



INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES
DOCENCIA-EVALUACIÓN ACADÉMICA

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DEL TEMA

DATOS PERSONALES	
FECHA:	17 DE JUNIO DEL 2011
APELLIDOS Y NOMBRES:	BONE ORTIZ HUGO LUIS
DIPLOMADO:	GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS Y DESASTRES
PROMOCIÓN:	AÑO 2010
DATOS DE INVESTIGACIÓN PROPUESTA	
1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	
¿EXISTEN IMPACTOS EN LA SALUD DE LOS MORADORES DEL BARRIO PROPICIA I POR LA DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA REFINERÍA ESMERALDAS E INUNDACIONES PROVOCADAS POR EL (RÍO TEOANE)?	
1. CONCEPTOS CLAVES QUE SERÁN ABORDADOS	
Las aguas contaminadas del río Teaone desembocan en el río Esmeraldas, a la altura del barrio Propicia I y de ahí al mar cerca del Puerto Pesquero Artesanal urge un rescate ambiental y social. La idea de esta investigación es la recuperación del río Teaone y estuario del río Esmeraldas, es impulsar la generación de políticas públicas de observación y responsabilidad social que construyan una cultura política de transparencia social en la comunidad.	
2. JUSTIFICACIÓN	
La presente investigación es importante porque trata de la contaminación del río Teaone, que por décadas ha recibido las descargas de la Refinería Estatal de Esmeraldas, aguas servidas lo cual afecta la salud	

humana de los moradores asentados en las orillas del Teaone, de igual forma en la destrucción de la calidad de vida natural de los ecosistemas.

La cuenca de este importante cauce hídrico ha sido testigo de las asentaciones de ciudadelas y barrios de la provincia de Esmeraldas, debido a que en la década de los 70 se construyó la urbanización de Petroindustrial, cuya canalización de las aguas servidas desembocan en el río Teaone, en la época de los 80, 90 y 2000 se crearon las ciudadelas Tolita, La Victoria, Julio Estupiñán, San Rafael y otros sectores populares, cuyos desechos sólidos de aguas servidas continúan canalizadas hacia el río.

Pese a ser considerada la Refinería Estatal de Esmeraldas un complejo industrial de alto riesgo no existe un sistema interno de cámaras de seguridad, que puedan detectar con exactitud los incendios que se produzcan en las diferentes unidades operativas de proceso.

Del análisis de riesgos y desastres en la refinería se determina que las unidades de mayor riesgo son: la unidad de almacenamiento de gas licuado de petróleo, que en caso de que haya una explosión de las esferas cuya capacidad de almacenamiento es de 751m^3 , abarcaría un radio de acción de 8 a 12 km. a la redonda, es decir desaparecerían los barrios aledaños a la refinería, Tolita 1 y Julio Estupiñán, la unidad de setria, donde se almacena nafta, diesel, full oil, gasolina súper y extra, la unidad de FCC, que con la emanación de catalizador hacia el medio ambiente afecta la vida humana, las unidades no catalíticas 1 y 2, las unidades catalíticas 1, 2 y 3, laboratorio, llenaderas, efluentes, bunker y mantenimiento.



INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES
ESCUELA DE GOBIERNO Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

DIPLOMADO SUPERIOR EN:
GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO Y DESASTRE

TEMA:

ESTUDIO DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD DE LOS
MORADORES DEL BARRIO PROPICIA I POR LA DESCARGA
DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA REFINERÍA
ESMERALDAS E INUNDACIONES PROVOCADAS POR EL
RÍO TEAONE

ESTUDIANTE: BONE ORTIZ HUGO

DR. BRITO JOSÉ
TUTOR

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA.

1.1 Planteamiento del Problema.

Uno de los mayores riesgos ambientales, sociales y de salud que puede enfrentar una población, es la presencia de actividades petroleras cercanas a sus viviendas.

En la actualidad, la creciente demanda energética ha incrementado la utilización del petróleo y sus derivados y con ello la aparición de zonas contaminadas, ya sea por derrames de buques petroleros u operaciones del proceso de extracción, refinación y transporte.

La actividad petrolífera impacta directamente sobre el medio ambiente, teniendo significación especial las emisiones atmosféricas, los desechos sólidos y los efluentes líquidos, los cuales arrastran cantidades apreciables de hidrocarburos, materia orgánica y metales pesados. Los efluentes líquidos inciden fuertemente sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres, provocando en muchos casos la ruptura del equilibrio natural afectando seriamente al ecosistema. Por tal razón, en los últimos años las empresas petroleras han comenzado a ocuparse y preocuparse de los problemas ambientales, a partir del diseño de una correcta política ambiental y la búsqueda de soluciones que minimicen la contaminación ambiental.

La refinería de Esmeraldas, fue diseñada por la firma norteamericana Universal Oil Products (UOP) y construida por el Consorcio Sumitomo-Chiyoda, en el año 1974. Inició su operación en 1977 con una capacidad de 55.000 barriles por día. En 1987, Chiyoda incrementó la capacidad de refinación a 90.000 barriles por día. En 1995 Bufete Industrial de México amplió la capacidad de craqueo catalítico de 16.000 a 18.000. En 1997 las empresas francesas IFP/BEICIP/FRANLAB diseñaron a la refinería

para 110.000 barriles, adaptando su funcionamiento para crudos con un rango de 24 a 27 grados API, la compañía Técnicas Reunidas de España construyó esta y otras adecuaciones.

La refinería de Esmeraldas, produce desechos en diferentes áreas como son: Área de procesos, de asfaltos, tanques de almacenamiento, provenientes del sistema de tratamiento de aguas residuales y de las piscinas de residuos oleosos, además son fuentes de contaminación las que provienen del poliducto y de las líneas de flujo.

La contaminación a las aguas superficiales se debe al pobre sistema de drenaje y al sistema de recolección de aguas lluvia que utiliza para la recolección de desechos de los diferentes procesos, como son las sustancias aceitosas provenientes del separador, las descargas del laboratorio, el agua de enfriamiento, el condensador de vapores, entre otros.

El sistema de tratamiento de aguas residuales, consiste en la aireación del agua en las piscinas, sin embargo los primeros análisis de control que se realizaron en las piscinas encontraron 4.8 ppm, cromatos 4.5 ppm (siendo el parámetro permisible 0.05) es decir 90 veces más del límite normal; en lo que respecta a los fenoles, el límite permitido es 0.2 ppm, y se encontraba 75 ppm.

Las piscinas desbordan residuos industriales en la época de invierno, debido a las lluvias y cuando se llenan son evacuadas al río Teaone. Este es un proceso de contaminación rutinario sobre el río Teaone que desemboca en el río Esmeraldas para finalmente entregar sus aguas al océano Pacífico.

En el mar se incrementa la contaminación por el agua de lastre de los buques tanque que transportan petróleo del puerto petrolero de Balao, y por los derrames permanentes al momento de la carga, a la altura de las monoboyas.

Por otra parte las permanentes emisiones de partículas de hidrocarburos volátiles generan partículas de dióxido de azufre, óxido nitroso, dióxido de carbono y monóxido de carbono. Estas emisiones emanan desde las distintas fases de la operación, incluyendo la unidad catalítica, el proceso de hidrodesulfurización, calentamiento, quema de gas, almacenamiento y manejo del petróleo crudo y de los productos refinados. El SO₂ de la refinería se transforma en H₂SO₄ al entrar en contacto con las nubes y esto produce lluvias ácidas.

Es así, que el impacto ambiental resultante por la cantidad de efluentes vertidos al río Teaone produce disminución del contenido de oxígeno, aporte de sustancias orgánicas e inorgánicas, existencia de sepas, fango y otros que llegan a la orilla vistiéndolo con una capa verde-azulada grasosa a las orillas de la rivera del río; a esto se suma los continuos desbordamientos del río Teaone en épocas invernales que son consecuentes de taponamientos y colapso del sistema de alcantarillado, lo que deriva en la contaminación directa de las aguas del río en mención y por ende la contaminación y presencia de heces fecales en aguas estancadas, charcas y zonas pantanosas que contribuyen a la proliferación de mosquitos causantes del paludismo y dengue, además de enfermedades como leptospirosis, salmonelosis, cólera, tifoidea y enfermedades en la piel como dermatitis y alergias., especialmente las personas que utilizan el agua del río en los quehaceres domésticos, lavado de ropa o extracción de material pétreo y arena del río.

A pesar de que la Refinería de petróleos de Esmeraldas, posee un plan de contingencia y de manejo de aguas residuales, parecería que es insuficiente por cuanto todavía se evidencian rastros de efluentes en las aguas del Teaone que de manera lenta silenciosa continua causando efectos negativos en la salud de los moradores del barrio propicia a los asentados en la rivera de este río.

Ante la realidad descrita, cabe realizar la siguiente interrogante:

¿Existen impactos en la salud de los moradores del barrio Propicia I por la descarga de aguas residuales de la refinería Esmeraldas e inundaciones provocadas por el río Teaone?

1.2 Delimitación.

1.2.1 Campo: Protección Ambiental

1.2.2 Área: Prevención de la Salud.

1.2.3 Delimitación espacial: La investigación se realizó en el barrio Propicia I, ubicado en la parroquia Simón Plata Torres del cantón Esmeraldas.

1.2.4 Delimitación temporal: El trabajo de investigación se realizó durante el primer trimestre del año 2011, en los periodos comprendidos desde el 10 de enero hasta el 31 de marzo de 2011.

1.3 Justificación

La presente investigación está orientada a determinar la influencia que provoca en la salud de los moradores del barrio "Propicia I" las permanentes descargas de aguas residuales de la planta industrial de refinería de petróleos de Esmeraldas al río Teaone, y las inundaciones provocadas durante la zona invernal durante el año 2011.

Este trabajo de investigación se justifica por cuanto El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, tiene valor económico, social y ambiental; cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social, sin

embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la protección del medio ambiente.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible de esta y a la regeneración ambiental de los diversos ecosistemas.

Con los resultados que se obtengan, producto del presente trabajo de investigación se podrá aportar con soluciones prácticas al campo de tratamiento de aguas residuales de origen industrial en la ciudad y provincia de Esmeraldas.

Los beneficiarios directos de los resultados que se obtengan a partir de la presente investigación serán los moradores del barrio “Propicia I” de la ciudad de Esmeraldas, sector ubicado en las riveras de los ríos Teaone y Esmeraldas, con quienes se socializará los resultados concluyentes y participará procesos de prevención de enfermedades relacionadas con la utilización de las aguas de este afluente.

La presente investigación es factible realizarla por cuanto se contará con la colaboración de las autoridades de la planta industrial de refinera de petr6leos de Esmeraldas, quienes darán acceso al investigador a documentación pertinente especializada que permita recolectar informaci3n referente al tema en estudio, y dem1as procedimientos que acompa1an el proceso de investigaci3n; se contar1 con todos los recursos necesarios como son:

- Econ3micos.
- Materiales.
- Humanos.
- Bibliogr1ficos.

Para fortalecer la propuesta cabe indicar; que los recursos econ3micos ser1n solventados por el investigador.

1.4 Formulación de Objetivos.

1.4.1 General.

Determinar el impacto en la salud de los moradores del barrio "Propicia I", provocada por las descargas de aguas residuales de la refinería Esmeraldas e inundaciones del río Teaone.

1.4.2 Específicos.

- Determinar mediante procedimientos de recolección de información bibliográfica el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta industrial de refinería de petróleos Esmeraldas.
- Identificar por medio de aplicación de técnicas de observación directa, los sitios de descarga de aguas residuales de la planta industrial de refinería de petróleos Esmeraldas al río Teaone.
- Determinar mediante el análisis de información proporcionada por la Dirección de Salud de Esmeraldas las enfermedades que aquejan a los moradores de la Propicia I.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL.

2.1 Contaminación

La contaminación es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y por tanto, se genera como consecuencia de la actividad humana¹.

Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio. Esta cantidad relativa puede expresarse como la masa de la sustancia introducida en relación con la masa o el volumen del medio receptor de la misma. Este cociente recibe el nombre de concentración.

Los agentes contaminantes tienen relación con el crecimiento de la población y el consumo (combustibles fósiles, la generación de basura, desechos industriales, etc.), ya que, al aumentar éstos, la contaminación que ocasionan es mayor.

Por su consistencia, los contaminantes se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. Se descartan los generados por procesos naturales, ya que, por definición, no contaminan.

Los agentes sólidos están constituidos por la basura en sus diversas presentaciones. Provocan contaminación del suelo, del aire y del agua. Del suelo porque produce microorganismos y animales dañinos; del aire porque produce mal olor y gases tóxicos, y del agua porque la ensucia y no puede utilizarse.

¹ BUENO, Julio L. Et all (1997) Contaminación e Ingeniería Ambiental. A.G. Ediciones – Vol. III Oviedo - España.

Los agentes líquidos incluyen las aguas negras, los desechos industriales, los derrames de combustibles derivados del petróleo, los cuales dañan básicamente el agua de ríos, lagos, mares y océanos, y con ello provocan la muerte de diversas especies.

Los agentes gaseosos incluyen la combustión del petróleo (óxido de nitrógeno y azufre) y la quema de combustibles como la gasolina (que libera monóxido de carbono), la basura y los desechos de plantas y animales.

Todos los agentes contaminantes provienen de una fuente determinada y pueden provocar enfermedades respiratorias y digestivas. Es necesario que la sociedad humana tome conciencia del problema.

Se denomina contaminación atmosférica o contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, para la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso habitual de las propiedades y lugares de recreación y el goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o de mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales de los mismos o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

2.1.1 Contaminación del agua

El hombre, es el principal causante de la contaminación del agua, ya que la eliminación de residuos líquidos, domésticos e industriales, así como desperdicios sólidos como la basura, en los ríos y otros cuerpos de agua, trae como consecuencia su inutilización. La misma naturaleza es fuente

de contaminación por el arrastre del suelo y capas vegetales, debido a la deforestación incontrolada.

El agua puede contaminarse de varias maneras²:

- Por aguas residuales urbanas, llamadas también aguas negras o cloacales, que son las que provienen del uso doméstico: baños, lavadoras, fregaderos.
- Por aguas residuales industriales que son las que provienen de las industrias del petróleo y de las industrias químicas que producen algunas sustancias contaminantes peligrosas como los compuestos de cobre, plata, cromo, mercurio y plomo.
- Por aguas de origen agrícola, porque contienen plaguicidas y herbicidas que causan la muerte de plantas y animales acuáticos. Además los fertilizantes, causan un desarrollo excesivo de algas, que desequilibran el ecosistema.

2.2 Aguas residuales industriales.

Son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua; son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos de una industria a otra, como dentro de una misma industria³.

Por otra parte **el Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME - 2006)**; manifiesta al respecto: **Aguas Residuales Industriales son todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o**

² BUENO, Julio L. Et all (1997) Contaminación e Ingeniería Ambiental. A.G. Ediciones – Vol. III Oviedo - España.

³ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. (pág. 10)

Muchas veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Las aguas residuales de origen industrial son mucho más contaminadas que las aguas residuales urbanas, puesto que el nivel de contaminantes presentes resulta mucho más difícil de eliminar, haciendo que el tratamiento de estas sea más complicado, para lo cual se requiere un estudio específico en función de la actividad que realice la industria para determinar los componentes que poseen las aguas residuales y proceder a su tratamiento previo vertido a ríos, mares y océanos⁴.

2.2.1 Compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en aguas residuales procedentes de instalaciones industriales⁵.

Los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en aguas residuales procedentes de instalaciones industriales diversas, a diferencia de las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, bien por estar en concentraciones elevadas, o bien por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo.

⁴ CASTILLO, Johnny. Ing. (2009) MANUAL DE OPERACIÓN - UNIDAD EFLUENTES TRATAMIENTO DE AGUAS. Refinería Esmeraldas.

⁵ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

Entre las principales sustancias contaminantes, que se tomarán obligatoriamente en consideración para fijar valores límite de emisiones a las aguas se encuentran:

- Compuestos órgano-halogenados y sustancias que puedan generarlos en el medio acuático.
- Sustancias y preparados cuyas propiedades cancerígenas, o mutagénicas, que puedan afectar a la reproducción en el medio acuático.
- Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.
- Cianuros.
- Biocidas y productos fitosanitarios.
- Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (computables mediante parámetros agregados tales como DBO, DQO).

Este tipo de contaminantes proceden de industrias muy variadas y por su naturaleza, concentración o caudal del efluente, hacen que esas aguas residuales demanden un tratamiento antes de su vertido o reutilización.

PORCENTAJES DE LOS COMPUESTOS

Emisoras directas de contaminantes inorgánicos en agua clasificados por actividad.

Plomo y sus compuestos: Refinería de petróleo y gas 12%

Benceno, tolueno, etilbenceno, Industria Química Orgánica de base 56%
y xilenos (BTEX): Industria del petróleo y del gas 17%

Fenoles: Refinerías de petróleo y de gas 23%

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH): Refinerías de petróleo y de gas 27%

Fuente: The European Pollutant Emission Register - Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía - CITME. 2006 (pág. 11 - 14)

2.3.1 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, para la Eliminación de Materia en Suspensión.

Los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico en el grado requerido por la legislación que regula el vertido del efluente o para garantizar las condiciones mínimas del proceso en el caso de reutilización o recirculación de la corriente para uso interno⁶.

El nivel máximo admisible de contaminante puede conseguirse mediante la utilización de diversas técnicas tanto destructivas como no destructivas, mismas que se detallan a continuación:

a. Métodos no destructivos.

- Adsorción (carbón activo y otros adsorbentes).
- Desorción (Stripping).
- Extracción en fase líquida con disolventes.
- Tecnología de membranas (Ultrafiltración, nanofiltración)

b. Métodos destructivos.

- Tratamiento biológico (aerobio y anaerobio).
- Oxidación química.
- Incineración.
- Oxidación húmeda catalítica y no catalítica.
- Oxidación húmeda supercrítica.
- Procesos avanzados de oxidación.

En el contexto del tratamiento de contaminantes en efluentes acuosos, la aplicación de una técnica no destructiva se entiende como una etapa previa de concentración antes de abordar su destrucción química. El carácter oxidable de la materia orgánica hace que la transformación en compuestos no tóxicos consista, en último extremo, aunque no necesariamente en la mineralización o conversión a dióxido de carbono y

⁶ **Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización, McGraw-Hill.**

agua. En muchos casos, el objetivo de los procesos de oxidación no es la mineralización completa, con conversión del carbono orgánico a dióxido de carbono, sino la transformación de los contaminantes en sustancias biodegradables que no originen problemas de inhibición de biomasa en tratamientos biológicos convencionales o que permitan la descarga sin originar problemas de ecotoxicidad.

La aplicación de un método u otro depende fundamentalmente de la concentración del contaminante y del caudal de efluente. Determinadas técnicas, como la incineración y algunos tratamientos de oxidación, son utilizables sólo cuando la concentración de compuestos orgánicos es elevada, mientras que otras, como la adsorción y los procesos de oxidación avanzada, son útiles en efluentes con baja concentración de contaminante (**Andreozzi, 1999**).

En cuanto a los métodos destructivos de oxidación, éstos se clasifican en dos categorías: los métodos directos y avanzados. Los procedimientos directos se definen como aquellos que utilizan oxígeno como agente oxidante e incluyen la incineración, la oxidación húmeda (Wet Air Oxidation = WAO), la oxidación húmeda catalítica (Catalytic Wet Air Oxidation = CWAO) la supercrítica (Supercritical Wet Air Oxidation = SWAO) y la oxidación anódica (AO) o electroquímica.

i. Tecnologías Convencionales⁷.

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las

⁷ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) **Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales**. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo.

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

ii. **Tratamientos para la Eliminación de Materia en Suspensión.**⁸

La materia en suspensión puede ser de muy diversa índole, desde partículas de varios centímetros y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partícula de hasta unos pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica).

También la concentración de los mismos, tanto en el agua a tratar como en el agua una vez tratada, juega un papel fundamental a la hora de la elección del tratamiento más conveniente.

Las operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas suelen ser las primeras en efectuarse, dado que la presencia de partículas en suspensión suele no ser indeseable en muchos otros procesos de tratamiento.

La eliminación de esta materia en suspensión se suele hacer mediante operaciones mecánicas. Sin embargo, en muchos casos,

⁸ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) **Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales.** ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos.

A continuación se describen las operaciones unitarias más habituales. La utilización de una u otra es función de las características de las partículas (tamaño, densidad, forma, etc.) así como de la concentración de las mismas.

- **Desbaste**

Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.

El equipo que se suele utilizar son rejillas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100 mm. Se limpian con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica.

En otros casos, si el tipo de sólidos lo permite, se utilizan trituradoras, reduciendo el tamaño de sólidos y separándose posteriormente por sedimentación u otras operaciones.

- **Sedimentación**

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.

Realmente, este tipo de partículas (grandes y densas, como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. Lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo una coagulación-floculación previa, que como se explicará más adelante, consiste en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.)

a. Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas).

Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo.

b. Sedimentadores circulares: Son más habituales. En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de

floculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.

- **Sedimentadores lamelares:** Han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogándose en el fondo del sedimentador.

Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

- **Filtración.**

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). En aguas industriales hay más

variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de Tierra de Diatomeas.

También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa. Hay muchas maneras de clasificar los sistemas de filtración: Por gravedad ó a presión, lenta ó rápida, de torta ó en profundidad.

a. Filtración por gravedad: El agua circula verticalmente y en descenso a través del filtro por simple gravedad. Dentro de este tipo, podemos hablar de dos formas de operar, que nos lleva a tener una filtración lenta, apenas utilizados actualmente, o una filtración rápida. El mecanismo de la separación de sólidos es una combinación de asentamiento, retención, adhesión y atracción, por lo que se eliminan partículas mucho menores que el espacio intersticial. Es un sistema muy utilizado en tratamiento para aguas potables.

b. Filtración por presión. Normalmente están contenidos en recipientes y el agua se ve forzada a atravesar el medio filtrante sometido a presión. También en este caso puede haber filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se desarrolla una torta filtrante donde la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. Por otro lado, en la filtración rápida se habla de filtración en profundidad, es decir, cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtrado mejora con la profundidad. Esta filtración a presión se suele utilizar más en aguas industriales.

En la actualidad y en algunas de sus aplicaciones, estos métodos están siendo desplazados por operaciones con membranas, especialmente por microfiltración, de las que se hablará en el capítulo correspondiente.

- **Flotación**

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua.

En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: La relación aire/sólidos, ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

- a. Flotación por aire disuelto (DAF):** En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de micro burbujas de aire.

b. Flotación por aire inducido: La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

Históricamente la flotación se ha utilizado para separar la materia sólida o líquida flotante, es decir, con una menor densidad que el agua. Sin embargo la mejora en la generación de burbujas adecuadas y la utilización de reactivos para favorecer la operación (por ejemplo sustancias que disminuyen la tensión superficial) ha hecho posible la utilización de esta operación para la eliminación de materia más densa que el agua. Así se utiliza en el tratamiento de aguas procedentes de refinerías, industria de la alimentación, pinturas, etc. Una típica aplicación es también, aunque no sea estrictamente tratamiento de aguas, el espesado de fangos. En esta operación se trata de “espesar” o concentrar los fangos obtenidos en operaciones como la sedimentación.

- **Coagulación-Floculación**

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, en muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas.

Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

- a. **Sales de Fe^{3+} :** Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- b. **Sales de Al^{3+} :** Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- c. **Polielectrólitos:** Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las

sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

Por otro lado, la electrocoagulación es otra forma de llevar a cabo el proceso, ampliamente utilizada en el caso de tratamiento de aguas industriales. Consiste en la formación de los reactivos *in situ* mediante la utilización de una célula electrolítica. El ánodo suele ser de aluminio, formándose cationes de Al^{3+} , mientras en el cátodo se genera H_2 , siendo útil si la separación posterior de la materia es por flotación **(Khemis y col, (2006))**.

No hay reglas generales en cuanto a qué coagulante es más eficaz en cada caso. Normalmente, para un agua residual concreta, se hace un denominado “ensayo de jarras” (jar test) donde se analiza la eficacia de los distintos productos (o mezclas de los mismos) así como el pH y dosificación óptima. Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica.

ii. Tratamientos para la Eliminación de Materia Disuelta⁹.

Al igual que en el caso de la materia en suspensión, la materia disuelta puede tener características y concentraciones muy diversas: desde

⁹ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

grandes cantidades de sales inorgánicas disueltas (salmueras) orgánicas (materia orgánica biodegradable en industria de alimentación) hasta extremadamente pequeñas cantidades de inorgánicos (metales pesados) y orgánicos (pesticidas) pero necesaria su eliminación dado su carácter peligroso.

Algunos de estos tratamientos están siendo desplazados por otros más avanzados y emergentes, como son los procesos de oxidación avanzada y las operaciones con membrana, y especialmente en el caso de las aguas industriales. Por esta razón, merecen una mayor atención y se describirán en capítulos dedicados exclusivamente a ellos.

- **Precipitación:** Consiste en la eliminación de una sustancia disuelta indeseable, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación por cualquiera de los métodos descritos en la eliminación de la materia en suspensión.

Algunos autores incluyen en este apartado la coagulación-floculación. Sin embargo, el término precipitación se utiliza mas para describir procesos como la formación de sales insolubles, o la transformación química de un ión en otro con mayor o menor estado de oxidación que provoque la formación de un compuesto insoluble.

Un reactivo de muy frecuente uso en este tipo de operaciones es el Ca^{2+} , dada la gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo es el método utilizado para la eliminación de fosfatos (nutriente). Además posee cierta capacidad coagulante, lo que hace su uso masivo en aguas residuales urbanas y muchas industriales de características parecidas.

- **Procesos Electroquímicos:** Está basado en la utilización de técnicas electroquímicas, haciendo pasar una corriente

eléctrica a través del agua (que necesariamente ha de contener un electrolito) y provocando reacciones de oxidación-reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Por tanto se utiliza energía eléctrica como vector de descontaminación ambiental, siendo su coste uno de las principales desventajas de este proceso. Sin embargo como ventajas cabe destacar la versatilidad de los equipos, la ausencia tanto de la utilización de reactivos como de la presencia de fangos y la selectividad, pues controlar el potencial de electrodo permite seleccionar la reacción electroquímica dominante deseada.

Las consecuencias de las reacciones que se producen pueden ser indirectas, como en el caso de la electrocoagulación, electroflotación o electrofloculación, donde los productos formados por electrolisis sustituyen a los reactivos químicos, y supone una alternativa con futuro a la clásica adición de reactivos.

Sin embargo, la aplicación que está tomando un auge importante es en el tratamiento de aguas residuales industriales, a través de una oxidación ó reducción directa.

- **Oxidación en ánodo:** En el ánodo se puede producir la oxidación de los compuestos a eliminar, tanto orgánicos como inorgánicos.

Esta oxidación se puede producir directamente por una transferencia de electrones en la superficie del ánodo o bien por la generación de un agente oxidante *in-situ*. En este último caso se evita manipular agentes oxidantes. Entre las aplicaciones de la oxidación directa cabe destacar el tratamiento de cianuros, colorantes, compuestos orgánicos tóxicos (en algunas ocasiones haciéndolos más

biodegradables), incluso la oxidación de Cr (III) a Cr (VI), más tóxico pero que de esta forma puede ser reutilizado.

En rango de concentraciones con posibilidades de utilizar este tipo de tratamiento también es muy amplio.

- **Reducción en cátodo:** La principal aplicación de esta posibilidad es la reducción de metales tóxicos. Se ha utilizado en situaciones, no poco frecuentes, de reducción de metales catiónicos desde varios miles de ppm's de concentración hasta valores incluso por debajo de la ppm. Hay una primera etapa de deposición del metal sobre la superficie del cátodo que ha de continuarse con la remoción del mismo. Esto se puede hacer por raspado, disolución en otra fase, etc.

El reactor electroquímico utilizado suele ser de tipo filtro-prensa, semejante a las pilas de combustible. Este sistema permite un crecimiento modular del área. Básicamente cada módulo se compone de un elemento catódico de bajo sobrevoltaje a hidrógeno

(Pt, Au, Acero Inoxidable, Ni,..) y un elemento anódico que utiliza como base óxidos de metales nobles.

- **Intercambio Iónico:** Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación para la

desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar.

Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con valores relativos de afinidad de 15 o más.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad.

Hay sustancias naturales (zeolitas) que tienen capacidad de intercambio, pero en las industrias se utilizan resinas poliméricas de fabricación sintética con muy claras ventajas de uso.

Entre las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas cabe destacar:

- Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.
 - Actualmente las resinas tienen altas capacidades de tratamiento, resultando compactas y económicas
 - Las resinas son muy estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.
 - Existe cierta facilidad de automatización y adaptación a situaciones específicas
- **Adsorción:** El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la

superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. La necesidad de una mayor calidad de las aguas está haciendo que este tratamiento esté en auge. Es considerado como un tratamiento de refino, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamientos más usuales, especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.

Factores que afectan a la adsorción.

- Solubilidad: Menor solubilidad, mejor adsorción.
- Estructura molecular: Más ramificada, mejor adsorción.
- Peso molecular: Grandes moléculas, mejor adsorción.
- Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma.
- Polaridad: Menor polaridad, mejor adsorción.
- Grado de saturación: Insaturados, mejor adsorción.

El sólido universalmente utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo, aunque recientemente se están desarrollando diversos materiales sólidos que mejoran, en ciertas aplicaciones, las propiedades del carbón activo.

Hay dos formas clásicas de utilización de carbón activo, con propiedades diferentes y utilizadas en diferentes aplicaciones:

a. Carbón activado granular (GAC). Se suele utilizar una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor que en el otro. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. Son elementos, que a pesar de su

pequeña concentración, en muchas ocasiones proporcionan mal olor, color o sabor al agua.

b. Carbón activo en polvo (CAP). Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. También se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto, normalmente con agitación, se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Suelen ser operaciones llevadas a cabo en discontinuo.

La viabilidad económica de este proceso depende de la existencia de un medio eficaz de regeneración del sólido una vez agotada su capacidad de adsorción. El GAC se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y posterior eliminación de la superficie del sólido en un horno. Las propiedades del carbón activo se deterioran, por lo que es necesario reponer parte del mismo por carbón virgen en cada ciclo. Por otro lado el CAP es más difícil de regenerar, pero también es cierto que es más fácil de producir. El coste es un parámetro importante a la hora de la elección del adsorbente.

Alternativas al carbón activo son las zeolitas, arcillas (montmorillonita, sepiolita, bentonita, etc.), los denominados adsorbentes de bajo coste, procedentes en su mayor parte de residuos sólidos orgánicos. Recientemente se están desarrollando derivados de polisacáridos (biopolímeros derivados del almidón) **(Crini, 2005)**.

Las aplicaciones de la operación de adsorción es amplia, desde un amplio abanico de sustancias orgánicas (colorantes, fenol, mercaptanos, etc.) hasta metales pesados en todos sus estados de oxidación.

iii. **Tratamientos Biológicos**¹⁰.

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

a. Sistemas aerobios: La presencia de O₂ hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una

¹⁰ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) **Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales**. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

- b. Sistemas anaerobios:** En este caso el aceptor de electrones puede ser el CO₂ o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, CH₄. La utilización de este sistema, tendría, como ya se explicará, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.
- c. Sistemas anóxicos:** Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O₂ y la presencia de NO₃⁻ hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N₂, elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existe una gran variedad de formas de operar, dependiendo de las características del agua, así como de la carga orgánica a tratar.

Procesos Biológicos Aerobios

Son muchas las posibilidades de tratamiento:

- **Cultivos en suspensión:** Proceso de fangos activados (lodos activados), y modificaciones en la forma de operar: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial (SBR).
- **Cultivos fijos:** Los microorganismos se pueden inmovilizar en la superficie de sólidos (biomasa soportada), destacando los filtros percoladores (también conocido como lechos bacterianos o filtros biológicos).

Fangos activados - Proceso básico.

Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza una recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos.

Dentro de los parámetros básicos de funcionamiento, un parámetro muy importante es el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO₂/l dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO₂/kW·h, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costes de operación del proceso.

Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro A/M, algunas veces denominada I, intensidad de carga. Se refiere a la relación entre la carga orgánica alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el sistema, con unidades kgDBO₅ (o DQO) / kgSSV·día. Es un parámetro de diseño fundamental, teniendo un valor óptimo entre 0.3-0.6 para las condiciones más convencionales de funcionamiento. Además tiene una influencia determinante en la buena sedimentación posterior.

La denominada "edad celular" también es un parámetro importante. Se refiere al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema. Esta magnitud suele tener un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

Fangos Activados - Modificaciones del Proceso Básico.

Son procesos de fangos activados, pero se diferencian en la forma de operar:

- **Aireación prolongada:** Se suele trabajar con relaciones A/M más pequeñas (mayores tiempos de residencia), consiguiendo mayores rendimientos en la degradación de materia orgánica. Otra ventaja añadida es la pequeña generación de fangos de depuradora. Es interesante su utilización, además, cuando se pretendan eliminar compuestos con nitrógeno simultáneamente con la materia orgánica.
- **Contacto estabilización:** En el reactor de aireación se suele trabajar con menores tiempos de residencia (sobre una hora) pretendiendo que se lleve a cabo solo la adsorción de la materia orgánica en los flóculos. La verdadera degradación se realiza en una balsa de aireación insertada en la corriente de recirculación de fangos, donde la concentración de fangos es mucho más elevada que en el primer reactor. Es interesante esta opción cuando buena parte de la materia orgánica a degradar se encuentra como materia en suspensión.
- **Reactores discontinuos secuenciales (SBR):** Todas las operaciones (aireación y sedimentación) se llevan a cabo en el mismo equipo, incluyendo una etapa de llenado y terminando con la evacuación del agua tratada. Es una opción muy válida para situaciones en las que se dispone de poco espacio, como ocurre en muchas industrias. Son versátiles en cuanto a las condiciones de operación y habitualmente se utilizan columnas de burbujeo como reactores.

Procesos aerobios con biomasa soportada.

Otra de las formas para conseguir concentraciones suficientes de microorganismos, sin necesidad de recirculación, es favoreciendo su crecimiento en la superficie de sólidos.

Se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno será de nuevo un factor importante, consiguiéndose en este caso bien en la distribución del líquido, bien por movimiento del sistema.

- **Filtros percoladores:** También denominados filtros biológicos o lechos bacterianos. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente.

En general también se realiza una recirculación de parte del efluente limpio, una vez producida la separación.

En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante, teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10.000 kgDBO5/día y 100m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables (desde 2 hasta 10 m de altura).

- **Contactores Biológicos Rotatorios (RBC): Biodiscos:** Consisten en una serie de placas o discos, soportados en un eje y parcialmente sumergidos (40%) en una balsa que contiene el agua residual. El eje junto con los discos, gira lentamente. Sobre la superficie de los disco crece la biopelícula, que sucesivamente, se “moja” y entra en contacto con el aire, produciéndose la

degradación de la materia orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales.

Normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 m de diámetro, está separados unos 10-20 cm y con velocidades de giro de 0.5-3 rpm.

Procesos biológicos anaerobios

El tratamiento anaerobio es un proceso biológico ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Cuando éstas tienen una alta carga orgánica, se presenta como única alternativa frente al que sería un costoso tratamiento aerobio, debido al suministro de oxígeno. El tratamiento anaerobio se caracteriza por la producción del denominado “biogas”, formado fundamentalmente por metano (60-80%) y dióxido de carbono (40-20%) y susceptible de ser utilizado como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica. Además, solo una pequeña parte de la DQO tratada (5-10%) se utiliza para formar nuevas bacterias, frente al 50-70% de un proceso aerobio. Sin embargo, la lentitud del proceso anaerobio obliga a trabajar con altos tiempos de residencia, por lo que es necesario diseñar reactores o digestores con una alta concentración de microorganismos.

Realmente, es un complejo proceso en el que intervienen varios grupos de bacterias, tanto anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la formación de metano y dióxido de carbono. Cada etapa del proceso, que se describen a continuación, la llevan a cabo grupos distintos de bacterias, que han de estar en perfecto equilibrio.

- **Hidrólisis:** La hidrólisis es la ruptura de moléculas grandes, solubles e insolubles, en moléculas de menor tamaño que pueden ser transportadas dentro de las células y metabolizadas. En este proceso no se produce metano, y en la mayor parte de los casos supone una etapa que se desarrolla lentamente.

- **Formación de ácidos (acidogénesis) y acetato (acetogénesis):**
Los productos finales de la hidrólisis son transformados en ácidos orgánicos de cadena corta, otros compuestos de bajo peso molecular, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias son altamente resistentes a variaciones en las condiciones ambientales. Por ejemplo, aunque el pH óptimo para el desarrollo de su actividad metabólica es 5-6, los procesos anaerobios generalmente son conducidos a pH 7, y aún en estas condiciones su actividad metabólica no decae.
- **Metanogénesis:** La formación de metano, siendo este el último producto de la digestión anaerobia, ocurre por dos grandes rutas: La primera de ellas, es la formación de metano y dióxido de carbono a partir del principal producto de la fermentación, el ácido acético. Las bacterias que consumen el ácido acético se denominan bacterias acetoclastas.

La reacción, planteada de forma general, es la siguiente:

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$. Algunas bacterias metanogénicas son también capaces de usar el hidrógeno para reducir el dióxido de carbono a metano (metanogénicas hidrogenoclastas) según la reacción:



La metanogénesis es la etapa crítica en el proceso de degradación, por las características de las bacterias que la llevan a cabo, y por ser la más lenta de todo el proceso. En buena medida, la digestión anaerobia se ha de llevar a cabo en las condiciones óptimas para el buen funcionamiento de estas bacterias metanogénicas.

Entre las ventajas más significativas del tratamiento anaerobio frente al aerobio cabe destacar la alta eficacia de los sistemas, incluso en aguas residuales de alta carga, el bajo consumo de energía, pequeña producción de fangos y por tanto, pequeño requerimiento de nutrientes, así como su eficacia ante alteraciones

importantes de carga y posibilidad de grandes periodos de parada sin alteración importante en la población bacteriana. Sin embargo, como desventajas caben destacar la baja efectividad en la eliminación de nutrientes y patógenos, generación de malos olores y la necesidad de un post-tratamiento, generalmente aerobio, para alcanzar los niveles de depuración demandados, así como los generalmente largos periodos de puesta en marcha.

Reactores utilizados.

El desarrollo del tratamiento anaerobio ha sido paralelo al desarrollo del tipo de reactor donde llevar a cabo el proceso. Dado el bajo crecimiento de las bacterias metanogénicas y la lentitud con la que llevan a cabo la formación de metano, es necesario desarrollar diseños en los que se consiga una alta concentración de microorganismos (SSV) en su interior si se quiere evitar el utilizar reactores de gran tamaño. Para conseguirlo, habitualmente es necesario que el tiempo de retención hidráulico (TRH) sea inferior al tiempo de retención de sólidos (TRS) y esto se puede hacer por distintos medios. A todos estos reactores se les denomina de alta carga, dado que son los únicos que pueden tratar aguas con elevada carga orgánica de una forma viable. Dando un repaso a los más utilizados, podemos hablar de:

- **Reactor de contacto** (mezcla completa con recirculación de biomasa): Se trata del equivalente al proceso de fangos activados aerobio. Consiste un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos **Reactor de manto de lodos y flujo ascendente (UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket)**: Estos

reactores solucionan el problema de recirculación de lodos al aumentar la concentración de biomasa en el reactor manteniéndola en su interior.

Estos reactores fueron desarrollados en Holanda, por el Prof. Lettinga en la década de los 80. Se trata de un reactor cuyo lecho está formado por gránulos de biomasa.

Estos gránulos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de éste con la biomasa. Los reactores suelen tener en su parte superior un sistema de separación gas-sólido-líquido, puesto que se acumula biogás alrededor de las partículas, éstas manifiestan una tendencia a ascender separándose con estos dispositivos. Se consigue una alta concentración de biomasa dentro del reactor que conlleva una elevada velocidad de eliminación de materia orgánica con rendimientos elevados de depuración. El agua residual se introduce por la parte inferior, homogéneamente repartida y ascendiendo lentamente a través del manto de lodos (gránulos). Los principales problemas que tiene este tipo de reactor son: puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen gránulos lo más estables posibles, la incidencia negativa que tiene el que el agua residual a tratar contenga una gran cantidad de sólidos en suspensión y la deficiente mezcla en la fase líquida que se logra.

Este último problema se soluciona de una forma eficaz recirculando parte del gas producido e inyectándolo en la parte inferior de equipo, consiguiendo una expansión del manto de lodos, y por lo tanto, una buena mezcla. A estos reactores se les denomina EGSB (Expanded granular sludge blanket). Habitualmente la relación altura/diámetro es mayor que para los convencionales UASB siendo capaces de alcanzar mayores cargas orgánicas (10-25 kg

DQO/m³-día). También recientemente se ha desarrollado un sistema semejante denominado Internal Circulation (IC). Estos tipos de reactores han conseguido una muy alta implantación en el mercado, mostrándose como los más fiables para todo tipo de aguas residuales de alta carga, especialmente las que tiene un bajo contenido de sólidos en suspensión.

Filtro anaerobio (FA): En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. El agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la biopelícula. Son sistemas tradicionalmente utilizados en muchas depuradoras de aguas residuales industriales con alta carga orgánica. Resisten muy bien alteraciones de carga en el influente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el influente. El rango típico de cargas tratadas desde 5-15 KgDQO/m³-día.

- **Reactor anaerobio de lecho fluidizado (RALF):** Son columnas en cuyo interior se introducen partículas de un sólido poroso (arena, piedra pómez, biolita, etc.) y de un tamaño variable (1-5 mm) con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una biopelícula bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia.

Para que las partículas permanezcan fluidizadas (en suspensión), es necesario realizar una recirculación del líquido, para que la velocidad del mismo en el interior de la columna sea suficiente como para mantener dichas partículas expandidas o fluidizadas. Este tipo de equipos se han comprobado como muy eficaces, al menos en escala laboratorio o planta piloto. Se consiguen muy altas concentraciones de microorganismos, así como una muy buena mezcla en el lecho. Sin embargo su implantación a nivel industrial no ha alcanzado las expectativas que se crearon.

- **Otros tipos de reactores:** Más que otros tipos de reactores, nos referimos a distintas formas de operar, de llevar a cabo la degradación anaerobia. Tenemos por una parte los reactores discontinuos secuenciales (SBR, sequencing batch reactors), equipo en el que de forma secuencial se lleva a cabo el llenado, reacción, sedimentación y evacuación del agua depurada, para volver otra vez a iniciar el ciclo, todo ello en un mismo equipo.

Como ventaja fundamental tiene el menor requerimiento espacio, así como una mayor flexibilidad en la forma de operar, por ejemplo en el caso de flujos estacionales, ayudado por la gran capacidad de las bacterias para estas situaciones.

Por otro lado, especialmente para el caso en el que la materia orgánica a degradar sea compleja, y en el que la etapa de hidrólisis sea importante, se suele llevar a cabo la degradación en dos etapas, en dos reactores en serie. En el primero se ponen las condiciones necesarias para que se realice la hidrólisis y acidificación de forma óptima (por ejemplo a pH=6), sin formación de metano. El efluente de este reactor, constituido fundamentalmente por ácidos de cadena corta, pasa al reactor metanogénico, donde las bacterias metanogénicas, mayoritarias, llevarán a cabo la metanización final del residuo. Estos equipos se han puesto en práctica desde hace tiempo, con éxito, incluso para la metanización de la fracción orgánica de los RSU, a menudo mezclados con lodos de depuradoras.

El tratamiento anaerobio, por tanto, constituye una forma eficaz de tratar aguas y residuos de alta carga orgánica, siendo una tecnología madura y contribuyendo no solo a la eliminación de la materia orgánica, sino a su aprovechamiento energético derivado de la utilización del metano producido.

Dependiendo del tipo de agua residual y de otros factores relacionados con cada aplicación particular, una tecnología anaerobia puede ser más apropiada y eficaz que otra.

Procesos Biológicos de Eliminación de Nutrientes¹¹.

Otra de las aplicaciones de los tratamientos biológicos es la eliminación de nutrientes, es decir, de compuestos que contienen tanto nitrógeno como fósforo.

Tratamiento biológico de compuestos con nitrógeno.

Los compuestos con nitrógeno sufren una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de distintos organismos.

En primer lugar, una serie de bacterias autótrofas (Nitrosomonas y Nitrobacter) son capaces de llevar a cabo una nitrificación, con demanda de oxígeno. A continuación, otra serie de bacterias desnitrificantes llevan a cabo la eliminación de NO_3^- , en un sistema anóxico, donde el propio nitrato actúa de aceptor de electrones, siendo en este caso bacterias heterótrofas, es decir su fuente de carbono es materia orgánica. Este proceso en su conjunto es conocido como nitrificación-desnitrificación.

De esta forma y en dos reactores consecutivos se puede llevar a cabo la eliminación de compuestos con nitrógeno: primero en un reactor aerobio seguido de otro con condiciones anóxicas, pero en el que será necesario adicionar fuente de carbono para el desarrollo de las bacterias desnitrificantes. El sistema en su conjunto suele ser semejante al proceso de fangos activados, pero utilizando los reactores en las condiciones comentadas.

Sin embargo, es muy común la presencia de materia orgánica con materia nitrogenada en aguas residuales, no solo en aguas residuales urbanas, y

¹¹ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

la tendencia es la eliminación conjunta de ambos contaminantes. En este caso no se puede seguir la secuencia mencionada: En el primer reactor de nitrificación la materia orgánica inactivaría las bacterias nitrificantes, y en el segundo se necesitaría materia orgánica. Para evitar estos problemas, es necesario iniciar el proceso con un reactor anóxico, donde la materia orgánica del agua residual actúa como fuente de carbono, pero sería necesario recircular parte del efluente del segundo reactor de nitrificación: en este reactor se producirán nitratos, y sería un reactor aerobio.

Eliminación Biológica del Fósforo

Aunque la eliminación del fósforo (en forma de fosfato) ha sido tradicionalmente por precipitación con Ca^{2+} , se han desarrollado métodos para su eliminación biológica, más allá de lo que supone la simple asimilación por parte de los organismos para integrarlo en su crecimiento celular. Todavía no está perfectamente descrita la acción de los microorganismos, entre los que son especialmente activos los *Acinetobacter*.

Los métodos están basados en someter inicialmente a la masa bacteriana a un ambiente anaerobio, donde los microorganismos parece que tienen tendencia a no consumir fósforo para el crecimiento debido a la presencia de ácido acético. Sin embargo, si posteriormente son sometidos a un sistema aerobio, consumen con "avidez" fósforo, momento en el que se sedimentan y separan. Son muchos los procesos que se han desarrollado, tanto para la eliminación conjunta de P y materia orgánica (procesos PhoStrip, Bardenpho, etc), como para también la materia nitrogenada (A2O, Bardenpho modificado) En todos ellos el reactor suele ser una balsa alargada, compartimentada de forma que en cada zona se somete a la masa microbiana al ambiente adecuado (anaerobio, anóxico, aerobio)

2.4 Métodos Analíticos para el Control de la Calidad del Agua.

Difícilmente se puede conseguir la preservación completa de una muestra. Las técnicas de preservación solamente retardan los cambios químicos y biológicos que sobrevienen inevitablemente al remover la muestra de la fuente original. Los cambios que ocurren en una muestra pueden ser químicos o biológicos. En el primer caso ocurren ciertos cambios en la estructura química de los constituyentes por efecto de las condiciones físicas. Los cationes metálicos pueden precipitarse como hidróxidos o formar complejos con otros constituyentes; los cationes y aniones pueden cambiar su estado de valencias bajo ciertas condiciones de reducción u oxidación; otros constituyentes pueden disolverse o volatilizarse con el transcurso del tiempo¹².

Los métodos de preservación son relativamente limitados y tienen por objetivo:

- a. Retardar la acción biológica.
- b. Retardar la hidrólisis de compuestos y complejos químicos.
- c. Reducir la volatilidad de los constituyentes.

Los procesos que se ejecutan se clasifican en¹³:

- **Medida de la temperatura:** La temperatura ha de medirse con un termómetro de precisión graduado en décimas de grado. La lectura se hace desusé de una inmersión de diez minutos. Si no es posible realizar la operación directamente, puede tomarse un volumen de agua entre 5 y 10 litros e introducir el termómetro inmediatamente.

¹² TOMADO DE LA GUÍA OPERATIVA GEMS/AGUA. CAPÍTULO IV: CONTROL MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA. DOCUMENTO OMS ETS/78.9 (TRADUCIDO AL ESPAÑOL POR QUIM. MARÍA LUÍSA C. DE ESPARZA - CEPIS).

¹³ C. DE ESPARZA, María Luisa (1995) Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales – Programa de Control de Calidad y Desarrollo de Laboratorios. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria del Ambiente - OPS/Lima Perú.

- **Color, olor y sabor:** La coloración de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados.

El olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua e examinar hasta que o presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor, y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que la medida la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizada. Debe evitarse, como es lógico, en todo lo posible, la presencia de otros olores en el ambiente.

Por último, la evaluación del sabor, se realiza por degustación del agua a examinar, comenzando por grandes diluciones, que se van disminuyendo hasta la aparición del sabor. Este ensayo no se realiza más que en aguas potables.

- **Turbidez:** La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas... La determinación de la turbidez tienen un gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

- **Materia sólida:** La materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías; materias decantables, materias en suspensión y residuos.

La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua. La determinación de las materias en suspensión en el agua puede realizarse por filtración o por centrifugación.

La filtración se realiza a vacío sobre un filtro. El filtro con el residuo es nuevamente secado y pesado. La diferencia entre este peso y el que teníamos antes del filtro solo, proporciona el valor de los sólidos.

- **pH:** Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

Este método se utiliza si se quiere obtener medidas muy precisas y puede aplicarse a cualquier caso particular.

- **Conductividad eléctrica:** Se define como la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos paralelos. La medida se realiza en un conductímetro, basa en el principio de puente de Wheatstone. Se genera una diferencia de potencial de corriente alterna entre los dos electrodos, para evitar las electrólisis en la disolución, aunque algunos dispositivos emplean normalmente corriente continua.
- **Dureza:** También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de

iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

Algunos laboratorios, y, especialmente cuando el contenido en calcio y magnesio es bajo, realizan la determinación por espectrometría de absorción atómica.

- **Acidez y alcalinidad:** La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles.

La alcalinidad del agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos, carbonatos de hidróxidos. La determinación de alcalinidad puede realizarse por dos métodos:

- Volumétrico.
- Potenciométrico

Para la determinación de anhídrido carbónico total se emplean estos métodos:

- Evolución.
- Van Slyke.
- **Determinación del carbono orgánico total (TOC):** Mediante este ensayo se determinan los compuestos orgánicos fijos o volátiles, naturales o sintéticos, presentes en el agua residual. La determinación se realiza por oxidación catalítica a 950 °C, en un aparato diseñado a tal efecto, liberándose CO₂ que se determina en un analizador de infrarrojos. El carbono inorgánico se elimina previamente o se determina por separado.

2.5 Ley de Gestión Ambiental en el Ecuador

CAPITULO V

INSTRUMENTOS DE APLICACION DE NORMAS AMBIENTALES¹⁴

Art. 33.- Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

Art. 34.- También servirán como instrumentos de aplicación de normas ambientales, las contribuciones y multas destinadas a la protección ambiental y uso sustentable de los recursos naturales, así como los seguros de riesgo y sistemas de depósito, los mismos que podrán ser utilizados para incentivar acciones favorables a la protección ambiental.

Art. 35.- El Estado establecerá incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales. Las respectivas leyes determinarán las modalidades de cada incentivo.

2.6 Impacto de las aguas residuales en la salud.

Entre las principales consecuencia que acarrearán los vertidos de aguas residuales industriales en la salud humana y el medio ambiente se detallan las siguientes¹⁵:

¹⁴ Ley Nº 37 RO/245 de 30 de Julio de 1999. CONGRESO Nacional de la República del Ecuador.

- **Aparición de fangos y flotantes:** Existen en las aguas residuales sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de fango en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultará la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo.

Por otra parte, ciertos sólidos, dadas sus características, pueden acumularse en las orillas formando capas de flotantes que resultan desagradables a la vista y además, pueden acumular oro tipo de contaminantes que pueden llevar a efectos más graves.

- **Agotamiento del contenido en oxígeno:** Los organismos acuáticos precisan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir. Cuando se vierten en las masas de agua residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se producirá la oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno en el medio.

Si el consumo de oxígeno es excesivo, se alcanzarán niveles por debajo del necesario para que se desarrolle la vida acuática, dándose una muerte masiva de seres vivos.

Además, desprenden malos olores como consecuencia de la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que dan lugar a la formación de compuestos volátiles y gases.

- **Daño a la salud pública:** Los vertidos de efluentes residuales a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre.
- **Eutrofización:** Un aporte elevado de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos propicia un desarrollo masivo de los

¹⁵ RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

consumidores primarios de estos nutrientes; zoo y fitoplancton y plantas superiores. Estas poblaciones acaban superando la capacidad del ecosistema acuático, pudiendo llegar a desaparecer de la masa de agua.

- **Cloruros:** Los cloruros (Cl^-) son los principales aniones inorgánicos en el agua. A diferencia de los indicadores más generales de la salinidad (la conductividad y los STD), la concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera.

Los cloruros son los principales componentes de las salmueras de petróleo. El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado.

Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener CO_2 y H_2O . Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable.
- **Coliformes Totales:** Los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales.
Los coliformes totales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal.
- **Demanda Química de Oxígeno:** La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte. Es diferente a la prueba de la

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), pues la DBO mide sólo la fracción orgánica oxidable biológicamente. Es importante obtener una medida de la DQO en aguas residuales de refinería pues estos residuos, con frecuencia, contienen contaminantes orgánicos no biodegradables.

- **Oxígeno Disuelto:** Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales.

- **Aceites y Grasas:** Los aceites y grasas se definen en los "Métodos Estándar" como "cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente". El triclorofluoroetano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos. La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado.

El aceite o petróleo en las salmueras es perjudicial para la vida acuática porque forma películas sobre la superficie del agua, reduce la aeración y disminuye la penetración de la luz solar necesaria para la fotosíntesis (producción primaria) de las plantas acuáticas. El aceite o petróleo en el agua de mar también puede formar "bolitas de alquitrán" en las playas y riberas de los ríos que pueden afectar plantas y animales. Otro problema que puede causar el petróleo es la eclosión de los huevos de tortugas en los ríos de la selva amazónica. También se ha observado problemas

en el desarrollo de cangrejos carreteros, muy y otros organismos que habitan en playas arenosas de la costa.

- **Fenoles:** Esta medición suministra una indicación de la concentración de la mayoría de compuestos fenólicos (hidróxidos derivados de bencenos y sus núcleos condensados). Los fenoles frecuentemente están presentes en altas concentraciones en las aguas residuales de la industria petrolera. En niveles altos pueden manchar la piel de peces y afectar negativamente la flora, fauna y seres humanos. En niveles relativamente bajos estimulan la producción de olores fuertes y desagradables cuando se presentan en combinación con altas concentraciones de cloruros.
- **Amoníaco:** El amoníaco (NH_3) es un compuesto de nitrógeno que con frecuencia está presente en las aguas residuales de las refinerías. También se encuentran niveles altos de amoníaco en aguas servidas. Las concentraciones altas de amoníaco en aguas superficiales son tóxicas para los peces y pueden ser oxidadas y consumir el oxígeno disuelto del agua (nitrificación).
- **Sulfuro:** La medición del sulfuro total en el agua incluye H_2S y HS^- disueltos, así como sulfuros metálicos solubles en ácido que pueden estar presentes en la materia suspendida. Con frecuencia, los sulfuros están presentes en las aguas residuales de las refinerías. Pueden ser tóxicos para los peces y generar olores desagradables.
- **Metales:** Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio: Estos metales (Ba, Cd, Cr, Pb y Hg) frecuentemente son contaminantes del petróleo crudo y algunas veces están presentes en pequeñas cantidades en las aguas residuales de la industria petrolera. El Bario tiene efectos irreversibles para la salud y es tóxico para los animales. Se puede combinar con sulfatos para formar sulfato de bario insoluble.

El Cadmio se acumula en tejidos blandos y puede interferir en el metabolismo. Es conocido que en sistemas acuáticos, el cadmio se acumula fácilmente en las ostras.

El Cromo es cancerígeno para el sistema respiratorio y venenoso para los peces.

El plomo se acumula en ostras y mariscos. Llega al ser humano a través de la cadena alimenticia y se acumula en los huesos. El plomo es un inhibidor de las enzimas e influye en el metabolismo celular.

El mercurio es altamente tóxico a niveles relativamente bajos y se acumula en los peces.

Produce "clorosis" en las plantas, es venenoso para los animales y llega al ser humano a través de la cadena alimenticia.

3. Inundaciones.

Las inundaciones pueden definirse como la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los causes de los ríos¹⁶.

Las inundaciones se producen principalmente por la ocurrencia de lluvias intensas prolongadas, como sucede durante las tormentas tropicales y el paso de huracanes, unido a dificultades locales en el drenaje provocado por diferentes causas, principalmente por la acción negligente de las personas.

¹⁶ Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ecuador: Evaluación de los efectos socioeconómicos del Fenómeno El Niño, 1997-1998, LC/R 1822, México.

3.1 Tipos de inundación

De acuerdo a su origen, las inundaciones se clasifican en: pluviales, fluviales y costeras.

- a. **Inundaciones pluviales y fluviales:** Se dan como consecuencia de las precipitaciones que se producen cuando la humedad contenida en los mares, océanos y otros grandes cuerpos de agua, es transportada hacia la tierra por el viento; al ascender el vapor de agua y disminuir su temperatura, está se presenta en cualquiera de las siguientes formas; lluvia, nieve o granizo. El proceso puede originarse debido a la existencia de: huracanes, vientos normales, masas polares y procesos convectivos.
- b. **Inundaciones costeras:** Además de las inundaciones pluviales (causadas directamente por la lluvia) y fluviales (desbordamiento de ríos), las zonas costeras pueden ser afectadas por las mareas de tormenta, particularmente en el Golfo de México, donde la sobre elevación del nivel medio del mar hace que éste penetre tierra adentro afectando en algunas ocasiones zonas muy amplias.

3.2 Efecto de las inundaciones en la salud pública.

Las inundaciones pueden afectar directamente el funcionamiento de los sistemas de salud de distintas formas, a saber¹⁷:

- Causando un número inesperado de muertes, lesiones o incremento de las enfermedades transmisibles en la comunidad afectada, que pueden exceder la capacidad de atención terapéutica de la red asistencial.
- Afectando la infraestructura física de los establecimientos de salud.

¹⁷ OPS/OMS (2002) Manual Para el Control de las Enfermedades Transmisibles. XVI Edición. Washington DC.

- Interrumpiendo los servicios públicos de electricidad, agua, comunicaciones, alcantarillado, manejo de desechos sólidos y hospitalarios.
- Interrumpiendo las vías de acceso a los centros médicos.
- Generando una mayor demanda de servicios, superior a lo normal, y mayor remisión de pacientes desde las zonas afectadas a áreas donde los sistemas de salud pueden no contar con la capacidad suficiente para asistir a la nueva población.
- Desabasteciendo de insumos médicos por aumento de la demanda, lo que dificultaría la operación del servicio médico a mediano plazo.
- Aumentando el riesgo potencial de transmisión de enfermedades contagiosas.
- Incrementando el riesgo de trastornos psicológicos en la población afectada.

Una influencia negativa indirecta de los desastres en la salud es la forma en que alteran el ambiente y, aunque no siempre aumenta la frecuencia de las enfermedades, las inundaciones pueden generar en el entorno condiciones que faciliten el apareamiento de brotes de enfermedades transmisibles y los servicios de salud deben estar preparados para hacer frente a la demanda que se puede presentar.

La forma que toman las inundaciones, rápida o súbita y lenta o progresiva, presenta variantes respecto a su incidencia en la salud. La forma rápida es la principal causa de muertes y heridos, debido a que se carece de un tiempo razonable de alerta y a la presencia intempestiva de grandes cantidades de agua que en un tiempo muy corto, y junto con los sólidos que generalmente arrastran, destruyen lo que encuentran a su paso.

Las inundaciones lentas causan morbilidad y mortalidad inmediatas mínimas y sus efectos dependen de la extensión y la profundidad (altura

de inundación) de la zona afectada, además de las condiciones sanitarias del entorno.

Aunque, en general, no se registran brotes de enfermedades bien definidas como consecuencia inmediata de las inundaciones, es de esperar que se produzca un lento y extendido deterioro del saneamiento básico, lo cual se traduce en una disminución del hábitat y del nivel de salud de la comunidad afectada. Las inundaciones son seguidas, frecuentemente, de desplazamientos de poblaciones y reubicaciones emergentes, lo cual implica hacinamiento o cierto grado de agrupación.

Luego de un desastre por inundaciones, algunas patologías pueden presentarse con mayor frecuencia. Su aparición no es una característica obligatoria, pues irá en relación directa con las medidas higiénico-sanitarias.

Las enfermedades que generalmente se presentan después de las inundaciones. Entre las de mayor incidencia están aquellas de carácter respiratorio, las causadas por el consumo de alimentos y agua contaminados y las transmitidas por vectores. Además, con frecuencia después de las inundaciones puede haber un incremento en los accidentes por ofidios.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación.

i. Investigación Bibliográfica Documental.

Por la cual se recurrirá a las fuentes de contenido organizado, como libros, revistas, páginas de la Internet, que permitirá recopilar la información respectiva sobre el tema investigado.

3.2 Nivel o Tipo de Investigación.

i. Investigación Exploratoria.

Porque pondrá al autor del proyecto en contacto con la realidad, donde se ha verificado la situación de la investigación y relacionará sus referencias teóricas con investigaciones previamente realizadas por otros investigadores.

ii. Explicativa.

Porque explica la relación que existe entre el problema planteado, los mecanismos y técnicas para la investigación y el planteamiento de las alternativas de solución, dentro de un proceso coherente y científico.

3.3 Enfoque de la Investigación.

La presente investigación tiene un enfoque de tipo crítico propositivo, por cuanto se elaboraran conclusiones y recomendaciones en función de los resultados obtenidos.

4. Resultados

PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD EN EL ÁREA # 1 SCS PROPICIA

De acuerdo con las estadísticas que maneja la Dirección Provincial de Salud de Esmeraldas, las enfermedades más comunes durante los años 2010, 2011 y 2012, en el barrio la Propicia I ocasionadas por la contaminación ambiental, por las descargas de refinería Esmeraldas y las aguas servidas que llegan al río son:

Dermatología, parasitosis, infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA), gastroenteritis, conjuntivitis, entre otras, como lo muestran los siguientes cuadros.

2010

	< 1 AÑO	1 A 4	5 A 14	15 A 35	36 A 49	50 A 64	65 Y MAS	TOTAL
IRA	126	260	116	72	31	21	5	631
DERMATOLOGICA	52	89	54	27	16	7	1	246
PARASITOSIS	15	69	41	32	13	3	1	174
EDA	34	42	24	13	6	1	0	120
I.V.U	6	11	17	49	17	6	3	109
HTA	0	0	0	10	31	26	19	86
ANEMIA	7	9	13	17	6	1	0	53
DESNUTRIDOS	10	14	5	4	2	0	0	35
DIABETES	0	0	0	3	17	12	2	34
GASTRITIS	0	0	1	19	7	0	0	27
LUMBAGO	0	0	0	12	8	4	0	24
ANEXITIS	0	1	3	14	3	1	0	22
VAGINOSIS	0	0	0	15	4	1	0	20
GASTROENTERITIS	0	2	6	2	0	0	0	10
CONJUNTIVITIS	5	2	2	1	0	0	0	10
TOTAL	255	499	282	290	161	83	31	1601

Fuente: Dirección Provincial de Salud de Esmeraldas

2011

	1 año	1 A 4	5 A 14	15 A 35	36 A 49	50 A 64	65 Y MAS	TOTAL
GRIPE	193	381	123	76	107	36	9	925
INFLUENZA	0	0	0	3	0	1	0	4
AMIGDALITIS	13	76	44	23	41	11	3	211
FARIGUITIS	27	126	33	20	32	6	2	246
OTITIS	7	34	11	2	5	2	0	61
LARINGUITIS	0	0	0	0	0	0	0	0
NEUMONIA	0	0	0	1	0	1	0	2
BRONQUITIS	35	81	19	2	2	4	0	143
BRONCONEUMONIA	0	0	0	0	0	0	0	0
SINUSITIS	0	2	4	3	7	2	0	18
DERMATITIS	74	139	64	32	53	12	3	377
DERMATOSIS	0	4	2	0	0	0	0	6
MICOSIS DERMICA	0	6	0	0	0	0	0	6
ESCABIOSIS	0	3	2	2	1	1	0	9
PARASITOSIS	29	147	76	42	69	22	5	390
I.V.U	14	69	66	218	245	49	9	670
EDA	64	140	46	32	36	18	3	339
VAGINOSIS	0	0	0	13	26	1	0	41
VAGINITIS	0	0	0	58	40	5	0	103
HERPES GENITAL	0	0	0	1	1	0	0	3
ANEXITIS	0	0	0	36	48	3	0	92
CERVICITIS	0	0	0	57	66	3	0	126
SIFILIS	0	0	0	1	1	0	0	2
GONORREA	0	0	0	0	1	0	0	1
HTA	0	0	0	7	27	45	20	99
ANEMIA	6	18	20	53	52	15	1	165
GASTRITIS	0	0	0	27	32	10	3	77
LUMBALGIA	0	0	0	3	17	8	1	31
DESNUTRIDO	10	12	5	0	4	6	0	37
MICOSIS	0	0	0	3	7	0	0	10
DIABETES	0	0	0	8	18	47	6	86
CONJUNTIVITIS	25	19	7	3	5	2	0	61
GASTROENTERIIS	5	41	24	18	16	6	0	110
ARTRITIS	0	0	4	0	5	4	0	13
VARICELA	0	2	2	0	2	0	0	6
OBESIDAD	0	0	0	4	11	0	0	15
AMENORREA	0	0	0	50	25	0	0	75
MASTITIS	0	0	0	8	19	0	0	27

TRAUMATISMO	0	0	0	0	0	0	0	0
HEPATIS A	0	0	2	8	1	0	0	11
NEURITIS	0	0	0	11	35	9	0	55
COLECISTITIS	0	0	0	2	1	0	0	3
FIEBRE REUMATICA	0	0	0	1	0	0	0	1
TENDINITIS	0	0	0	1	0	0	0	1
MIGRAÑA	0	0	0	6	7	1	0	14
DENGUE	0	3	3	0	0	0	0	6
PALUDISMO	0	0	0	0	1	0	0	1
CEFALEAS	0	0	4	13	43	11	0	71
ANSIEDAD	0	0	0	0	1	0	2	3
DISMENORREA	0	0	0	6	19	0	0	25
LEISHMANIASIS	0	0	0	0	1	0	0	1
COLESTEROL	0	0	0	0	9	0	0	9
HIPERCOLESTEROL	0	0	0	3	8	1	0	12

Fuente: Dirección Provincial de Salud de Esmeraldas

ENERO A OCTUBRE DE 2012

	EDAD EN AÑOS																	
	1-11 MESES		1 A 4		5 A 9		10 A 14		15 A 19		20 A 49		50 A 64		MAS 65		TOTAL	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
RESFRIADO COMUN																		
INFLUENZA	5	4	15	7	2	3		4			1						23	18
AMIGDALITIS			1	4							1	1					2	5
FARIGUITIS			2	2		2	2		2		1	1			1		8	5
FARINGOAMIGDALITIS		1	2	4	1	3	2		2		1	3					8	11
OTITIS						1								1			1	1
LARINGUITIS																	0	0
BRONQUITIS			1								2		2				5	0
NEUMONIA																	0	0
BRONCONEUMONIA																	0	0
SINUSITIS																	0	0
DERMATITIS		1									1						1	1
DERMATOSIS																	0	0
MICOSIS DERMICA																	0	0
ESCABIOSIS																	0	0
PARASITOSIS	1		1		2	3	1				4	5	2	2			11	10
I.V.U								1		9			4				4	10
EDA	3	5	5	6	3		1										12	11
GASTROENTERIIS																	0	0
VAGINOSIS																	0	0
VAGINITIS											5						0	5
HERPES GENITAL																	0	0
ANEXITIS											2						0	2
CERVICITIS																	0	0
SIFILIS																	0	0
GONORREA																	0	0
MICOSIS VAGINAL																	0	0
HTA														3	2		2	3
DIABETES																	0	0
ANEMIA			1														1	0
GASTRITIS																	0	0
LUMBALGIA																	0	0
DESNUTRIDO																	0	0
CONJUNTIVITIS																	0	0
ARTRITIS																	0	0
VARICELA																	0	0

OBESIDAD																	0	0	
AMENORREA										1		3						0	4
MASTITIS																		0	0
TRAUMATISMO																		0	0
HEPATIS A																		0	0
NEURITIS																		0	0
COLECISTITIS																		0	0
FIEBRE REUMATICA																		0	0
TENDINITIS																		0	0
MIGRAÑA																		0	0
DENGUE																		0	0
PALUDISMO																		0	0
CEFALEAS																		0	0
ANSIEDAD																		0	0
DISMENORREA																		0	0
LEISHMANIASIS																		0	0
COLESTEROL																		0	0
HIPERCOLESTEROL																		0	0

Fuente: Dirección Provincial de Salud de Esmeraldas

Estos datos no sólo corresponden a niños y niñas, sino también a adultos como es el caso de Mariuxi Espinoza y Carmen Lara, moradoras del barrio Propicia I, quienes exponen a sus hijos a la contaminación por estar junto a un foco infeccioso, que es representada por una tubería de gran diámetro por donde se desfogan todas las aguas del sector, quienes a pesar de conocer y tener el problema se siguen exponiendo al agua contaminada por las aguas servidas que llegan al río.

Fuente: Dirección Provincial de Salud de Esmeraldas

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

Luego de haber concluido la investigación que comprende el estudio de los impactos en la salud de los moradores del barrio Propicia I, por la descarga de las aguas residuales de la refinería Esmeraldas e inundaciones provocadas por el río Teaone, arribamos a las siguientes conclusiones:

1. Con respecto al objetivo general: Determinar el impacto en la salud de los moradores del barrio "Propicia I", provocada por las descargas de aguas residuales de la refinería Esmeraldas e inundaciones del río Teaone. Se concluye, como lo muestra el análisis del agua realizado por el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical Leopoldo Izquieta Pérez, que por efecto de descargas de aguas residuales de refinería de Esmeraldas, se identifica presencia de elementos tóxicos en el río Teaone, como son cloruros, fenoles, amoniaco, y metales disueltos como cadmio, bario, cromo, plomo y mercurio en pequeñas cantidades perjudicando la salud de la población que utiliza el agua del río y propende a la aparición de olores fuertes y desagradables, aumento de la salinidad y corrosividad del agua impidiendo el uso de esta para labores de higiene y consumo humano, de igual forma la presencia de estos efluentes contribuyen al aparecimiento de patologías en la población, que interfiere en el correcto proceso de metabolización de los alimentos y acumulación de este tipo de metales en los huesos.

En lo que respecta a la vida acuática, la presencia de estos efluentes contribuye a que las especies marinas desaparezca por agotamiento del oxígeno disuelto en el agua, presencia de fangos y

flotantes, aceites y grasas que impiden el proceso de fotosíntesis en las plantas, diezmando también la especie vegetal.

2. Con respecto al primer objetivo específico: Determinar mediante procedimientos de recolección de información bibliográfica el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta industrial de refinería de petróleos Esmeraldas. Se concluye, que a pesar de que en la actualidad los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales en refinería de Esmeraldas cumplen elevados estándares de calidad, todavía se encuentran efluentes disueltos en las aguas del río Teaone y en etapa invernal la cantidad es más elevada por cuanto existen desbordamientos de las piscinas de tratamiento en refinería de Esmeraldas.
3. Con respecto al segundo objetivo específico: Identificar por medio de aplicación de técnicas de observación directa, los sitios de descarga de aguas residuales de la planta industrial de refinería de petróleos Esmeraldas al río Teaone. Se concluye, que los canales de descarga de aguas residuales de refinería de Esmeraldas se encuentran dentro de la zona urbana cerca en las inmediaciones de barrios asentados en la rivera del río Teaone y sin mayor control o restricción de la población a este canal de descarga.
4. Con respecto al tercer objetivo específico: Determinar mediante el análisis de información proporcionada por la Dirección de Salud de Esmeraldas, las enfermedades que aquejan a los moradores de la Propicia I. Se concluye que, las enfermedades que aquejan a los moradores del barrio Propicia I, son las siguientes:
 - Enfermedades de las vías respiratorias.
 - Enfermedades dermatológicas (Escabiosis, dermatitis)
 - Enfermedades diarreicas por infección intestinal.
 - Parasitosis.
 - Enfermedades transmitidas por vectores y roedores (Malaria, dengue, leptospirosis).

4.2. Recomendaciones.

Presentamos algunas recomendaciones sobre el trabajo de investigación, titulado: Impactos en la salud de los moradores del barrio Propicia I, por la descarga de las aguas residuales de la refinería Esmeraldas e inundaciones provocadas por el río Teaone.

1. Mantener acciones coordinadas entre las autoridades de refinería Esmeraldas, Termo Esmeraldas, Coca Cola, Municipio de Esmeraldas y Obras Públicas, para planificar y ejecutar un plan de contingencia que contemple:
 - Dragado del río Teaone pues ha perdido su nivel de caudal en época de verano.
 - Eliminación y tratamiento de fangos y flotantes en las riveras del río Teaone, que permita reactivar la vida acuática y vegetal en este afluente.
 - Controlar y normar a niveles permitidos los procesos de eutrofización, que regule el desarrollo de consumidores primarios en este afluente.
 - Construir muros de gaviones a lo largo de la rivera del río Teaone en los sectores comprendidos entre la Y de vuelta larga hasta la desembocadura del río Teaone al Río Esmeraldas, que eviten las inundaciones.
2. Proponer a las autoridades de salud de la provincia de Esmeraldas, la ampliación de servicios médicos y especialidades que permita una atención de calidad en la población asentada en este sector de la ciudad.
3. Proponer a las autoridades de salud, la permanente participación de promotores de salud que orienten procesos de concienciación, prevención y estilos de vida saludable a los moradores del barrio Propicia I.

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 Recursos

5.1.1 Humanos.

Personal de Apoyo.	\$ 100,00
Digitador	\$ 100,00
Total:	\$ 200,00

5.1.2 Materiales.

Viáticos y transporte	\$ 80,00
Servicio de internet	\$ 120,00
Refrigerio	\$ 50,00
TOTAL:	\$ 250,00

5.2 Presupuesto.

Humanos	\$ 200.00
Materiales	\$ 250.00
Imprevistos	\$ 50.00
Total	\$ 500.00

BIBLIOGRAFÍA

BENENSON AS, editor. Manual para el control de las enfermedades transmisibles. Décimosexta edición, Washington DC: Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS; 2002

BUENO, J.L.; Sastre, H. y Lavin, A.G. (1997). Contaminación e Ingeniería Ambiental: Vol III,

CEPAL; 1998. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. México: CEPAL; 2003.

CASTILLO, Johnny. Ing. (2009) MANUAL DE OPERACIÓN - UNIDAD EFLUENTES TRATAMIENTO DE AGUAS. Refinería Esmeraldas.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. México: CEPAL; 2003.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ecuador: Evaluación de los efectos socioeconómicos del Fenómeno El Niño, 1997-1998, LC/R 1822, México.

Contaminación de las Aguas, FICYT. Oviedo. Degremont. (1979). Manual Técnico del Agua. Degremont S.A. New York.

C. DE ESPARZA, María Luisa (1995) Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales – Programa de Control de Calidad y Desarrollo de Laboratorios. Centro Panamericano de Ingeniería

C. DE ESAPRZA, María Luisa (Traducido al español -1998) GUÍA OPERATIVA GEMS/AGUA - CONTROL MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA. DOCUMENTO OMS.

Sanitaria del Ambiente - OPS/Lima Perú.

MAILAY J. "Inundaciones". En: Noji E, editor. Impacto de los desastres en la salud pública. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS; 2000.

The European Pollutant Emission Register - Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía - CITME. 2006 (pág. 11 - 14)

Metcalf & eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización, McGraw-Hill. MMA (1998). Libro blanco del agua en España.

RAMALLO, R.S. (1993). Tratamiento de Aguas Residuales, Reverté.

RAMÍREZ QUIRÓS, F. (2005). Tratamiento de Desinfección del Agua Potable, Canaleduca.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ ALBA, Antonio. Et all. (2006) Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales. ELECE Industrias Gráficas. Alcalá – España.

DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE ESMERALDAS: Cuadros de morbilidad.

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL
LEOPOLDO IZQUIETA PÉREZ: Resultado de análisis del agua.

ANEXOS

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA DE ESMERALDAS
PROCEDENCIA REFINERÍA ESMERALDAS – SALIDA AL RÍO TEAONE**



Ministerio de Salud Pública

**INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL
"LEOPOLDO IZQUIETA PERÈZ"
LABORATORIO DE ESMERALDAS**

INFORME DE ANALISIS MICROBIOLÒGICO Y/O FISICO-QUIMICO DE AGUAS NO POTABLES

Esmeraldas, 14 de Diciembre del 2011

Número de ingreso: DIC-614-11

Nº de muestras: 1

Identificación de la muestra: agua RESIDUAL

Cantidad: 1 litros y 200 ml aprox.

Fecha de recepción: 07/12/11

Envase: Frasco de vidrio esteril

Fecha de análisis: 07/12/11

Tomadas: por personal técnico del la DPS de Esmeraldas

Procedencia: REFINERIA, DISPOSICION FINAL, SALIDA DE AGUA AL RIO TEANE

ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÒGICO

PARAMETRO	REFERENCIA TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	0.38	5.0
Cloruro	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	1 000
Cadmio	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	0.02
Arsénico (total)	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	0.0	0.1
Cobre	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	1.0
Color real	Standard methods 21th Edit 2005	Unidades de color	---	INAPRECIABLE EN DILUCION 1/20
Cromo Hexavalente	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	0.059	0.5
Hierro (Total)	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	10.0
Manganeso (Total)	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	2.0
Materia Flotante	Standard methods 21th Edit 2005	---	SI	AUSENCIA
Nitrato + Nitritos	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	10
Plomo	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	0.142	0.2
Sulfatos	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	232	1 000
Sólidos disueltos totales	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	1 150	1 600
Bario	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	2.0
Zinc	Standard methods 21th Edit 2005	mg/l	---	5.0
Potencial de hidrógeno	Standard methods 21th Edit 2005	pH	7.1	5-9
Coliformes Totales	Standard methods 21th Edit 2005	NMP/100ml	>160 000	</= 3 000
Coliformes Fecales	Standard methods 21th Edit 2005	NMP/100ml	9 000	</= 3 000
según REGISTRO OFICIAL EDICIÓN ESPECIAL Nº 2, Marzo 31 del 2003 decreto Nº 3516 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. Tabla 12 LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE				NO CUMPLEN

OBSERVACIÓN: xxx.

Analistas
KR-NE

Dr. David Tenorio
DIRECTOR LABORATORIO INH ESMERALDAS

Dirección: Pedro Vicente Maldonado y Julio Estupiñan **Teléfono:** 072-724239

**INFORME GENERAL DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE
MORBILIDAD EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS
DE LOS AÑOS 2010 – 2011 – ENERO A SEPTIEMBRE 2012**

**Ministerio de Salud Pública
Dirección Provincial de Salud - Esmeraldas**

**10 PRINCIPALES CAUSAS MORBILIDAD CONSULTA EXTERNA
CANTÓN DE ESMERALDAS**

AÑO	2010
MES	Enero a Diciembre
AREA	Area 1 a 9, Hospital Provincial y Maternidad
TIPO	Consulta Externa

Orden Causa	ENFERMEDAD	Total
1	INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS (I.R.A.)	102409
2	ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS (E.D.A)	27387
3	OTRAS ENF. DE TRASMISIÓN SEXUAL	12541
4	HIPERTENSION ARTERIAL	12057
5	ACCIDENTES DOMESTICOS	3629
6	DIABETES MELLITUS	2691
7	DEPRESION	768
8	ANSIEDAD	702
9	OBESIDAD	595
10	ACCIDENTES LABORALES	588

Ministerio de Salud Pública
Dirección Provincial de Salud - Esmeraldas

20 PRINCIPALES CAUSAS MORBILIDAD CONSULTA EXTERNA
CANTÓN DE ESMERALDAS

AÑO	2011
MES	Enero a Diciembre
AREA	Area 1 a 9, Hospital Provincial y Maternidad
TIPO	Consulta Externa

Orden Causa	ENFERMEDAD	Total
1	INFECCION RESPIRATORIA AGUDA	86428
2	PARASITOSIS	36565
3	INFECCION DE VIAS URINARIAS	31656
4	ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA	18826
5	ENFERMEDADES DERMATOLOGICAS	17545
6	HIPERTENSION ARTERIAL	11092
7	ANEMIA	8505
8	VAGINITIS	7321
9	INFECCIONES DE TRANSMISION SEXUAL	5293
10	GASTRITIS	5037
11	DIABETES MELLITUS	1928
12	SINDROME DE SECRECION VAGINAL	1677
13	AMIGDALITIS	1661
14	BRONQUITIS	1657
15	DERMATITIS	1223
16	SINDROME DOLOROSO ABDOMINAL	1143
17	SINDROME FEBRIL	1119
18	ENFERMEDADES OBSTETRICAS	1102
19	LUMBALGIA	1056
20	SINDROME GRIPAL	855

Ministerio de Salud Pública
Dirección Provincial de Salud - Esmeraldas

20 PRINCIPALES CAUSAS MORBILIDAD CONSULTA EXTERNA
PROVINCIA DE ESMERALDAS

AÑO	2012
MES	Enero a Septiembre
AREA	Area 1 a 9, Hospital Provincial y Maternidad
TIPO	Consulta Externa

Orden Causa	ENFERMEDAD	CASOS
1	INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS	79894
2	INFECCION VIAS URINARIAS	37355
3	PARASITOSIS	32217
4	ENFERMEDADES DERMATOLOGICAS	18900
5	ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS	13177
6	HIPERTENSION ARTERIAL	9997
7	ANEMIA	7082
8	GASTRITIS	5261
9	DIABETES	3831
10	LUMBALGIA	3133
11	INFECCIONES DE TRANSMISION SEXUAL	2868
12	AMENORREA	1958
13	CEFALEAS	1954
14	INFLUENZA	1847
15	OTITIS MEDIA	1339
16	HERIDA	1266
17	ANEXITIS	987
18	ARTRITIS	969
19	CISTITIS	817
20	ABSCESO	747



INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL
DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

Quito, 12 de Septiembre de 2012

Arquitecto

JUAN VELEZ ANDRADE

DIRECTOR DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO IESS

Presente

ANTECEDENTES

Oficio No 025 APJ-2012 de 26 de Junio de 2012 de la Asociación de Jubilados de PETROINDUSTRIAL "ASOJUPIN" a través del cual solicitan se realice el análisis de documentos entregados sobre el resultado de estudios de salud de los trabajadores de las refinerías del sistema PetroEcuador para el trámite de calificación de insalubre a la Refinería Esmeraldas en vista que los trabajadores laboran en actividades de alto riesgo

Oficio 0611-2012-SINTREPP del Sindicato Nacional de Trabajadores de la E.P. PETROECUADOR (SINTREPP) a través del cual indican que su objetivo primordial es brindar el contingente gremial y colaborar firmemente para que se de le tramite y la calificación respectiva que declare Insalubre a Refinería Esmeraldas,.

Informe final del estudio evaluación de la exposición laboral a los agentes químicos y sus efectos en la salud de los trabajadores de las refinerías del sistema PetroEcuador.

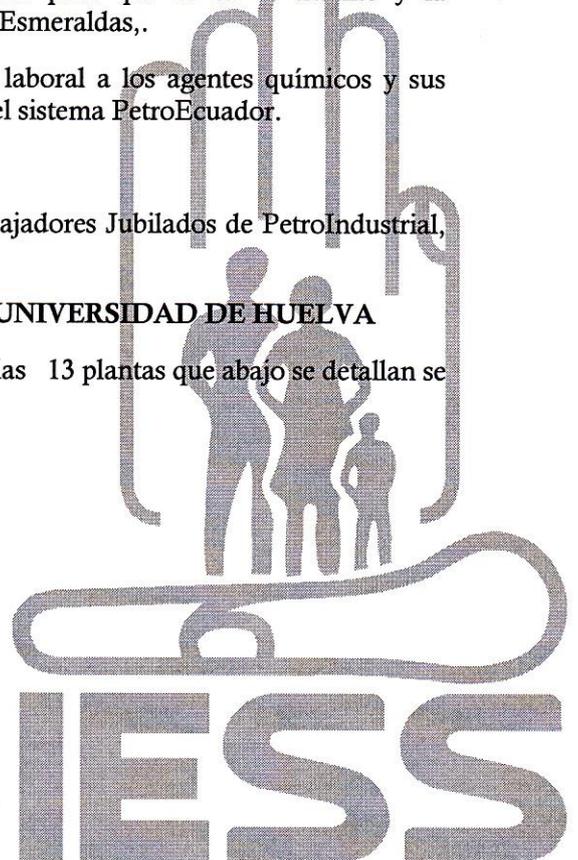
Listado de personal Catastrófico.

Informe del estudio de diagnóstico de salud en los trabajadores Jubilados de PetroIndustrial, Refinería Estatal Esmeraldas.

RESUMEN DEL ESTUDIO REALIZADO POR LA UNIVERSIDAD DE HUELVA

Del estudio realizado por la Universidad de Huelva, en las 13 plantas que abajo se detallan se desprende lo siguiente:

- NO CATALITICAS 1
- NO CATALITICAS 2
- CATALITICAS 1
- CATALITICAS 2
- CATALITICAS 3
- GENER. VAPOR / UTILIDADES
- TRAT° AGUAS / EFLUENTES
- SETRIA
- ADMINISTRACION / SS. GG.
- LABORATORIOS
- LLENADERAS





INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

- BUNKER
- MANTENIMIENTO

Monitoreo Ambiental Realizado por la Universidad de Huelva

“De los resultados obtenidos en las mediciones de campo realizadas para determinar la exposición diaria (ED) de los trabajadores a los distintos contaminantes monitoreados se extraen las siguientes conclusiones:

- En el Análisis realizado por Grupos de Exposición Homogénea (GHE), en la Refinería Esmeraldas se han determinado exposiciones diarias (ED) a BENCENO que superan el Valor Límite establecido, en las Plantas No catalíticas 1 y 2, Catalíticas 1 y 2, Efluentes y Setria; destacando la Planta No catalítica 2 con una sobreexposición muy elevada (Índice de exposición de 5).
- Las exposiciones diarias a TOLUENO son moderas y bajas, no superándose en ningún caso el Valor Límite de Exposición diaria (VLA-ED ó TLV-TWA). Sin embargo en el contraste con el Valor de corta duración (VLA-EC ó TLV-STEEL), se han identificado sobreexposiciones en las Plantas No Catalítica 1, Catalíticas 1 y 2, derivadas de exposiciones durante la realización de tareas puntales tales como la de toma de muestras.
- Las exposiciones diarias a XILENO son bajas, muy alejadas del Valor Límite de Exposición diaria (VLA-ED ó TLV-TWA). En el contraste con el Valor de corta duración (VLA-EC ó TLV-STEEL), se han identificado, al igual que en el caso del Tolueno, sobreexposiciones en las Plantas No Catalítica 1, Catalíticas 1 y 2 y Setria, derivadas de exposiciones durante la realización de tareas puntales tales como la de toma de muestras.
- Las exposiciones diarias (ED) a SULFURO DE HIDRÓGENO (H₂S) en la Refinería de Esmeraldas son bajas en general y moderadas en las plantas Catalíticas 1 y Catalíticas 3, pero no superan el Valor Límite establecido (Índice de exposición 0,5). Las exposiciones de corta duración (EC) superan el valor estándar establecido (VLAEC, TLV-STEEL), en las Plantas No catalítica 1 y Laboratorios. En la planta Catalítica 3 se dan sobreexposiciones elevadas, especialmente en las proximidades de los sellos hidráulicos de azufre SMEO-1, (Índice de exposición de 4). En las Plantas Catalíticas 1 y 2 se han medido exposiciones de corta duración (EC) moderadas (Índices de exposición de 0,53).
- El DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) es otro de los contaminantes que presenta elevadas concentraciones en algunas plantas de la Refinería de Esmeraldas; concretamente, se supera ligeramente el Valor Límite de exposición diaria (VLA-ED) en las Plantas No catalítica 1, Catalítica 2 y en el grupo de personal de Mantenimiento. En Catalítica 3 se han encontrado sobreexposiciones muy elevadas (Índice de exposición de 11,5). Las exposiciones de corta duración superan el estándar (VLA-EC) en las plantas No Catalíticas 1 y Catalíticas 1, 2 y 3.
- Se han identificado sobreexposiciones de corta duración (EC) a DIÓXIDO DE NITROGENO (NO₂) en las Plantas No catalítica 1 y Catalíticas 1, 2, y 3; superándose ampliamente el Valor Límite establecido.



INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

- La exposición diaria FENOL supera el valor Límite establecido ampliamente en el grupo del personal de Mantenimiento (Grupo número 13) y ligeramente en el Bunker.
- Las exposiciones a Mercaptanos son moderadas en Catalíticas 3 y Efluentes, pero no superan el valor límite establecido (VLA-ED).
- Las exposiciones diarias (ED's) a Dióxido de Carbono (CO₂), Óxidos y Dióxidos de Nitrógeno (NO_x), son poco significativas."

En el informe final se expresa:

- "El presente trabajo, que finaliza con la presentación de este Informe, se trata de un estudio de corte transversal y que para conocer el verdadero patrón de la exposición laboral a los contaminantes identificados, la medición de las concentraciones debe tener una continuidad en el tiempo; comenzando por aplicar el programa de mediciones periódicas que se propone en este Informe y que se ha establecido en base a la metodología que se propone en la Norma UNE-EN-689.
- Las Plantas más contaminadas son las No Catalíticas 1 y 2 y Catalíticas 1, 2 y 3 de la Refinería de Esmeraldas y son muy preocupantes los elevados Índices de Exposición a Benceno (Cancerígeno de primera categoría) encontrados especialmente en la Refinería de Esmeraldas, lo que podría explicar los casos de Leucemia que se han registrado en esta Refinería en los últimos años.
- Las elevadas concentraciones de los contaminantes identificados en la Refinería de Esmeraldas se atribuyen principalmente a una falta de mantenimiento de las instalaciones, por una parte y a la falta de cultura preventiva observada en los trabajadores, en general y en los operadores de planta en particular, por otra.
- En base a los resultados obtenidos, de exposición a BTX's, en general y a BENCENO, en particular, y con la información disponible de las áreas de Salud Ocupacional, Biología Celular y Neurotoxicidad podemos afirmar que existe una correlación evidente entre exposición por Grupos de Exposición Homogénea y los indicadores de posible afectación patológica que hemos utilizado en este estudio. En consecuencia, la probabilidad de que las patologías catastróficas diagnosticadas en años anteriores, en la Refinería de Esmeraldas, estén asociadas a las exposiciones a cancerígenos, en general y a Benceno, en particular, es elevada.

"SOBRE EL ANALISIS DE LOS DATOS EPIDEMIOLÓGICOS HISTORICOS FACILITADOS POR LA EMPRESA PRETOECUADOR, SE DESPRENDEN LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES:

1. De los datos de morbilidad obtenidos en el dispensario médico de la **Refinería de Esmeraldas** se desprende que las enfermedades asociadas a la exposición a contaminantes químicos que presentan mayor prevalencia son: las otorrinolaringologías, con el 15% y el 14,5% durante los años 2008 y 2009, respectivamente. Esta mayor prevalencia se explica



INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

porque la etiología de la mayoría de estas patologías radica en la exposición a elevados niveles de ruido; si bien, la exposición a Tolueno es un inductor de la hipoacusia.

Le siguen las respiratorias, con el 11,35% y el 9,44%, durante los años 2008 y 2009, respectivamente.

Las del Sistema Nervioso Central, con el 3,07% y el 2,21% durante los años 2008 y 2009, respectivamente. Esta patología es compatible con exposiciones crónicas a BTX.

Las patologías del aparato digestivo representan el 4,83% y el 11,74% durante los años 2008 y 2009, respectivamente. Esta patología puede estar más asociada a los trastornos digestivos que provoca el trabajo a turnos y nocturno, que a la exposición a contaminantes propiamente dicha.

2. Llama la atención, que de las 239 espirometrías realizadas en el bienio 2008/2009, el 29,2% (70) presenten patología; considerando que las patologías del aparato respiratorio son compatibles con exposiciones crónicas a contaminantes químicos tales como el Dióxido de Azufre y el Sulfuro de Hidrógeno.

.....

5. En relación con las enfermedades catastróficas, tales como leucemias, solo existen registros en la Refinería de Esmeraldas. En esta refinería se reportan 31 casos, de los cuales 12 con diagnóstico de leucemia o leucopenias, 5 con diabetes e hipertensión arterial, 3 con cáncer de próstata y seminoma, 2 con insuficiencia renal y 11 más con distintas patologías graves, algunas de naturaleza carcinogénica. Estas patologías preocupan especialmente, considerando que los diagnósticos de leucemia son compatibles con la exposición crónica al Benceno.”

INFORME DE SALUD:

- EXAMENES HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS REALIZADOS

Nivel de Leucocitos

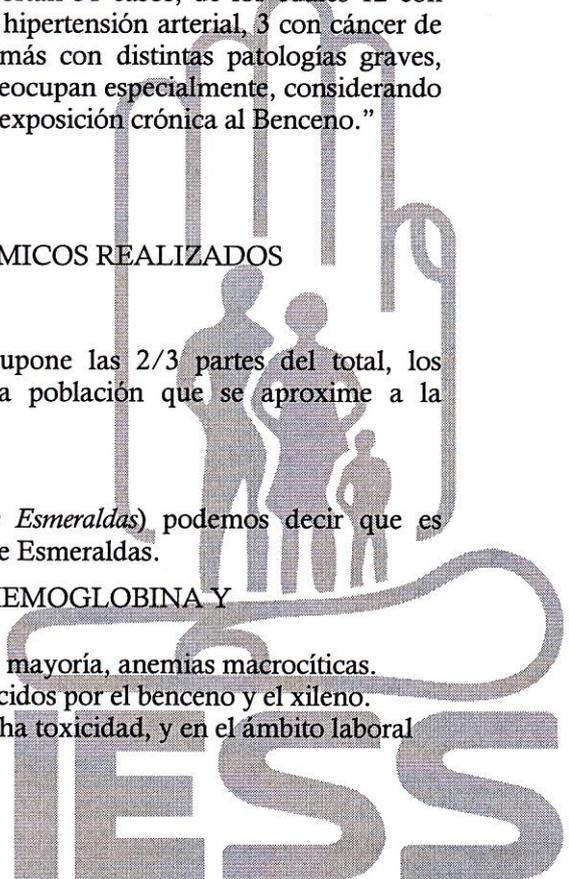
“...en Esmeraldas, donde la población muestreada supone las 2/3 partes del total, los resultados son más acordes con lo esperado en una población que se aproxime a la normalidad.”

Nivel de plaquetas (relacionado a exposición a xileno)

Este estudio en las otras dos plantas (*La Libertad* y *Esmeraldas*) podemos decir que es prácticamente normal, muy especialmente en la planta de Esmeraldas.

- ESTUDIO HEMATOLÓGICO: HEMATÍES HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO:

“En todas hay un elevado porcentaje de anemias y, en su mayoría, anemias macrocíticas. Son de sobra conocidos los efectos hematotóxicos producidos por el benceno y el xileno. Además, la exposición conjunta de ambos intensifica dicha toxicidad, y en el ámbito laboral que nos ocupa son inseparables (junto con el tolueno)”.





INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

No obstante, existen factores de confusión, en concreto el tabaquismo crónico, que pueden producir alteraciones similares, si bien se han realizado las suficientes pruebas diagnosticas (coximetrías) para que las conclusiones finales fueran fiables.”

“Finalmente, como hemos indicado más arriba, se han encontrado unas frecuencias de MN mucho más elevadas de las encontradas en otros estudios similares, por lo que queremos remarcar que dichos sujetos presentan o presentarán en un plazo medio de tiempo, alteraciones citológicas severas a nivel orgánico, por lo que **recomendamos** que sean estudiadas dichas personas más específicamente mediante el correspondiente análisis clínico.”

De la entrevista realizada al Ing. Marcelo Robalino (Gerente de Refinación en ese entonces), Ing. Sandra Ormaza Jefe de Recursos Humanos e Ing. Germán Torres Subgerente de Seguridad, Salud y Ambiente en enero de este año se desprende que:

- Desde el punto de vista operativo en la Refinería se han implementado y se siguen desarrollando medidas para realizar el control de emisiones fijas, evitar drenajes y venteos a la atmosfera. Existe el plan de cambio de sellos de bombas de productos pesados y livianos que impiden la salida de vapores al ambiente.
- Se ha realizado el cambio de combustible de hornos y calderas, lo cual mejora la combustión y disminuye la emisión de contaminantes.
- Se ha modernizado el sistema de tratamiento de efluentes.
- Se encuentra proyectado la reubicación de las “llenaderas”.
- Se ha dispuesto establecer programas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de maquinaria y equipos, así como programas de limpieza de todos los lugares de trabajo, locales de servicio, equipos e instalaciones, eliminación rápida de desperdicios y residuos.

ANALISIS

Los riesgos higiénicos más importantes dentro de las actividades de las refinerías de petróleo devienen de la exposición a químicos, entre ellos de forma particular la exposición a vapores orgánicos aromáticos.

Del análisis de los antecedentes se desprende que en la Refinería Esmeraldas existen actividades con **NIVELES DE RIESGO ALTO** en las cuales los trabajadores están expuestos a factores de riesgo químico y físicos entre otros.

Entre los químicos utilizados se encuentra principalmente vapores orgánicos (algunos clasificados como cancerígenos), gases irritantes y asfixiantes, entre otros.

Estas sustancias causan efectos agudos y crónicos, la exposición simultánea a varios de ellos (solventes) genera efectos aditivos.



INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

El riesgo en la exposición a un determinado producto químico esta dado por dos condiciones: factores intrínsecos (como la toxicidad propia del producto) y factores extrínsecos (tiempo de exposición, la forma en que se los utiliza, esto es procedimientos y medidas de prevención y control del riesgo)

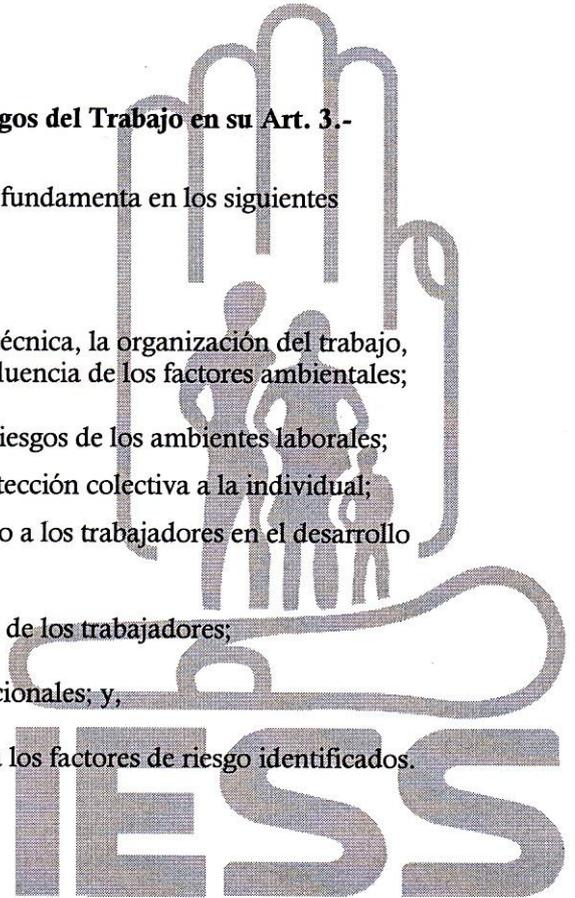
Al respecto se debe indicar que el tiempo de exposición potencia los efectos crónicos (puede generar riesgo de enfermedad profesional) pues la dosis a la que está expuesto el trabajador es función de la concentración del químico en el ambiente de trabajo y su tiempo de exposición, debe aclararse que, en relación a los efectos agudos (que puede dar como resultado el accidente de trabajo) el factor determinante es la concentración del contaminante en el aire, lo cual implica que para la prevención de efectos agudos y crónicos es de vital importante el uso de medidas preventivas ingenieriles, procedimientos de trabajo seguro que garanticen que el trabajador se exponga a concentraciones nulas o mínimas de estos químicos tanto por vía respiratoria, dérmica, tejido conjuntivo, parenteral y digestiva.

La capacitación es una herramienta de prevención que el empresario debe entregar a sus trabajadores dentro de programas que permitan dar competencias para el cuidado de la salud de ellos mismos y sus compañeros de trabajo. Un trabajador capacitado sobre los riesgos de su puesto de trabajo se sentirá comprometido en el uso de procedimientos de trabajo seguro.

La R.C.D 390 Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo en su Art. 3.- Principios de la Acción Preventiva.- indica:

En materia de riesgos del trabajo la acción preventiva se fundamenta en los siguientes principios:

- a) Eliminación y control de riesgos en su origen;
- b) Planificación para la prevención, integrando a ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales;
- c) Identificación, medición, evaluación y control de los riesgos de los ambientes laborales;
- d) Adopción de medidas de control, que prioricen la protección colectiva a la individual;
- e) Información, formación, capacitación y adiestramiento a los trabajadores en el desarrollo seguro de sus actividades;
- f) Asignación de las tareas en función de las capacidades de los trabajadores;
- g) Detección de las enfermedades profesionales u ocupacionales; y,
- h) Vigilancia de la salud de los trabajadores en relación a los factores de riesgo identificados.





INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

CONCLUSIONES

- Del análisis de los antecedentes se desprende que en la Refinería Esmeraldas existen actividades con **NIVELES DE RIESGO ALTO** en las cuales los trabajadores están expuestos a factores de riesgo químico y físico, entre otros.
- Se ha realizado solo por una ocasión un estudio con las características técnicas del efectuado por la Universidad de Huelva. Es necesario que se realicen otros cuya periodicidad están relacionados con los valores obtenidos (I)
- No se ha realizado el cronograma de mediciones que se recomendaron cuando se entregó el informe de evaluaciones ambientales.
- Como resultado de estas mediciones se conoce que "...la Refinería de Esmeraldas es de las tres, la peor mantenida y la más contaminada por presencia de compuestos sulfurados, tales como el Dióxido de Azufre (SO₂) y el Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), superando en muchos de los puntos monitoreados el Valor Límite establecido para estas sustancias".
- La Universidad Estatal de Huelva realizó un estudio para el análisis y evaluación de contaminantes químicos y sus efectos en la salud de los trabajadores de las Refinerías del Sistema EP PETROECUADOR, en el cual no se diagnostican enfermedades catastróficas, pero sí determina y evalúa la exposición de los trabajadores a diferentes contaminantes químicos. Esta acción preventiva está destinada entre otras cosas, a la adopción de medidas como la reubicación de los trabajadores, mas no debe ser confundida con métodos diagnósticos.
- No se puede determinar las exposiciones históricas a las cuales han estado sujetos los trabajadores, por un lado la refinería tenía menos años de servicio (instalaciones nuevas que fueron recibiendo el efecto del tiempo y la falta de mantenimiento en muchos casos) pero por otro lado la Gestión de Seguridad y Salud de los Trabajadores no tenía el mismo desempeño que en la actualidad.
- Los efectos de los solventes en la salud son de carácter aditivo cuando se expone simultáneamente a varios de ellos.
- Los trabajadores que presentaron aberraciones cromosómicas de esta área se encuentran en tratamiento según lo indicado por médicos externos y deben hacerse seguimiento al cabo de tiempos definidos.
- Bajo estos parámetros podemos indicar que los trabajadores que realizan actividades en las plantas antes indicadas estarían expuestos a riesgos que podrían afectar su salud.
- La refinería Esmeraldas está considerada justificadamente como una industria en la cual se desarrollan actividades de **RIESGO ALTO** lo cual implica desarrollar de



INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO

forma coherente el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud de los Trabajadores a fin de afrontar adecuadamente esa condición.

RECOMENDACIONES:

- La Refinería Esmeraldas debe desarrollar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud de los Trabajadores, para realizar la actividad preventiva acorde a su nivel de riesgo.
- Realizar un programa de vigilancia ambiental y de salud que se extienda también a otras plantas y áreas de la refinería.
- Obtener información cuantitativa de la exposición con especial atención a las tareas de alto riesgo.
- Determinar las medidas de control ingenieriles, del ámbito del talento humano y procesos operativos básicos para eliminar el riesgo o disminuirlo a límites tolerables por los trabajadores.
- Establecer programas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de las plantas e instalaciones de la refinería.
- En general adoptar las medidas de control de contaminantes propuestas en el estudio referido.
- Efectuar nuevos estudios (vigilancia de la salud) a los trabajadores que presentaron alteraciones.
- Realizar el monitoreo biológico específico de los trabajadores expuestos.
- Realizar el seguimiento médico especializado al estado de salud.
- Gestionar toda la ayuda médica a los trabajadores que presenten enfermedades catastróficas.

Ing. María Rosseline Calisto R

DIRECCION DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO IESS



FOTOGRAFÍAS

Foto 1



[Derrame afecta al río Teaone](#)

Fuente: Diario la Hora. Publicado el 02/Abril/2010 | 00:04

Foto 2



Limpieza del petróleo en el río Teaone quedó a medias

Fuente: Elsa Mera: Diario El Comercio - Redacción Esmeraldas

Foto 3



Analizan agua del Teaone
Fuente: Diario La Hora - 7 de diciembre de 2010

Foto 4



Derrame del crudo en el rio Teaone.

Fuente Diario La Hora