

## 2. Organice el programa de prevención de la contaminación

El equipo de trabajo es quien dirige el desarrollo e implementación del programa e integra los principios declarados en todas las fases de la planificación. Conviene nombrar un coordinador del programa.

Los objetivos deben ser:

- Bien definidos.
- Fáciles de asimilar por los empleados.
- Ambiciosos pero alcanzables.
- Flexibles.

- Parte integral de la planificación para el programa.

Ejemplo: "La compañía reducirá en un 10% el uso de sus tancias peligrosas en el origen y la producción de desecho por unidad producida".

### 3. Conduzca la evaluación preliminar

Coleccione información:

- ✓ Información regulatoria.
- ✓ Información sobre el proceso.
- ✓ Diagramas de flujo.
- ✓ Balances de materia y energía.
- ✓ Manuales de operación y descripción de procesos.
- ✓ Listas de equipos y especificaciones.
- ✓ Diagramas de cañerías, válvulas e instrumentación.

Información sobre materias primas y producción.

- ✓ Hojas de seguridad de materiales.
- ✓ Calendarios de producción.
- ✓ Procedimientos de operación.
- ✓ Composición de productos.

Inspeccione los lugares.

- ✓ Establecer áreas prioritarias.
- ✓ Seleccionar equipos de trabajo para evaluación detallada.

Establezca prioridades.

- ✓ Cumplimiento con regulaciones.

- ✓ Costos de gestión para desecho.
- ✓ Responsabilidad legal.
- ✓ Cantidad de desecho.
- ✓ Características de peligrosidad de la desecho.
- ✓ Potencial de recuperación de materiales valiosos.
- ✓ Minimizar descarga de desecho al agua, aire o suelos.
- ✓ Reducir el uso de energía.

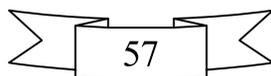
#### 4. Escriba el plan para el programa de prevención de la contaminación

El plan debe incluir lo siguiente:

- Declaración de principios de la compañía en apoyo a prevención de la contaminación.
- Descripción del equipo de trabajo, sus atribuciones, autoridad y responsabilidad.
- Definición de objetivos.
- Descripción de cómo todos los grupos (producción, laboratorio, mantenimiento, mercadeo, ingeniería, y otros) trabajarán en conjunto para reducir la generación de desecho.
- Descripción de los procesos que producen, usan o descargan materia les peligrosos o tóxicos.
- Lista de instalaciones actualmente en uso para tratamiento, reciclaje o disposición.
- Información administrativa y financiera.
- Análisis de costos para control de la contaminación y eliminación de desechos.
- Lista de objetivos calendarizados para cada etapa del plan.

- Proposición de opciones para prevención de la contaminación.
- Reducción en la fuente de origen:
  - ✓ Mejoramiento de procedimientos Standard de operación.
  - ✓ Cambios en la tecnología.
  - ✓ Cambios en las materias primas.
- Otras opciones:
  - ✓ Reutilización.
  - ✓ Reciclaje dentro del proceso.
  - ✓ Reciclaje fuera de la instalación.
  - ✓ Tratamiento.
  - ✓ Disposición.
- Analizar opciones.
  - ✓ Sin riesgo o sin costo: implementar inmediatamente.
  - ✓ Valor marginal u opción impráctica: desechar.
  - ✓ Compleja: hacer análisis de factibilidad.
- Consideraciones ambientales:
  - ✓ Efecto en el número y peligrosidad de los flujos de desecho.
  - ✓ Riesgo de transferencia a otros materiales de entrada.
  - ✓ Impacto ambiental al cambiar materiales de entrada.
  - ✓ Consumo de energía.

## 5. Conduzca una evaluación detallada



Equipo evaluador formado por gente de las áreas más importantes, a saber:

- Gerencia.
  - Ingeniería.
  - Control de calidad.
  - Producción.
  - Compras y contabilidad.
  - Salud y seguridad.
  - Investigación y desarrollo.
- ✓ Inspección de datos y lugares.

**TABLA 4**

Información sobre:	Obtener de:
Uso de materias primas	Datos de compras, datos de producción, hojas de seguridad de los materiales, inventarios.
Desecho generada	Diagramas de flujo, producto rechazado, datos de producción, análisis de laboratorio, reportes de fugas.
Mecanismos de producción	Manuales de operación (pasos), diagramas de control, datos de producción, diagramas de flujo, especificaciones.
Información económica	Reportes contables, costos de operación para desechos, costos para productos, materias primas, trabajo, costos de control de la contaminación.

## 6. Organización y documentación de la información recogida

El informe escrito de la evaluación detallada contiene:

- Resultados de la evaluación.
- Opciones propuestas para prevención.
- Análisis de las opciones.
- Proposición de proyecto específico para cada opción seleccionada.

Para cada proyecto se expone:

- Su potencial preventivo.
- La conveniencia de la tecnología.
- Análisis financiero.
- Los recursos requeridos y como se obtendrán.
- El tiempo estimado para instalación y puesta en marcha.
- Posibles medidas que permitan evaluar el proyecto a medida que se implementa.

## 7. Defina opciones para prevención de la contaminación

Proponer opciones:

- ✓ Reducción en la fuente de origen.
- ✓ Mejoramiento de procedimientos Standard de operación.
- ✓ Cambios en la tecnología.
- ✓ Cambios en las materias primas.

Otras opciones:

- ✓ Reuso.

- ✓ Reciclaje dentro del proceso.
- ✓ Reciclaje fuera de la instalación.
- ✓ Tratamiento.
- ✓ Disposición.

Analizar opciones:

- ✓ Sin riesgo o sin costo: implementar inmediatamente.
- ✓ Valor marginal o impracticable: desechar.
- ✓ Compleja: hacer análisis de factibilidad.

Consideraciones ambientales:

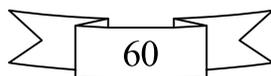
- ✓ Efecto en el número y peligrosidad de los flujos de desecho.
- ✓ Riesgo de transferencia a otros materiales de entrada.
- ✓ Impacto ambiental al cambiar materiales de entrada.
- ✓ Consumo de energía.

## 8. Conduzca análisis de factibilidad

Con el listado de opciones realizado en el ítem anterior se procede a efectuar un análisis de los aspectos técnicos, económicos y ambientales de cada una de las opciones, el cual conlleva a la toma de decisión y escogencia de una de estas, la cual debe ser la más rentable y efectiva.

## 9. Escriba informe sobre evaluación detallada

Una vez recopilada la información y tomada la decisión, se procede a redactar los detalles de la evaluación, el análisis y los argumentos que llevaron a seleccionar determinada opción.



## 10. Implemente plan

Realizado lo anterior se procede a implementar todo lo programado y consignado en el plan para el programa de prevención de la contaminación.

## 11. Mida el progreso del plan

En la medida en que el plan se va desarrollando y ejecutando, debe irse realizando una evaluación y posterior análisis de los resultados que con este se van obteniendo en miras a la consecución de los objetivos planteados.

## 12. Mantenga el programa de prevención de la contaminación o realice los ajustes y cambios a que haya lugar

Si los resultados obtenidos con la implementación del plan son positivos y conllevan a la consecución de los objetivos, este puede mantenerse por un periodo de tiempo mayor; en caso contrario, deben realizarse los ajustes y cambios pertinentes.

## 1.8 VENTAJAS DE UNA GESTIÓN AMBIENTAL BASADA EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN .

Las empresas que implementan planes de prevención de la contaminación

- Evitan el aumento de costos en disposición de desechos.
- Ahorran dinero en otras áreas, tal como en la compra de materias primas.
- Aumentan su eficiencia industrial.
- Mantienen o aumentan la competitividad.

- Disminuyen su responsabilidad legal en largo plazo.
- Cumplen mejor con las normas ambientales.
- Mejoran las condiciones ambientales y de seguridad en el lugar de trabajo.
- Garantizan la seguridad de la comunidad.
- Realzan la imagen de la compañía.
- La prevención de la contaminación.

## 1.9 NORMATIVA DE DESECHOS SÓLIDOS Y RESIDUOS PELIGROSOS

### 1.9.1 OBJETIVOS DE LA NORMATIVA SOBRE RESIDUOS PELIGROSOS

- Proteger la salud de las personas y el medio ambiente de los peligros potenciales del desecho de residuos peligrosos.
- Conservar energía y los recursos naturales.
- Reducir la cantidad de desecho generado, incluyendo el desecho peligroso.
- Asegurar que los desechos se manejan de una manera sensible a las necesidades del medio ambiente.

### 1.9.2 NORMATIVA INTERNACIONAL

#### 1.9.2.1 Convenio de Basilea.

El Convenio de Basilea es un tratado ambiental global que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición.

El Convenio de Basilea fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. El Convenio es la respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de desechos considerados peligrosos para el ser humano o para el medio ambiente, habida cuenta de sus características tóxicas, venenosas, explosivas, reactivas, corrosivas, inflamables o infecciosas.

El Convenio de Basilea reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el medio ambiente de potenciales daños producidos por los desechos peligrosos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad.

Así, los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo de forma consistente con su manejo ambientalmente apropiado;
- Los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación;
- Los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

Para lograr estos principios, la Convención pretende a través de su Secretaría controlar los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, monitorear y prevenir el tráfico ilícito, proveer asistencia en el manejo ambientalmente adecuado de los desechos, promover la cooperación entre las Partes y desarrollar Guías Técnicas para el manejo de los desechos peligrosos.

### 1.9.3 NORMATIVA NACIONAL

La constitución política de Colombia en sus artículos 79 y 80, según los cuales toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano y es responsabilidad del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; así como también el artículo 81 de la misma, que prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y de desechos tóxicos.

RESOLUCION 189 DE 1994, por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.

LEY 253 DE 1996, por la cual se aprueba el convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

LEY 430 DE 1998, por la cual se regula prohibición de introducir a Colombia desechos tóxicos.

DECRETO 4741 DE 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

LEY 945 DE 2005, por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Basilea sobre responsabilidad e indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.

LEY 99 DE 1993, en su artículo No 5, numeral 39 por medio de la cual se le asigna al Ministerio de Medio Ambiente la función de dictar regulaciones para impedir la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas,

biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos o subproductos de los mismos.

El Capítulo 20 de la Agenda 21 de la Conferencia de Río de 1992 de las Naciones Unidas sobre residuos o desechos peligrosos y la Cumbre de Johannesburgo; articulándose con la Política para la Gestión Integral de Residuos y la Política de Producción Más Limpia, entre otras.

## CAPITULO II

### 2.EFECTOS DE LOS RESIDUOS TÓXICOS SOBRE LA SALUD HUMANA

#### 2.1- AGENTES O PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

Sustancias: son los elementos químicos y sus compuestos en estado natural, o los que se obtienen mediante cualquier procedimiento de producción, incluidos los aditivos necesarios para conservar la estabilidad del producto y las impurezas que resulten del procedimiento utilizado; pero excluidos los disolventes que se puedan separar sin afectar a la estabilidad ni modificar su composición

Preparados: son mezclas o disoluciones compuestas por dos o más sustancias.

Los agentes químicos peligrosos (sustancias y preparados) son aquellos que por sus características pueden dañar directa o indirectamente a las personas, los bienes y/o al medio ambiente.

Un preparado es peligroso cuando contenga al menos 1 sustancia peligrosa.

Los agentes químicos son peligrosos para el hombre y más aun para los trabajadores de un laboratorio que se exponen a ellos en su trabajo diario. El peligro que entraña esta en función de la dosis a la que estén sometidos.

Los efectos también estarán en función de la dosis recibida y en relación directa con su toxicidad; ya que cada agente químico tiene una capacidad diferente de actuar en el organismo humano y cada uno da lugar a un tipo diferente de reacción.

## 2.2- CLASIFICACIÓN

La clasificación de un producto o agente químico se realiza al asignar al mismo uno o varias de las características de peligrosidad propias de los productos químicos, para ello se deben clasificar los riesgos que puedan tener y más tarde evaluar la magnitud de los mismos en base a los criterios expresados en el Anexo V del R.D. 363/1995 que transpone la directiva 67/1548/CEE y sus posteriores modificaciones.

Existen diferentes categorías de peligrosidad, y son: explosivos, comburentes, inflamables, tóxicos, nocivos, corrosivos, irritantes,

sensibilizantes, carcinogénicos (cancerígenos), teratogénicos, mutagénicos, tóxicos para la reproducción y tóxicos para el medio ambiente.

Estas características de peligrosidad se agrupan en 4 apartados en función de sus propiedades de la siguiente manera:

#### **2.2.1- POR SUS PROPIEDADES FÍSICO -QUÍMICAS.**

- Explosivos
- Comburentes
- Inflamables dentro de los cuales: fácilmente inflamables y extremadamente inflamables.

#### **2.2.2 POR SUS PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS.**

- Tóxicos
- Muy tóxicos
- Nocivos
- Irritantes
- Sensibilizantes

#### **2.2.3 POR SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA.**

- Carcinogénicos o cancerígenos
- Mutagénicos
- Teratogénicos
- Tóxicos para la reproducción.

#### **2.2.4 POR SUS EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE.**

- Los peligrosos para el medio ambiente

## 2.3 DEFINICIONES

**2.3.1 Explosivos:** sustancias y preparados que pueden explosionar por efecto de una llama o del calor y que sean muy sensibles a los choques, roces o fricciones.

**2.3.2 Comburentes:** sustancias y preparados que en contacto con otras sustancias (en especial con las inflamables producen una reacción fuertemente exotérmica) desprenden calor.

**2.3.3 Extremadamente inflamables:** sustancias y preparados cuyo punto de ignición sea extremadamente bajo inferiores a 0° C y su punto de ebullición sea inferior o igual 35° C.

**2.3.4 Fácilmente inflamables:** sustancias y preparados que puedan calentarse e incluso inflamarse en el aire a temperatura ambiente y sin aporte de energía. Los líquidos cuyo punto de ignición sea igual o superior a 0° C e inferior a 21° C. Las sustancias y preparados que en contacto con el agua y con el aire húmedo desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.

**2.3.5 Inflamables:** sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea igual 0° C y su punto de ebullición sea superior a 21° C y e inferior a 35° C.

**2.3.6 Muy tóxicas-** sustancias y preparadas que por inhalación, por ingestión o penetración cutánea, en muy pequeña cantidad que puedan provocar efectos agudos, crónicos, o incluso la muerte.

**2.3.7 Tóxicas:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades provocan efectos agudos, crónicos o incluso la muerte.

**2.3.8 Nocivos:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar dolencias de gravedad limitada.

**2.3.9 Corrosivos:** sustancias o preparados que en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.

**2.3.10 Irritantes:** sustancias o preparados no corrosivos que en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.

**2.3.11 Sensibilizantes:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan ocasionar una reacción del sistema inmunitario, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado de lugar a una serie de efectos negativos característicos.

**2.3.12 Carcinogénicos o cancerígenos:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.

**2.3.14 Mutagénicos:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.

**2.3.15 Teratogénicos:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea que pueda inducir lesiones en el feto durante el desarrollo intrauterino.

**2.3.16 Peligrosos para la reproducción:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, aumentar su frecuencia o afectar negativamente a la capacidad reproductora.

Tóxicos para el medio ambiente: sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

## 2.4 VÍAS DE PENETRACIÓN.

Fundamentalmente las vías de penetración de los agentes químicos son 4:

**2.4.1 Vía respiratoria:** es la más común de todas. La inhalación de agentes químicos junto con el aire que respiramos en el medio ambiente laboral es habitual. Los filtros naturales de la nariz, boca y en general el aparato respiratorio no son suficientes para frenar la entrada de lo que precisamente es peligroso: vapores, polvos, gases y aerosoles.

**2.4.2 Vía dérmica:** muchos agentes químicos penetran por la epidermis por el simple contacto, al perderse la totalidad o parte de los aceites protectores por la acción de los disolventes y penetrar hasta llegar al torrente sanguíneo.

**2.4.3 Vía digestiva:** la ingestión de agentes químicos puede producirse en el aparato digestivo tanto por la dificultad de proteger esa vía como por los malos usos del trabajador.

**2.4.4 Vía parenteral:** es la forma más directa de contaminarse pero también la menos habitual. Es necesaria la existencia de heridas o llagas para que pueda tener lugar una infección de ese tipo.

## 2.5 PRECAUCIONES EN SU MANIPULACIÓN .

Tipo de sustancia química peligrosa	Precauciones en su manipulación
Explosivas	Evitar: choques, fricciones, chispas y el fuego. Son incompatibles los ácidos fuertes, las bases fuertes, los oxidantes fuertes, las aminas y los materiales combustibles.
Comburentes	Evitar todo contacto con los materiales combustibles en general y los inflamables en particular.
Inflamables Fácilmente inflamables Extremadamente inflamables	Trabajar y almacenar lejos de posibles focos de ignición. Son incompatibles con los oxidantes y los explosivos.
Tóxicos Muy tóxicos Nocivos Corrosivos	Evitar el contacto con el cuerpo y la inhalación de sus vapores. Utilizar las protecciones personales y los dispositivos de seguridad adecuados.

Irritantes Sensibilizantes	
Peligrosos para el medio ambiente	No eliminar estas sustancias al medio ambiente.

## 2.7- Pictogramas .

El procedimiento establecido por la normativa europea con el fin de obtener una rápida identificación de los riesgos que tendrán los usuarios es que una vez conocida la peligrosidad de una sustancia se le asigna el correspondiente pictograma o símbolo identificador del riesgo, que figurara en el envase correspondiente.

### 2.7.1 Envasado, etiquetado e indicadores de peligro.

La característica de los envases serán tales que solo podrán comercializarse los productos químicos peligrosos cuyos envases cumplan los siguientes requisitos:

1. Que estén diseñados y fabricados de manera que no se han posibles las perdidas del contenido.
2. Que los materiales con los que estén fabricados los envases y los cierres no se han atacantes por el contenido, y tan po co formen con él combinaciones nocivas y peligrosas.
3. Los envases y los cierres habrán de ser fuertes en todas sus partes y sólidos con el fin de impedir aflojamientos y que respondan de manera fiable a las exigencias normales de mantenimiento.

4. Los recipientes con un sistema de cierre reutilizable habrán de estar diseñados de manera que puedan cerrarse varias veces y sin pérdida de su contenido.
5. Los recipientes con capacidades igual o inferior a tres litros, cuando contengan determinadas sustancias químicas peligrosas, Irán provistos de cierres de seguridad para niños.
6. Los recipientes con capacidad igual o inferior a un litro que contengan líquidos muy tóxicos, tóxicos o corrosivos destinados a uso domestico llevaran una indicación de peligro detectable al ta cto.

### 2.7.2- Etiquetado.

Las características del etiquetado para que cumplan la normativa son:

1. La etiqueta debe ir fijada solidamente en una o varias caras del envase, de manera que las indicaciones puedan leerse posado de manera normal.
2. Las dimensiones de la etiqueta serán proporcionales a la capacidad del envase.
3. La etiqueta debe ir adherida en toda la superficie al envase que contenga directamente la sustancia peligrosa.
4. El color y presentación de la etiqueta será tal que el símbolo de peligro o pictograma sea de color negro sobre un fondo naranja-rojizo, para que destaque claramente.
5. La etiqueta deberá estar redactada en la lengua oficial del país de destino.
6. Están prohibidas frases que puedan dar lugar a equívocos, por ejemplo: no tóxico, inocua, etc. Hay excepciones en cuanto a la

obligación del etiquetado, alguna de ellas muy conocidas como la bombona de butano.

### 2.7.3- Contenido del etiquetado.

Todos los envases de sustancias químicas peligrosas deberán tener una etiqueta en la que se informe de los siguientes términos:

1. Nombre de la sustancia.
2. Fórmula química de la sustancia (nomenclatura I.U.P.A.C.)
3. Nombre, dirección y teléfono del fabricante, distribuidor o importador.
4. Símbolos de peligro (pictogramas)
5. Indicadores de peligro: Frases R (riesgos específicos) y frases S (consejos de prudencia)
6. Número de la C.E.
7. Indicación "Etiqueta C.E.E."

En la etiqueta figurara el símbolo o los símbolos de peligro (cuando hayan sido asignados). Estos pictogramas deberán ir impresos en negro sobre un fondo amarillo o anaranjado. Deberán ocupar por los menos la décima parte de la superficie de la etiqueta no siendo en ningún caso inferior a  $1\text{cm}^2$ . Cuando la superficie de la etiqueta lleve mas de un pictograma se seguirán las siguientes reglas:

1. La obligación de poner el símbolo "T" convierte en facultativo los símbolos "X" y "C", salvo disposición contraria.
2. La obligación de poner el símbolo "C" convierte en facultativo el símbolo "X".

3. La obligación de poner el símbolo “E” convierte en facultativo los símbolos “F” y “O”.

Los indicadores de peligro asignados a la sustancia también deben aparecer en la etiqueta. Así existen unas frases que nos describen la peligrosidad de esa sustancia, como son:

- Las frases R, que nos indican los riesgos específicos derivados de los peligros y se denotan por una serie de números precedida de la letra R. Los números se separan bien mediante un guión horizontal (-) o bien por una barra inclinada (/). El guión horizontal indica que las afirmaciones son independientes y la barra inclinada que una afirmación combinada en una única frase de los riesgos especiales.

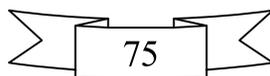
- Las frases S, nos indican consejos de prudencia en relación con esa sustancia. Se denotan mediante una serie de números precedidos por la letra S que indican las precauciones de seguridad recomendadas. También pueden aparecer sus números separados mediante (-) o una (/) cuyo significado es el mismo que para las frases R.

Ejemplos:

S<sub>1</sub>- consérvense bajo llave

S<sub>2</sub>- Mantener fuera del alcance de los niños

S<sub>45</sub>- En caso de accidente o malestar acudir inmediatamente al médico.



Estos ejemplos son todos obligatorios para todas las sustancias muy tóxicas, tóxicas o corrosivas.

S<sub>2</sub> y S<sub>45</sub> en caso de ingestión acudir inmediatamente al médico, estas dos son obligatorias para todas las demás sustancias que no hayan sido clasificadas únicamente como peligrosas para el medio ambiente.

R<sub>36</sub>- Irrita los ojos

R<sub>32</sub>- Irrita las vías respiratorias

R<sub>35</sub>- Irrita la piel

R<sub>45</sub>- Puede causar cáncer

R<sub>64</sub>- Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna

En la etiqueta también debe constar el número C.E. en caso de estar asignado. Este número se obtendrá a partir del EINECS (inventario europeo de sustancias químicas comercializadas) o bien del ELINCS (inventario europeo de sustancias químicas notificadas)

Las sustancias peligrosas incluidas en el EINECS tienen asignado un número de siete dígitos xxx-xxx-x comenzando por el número 200-001-8. El número de una sustancia peligrosa incluida en el ELINCS consta de siete dígitos xxx-xxx-x comenzado por el número 400-010-9.

La diferencia entre ambos inventarios es que el ELINCS contiene las sustancias que han sido notificadas con conformidad a la normativa vigente en España y en la comunidad europea.

También se pueden incluir el número C.A.S. (chemical abstracts service) para facilitar la identificación de las sustancias.

Excepciones a estos requisitos de envasado y etiquetado serán para los envases muy pequeños que contengan cantidades muy reducidas de sustancia. Siempre que previamente se ponga en conocimiento de la autoridad competente sesenta días antes de su comercialización. Por ejemplo el Tipex.

## 2.8 AGENTES BIOLÓGICOS PELIGROSOS QUE AFECTAN LA SALUD HUMANA

El R.D. 664/1997 del 12 de mayo, define a los agentes biológicos como: “los microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad”

Exclusivamente se trata como agente biológico peligroso aquel capaz de causar alteración en la salud humana, y se clasifican según sus características en los siguientes grupos:

1. **Virus:** son la forma más simple de vida. Para reproducirse deben penetrar en algún ser vivo. Por ejemplo: la rabia.
2. **Bacterias:** organismos más complejos que los virus y que a diferencia de ellos pueden vivir fuera de un ser vivo. Por ejemplo: tétanos
3. **Protozoos:** organismos unicelulares con ciclo vital complejo, que necesitan de varios receptores para completar su desarrollo. Ejemplo: amebiasis y toxoplasmosis

4. **Hongos:** son formas de vida de carácter vegetal cuyo hábitat natural es el suelo, pero se pueden convertir en parásitos de animales y vegetales. Ejemplo: la candidiasis.
5. **Gusanos parásitos:** son organismos animales que penetran en el ser humano por diferentes vías y que en algunos seres viven temporalmente, inoculando toxinas, producen alergias respiratorias y de contacto.

Las personas que tienen mayor riesgo de contraer una enfermedad, derivada del contacto con un agente biológico son los que tienen contacto con animales o productos de origen animal, los que trabajan en laboratorios biológicos o clínicos, o los que trabajan en el sector sanitario.

#### 2.8.1- VÍAS DE PENETRACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS.

- Vías dérmicas: a través de la piel.
- Vía parenteral: a través de las heridas.
- Vía respiratoria: a través de la nariz y la boca (son inhalados o por ingestión)
- Vía digestiva: a través de la boca y el sistema digestivo.

## 2.9 DIAGNOSTICO GENERAL TOXICOLOGICO DE LA MOJANA

Esta sección trata de compilar la información recolectada en diversas fuentes en relación con la Problemática Ambiental y Toxicológica de la Zona de la Mojana, haciendo énfasis en el mercurio, proveniente este metal pesado de los residuos sólidos generados por las explotaciones mineras en la jurisdicción del departamento de Antioquia.

### 2.9.1 La contaminación con mercurio.

**2.9.1.1 Mercurio en aguas y sedimentos.** Los niveles de mercurio en agua y sedimentos han sido evaluados en diferentes cuerpos de agua de la Mojana incluyendo ríos, caños y ciénagas. Uno de los sitios con mayor contaminación por mercurio es el Río San Jorge, aguas abajo a la desembocadura del brazo Mojana. En este sitio han sido detectadas concentraciones de hasta 1.4 µg Hg/g sedimento (CORPOICA-ICA-UNIANDES, 1996).

En un estudio realizado por la Universidad de los Andes, Corpoica y Corpomojana (1999), con el objeto de desarrollar un “modelo matemático para el estudio del ciclo del mercurio en la región de la Mojana”, fueron medidos los niveles de mercurio total en aguas y sedimentos en diferentes cuerpos de agua. La investigación sugiere que existe una tendencia al incremento en los niveles de mercurio en aguas, en particular en el Caño Mojana y en el Río San Jorge. En el Río San Jorge, por ejemplo, a la altura de la Hacienda Lorenzana (8°26'15"N, 75°5'161"W), los niveles pasaron de 2.4 ng/L en 1995 a 22.1 y 32.9 ng/L en 1997 y 1999, respectivamente. En el Caño Mojana (9°01'587"N, 74°45'920"W), por su parte, las concentraciones cambiaron de 1.7 µg/L en 1997 a 49.8 µg/L en 1999. En cuanto a los sedimentos, para las

mismas coordenadas en el Río San Jorge, se pasó de 74.08  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en 1997 a 156.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en 1999, y en el Caño Mojana de 61 a 35.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . En términos generales y en virtud de la falta de estadísticos, estos datos no son suficientes para establecer tendencias o desarrollar modelos matemáticos del ciclo del mercurio en la región. Una aproximación a la dinámica del mercurio en el ecosistema en cuestión debe incluir un mayor número de años monitoreados y suficientes réplicas que permitan determinar la variabilidad estacional (época de lluvia y época seca) y por sitio de muestreo, además de mediciones atmosféricas de mercurio.

En otro estudio, también liderado por la Universidad de los Andes-Corpoica e ICA (1996), fueron reportados niveles de mercurio para 29 sitios de muestreo en la región de la Mojana.

De acuerdo con los resultados, a la desembocadura del brazo Mojana, sobre el río Cauca, fue encontrada una concentración de 900  $\mu\text{g}/\text{L}$  de mercurio en aguas, mientras que en las otras estaciones ese valor estuvo alrededor de 1  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Los autores explican este hecho presumiendo la existencia de un cono de deyección donde el caño deposita sus sedimentos.

No obstante, la concentración de mercurio en sedimentos fue de solo 7796.7  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . Esta observación no concuerda con la relación mercurio en sedimento/mercurio en agua para las otras estaciones de muestreo, las cuales pueden alcanzar hasta tres órdenes de magnitud.

En síntesis, de acuerdo con lo expuesto, la dinámica del mercurio en aguas y sedimentos de la región de la Mojana es compleja y como tal su caracterización requiere un monitoreo permanente a diferentes niveles cronológicos y geográficos. .

**2.9.1.2 Mercurio en macrófitas.** Entre las plantas acuáticas de mayor

cobertura en diferentes ecosistemas de agua dulce en Colombia está el Buchón de agua (*Eichornia crassipes*). La región de la Mojana y su zona de influencia no son la excepción y por tanto los estudios reportados en macrófitas de estos ecosistemas se refieren en su mayoría al buchón. En el Río Cauca, en la zona de Margento fueron detectadas concentraciones de hasta 2.5 µg/g (Corpoica/INAT, 1998). En la localidad de Caimito, los buchones presentaron niveles de mercurio entre 0.219-0.277 µg Hg/g, peso seco (Olivero y Johnson, 2002). Es claro entonces que existen variaciones geográficas importantes en los niveles de mercurio en macrófitas en esta región.

**2.9.1.3 Mercurio en pescados.** El mayor número de reportes relacionados con contaminación mercurial en la Mojana y su zona de influencia corresponde a estudios en Peces. A continuación aparece descritos los principales hallazgos para el Sur de Bolívar, Bajo Magdalena, Norte de Antioquia y la Mojana.

**2.9.1.3.1 Mercurio en pescados del Sur de Bolívar.** En esta zona de Colombia aparecen reportes para las ciénagas Grande de Achí (8°19'-8°22' N y 74°29'-74°32' O) y la Ciénaga de Simití (7°56'-8°1'N y 73°55'-73°58'O). La ciénaga Grande de Achí hace parte de la cuenca del Río Cauca, subcuenca del Río Caribona, en donde la explotación aurífera es extensiva y emplea maquinaria pesada para remover gran cantidad de material rocoso incorporándolo a los ecosistemas circundantes. Por su parte, la Ciénaga de Simití está localizada sobre el Río Magdalena y aunque no existen asentamientos mineros en su periferia, los manantiales que la alimentan son utilizados para verter residuos mineros generados en la Serranía de San Lucas.

En la Ciénaga Grande de Achí, las especies Mojarra Amarilla, Moncholo y Doncella poseen concentraciones de mercurio superiores al límite máximo

internacional aceptado para especies de consumo humano de 0.5  $\mu\text{g}$  Hg/g (WHO, 1991). Por su parte, las especies de peces muestreadas en la Ciénaga Simití presentaron concentraciones de mercurio inferiores a las observadas en Ciénaga Grande de Achí. No obstante, algunas especies mostraron valores promedio cercanos al límite máximo internacional (0.5  $\mu\text{g}/\text{g}$ ). En términos comparativos no se observaron diferencias en el contenido de mercurio para las especies monitoreadas en época de lluvia o verano, pero si hubo diferencias significativas entre el contenido de mercurio observado para los carnívoros Blanquillo y Moncholo con respecto al Bocachico durante el segundo período de muestreo.

Los datos de mercurio en las especies carnívoras presentes en la Ciénaga Grande de Achí son similares a los reportados para diferentes zonas mineras de Brasil en donde la minería del oro ha generado un gran impacto ambiental (Palheta y Taylor, 1995; Nriagu *et al.*, 1992; Boischio y Henshel, 1996; Bidone *et al.*, 1997). La concentración promedio de mercurio observada en el Moncholo de la ciénaga Grande de Achí es aproximadamente 50% superior a la encontrada en la misma especie en el campo de minería aurífera de Gurupi, Brasil (Palheta y Taylor, 1995).

A pesar de que los niveles de mercurio encontrados en peces de la Ciénaga Simití son menores a los de la Ciénaga Grande de Achí, lo cual resulta evidente por la mayor actividad minera existente en la cuenca del río Caribona, son evidentes las diferencias entre las especies carnívoras y las fitoplanctónicas lo cual sugiere que en ambas ciénagas el mercurio se está biomagnificando en la cadena trófica.

El Bocachico presentó los más bajos niveles de mercurio para las tres ciénagas en estudio. Para el número de especímenes analizados (5), fue posible

observar una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de mercurio y la longitud del Bocachico, lo cual podría presumir la existencia de un proceso de bioacumulación directa del metal en la Ciénaga Grande de Achí en Verano.

**2.9.1.3.2 Mercurio en pescados del Bajo Magdalena y Cauca.** Esta zona geográfica comprende básicamente desde el Sur de Bolívar hasta la desembocadura del Río Magdalena en la Costa Atlántica Colombiana. Un estudio cofinanciado por CorMagdalena y la Gobernación de Bolívar, y ejecutado por la Universidad de Cartagena, permitió el análisis de mercurio en 412 especímenes pertenecientes a 11 géneros de pescado, las cuales fueron obtenidos de once ciénagas incluyendo tanto especies fitoplanctónicas como carnívoras.

Un resumen de los niveles de mercurio para tres especies representativas de pescados del Bajo Magdalena y Cauca aparecen en la Figura 1.

Las concentraciones de mercurio más bajas fueron detectadas en los peces fitoplanctónicos (promedio de  $0.045 \mu\text{g Hg/g}$ ), seguido por los peces detritívoros (promedio  $0.12 \mu\text{g Hg/g}$ ) y carnívoros (promedio de  $0.24 \mu\text{g Hg/g}$ ), observándose diferencias estadísticamente significativas entre especies de diferentes nivel trófico. Entre las especies carnívoras, el rango de concentraciones osciló entre  $0.030$ - $1.060 \mu\text{g Hg/g}$ , lo cual indica que varias especies, particularmente en la ciénaga Grande de Achí, en el Río Caribona, superan el límite máximo de mercurio en pescado para consumo humano de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud ( $0.5 \mu\text{g Hg/g}$ ). Es claro entonces, que las especies carnívoras como el Moncholo, el Bagre, el Blanquillo, la Mojarra y la Pacora, entre otras, ofrecen un riesgo importante de ingestión de mercurio al ser consumidas por los humanos, en particular entre aquellas familias cuya única fuente de proteínas la constituye el consumo de

pescado.

Una observación muy interesante en este trabajo fue la detección de fenómenos de biomagnificación en dos ciénagas del Sur de Bolívar (Grande de Achí, y Garrapata) y dos del Canal del Dique (Palotal y la Cruz), aproximadamente 300 kilómetros aguas abajo. Las ciénagas Grande de Achí y Garrapata, están ubicadas en cercanías de la zona minera del Sur de Bolívar y reciben influencia directa de la explotación aurífera del Río Caribona. Altos niveles de mercurio en la Ciénaga Grande Achí habían sido reportados con anterioridad (Olivero *et al.*, 1998), sugiriendo que la contaminación es permanente.

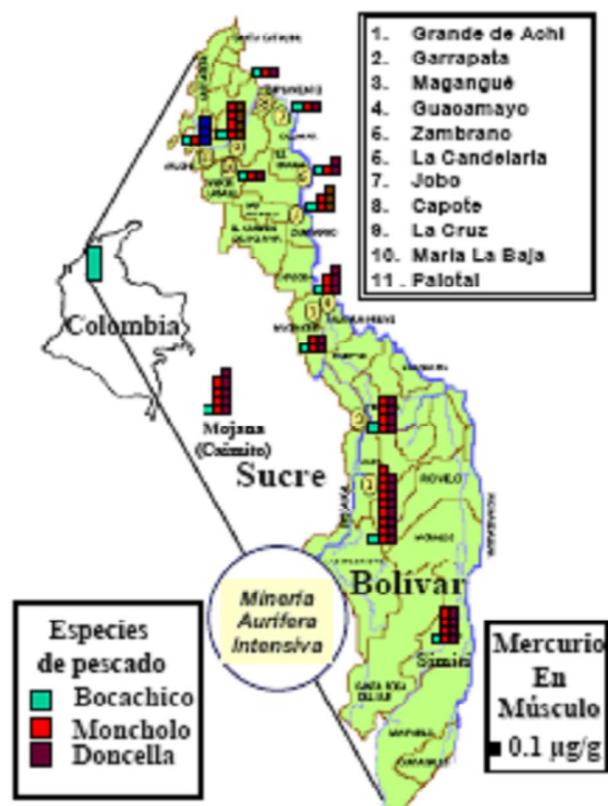


Figura 1. Niveles de mercurio en músculo de pescados del Bajo Magdalena

2.9.1.3.3 Mercurio en pescados de la Mojana. Diversos estudios en relación con contaminación mercurial han sido desarrollados en la zona de la Mojana. Análisis de mercurio en pescados y otros componentes de la cadena trófica de los ecosistemas aledaños al municipio de Caimito (8°46'-8°48'-N and 75°6'-75°8' O), sobre la cuenca del Río San Jorge, aparecen en la Figura 2.

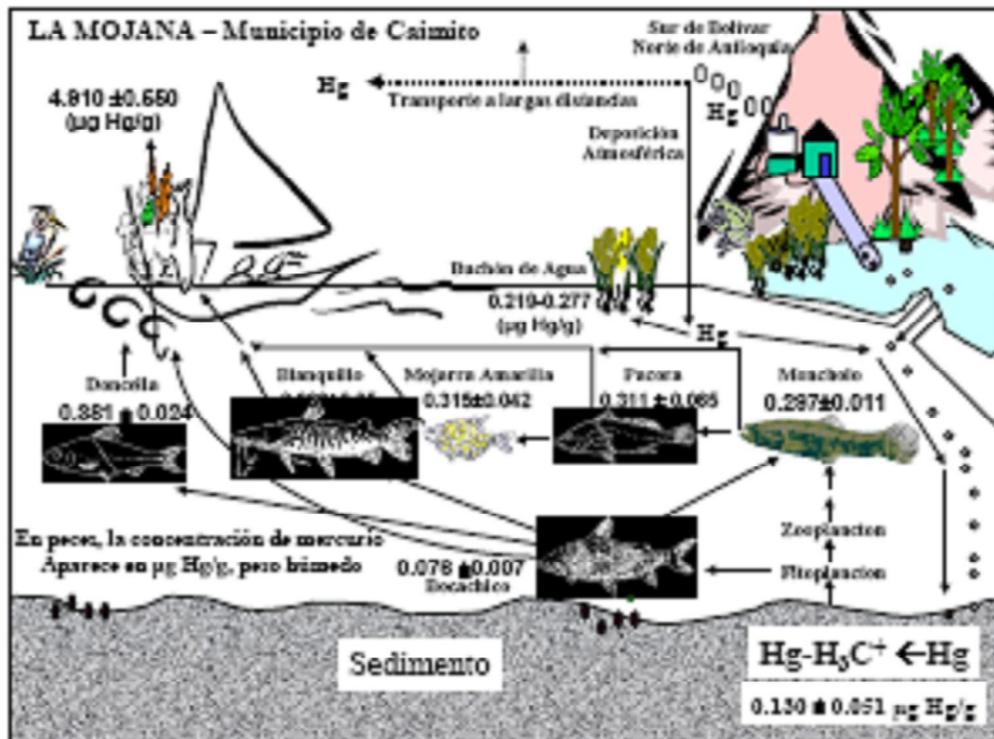


Figura 2. Distribución de mercurio en pescados y otras muestras

## ambientales del Municipio de Caimito, Departamento de Sucre

Estos datos, los cuales han sido publicados en el libro “El Lado Gris de la Minería del Oro: La Contaminación con Mercurio en el Norte de Colombia” (Olivero y Johnson, 2002), sugieren la presencia de procesos de biomagnificación en las diferentes especies de pescados de Caimito. Las concentraciones más bajas y altas de mercurio en músculo fueron encontradas en el Bocachico y la Doncella, respectivamente. En general, la concentración de mercurio en especies carnívoras fue alrededor de cuatro veces superior a las encontradas en el Bocachico, especie fitoplanctónica.

Es de importancia señalar que Caimito está al Sur-Occidente de la Mojana en donde los niveles de contaminación de las aguas, en comparación con la desembocadura del Caño Mojana en el San Jorge, son bajos. Por lo anterior, la situación en otras zonas de esta región puede presentar un perfil de contaminación diferente.

**2.9.1.4 Mercurio en Humanos.** Aunque existe un cúmulo importante de información relacionada con los niveles de mercurio en pescados, son pocas las investigaciones en las cuales hayan sido evaluados los niveles de mercurio en humanos.

Es claro que en Colombia, nuestras culturas indígenas pre-hispánicas estaban expuestas a muy bajas concentraciones de mercurio ambiental y no lo empleaban en actividades metalúrgicas, de acuerdo con un estudio publicado recientemente en donde son reportados los niveles de mercurio en cabello de dos momias humanas de los siglos XII y XIV D.C (Idrovo *et al.*, 2002).

En épocas recientes, el escenario es ostensiblemente diferente. En 1995, aparece el primer artículo indexado en relación con niveles de mercurio en habitantes del Sur de Bolívar (Olivero *et al.*, 1995). Los resultados mostraron que en esta zona minera, los niveles de mercurio en cabello aparecen discriminados de acuerdo con la ocupación de las personas, disminuyendo en el orden:

Pescadores>Mineros>personas con otras ocupaciones.

Esta tendencia está directamente relacionada con la actividad socioeconómica que genera la fuente de alimentos para las familias. De esta forma, los pescadores, por ser el grupo con mayor consumo de pescado, presentan los niveles de mercurio en cabello más altos, tal asociación es corroborada estadísticamente en dicho reporte.

Recientemente, Olivero *et al.* (2002), reportan concentraciones de mercurio en cabello de habitantes de la Mojana, en particular del Municipio de Caimito. Las concentraciones de mercurio encontradas en los habitantes de Caimito son similares a las encontradas en personas del Sur de Bolívar (Olivero *et al.*, 1995), pero mayores a las reportadas para el Canal del Dique, ubicado 300 kilómetros al norte de la zona minera del Sur de Bolívar.

Con el objeto de comparar las concentraciones de mercurio reportadas en Colombia con relación a las publicadas en otros países, en la Figura 3 son ordenados de mayor a menor, los niveles de mercurio en cabello para los siguientes países: Brasil (Leino y Lodenius, 1995; Barbosa *et al.*, 1997; Malm *et al.*, 1995; Lebel *et al.*, 1998; Akagi *et al.*, 1994; Harada *et al.*, 2001; Kehrig *et al.*, 1998; Nilson *et al.*, 2001), Japón (Akagi *et al.*, 1998; Harada *et al.*, 1998; Feng *et al.*, 1998; Nakagawa, 1995), Nueva Guinea (Abe *et al.*, 1995), Portugal

(Renzoni *et al.*, 1998), China (Dickman y Leung, 1998; Dickman *et al.*, 1998), Canadá (Muckle *et al.*, 2001; Kosatsky *et al.*, 1999), Filipinas (Appleton *et al.*, 1999; Drasch *et al.*, 2001), Guyana Francesa (Cordier *et al.*, 2002; Cordier *et al.*, 1998; Frery *et al.*, 2001), Colombia (Olivero *et al.*, 1995, 2002), Indonesia (Feng *et al.*, 1998), Tanzania (Ikingura y Akagi, 1996; Van Straaten, 2000), España (Batista *et al.*, 1996), Bangladesh (Holsbeek *et al.*, 1996) y Alemania (Gebel *et al.*, 1998).

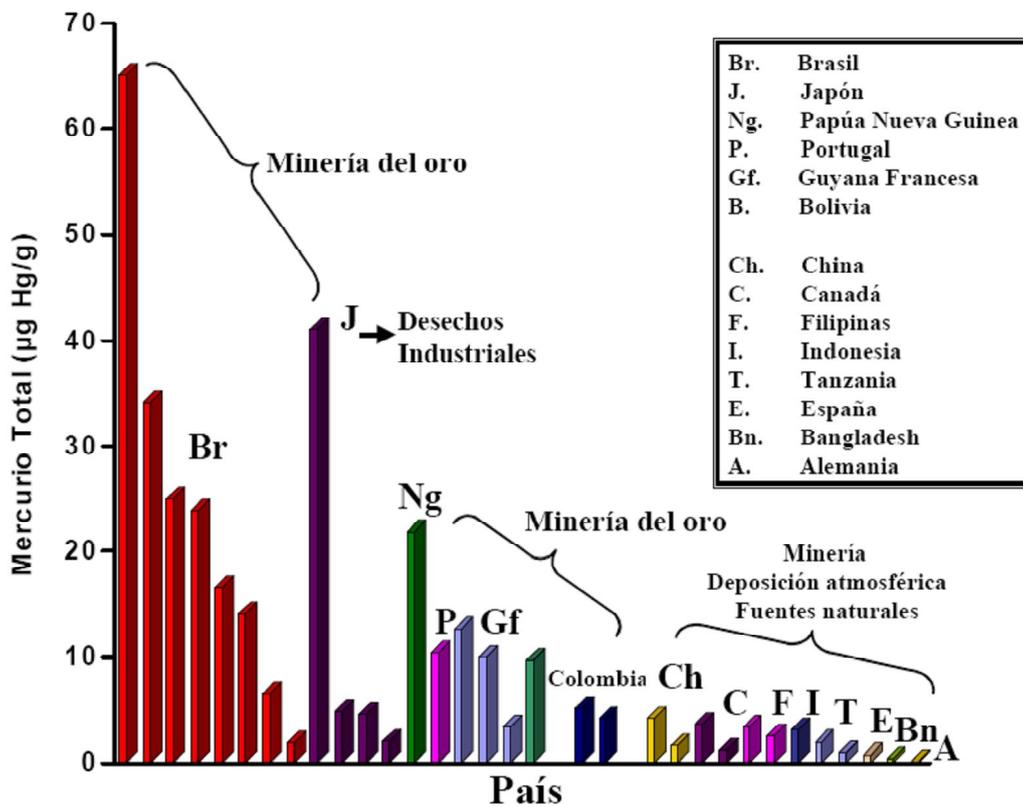


Figura 3. Mercurio en cabello de personas de diferentes países del mundo.

En esta gráfica comparativa es posible detectar que Brasil es el país

con mayor contaminación por mercurio en el Mundo, precisamente proveniente de la explotación artesanal del oro. Colombia aparece en el centro de la Gráfica, lo cual indica que aunque los niveles encontrados hasta ahora no son tan altos como los reportados en Brasil o Japón, nuestra posición como país aurífero puede colocarnos en una situación de alerta frente a procesos de contaminación masiva con mercurio, de gran impacto para la salud de nuestros habitantes.

Un aspecto socio-cultural de particular importancia en Salud Pública lo constituye la falta de conocimiento de los factores de riesgo asociados con el consumo de agua cruda. Durante las faenas de pesca, los pescadores de la zona de la Mojana beben el agua directamente de las ciénagas. Este hecho podría traer consecuencias importantes en los procesos de acumulación mercurial en las personas. De acuerdo con Olivero y Johnson (2002), es posible que los parásitos intestinales estén ejerciendo algún papel importante en la absorción de mercurio en habitantes de la Mojana, dado que existe una correlación entre el contenido de mercurio en cabello y la frecuencia de tós y malestares estomacales, signos clínicos frecuentemente asociados con parásitos intestinales, en particular infecciones por *Ascaris* (Hlaing *et al.*, 1990).

**2.9.1.5 Evaluación de riesgo toxicológico por consumo de pescado contaminado con mercurio en el Norte de Colombia.** Uno de los problemas asociados con el consumo de pescado contaminado con mercurio es determinar la cantidad del mismo que puede ser consumido con el menor riesgo de toxicidad por este metal.

La organización mundial de la salud (WHO, 1991) ha fijado un valor de 0.5  $\mu\text{g}$  Hg/g como contenido máximo de mercurio que deben tener los peces para consumo humano. No obstante lo anterior, la existencia de un nivel de mercurio en peces catalogado como seguro, no garantiza la inocuidad de este alimento porque la incorporación de mercurio depende tanto de la ingesta diaria de pescado como del contenido de mercurio en el mismo. En este sentido, el valor límite provisional propuesto para consumo tolerable semanal de mercurio es de 300  $\mu\text{g}$  (Galal, 1993).

En la región de la Mojana, particularmente en el municipio de Caimito, el pescado de mayor consumo es el Bocachico (Figura 4), el cual de acuerdo con lo expuesto anteriormente, posee los niveles más bajos del metal entre las especies estudiadas.

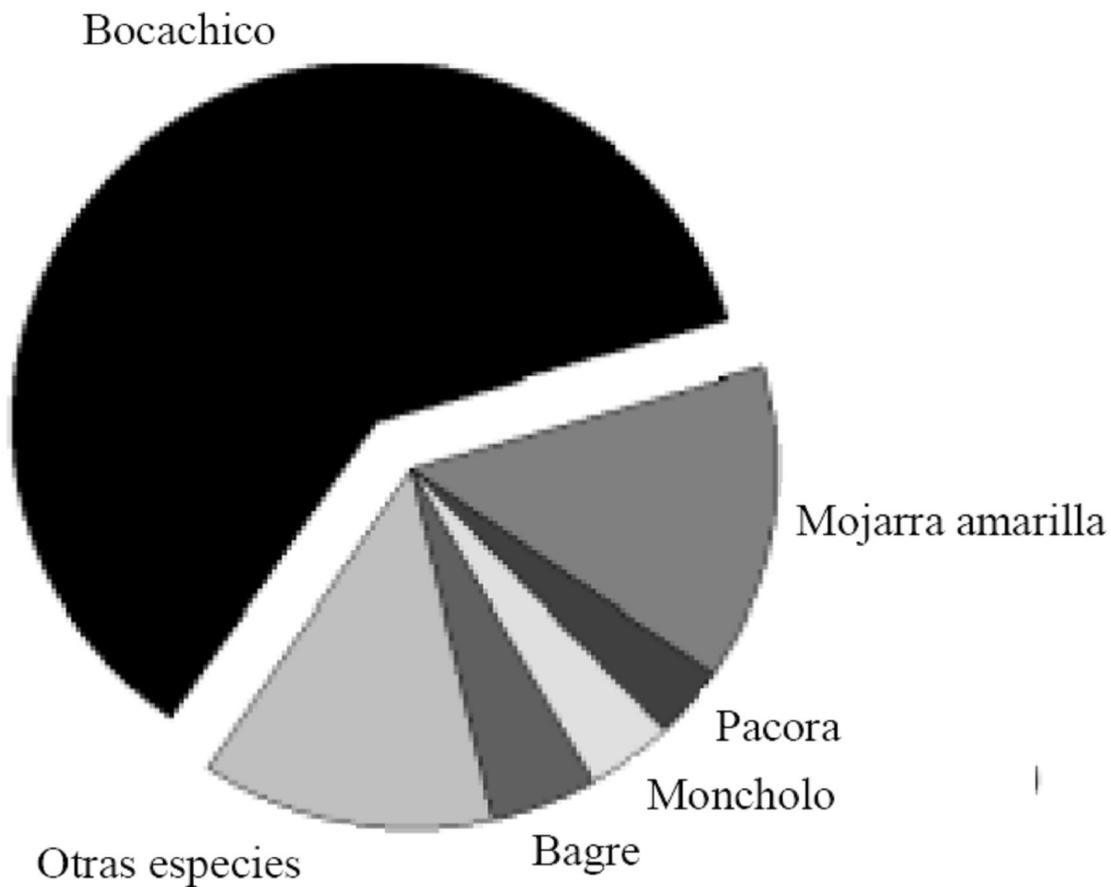


Figura 4. Pescados de mayor consumo en la localidad de Caimito.

De acuerdo con lo anterior, el consumo de una porción diaria (100 gramos) de Bagre o Moncholo en la ciénaga Grande de Achí, resultaría en la ingesta de  $100 \times 0.5 \times 7 = 350 \mu\text{g}$  de mercurio, muy por encima del límite propuesto para consumo semanal de mercurio. Este hecho pone de manifiesto el riesgo de intoxicación por mercurio en los habitantes de la zona minera del Sur de Bolívar, particularmente pescadores, cuya dieta principal la constituye el pescado.

En la Mojana, el moncholo posee un promedio de  $0.3 \mu\text{g}$  de Hg/g, lo cual, con el consumo de 150 gramos diarios, aproximadamente una porción de pescado,

significaría una ingesta de  $150 \times 0.3 \times 7 = 315 \mu\text{g}$  de mercurio, también por encima de lo que podría ser tolerado sin aparición de síntomas de intoxicación.

Desde el punto de vista epidemiológico es de vital importancia determinar el valor del índice de riesgo toxicológico (H) para el mercurio (Kannan *et al.*, 1998). Este índice es definido como la relación entre la dosis diaria de consumo del químico (D) y la cantidad diaria que un químico puede ser ingerido sin que aparezcan riesgos de intoxicación a lo largo de su vida, conocida como “Dosis de Referencia” (RfD).

La dosis diaria de consumo puede ser calculada empleando la fórmula:  $D = C \times I/W \times 1000$ , donde C es la concentración promedio de mercurio en pescado, W es el peso promedio de un adulto normal (70 kg), I es el consumo diario de pescado (gramos/día). Si el valor de H es menor de 1, entonces esperamos que no ocurran efectos toxicológicos con el consumo de pescado.

Por el contrario, si es superior a 1, la población consumidora puede estar desarrollando o empezar a experimentar síntomas de contaminación mercurial.

Para realizar este ejercicio son tomados tres posibles consumos diarios de pescado: 50, 100 y 200 gramos y tomando los valores máximo y promedio de mercurio encontrado en peces de Caimito. El valor de RfD de acuerdo con la EPA de los Estados Unidos es 0.0003 mg de mercurio por kilogramo de peso corporal por día. Los resultados aparecen en la siguiente Tabla.

Consumo de Pescado (g/día)	Índice de Riesgo Toxicológico (H)	
	Basado en la concentración de mercurio promedio encontrada en pescado (Olivero y Johnson, 2002) (0.247 µg Hg/g)	Basado en la más alta concentración de mercurio encontrada en pescado (Olivero y Johnson, 2002) (0.561 µg Hg/g)
50	0.59	1.3
100	1.2	2.7
250	2.9	6.7

De acuerdo con la Tabla anterior, sólo el consumo de 50 gramos diarios de pescado (incluyendo tanto Bocachico como especies carnívoras) no ofrece un riesgo toxicológico por mercurio. No obstante, el consumo de la misma cantidad de un pescado carnívoro, por ejemplo Moncholo, Bagre, Blanquillo, Pacora, Mojarra Amarilla o Doncella, constituye un riesgo de intoxicación por el metal. La magnitud del problema queda evidenciado cuando recordamos que una sola comida con pescado puede incluir entre dos-cuatro Arencas, peces de tamaño pequeño (15-20 cm de longitud), cada uno de los cuales pesa en promedio alrededor de 100 gramos.

Por lo anterior, es evidente que el consumo de pescado en la Mojana constituye un riesgo de intoxicación por mercurio.

En otras palabras, los consumidores pueden desarrollar durante su vida, los síntomas neurológicos asociados con la intoxicación por este metal.

Una pregunta resultante del análisis anterior sería entonces: “El consumo de pescado contaminado con mercurio en Colombia está afectando a la población?”. Existe evidencia “preliminar” que sugiere una respuesta afirmativa.

En 1995, Olivero *et al.*, reportaron que los habitantes del Sur de Bolívar presentan síntomas de intoxicación mercurial tales como temblores en las manos, alteraciones neurológicas y problemas de visión entre otros.

De otra parte, el único reporte en el que han sido evaluados cambios neurológicos en los mineros expuestos a mercurio elemental fue realizado en el municipio del Bagre, Antioquia (Tirado *et al.*, 2000). Este estudio revela la existencia de daño intelectual, cambios emocionales, particularmente síntomas de depresión y ansiedad, al igual que alteraciones neurológicas tales como amnesia, insomnio y temblor en la lengua, entre los mineros. Estas manifestaciones no fueron detectadas en el grupo control. Es de importancia mencionar que este grupo de síntomas también ha sido encontrado en una población expuesta a minería aurífera artesanal en el Guainía (Gasca, 2000).

Uno de los efectos de mayor preocupación asociados con la intoxicación por mercurio lo constituye la enfermedad de Minamata congénita, es decir, la aparición de malformaciones en los hijos de madres expuestas.

Aunque no existe evidencia de que este tipo de manifestaciones esté ocurriendo en la zona de la Mojana a consecuencia del mercurio, los niveles contaminantes de este metal encontrados en el ecosistema y en particular en algunas especies de pescado de amplio consumo local, en varios casos muy por encima de las normas internacionales, presuponen un problema serio que apenas puede estar mostrando la punta del iceberg, y que requiere la pronta participación del estado para prevenir un desastre epidemiológico a corto o mediano plazo.

## 2.10 CONCLUSIONES

El análisis general del diagnóstico presentado en la sección anterior permite formular las siguientes Conclusiones Generales relacionadas con la condición ambiental por compuestos tóxicos en la Mojana:

- Existe contaminación **severa** con mercurio en diversos compartimentos bióticos y abióticos del ecosistema de la Mojana y su área de influencia, es decir, Sur de Bolívar y Norte de Antioquia.
- La especie de pescado cuyo consumo supone el menor riesgo de intoxicación por mercurio es el Bocachico. De otra parte, las especies con mayor riesgo incluyen el Bagre pintado, el Moncholo, el Blanquillo, la Doncella, la Mojarra amarilla y la Pacora.
- En promedio, el consumo frecuente de pescado obtenido del ecosistema de la Mojana genera una alta probabilidad de que sus habitantes presenten signos y síntomas de intoxicación por mercurio.
- Hasta la fecha no aparecen reportes en la literatura de efectos neurológicos asociados específicamente con contaminación por metilmercurio en los habitantes de la Mojana. Es decir, no existen datos sobre la magnitud del impacto toxicológico en la población.
- Aunque el ecosistema de la Mojana presenta niveles detectables de varias clases de plaguicidas, no existe información sobre el impacto de estos tóxicos sobre el mismo.

De acuerdo con lo anterior, es necesario desarrollar estrategias que permitan disminuir el riesgo por intoxicación mercurial y plaguicidas producto del consumo de alimentos contaminados con estos contaminantes.

Un análisis DOFA, el cual es mostrado en el Anexo 1, sugiere algunas de las estrategias que en conjunto son fundamentales para lograr superar el problema de contaminación con mercurio y plaguicidas en la Mojana. Resulta evidente del análisis DOFA, que no sólo es fundamental “**detener las emisiones de mercurio**”, sino evaluar el impacto actual sobre la población y evitar que el mismo no sea lo suficientemente severo como para que aparezcan los primeros casos de la Enfermedad de Mina mata en la Mojana. Estas metas deben ser también ser aplicadas a los problemas de contaminación con plaguicidas.

La estrategia propuesta para lograr estas metas consiste en al desarrollo de un **SISTEMA PARTICIPATIVO DE ALERTAS PARA EL MANEJO DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLAGUICIDAS EN LA REGIÓN DE LA MOJANA.**

Esta propuesta ha sido preparada conjuntamente con la Dra. Inés Toro de Corpoica y aparece descrita en el Anexo 2. Es de importancia aclarar que la propuesta presentada en el anexo hace referencia al componente mercurio. La parte de plaguicidas ostenta una alta simetría con el mercurio e involucra básicamente los mismos aspectos.

## 2.11 RECOMENDACIONES

A continuación aparecen listadas una serie de Recomendaciones Generales para el Mejoramiento de la Calidad Ambiental de la Mojana en términos de contaminación por mercurio y plaguicidas. Varias de estas recomendaciones son producto directo del Análisis DOFA (Anexo 1) y en conjunto responden a la necesidad de cambiar el esquema actual de manejo de recursos en la Mojana, hacia un desarrollo sostenible que permita la recuperación de la región y fortalezca la probabilidad de un mejor futuro para las generaciones venideras.

- **Fomentar la creación de una ley de control de importación y comercialización de mercurio y plaguicidas.** La utilización del mercurio en la extracción de oro facilita su incorporación a los ecosistemas y por ende la posibilidad de ser acumulado por los humanos. Esta ley permitiría evitar la importación masiva y sin control del mercurio al país y motivar la implementación y utilización de tecnologías amigables al ambiente para la extracción del oro.
- **Fomentar la creación de una Ley de la República para el control de importación y comercialización de pescado.** La disminución en la producción pesquera Colombiana ha originado una escasez de pescado en el país que está siendo suplida con importaciones masivas, de las cuales no se tiene ningún tipo de conocimiento en cuanto a su calidad toxicológica y microbiológica. En la actualidad el consultor realiza una investigación de los niveles de parásitos en músculo de pescado importado y resultados preliminares indican que los niveles encontrados sobrepasan todas las normas internacionales existentes. Este pescado que entra al país

es considerado de “desecho” porque no es aceptado en Europa o Estados Unidos y por ello es mucho más económico que el local. Lo anterior desestimula la pesca y por ende la protección del recurso.

- **Fomentar la creación de una ley grabando tanto la compra de mercurio como la producción del oro con un impuesto entre el 15-20%.** Estos recursos deben ser destinados **exclusivamente** a investigación tecnológica en minería e impacto ambiental por mercurio en las **Universidades Estatales** de la región.
- **Declarar la zona de la Mojana como Patrimonio Pesquero y de Biodiversidad de Colombia.** Esta declaratoria sacaría del anonimato a la Mojana y serviría de marco para exponer las amenazas a las que está expuesta por parte de las regiones aledañas.
- **Declarar al Bocachico como “Recurso Fundamental” de los Colombianos.** Esta especie posee excelentes propiedades nutritivas y en zonas contaminadas con mercurio es la especie con menor concentración del metal. Su declaración como “Recurso Fundamental” aumentaría el interés por su conservación y preservación.
- Fomentar proyectos de investigación para la producción de alevinos de Bocachico y otras especies endémicas. **La protección del Bocachico garantizará el atraso en la aparición de la enfermedad de Minanata en Colombia.**
- Fortalecer Corpomojana con recursos para monitoreo e investigación, involucrando en la junta directiva a las Universidades Locales, en particular, la Universidad de Sucre, la de Cartagena, la de Córdoba

y la de Antioquia. Esto permitiría focalizar los recursos directamente hacia la solución de problemas involucrando criterios académicos y científicos.

## ANEXO 1

### MATRIZ DOFA DE LA SITUACION AMBIENTAL DE LA MOJANA

La Tabla siguiente muestra la Matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) como consecuencia de los hallazgos y aspectos de mayor importancia relacionados con los aspectos Toxicológicos de la Contaminación con mercurio en la Mojana y su área de influencia. De igual forma, la matriz también presenta la formulación de cuatro tipos de estrategias basadas en la interrelación de las cuatro variables mencionadas anteriormente, resultando estrategias de tipo FO, DO, FA y DA.

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	<p><b>F1.</b> Una de las principales reservas hidrológicas del país.</p> <p><b>F2.</b> Excelentes recursos de biodiversidad.</p> <p><b>F3.</b> Existencia de experiencias reportadas sobre el peligro toxicológico originados por el mercurio y plaguicidas en varios países del mundo.</p>	<p><b>D1.</b> Inadecuadas condiciones sanitarias en la región.</p> <p><b>D2.</b> Pobre o Baja cobertura de servicios públicos</p> <p><b>D3.</b> Falta caracterización de los grupos más expuestos.</p> <p><b>D2.</b> Carencia de programas conservacionistas en la región. <b>D3.</b> Escaso presupuesto para investigación en recursos naturales.</p> <p><b>D4.</b> Ineficiencia administrativa en los servicios de salud y promoción ambiental.</p> <p><b>D5.</b> Ausencia de legislación nacional ambiental relacionada con niveles de tóxicos en organismos para consumo humano.</p> <p><b>D4.</b> Poca divulgación del problema de contaminación con mercurio en la zona y de las herramientas para minimizarlo. <b>D6.</b> Dramática disminución de la producción pesquera.</p> <p><b>D7.</b> Limitaciones culturales en cuanto a uso adecuado del recurso.</p> <p><b>D8.</b> Sobreexplotación del recurso pesquero.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>FO</b>	<b>DO</b>

<p><b>O1.</b> Existencia de nuevas tecnologías que minimizan la utilización de mercurio en la minería del oro.</p>	<p><b>FO1.</b> Declarar la zona de la Mojana Patrimonio Biológico y Pesquero de Colombia (F1, F2, O2).</p>	<p><b>DO1.</b> Desarrollar programas de educación ambiental para la preservación del Bocachico a todos los niveles académicos</p>
--	--	---

<p><b>O2.</b> Promoción del Bocachico como especie con menor contenido de mercurio en la región.</p> <p><b>O3.</b> Acceso a tecnologías para la cuantificación y estudio de los efectos de contaminantes en ecosistemas.</p> <p><b>O4.</b> Utilización de internet para intercambio de experiencias similares con otros países.</p>	<p><b>FO2.</b> Masificar programas de tecnologías amigables en la extracción del oro (F3, O1).</p> <p><b>FO3.</b> Fomentar la creación de una red de monitoreo permanente de mercurio en humanos (F2, F3, O3).</p> <p><b>FO4.</b> Establecer el papel de los diferentes organismos en la contaminación por mercurio y plaguicidas en el ecosistema de la Mojana (F2,F3,O3).</p>	<p>(D4, O2).</p> <p><b>DO2.</b> Institucionalizar los programas de mejoramiento del beneficio del oro (D4, O1)</p> <p><b>DO3.</b> Insistir en la creación de una ley de protección del Recurso Pesquero Nacional (D5, O2).</p>
<b>AMENAZAS</b>		

<p><b>A1.</b> Confluencia de diversos actores de violencia en el marco del conflicto armado Colombiano.</p> <p><b>A2.</b> Importación masiva de recurso pesquero a bajo precio y calidad desconocida.</p> <p><b>A3.</b> Aumento de la actividad minera en las zonas de influencia directa de la Mojana.</p> <p><b>A4.</b> Variaciones climáticas asociadas con el fenómeno del niño.</p>	<p><b>FA1.</b> Impulsar la divulgación de los efectos del consumo de pescado contaminado con mercurio y plaguicidas en la salud humana (F3, A5).</p> <p><b>FA2.</b> Crear nuevas legislaciones para evitar la entrada de pescado importado al país sin ningún criterio de calidad (F1,F2,A2).</p>	<p><b>DA1.</b> Promover la creación de una ley para establecer los criterios de calidad mínimos en cuanto a nivel de contaminantes en pescados para consumo humano (D5, A5).</p> <p><b>DA2.</b> Masificar y aplicar el concepto de desarrollo sostenible en le región empleando los recursos disponibles (D6,D7,D8,A2,A3,A4).</p> <p><b>DA3.</b> Declarar a la Mojana zona de Paz y Laboratorio biológico</p>
--	---	---

## ANEXO 2

### SISTEMA PARTICIPATIVO DE ALERTAS PARA MANEJO DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A MERCURIO Y PLAGUICIDAS EN LA REGION DE LA MOJANA

#### VISION

Habitantes de la Mojana aprovechando recursos naturales nativos para alimentación con la seguridad de no desarrollar intoxicación por mercurio a lo largo de la vida y sin temor de que los descendientes puedan nacer con alteraciones neurológicas o físicas debido a este metal.

#### OBJETIVO GENERAL

Disminuir el riesgo actual de los habitantes de la Mojana y su zona de influencia por exposición a mercurio a través de la utilización sostenible-competitiva de sus recursos.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener un modelo de la dinámica ambiental del mercurio en el ecosistema de la Mojana.
- Evaluar el riesgo de intoxicación mercurial asociado con el consumo de alimentos por los habitantes de la Mojana.

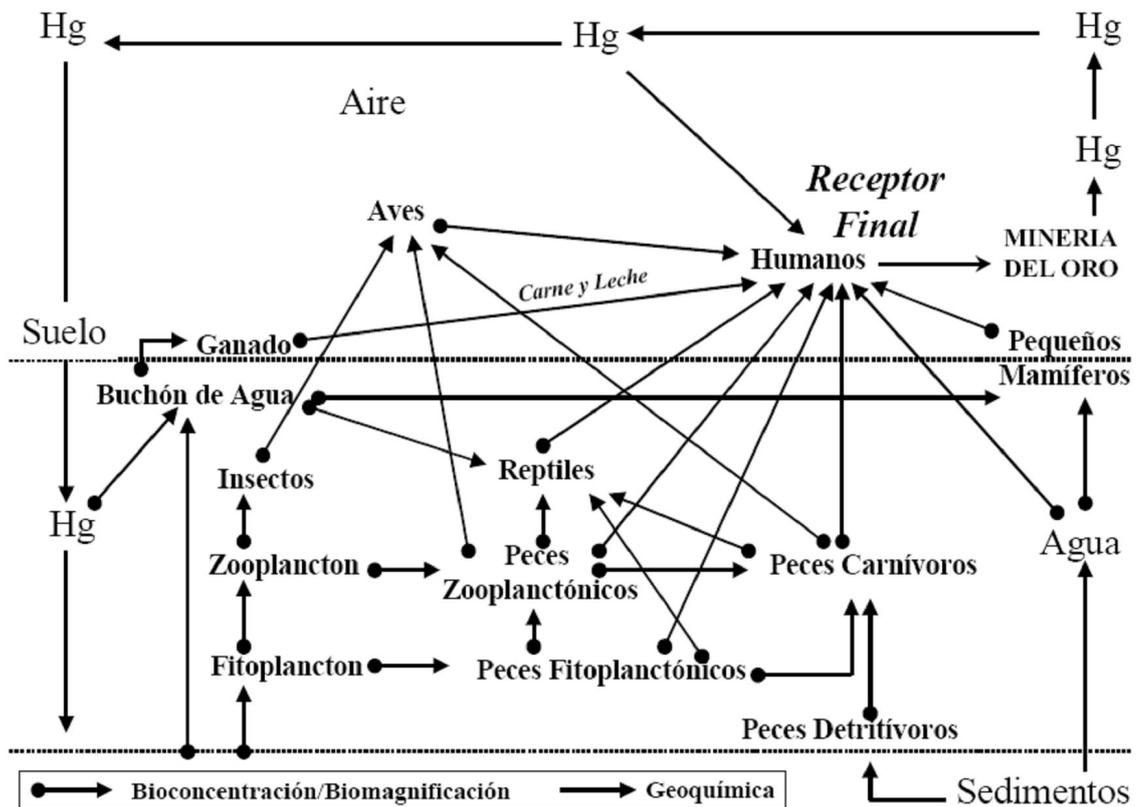
- Establecer el grado de intoxicación mercurial actual de los habitantes de la Mojana, la aparición de efectos producto de la contaminación y los actores de riesgo asociados con la condición socioeconómica, características demográficas y situación laboral. Lo anterior permite identificar oportunamente la aparición de focos de intoxicación por mercurio.
- Realizar un programa de educación ambiental sobre intoxicación mercurial y desarrollo sostenible.

## **ESTRATEGIA PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO GENERAL**

La estrategia para el logro del objetivo general es la siguiente: Poner en operación un sistema de alertas para el manejo actual del riesgo (control y prevención) a humanos y al ambiente originado por la exposición a mercurio.

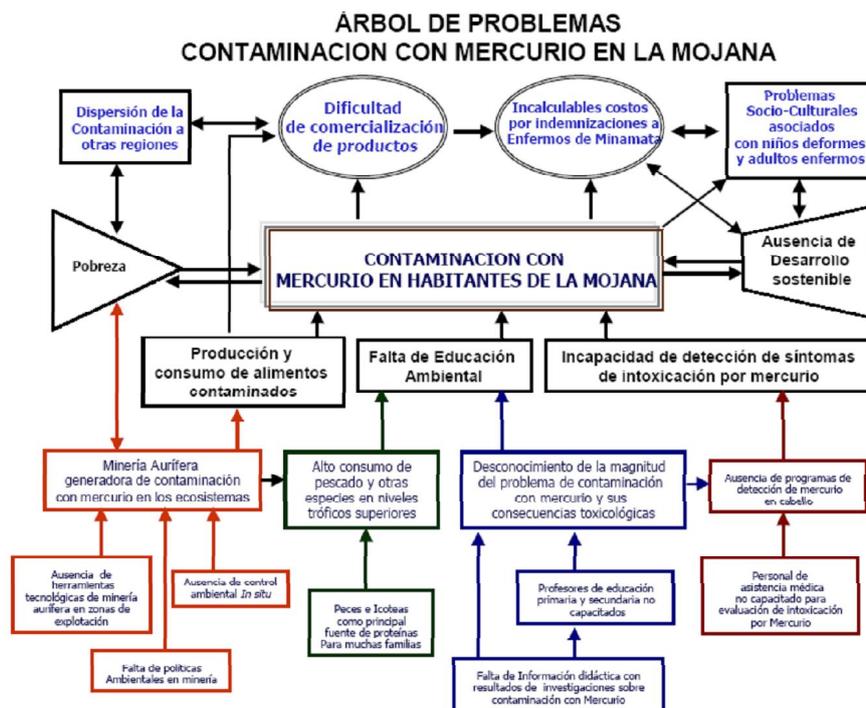
## **JUSTIFICACIÓN**

El mercurio, en particular su forma orgánica es altamente tóxica y la principal fuente de contaminación en los seres humanos es a través del consumo de peces y otros recursos contaminados. En virtud de que la actividad pesquera constituye una de las principales actividades socioeconómicas de los habitantes de la Mojana y el pescado a su vez, su principal fuente de proteínas, el riesgo de acumulación e intoxicación por consumo de pescado es alta. Diversas investigaciones han mostrado que niveles contaminantes de mercurio están presentes en muestras de aguas, sedimentos, macrófitas y peces de la Mojana y que el receptor final de la contaminación son los humanos, tal como aparece en la Figura siguiente:



En el última siglo, el impacto devastador de la acumulación de mercurio en humanos, principalmente por el consumo de alimentos contaminados, ha sido plenamente ilustrado con la Enfermedad de Minamata, quizás, una de las peores tragedias ambientales de todos los tiempos. Los riesgos de la intoxicación masiva por mercurio no sólo son de carácter irreversible en la salud de los intoxicados y sus hijos, sino que además implican incalculables costos por indemnizaciones, que en el caso de Minamata han alcanzado 1400 millones de dólares, evitan el desarrollo sostenible al imposibilitarse la utilización de y comercialización de recursos contaminados, además de generar un deterioro cultural, ligado a la presencia de niños con malformaciones o problemas de aprendizaje en la sociedad, el cual prácticamente no puede ser valorado.

Aunque prevenir la aparición de la enfermedad de Minamata en Colombia requiere del concurso directo del estado y compromiso de todos para cambiar las tecnologías obsoletas de extracción de oro con mercurio, la contaminación existente en la actualidad, aún deteniendo por completo la fuente, es capaz de inducir dicha condición clínica. Por lo anterior, el establecimiento de un sistema de alerta que permita la oportuna identificación de niveles anómalos de mercurio en pobladores de la región, garantizaría una intervención que minimice los riesgos sobre la salud de los mismos o sus descendientes (caso de mujeres embarazadas). Este sistema de alerta requiere no sólo del conocimiento de la dinámica del mercurio en el ecosistema y su acumulación en los humanos a través del consumo de alimentos, sino la adecuada evaluación de la sintomatología y un programa soporte de educación ambiental que permita la socialización de la problemática y el compromiso de todos en enfrentarla.



## BIBLIOGRAFÍA

- CARABALLO, IL,. y PAOLA, A. Diseño del relleno sanitario del municipio de Coveñas. Universidad de Sucre. 2003.
- Ley 430 de 1998. Legislación para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos.
- PINEDA, Samuel. Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos, 1998.
- RAS – 2000. Reglamento técnico agua potable de saneamiento básico . Ministerio de Desarrollo económico. Bogotá. 2000.
- TCHOVANOGLOWS, G. Manual de residuos sólidos . Mc Graw Hill. 1990
- Proyecto de protección integral de aguas subterráneas, CARSUCRE. Revista PPIAS 2005. P. 20 – 23
- OLIVERA, J.T. 2002

Sitios web:

- [www.Minambiente.gov.co](http://www.Minambiente.gov.co)
- [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)