

# El Agua, el Cloro y los Seres Vivos

LEONCIO J. GARCIA ARA

*Director de Calidad, Prevención y Medio Ambiente  
del Grupo Químico Aragonesas*

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de este foro de reflexión y difusión del conocimiento, sobre “La Salud, prioridad del VI programa comunitario de medioambiente”, voy a exponer a continuación dentro del panel “El agua y su incidencia sobre la Salud” el tema:

### “EL AGUA, EL CLORO Y LOS SERES VIVOS”

Tres palabras ligadas de forma natural desde el comienzo de los tiempos.

El **cloro** se descubre en 1774 por el farmacéutico sueco C.W. Scheele, que lo llamó “ácido muriático deflogistificado” (sin hidrógeno), del latín “muria” ó salmuera, gas de color amarillo-verdoso brillante, por la reacción del ácido muriático (clorhídrico) con pirolusita (bióxido de manganeso); murió en 1786 pensando que no tenía usos, pero la investigación y el desarrollo en lo referente a las técnicas de producción y a los usos del cloro siguen estando de máxima actualidad. Rendir homenaje desde aquí a este infatigable investigador, que dejó la escuela a los 14 años para trabajar como ayudante de “botica”, con grandes esfuerzos se hizo boticario y desde ese puesto realizó con una humildad meritoria numerosos descubrimientos en la química mineral y en la orgánica.

LEONCIO J. GARCÍA ARA

En 1810 Sir Humphry Davy, considerado como el pionero de la Electroquímica, demostró que era un elemento químico y lo denominó cloro por su coloración amarillo-verdosa del griego “chloros”.

Desde la primera mitad del Siglo XX, y coincidiendo con el desarrollo de la química orgánica y la de los grandes polímeros, se da un fuerte impulso a su producción industrial, a los desarrollos tecnológicos para su obtención y a sus numerosísimos derivados; recordar que ya en 1785 en Javel, cerca de Paris y bajo el impulso de Berthollet se preparó una disolución de este gas (no electrolítico), en principio en agua y después en un medio básico (potasa cáustica) denominada “Agua de Javel”, que se usó como blanqueante textil; este producto era el origen de la imprescindible “lejía” o disolución acuosa de Hipoclorito Sódico que tan útil ha sido y es, como desinfectante de aguas y como germicida. (Figura 1)

## EL AGUA, EL CLORO Y LOS SERES VIVOS



C.W. SCHEELE 1.774

Ácido muriático deflogistificado



C.L. BERTHOLLET 1.785

Agua de Javel



Sir. H. DAVY 1.810

Cloro elemento



QUÍMICA DEL CLORO

(Figura 1)

El **cloro**, elemento N° 17 de la tabla periódica, es un elemento tan reactivo que no se encuentra en la naturaleza como elemento aislado, salvo en erupciones volcánicas, y sí en innumerables compuestos tanto en los minerales como en los seres vivos; es el undécimo más abundante de la litosfera y el décimo más abundante entre los quince que componen el 99,5% del cuerpo humano; compuestos clorados se encuentran en la sangre, en la piel y en los dientes, así como el ácido clorhídrico en nuestro aparato digestivo.

El VI Programa Comunitario y en su apartado Medioambiente y Salud, referencia el objetivo de conseguir un nivel de calidad ambiental tal que las concentraciones de contaminantes de origen humano, no tengan efectos ni riesgos **significativos** sobre la salud humana.

Reflexionar y hablar del papel del cloro y su relación con el agua y con los seres vivos, va ligado a la Salud de las personas, por ello recordamos lo que dijeron tanto el Profesor Pasteur: “Nos bebemos el 80% de las enfermedades”, como posteriormente el Dr. Marañón: ” La mayor parte de nuestras enfermedades nos las bebemos”.

El **Cloro** o mejor algunos de sus derivados han dado y dan lugar a numerosas polémicas, cosa que no podría ser de otra manera después de tantos años de experiencias y de tan numerosa presencia de estos derivados clorados.

Los hechos, deberán por tanto inclinar la balanza de los **riesgos-beneficios**, observando el enorme esfuerzo que se ha realizado y se está realizando para **prevenir** y de allí la inseparable actuación conjunta en aspectos de Seguridad, Salud y Medioambiente; programas de mejora continua como **Compromiso de Progreso** (Responsible Care) impulsado en España por la Federación Española de la Industria Química (Feique) dan buena prueba de ello.

Como podremos observar, más que nunca se están realizando estudios para la evaluación del riesgo de los productos químicos (Risk Assessment), incluidos los del sector cloro-alcali y derivados, con participación de personal científico muy experto en toxicología, ecotoxicología, medicina y salud, etc, incluso con acciones voluntarias para la reducción de emisiones y con el seguimiento de una abrumadora, ya actual y próxima legislación procedente básicamente de la UE, que deberá necesitar

LEONCIO J. GARCÍA ARA

tiempo y medida para definir y consensuar criterios y para su aplicación práctica; posteriormente por medio de la Gestión de los Riesgos (Risk Management) se podrán tomar decisiones, entre las partes interesadas y ver así la forma de aplicar tanto el **Principio de Precaución** con base científica como la tan de moda estrategia del **Desarrollo Sostenible**.

En mi opinión la compaginación del soporte científico, la transparencia, la credibilidad, las evaluaciones del riesgo, el sentido común, deberían lograr que la sociedad incluidos los medios de comunicación, valoren los beneficios frente a los riesgos lo que será clave para lograr la **confianza** en la química y en los productos químicos. (Figura 2)

## **EL AGUA, EL CLORO Y LOS SERES VIVOS**

### **GESTIÓN DEL RIESGO (RISK MANAGEMENT)**



#### **TOMA DE DECISIONES**

**Gobiernos + Industria + Terceras partes**

- ✓ Evaluación de los peligros.
- ✓ Caracterización del riesgo.
- ✓ Aceptabilidad del riesgo.
- ✓ Medidas para la reducción del riesgo.

#### **PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

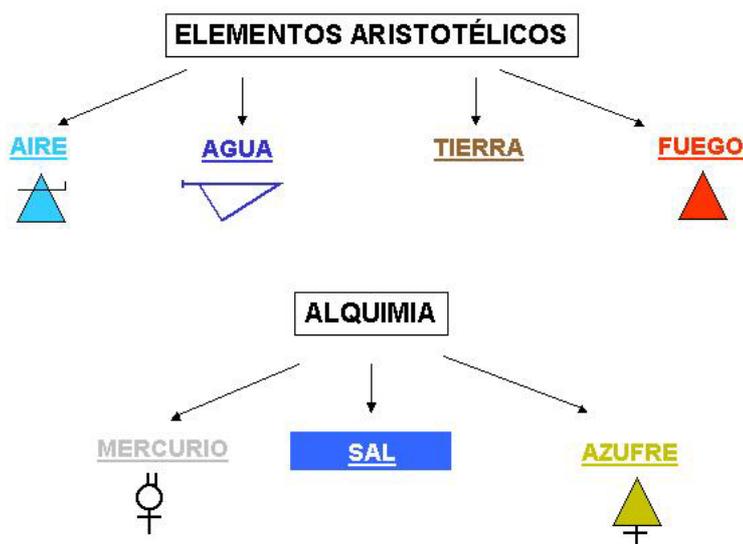
Confianza en los productos químicos.

(Figura 2)

## 2. LA PRODUCCIÓN DE CLORO

La **sal común**, también llamada el “quinto elemento”, tras los otros cuatro aristotélicos: el **aire**, el **agua**, la **tierra** y el **fuego**, formó parte, en la Edad Media de los alquimistas, de la “tria prima” de principios o elementos, por su propiedad de estabilidad y solubilidad, junto, con el **mercurio** que representaba el carácter metálico y la volatilidad y el **azufre** que poseía propiedades combustibles; se encuentra, en los mares, en cantidades prácticamente inagotables y en la Tierra como sal gema, además de formar parte del cuerpo de mamíferos, aves y peces. (Figura 3) y (Figura 4).

### EL AGUA, EL CLORO Y LOS SERES VIVOS



(Figura 3)

El **gas Cloro** ( $\text{Cl}_2$ ) N° CA:-7782-50-5-, se obtiene industrialmente por electrolisis de una disolución acuosa de cloruro sódico ( $\text{Na Cl}$ ) o potásico ( $\text{K Cl}$ ), es decir mediante la aplicación de una corriente eléctrica a

LEONCIO J. GARCÍA ARA

las celdas de electrolisis, por las que circula una disolución de sal, denominada salmuera.



(Figura 4)

Entre las tecnologías de producción cloro-álcali la más extendida es la veterana de **amalgama** de mercurio (1892), que representa en Europa un 54,5% del total de la capacidad instalada de cloro, la cual es del orden de 11 millones de toneladas frente a la mundial de unos 45 millones.

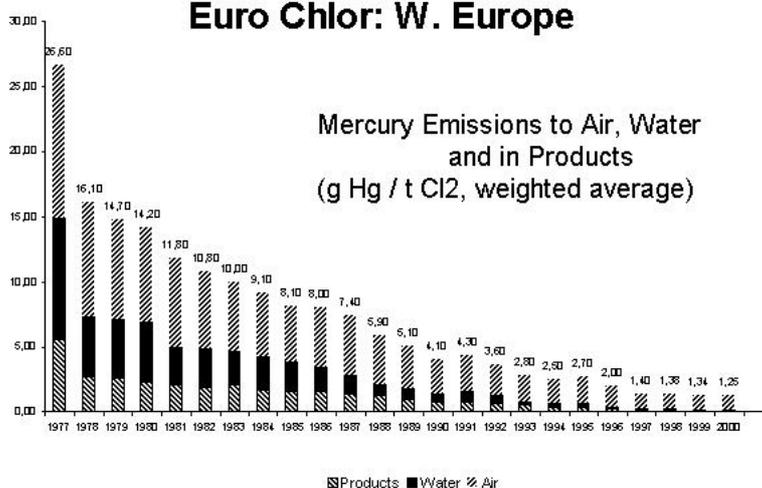
La producción de cloro de un país es un indicador de su nivel de vida.

Los fabricantes europeos de cloro-álcali, han realizado estas últimas décadas un importante esfuerzo económico y humano para la reducción de sus emisiones, habiendo llegado a una cifra de suma de emisiones al aire, al agua y con los productos, de 1,25 g de mercurio por tonelada de capacidad instalada de cloro lo que supone una reducción del **74%** en los

últimos **10 años** , considerando que su impacto no es significativo ni para el hombre, ni para el medioambiente. (Figura 5).

## EL AGUA, EL CLORO Y LOS SERES VIVOS

### Mercury Emissions 1977-2000 Euro Chlor: W. Europe



(Figura 5)

En los años 70 ha aparecido la nueva tecnología de producción de cloro, denominada de **membrana**, tecnología que se va optimizando con los años y que va a ser mucho más valorada cuando se incorporen en un próximo futuro técnicas emergentes como el aprovechamiento del hidrógeno in situ; la UE ya la ha definido como BAT para este sector, es decir como **Mejor técnica disponible** de producción; así lo refleja el documento BREF (BAT de referencia) de Octubre 2000 preparado en el Instituto de estudios de Prospección Tecnológica de Sevilla (IPTS), siguiendo lo indicado por la **Directiva**, 96/61/CE para la Prevención y el Control Integrados de la Contaminación (IPPC).

Con los avances tecnológicos de los próximos años y a partir del año 2007, fecha de comienzo de aplicación de la Directiva IPPC, para plantas existentes, se irá viendo en base a las condiciones socioeconómicas locales, así lo indica dicha Directiva IPPC, cual es el momento ade-

cuado para la **reconversión**, esperando se realice de forma **natural** con un límite máximo de terminación en el año 2020.

En España ya se dispone de 55.000 t de capacidad instalada de cloro por la vía membrana lo que supone un 7% del total. (1992-2001).

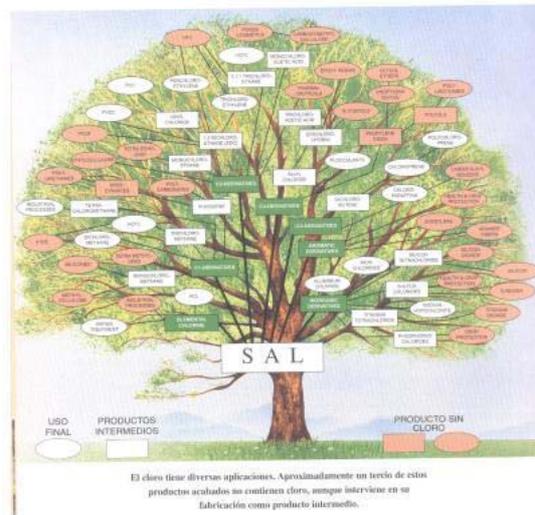
En todo caso destacar que con los planes de optimización y mejora que va a seguir haciendo el sector europeo, básicamente mediante **acuerdos voluntarios** y mientras dure la **reconversión natural** se seguirán las **mejores prácticas** de operación y de mantenimiento incluyendo la mentalización de los empleados para seguir disminuyendo las emisiones y por tanto, para que el impacto ya no significativo, siga en línea descendiente, incluyendo lo relativo a la Salud e Higiene de los trabajadores, con la rigurosa aplicación de la legislación sobre Prevención de Riesgos Laborales.

### 3. USOS DEL CLORO

Entre un 55 y un 60% de la industria química está basada en la química del cloro.

El árbol del cloro es una buena representación de los numerosísimos derivados y familias de productos, más de 15.000, tanto de uso final como de productos intermedios, muchos de ellos sin cloro en su molécula pero que han necesitado el cloro para su fabricación. (**Figura 6**).

### El árbol del cloro



(Figura 6)

Como puede observarse el mayor uso con un 35% es para la fabricación de **resinas de PVC, tuberías, ventanas, suelos, aplicaciones médicas**, un 24% para usos **agroquímicos, medicamentos y tratamiento de aguas**, un 3% para producir **hipoclorito sódico para usos de blanqueo y desinfección**, y el resto en temas como **ácido clorhídrico, oxido de propileno, fosgeno y derivados C1 y C2**. (Figura 7).



La sosa cáustica es un importante coproducto con también numerosas aplicaciones en metalurgia, aluminio, vidrio, jabón, detergentes y textil.

#### 4. EL CLORO Y LA SALUD

En 1846 fue usado por primera vez como material desinfectante (agua clorada), en la maternidad del Hospital General de Viena, para el lavado de las manos y evitar la fiebre puerperal.

**El 85% de las medicinas**, incluyendo gran número de las decisivas para salvar vidas, usan cloro para su fabricación; es esencial en la lucha contra el cáncer y un elemento clave en la investigación de nuevos medicamentos; de los 400 nuevos fármacos aprobados para uso humano desde 1984, más de 60 contienen cloro.

Antibióticos, síntesis de la vitamina C, tratamiento de la malaria, tranquilizantes, etc, etc, son algunos de los cientos de ejemplos sobre fármacos que están ligados a la química del cloro

El **cloro** es componente vital para los equipos médicos; **un 25%** de los aparatos médicos de los hospitales han usado cloro en su fabricación o contienen cloro: las películas de Rayos X y para mamografías se fabrican con cloruro de plata, el silicio y los semiconductores para material electrónico hospitalario, material de suturas, catéteres, prótesis de titanio, bolsas de sangre, se han fabricado por medio de PVC, teflón, siliconas, etc.

Puede afirmarse que **el cloro es una necesidad médica** y es esencial para la medicina moderna, contribuyendo al logro de una mayor esperanza de vida y a una drástica disminución de la tasa de mortalidad infantil, por ejemplo, según datos de Estados Unidos se ha aumentado en el primer caso desde los 45 años en 1900 a 76 actuales y disminuido en el segundo desde el ciento por mil hasta el 8,2% respectivamente.

El 96% de los productos que se aplican para la protección de cosechas usan también cloro en su fabricación, contribuyendo a la mejora y disponibilidad de alimentos, problema que se irá incrementado con el ya esperado aumento de población.

Posiblemente, gracias al cloro se salvan más vidas que con cualquier otro producto químico.

## 5. EL CLORO Y EL AGUA

Sin entrar en el análisis de la situación de disponibilidad del agua en general, quiero recordar la publicación nº 3/2000 de los Anales de esta Real Academia de Farmacia sobre “El agua: un recurso agotable” del académico D. Segundo Jiménez Gómez, en donde se pone al día con todo tipo de datos y detalles la situación de este recurso tan apreciado.

El agua contiene frecuentemente cientos de microorganismos perjudiciales para la salud y la vida de las personas.

Las vacunas, los antibióticos y la desinfección, incluida la de las aguas, han sido quizás los tres descubrimientos médicos más importantes debido al genio de los doctores: Pasteur, Fleming y Ernst Chain y que junto con los inestimables trabajos de Berthollet han hecho disminuir las enfermedades infecciosas en el mundo en menos de un siglo y por tanto garantizar la calidad de vida para la especie humana.

El tifus, el cólera y la disentería, han desaparecido prácticamente en el mundo por el uso del cloro para la desinfección del agua; otras epidemias y enfermedades como hepatitis viral, salmonelas, gastroenteritis y malaria se han minimizado drásticamente en el mundo civilizado gracias a la cloración del agua o al eficaz uso de algún derivado clorado; las recientes apariciones en Europa y más específicamente en España de la bacteria de la legionelosis en circuitos de agua de refrigeración se ha podido combatir radicalmente mediante el uso de agua clorada además de la limpieza de las instalaciones; mucho más reciente, la muy veterana “lejía” está jugando, una vez más, un papel importante como desinfectante en la lucha contra el ántrax después de los graves acontecimientos del pasado septiembre.

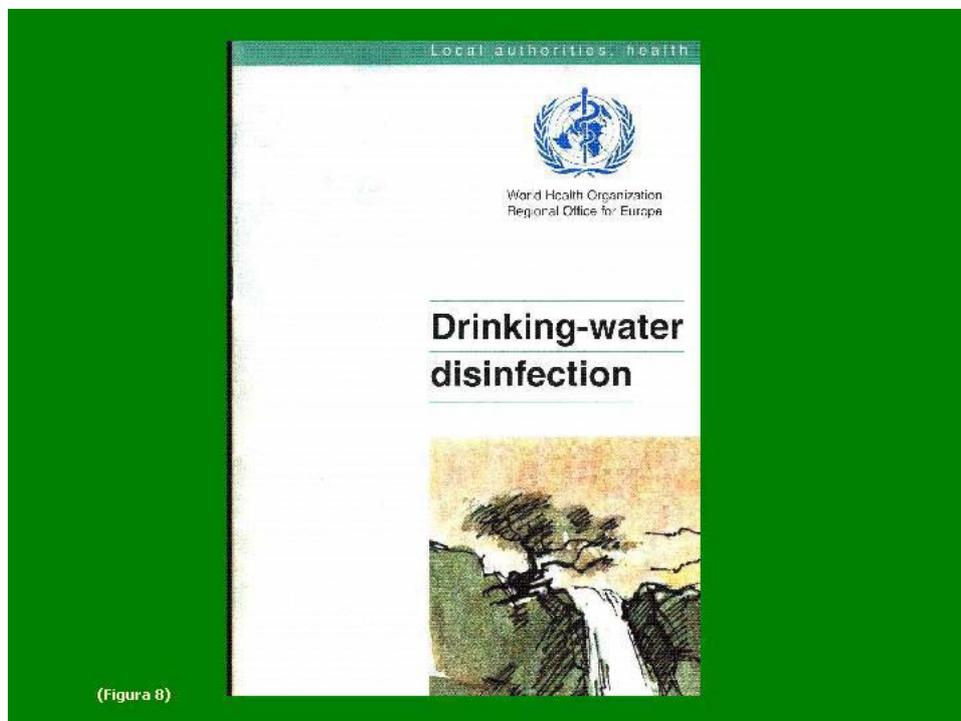
El primer uso del cloro en un proceso continuo de cloración de aguas de bebida se realizó en Europa (Bélgica) en 1902, si bien en 1896 se usó hipoclorito en la base naval austrohúngara de Pola en el Adriático. En Estados Unidos los primeros ensayos de cloración de aguas datan de principios de 1900.

El cloro ayuda también a eliminar en gran parte de casos, olores y sabores y garantiza la no proliferación posterior de microorganismos y bacterias en las redes de distribución de agua.

Destacar la importancia del uso de un material plástico como el Policloruro de Vinilo ó PVC fabricado con cloro (57%), material controvertido en estos tiempos, pero respetuoso con el medioambiente cuando se tiene en cuenta todo su ciclo de vida y más en comparación con otros plásticos; es muy resistente a la corrosión, y por ello se usa para la fabricación de tuberías de distribución de agua potable y sanitaria, colaborando eficazmente a la disminución de fugas en las redes y por tanto a la protección de este recurso tan escaso.

En los casos de las numerosas y recientes catástrofes naturales de huracanes y terremotos (Nicaragua, Venezuela, etc), el cloro y el Hipoclorito Sódico han sido determinantes para clorar las aguas y evitar la propagación de enfermedades.

Según fuentes de la Organización Mundial de la Salud (WHO), **3 millones de personas mueren cada año en el mundo por beber agua no potable** especialmente niños, incluso se ha llegado a dar en publicaciones especializadas la escalofriante cifra de 25.000 muertes al día por este concepto; alrededor de 1.000 millones de personas, 1/6 de los habitantes del mundo, no tienen acceso al agua potable y en el continente europeo según también fuentes de esta organización, del orden de 120 millones de personas, en 50 países, no tienen un suministro ininterrumpido de agua de bebida microbiológicamente segura. **(Figura 8).**



(Figura 8)

Se estima que 2.400 millones de personas o sea el 40% de la población del mundo no tiene acceso a ningún tipo de saneamiento.

Por una incorrecta interpretación de las autoridades del Perú en 1991, de hipotéticos estudios de la Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos (EPA) del año 1970, sobre la posible relación entre cloración de las aguas y cáncer, se produjo una epidemia de cólera al interrumpir la cloración de las aguas; desde entonces se han registrado, 391.000 casos con 19.295 muertes en el continente americano; el cólera que permanece todavía activo en Asia y África ha producido en 1991, según la notificación a la WHO, 50.000 casos, incluyendo 1.286 muertes en Asia y 153.000 casos con 13.998 muertes en África en el mismo periodo; estos son datos oficiales, probablemente menores que la realidad y en todos los casos el agua ha sido la responsable.

El **98% del agua que se bebe** en Europa de suministros públicos está desinfectada y es segura en el **grifo** del consumidor debido a la cloración; solo el cloro es capaz de garantizar esta desinfección final, aun



La nueva **Directiva 98/83/CE** del Consejo de 3 de Noviembre 98 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, y que deberá ser implementada en el 2003, fija un límite de 150 µg/l hasta el 2008 y 100 microgramos de THM por litro a partir de esta fecha, recomendando que se mantenga lo más bajo posible en aplicación del Principio de Precaución; la Organización Mundial de la Salud (WHO) en su reciente Informe sobre el Programa Internacional de Seguridad Química concluye que “ No hay evidencia epidemiológica suficiente que soporte un efecto causal que relacione el cáncer de vejiga y la exposición a aguas de bebidas cloradas”; la EPA y la Agencia de Salud de Canadá han alcanzado conclusiones similares; la Guía WHO sobre la Calidad de aguas de bebida de 1993 indica que el riesgo de cáncer como consecuencia de contenidos de diferentes concentraciones de THM, generados en la cloración de las aguas, en una población de 100.000 habitantes, y bebiendo 2 litros de agua por día, durante 70 años, es **extremadamente bajo**.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) concluyó en 1991, que no había evidencias de consecuencias de cáncer por agua de bebida clorada, ni en humanos ni en experimentos con animales.

No cabe duda que el tratamiento de aguas en las estaciones de depuración es todo un arte y por eso la combinación de los tratamientos será diferente en cada caso según la calidad de la materia prima; siempre deben de ser bien venidos, todos los esfuerzos (aun con incremento de los costes económicos) por reducir al máximo posible los trihalometanos por debajo del límite marcado por la Directiva. Algunas pautas que expone la Guía de WHO publicada en 1996, indican que algunos países europeos han adoptado límites de THM entre 25 y 100 µg/l; en Estados Unidos la recomendación es de 80 µg/l.

Con respecto al **cloro residual** y teniendo en cuenta el sabor que da el cloro al agua, algunos países en base a hábitos locales, usan un residual tolerable muy bajo, del orden de 0,1 mg/l (100 ppb). En Estados Unidos este valor se fija en 1 mg/l o sea 1000 ppb, como garantía de una buena calidad de agua; la WHO indica en su Guía que una concentración de cloro residual (suma de  $\text{HClO}$  y  $\text{ClO}^-$ ) de 0,5 mg/l (500 ppb) después de un contacto de 30 minutos garantiza satisfactoriamente la desin-

fección; en Estados Unidos (USEPA) se recomienda 0,2 mg/l de cloro residual después de 4 horas de contacto; también comenta la Guía que con concentraciones de 5 mg/l (5000 ppb) de cloro libre no se han observado efectos adversos para la salud.

Con respecto a legislaciones europeas y estatales que tienen que ver con la política y prevención de la contaminación de las aguas comentar brevemente la **Directiva Marco del Agua** 2000/60/CE de 23 de Octubre 2000 cuya aplicación por los estados tiene límite 22 de Diciembre 2003; se está trabajando a nivel europeo en la definición de una lista de 32 compuestos de acuerdo con lo reflejado en su Artículo 16 “Estrategias para combatir la contaminación de aguas”, comenzando por las denominadas:

- ✓ Lista de once sustancias **prioritarias peligrosas**, para posterior reducción de los límites de emisión en fechas determinadas; entre estas sustancias se encuentran cinco derivados clorados.
  
- ✓ Lista de otras once **prioritarias en revisión**, entre las que se encuentran cuatro derivados clorados.
  
- ✓ Otras diez sustancias **en estudio** que no poseen en principio características peligrosas prioritarias.

Una posible fecha para la limitación hasta el objetivo de vertido prácticamente cero de las sustancias peligrosas prioritarias es el año 2020.

Todos los derivados clorados de las listas están incluidos en los estudios voluntarios de Riesgos en el Medioambiente marino realizados por los productores europeos de cloro y por tanto estos datos contribuirán a la preparación de los Estándares de Calidad Medioambiental (EQS) y de los Valores Límite de Emisión (ELV) de estas sustancias.

El **Real Decreto 995/2000** de 2 de Junio por el que se fijan **objetivos de calidad** para determinadas sustancias contaminantes y modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico aprobado por el R.D. 849/86 de 11 de Abril.

\* También en este caso afecta a algún derivado clorado dentro del capítulo de compuestos orgánicos.

El **Real Decreto 909/2001 de 27 de Julio** sobre prevención y control de la Legionelosis.

Según afirmaciones de Carol Henry, director del International Life Science Institute (ILSI), Risk Science Institute de Estados Unidos.

“LA CLORACIÓN Y LA DESINFECCIÓN DEL AGUA, SON EL MAYOR ÉXITO HISTÓRICO PARA LA SALUD DEL SIGLO XX”.

## 6. BIOCIDAS

“**Biocidas**” son aquellos agentes con capacidad para eliminar los microorganismos; el término “desinfectante” se usa frecuentemente para definir a un reactivo químico con propiedades biocidas; estos productos se suelen usar en proporciones muy bajas en multitud de campos y productos formulados, por ejemplo productos para la higiene humana, desinfectantes para la vida privada y la salud pública, productos para tratamientos de aguas para piscinas, conservación de alimentos, aire acondicionado, aguas potables, detergentes, protectores de maderas, etc.

La UE ha publicado la **Directiva 98/8/EC** del Parlamento y del Consejo de 16 de Febrero 98 y posterior **Reglamento EC N° 1896/2000** de 7 de Septiembre relativo a la 1ª fase del programa, contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva.

La Directiva considera **biocidas** aquellas sustancias activas o preparados que contienen una o más sustancias activas, presentadas en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción ó ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos.

Afecta a todos aquellos compuestos con propiedades biocidas que estaban en el mercado el 14 de mayo del 2000.

El anexo V recoge una lista de 23 **tipos** de productos que tienen esta consideración con una descripción de carácter indicativo de cada uno de ellos.

Para poder comercializar y usar a partir del 2004 estas sustancias es obligatorio identificar y **NOTIFICAR**, es decir confirmarlos, ante la UE, antes del 28 de marzo del 2002; para ello es necesario realizar y presentar en la UE antes de dicha fecha un **dosier** con información de mercado y datos científicos, básicamente: propiedades físicas y químicas y estudios, tanto toxicológicos y metabólicos, como ecotoxicológicos.

El costo de preparación de los dosieres para cada sustancia está estimado **en principio** entre 50.000 y 350.000 euros pudiendo llegar hasta los 850.000 si se necesitaran estudios adicionales; por ello los productores europeos se han agrupado para presentarlos conjuntamente; en el caso del cloro y del hipoclorito sódico que son dos de los productos afectados se va a hacer a través de Euro Chlor; los productos para desinfección de piscinas (cloroisocianuratos) se van a notificar conjuntamente con los productores americanos; el clorito sódico como generador de dióxido de cloro para la desinfección de aguas se presentará vía el grupo de trabajo del Consejo europeo de la federación de la Industria Química, CEFIC.

## 7. CLORO Y SERES VIVOS

Los **compuestos organoclorados** son un grupo de productos químicos con muy diverso comportamiento medioambiental y actividad biológica, dependiendo de sus propiedades físico-químicas; consecuentemente un número limitado de ellos son los que presentan **suma** de características peligrosas, **persistentes**, **toxicas** y **bioacumulables (PTB's)**; son los denominados COP's (en inglés POP's), ó contaminantes orgánicos persistentes, o sea, PTB's con potencial de transporte a larga distancia, además algunos de ellos pueden causar desordenes endocrinos que, al alterar el sistema hormonal, pueden dañar los sistemas reproductivo e inmunológico de los individuos expuestos y de sus descendientes; otros se degradan fácilmente sin efectos peligrosos.

Con fecha 23 de Mayo de 2001 se ha firmado por 126 países (pendiente de ratificación) el **Convenio de Estocolmo** dentro del Programa Global de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), que a nivel regional se denomina, Programa Económico de las Naciones Unidas para Europa (UN-ECE ); su objetivo es eliminar los compuestos COP's, habiéndose listado en principio doce ( **9 pesticidas** – Aldrin, endrin, dieldrin, toxafeno, clordano, mirex, DDT, heptaclor, hexaclorobenceno, **2 subproductos industriales** – dioxinas y furanos - y **1 industrial** – PCB's-).

Los 9 pesticidas ya no se usan en España, existe legislación para el seguimiento y control de los dos subproductos no deseados, (dioxinas y furanos), específicamente en lo relacionado con la incineración y en el caso de los PCB's (bifenidos policlorados) aun cuando el protocolo habla de su limitación de uso para el 2025, en España se han realizado planes para su eliminación con limite 2010.

La división de productos Químicos del Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con sede en Ginebra, está realizando evaluaciones regionales del peligro que las sustancias tóxicas persistentes presentan para el hombre y el medio ambiente, estando subvencionadas por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y varios gobiernos; el proyecto se basa en el uso de cuestionarios para la recogida e interpretación de datos ya existentes en varios países; el proyecto divide a los países en 12 regiones, estando España dentro de la IV; el informe global que priorizará los peligros y riesgos se espera esté disponible a finales del 2002.

El efecto de cualquier producto químico clorado o no, depende de la relación dosis/ respuesta; está claramente demostrado que los ecosistemas marinos disponen de capacidad suficiente para la metabolización de numerosos compuestos organoclorados, sin efectos adversos, pues sus concentraciones son menores que los valores limite peligrosos; estos organoclorados son de origen natural o antropogénico.

Entre los doce compuestos COP's, que el Convenio de Estocolmo ha decidido limitar y eliminar, destaca el DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), que ha sido “amnistiado”, autorizándose la producción y uso controlado en países del tercer mundo en donde la malaria se ha re-

producido y en donde la aplicación de la vacuna del Dr. Patarroyo, tiene una eficacia actual del 38%.

De unos 3 millones de personas que mueren al año en el mundo por efecto de la malaria, 1 millón corresponden a jóvenes y niños.

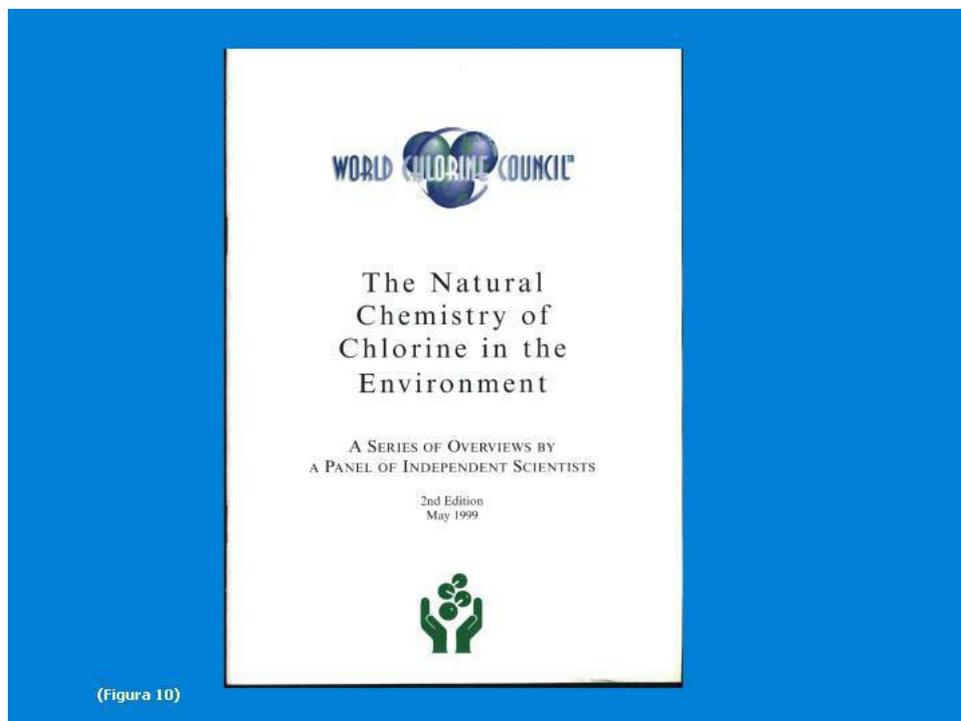
Se han cumplido 100 años del descubrimiento del agente que causa esta enfermedad, el mosquito anopheles, y sin embargo se está hablando de que en el año 2020 puede aparecer en zonas que ya estaba erradicada como son el Mediterráneo y la costa este de los Estados Unidos.

Desde los años 43 al 65 el DDT salvó 500 millones de vidas; es por tanto un buen ejemplo de lo que significa el balance **riesgo/ beneficio**, después de realizar una **gestión del riesgo** y por tanto una adecuada y responsable **toma de decisiones**.

La mejora de las técnicas analíticas, el mejor conocimiento de los procesos biológicos y químicos en la naturaleza y la sistemática de las investigaciones detectan entre 30 y 40 nuevos compuestos organoclorados nuevos al año del origen natural.

Aparte de los importantes intercambios por el ciclo natural del cloro: de la sal y de los organoclorados, entre la tierra y la atmósfera (océanos, etc) de origen no antropogénico, en 1999 son ya 3.000 los compuestos organohalogenados de origen natural identificados; más de 1.800 son clorados; en los últimos 15 años se han realizado grandes progresos para entender su abundancia, localización, diversidad y funciones, la publicación del Consejo Mundial del Cloro (WCC) en su 2ª edición, de Mayo del 99, titulada “The Natural Chemistry of Chlorine in the Environment” da buena prueba de ello; recoge doce artículos de prestigiosos científicos, de siete países, que se indica a continuación, siendo los nombres de sus artículos en base a su localización:

**(Figura 10)**



(Figura 10)

✓ **En la baja atmósfera: fuente potencial de compuestos organoclorados.**

W.C. Keene. USA. La inyección de los aerosoles de la sal en el aire marino, generados por los vientos en la superficie de los océanos es la mayor fuente global de cloro atmosférico; se estima mediante simulaciones que se mueven unos 2 billones de toneladas de Cl por año, una parte retorna a los océanos con las lluvias y deposiciones directas pero otra importante cantidad realiza numerosas transformaciones y reacciones químicas con diferentes impactos.

✓ **En las precipitaciones y aguas superficiales.**

A. Grimvall. Suecia. Compuestos orgánicos halogenados, la mayoría clorados, forman parte de las precipitaciones (lluvias y nieve), habiéndose medido en las zonas del norte de Europa

concentraciones medias del orden de 5 a 10 $\mu$ g/l, demostrándose que las fuentes naturales juegan un papel importante en la distribución de este grupo de compuestos; con respecto a las aguas superficiales con concentraciones entre 5 y 50  $\mu$ g de Cl por litro, la mayoría preceden de los arrastres y contenidos en el humus por degradación de materias orgánicas naturales.

✓ **En las aguas subterráneas.**

C. Gron- Dinamarca. Valores típicos de organohalogenados (parte clorados) entre 1 y 15  $\mu$ g/de Cl/l han sido detectados en las aguas subterráneas, no contaminadas por la influencia industrial en Dinamarca, demostrándose mediante técnicas especiales su presencia en sedimentos de hace miles de años; todo ello sin menospreciar la importancia de evitar y minimizar la influencia antropogénica.

✓ **En el suelo.**

G. öberg. Suecia. Se ha detectado Cloro en los suelos de Suecia en concentraciones de 0,2 a 3 mg/g de carbono y su relación con la descomposición de la materia orgánica natural, una vez analizadas las influencias del impacto humano.

✓ **En los sedimentos.**

G. Müller. Alemania. La presencia de organoclorados naturales en sedimentos podría explicarse por la deposición de materiales biogénicos, en particular plantas y detritus, habiéndose encontrado en sedimentos lacustres concentraciones entre 30 y 100 mg de Cl/ kg, siendo incluso mayores en el Mar Negro; la concentración en algas marinas ha llegado incluso a contenidos de 3.400 mg/kg.

✓ **En los organismos vivos.**

G. Gribble. Alemania. Más de 3.100 organohalogenados son producidos por los organismos vivos de los que más de 1.800 son clorados; estos productos son biosintetizados por organismos marinos, plantas, árboles, hongos, líquenes, bacterias, algas de agua dulce, insectos, anfibios y algunos mamíferos incluido el hombre; los océanos son la mayor fuente; el el estu-

dio de muchos de ellos está aportando gran información para los científicos y para su uso en la síntesis de nuevos fármacos.

✓ **En los océanos: organoclorados volátiles.**

R. Moore. Canadá. Existen flujos de unos 400 compuestos organohalogenados entre los océanos y la atmósfera y entre ellos el cloruro de metilo, y cloroformo y bromoformo, con la participación en su generación del fitoplacton.

✓ **En las plantas y hongos terrestres.**

D. Harper UK. Aproximadamente 300 organoclorados naturales han sido aislados de los hongos y plantas terrestres; la importancia de biosíntesis y biodegradación de los compuestos halogenados con la participación del cloruro de metilo, así como la compleja generación de productos repelentes de insectos, antibióticos, etc.

✓ **Hongos como fuente de organoclorados aromáticos.**

J. Field. USA. La importancia de los hongos terrestres en la generación de compuestos clorados aromáticos y su participación en el equilibrio de la naturaleza, con una producción estimada anual de 1t de biomasa de hongos en base seca por hectárea de bosque en Europa del Norte.

✓ **La Halogenación enzimática.**

K. H. Van Pée. Alemania). La incorporación de átomos de halógenos en los compuestos inorgánicos por medio de los organismos vivos es una reacción enzimática catalítica; su interés en la biosíntesis de los antibióticos halogenados y las etapas de halogenación, peroxidasas y biotransformación.

✓ **Cloración de proteínas en enfermedad coronaria.**

J. W. Heinecke USA. La evidencia de las reacciones de oxidación en los tejidos humanos, así como la generación de ácido hipocloroso como potente cytotoxina para bacterias, virus y hongos y por tanto su importancia en la defensa contra agentes patógenos; las reacciones de halogenación catalizadas por la myeloperoxidasa constituyen un camino para la oxidación de las proteínas in vivo.

✓ **Formación natural de Dioxinas y Furanos.**

C. Rappe. Suecia. La formación de dioxinas y furanos en reacciones de origen natural como los procesos de combustión de bosques y reacciones bioquímicas, como en la preparación del compost y en sedimentos de tiempos remotos.

Ejemplos de compuestos organoclorados en los seres vivos, son: desde la rana de San Antonio del Ecuador, que sintetiza la epibatidina, un analgésico 200 veces más efectivo que la morfina, a las medusas del mediterráneo, los hongos que descomponen la madera o las babosas de los mares tropicales, muchos de ellos son la base de futuros medicamentos.

## 8. CONCLUSIONES

El hombre, creado por Dios, como eje racional del Universo ha usado y sigue usando los recursos naturales, los cuales son cada día más limitados para mejorar su calidad de vida, luchando contra las enfermedades e intentando imitar y dominar a la naturaleza; en este camino no todo lo ha hecho perfecto, a pesar de los saldos positivos que hemos comentado, pero ha sacado multitud de experiencias y conocimientos y por tanto intenta por un lado remediar en lo posible sus equivocaciones, y por otro prevenir, todo ello en un tiempo y entorno muy diferente a épocas anteriores y de ahí la nueva estrategia para trabajar con **Sostenibilidad**.

El gran aumento esperado de la población del mundo y la lucha contra la pobreza en un escenario cada vez más global necesitará la agudeza y el espíritu de lucha de los grandes científicos que nos precedieron y que con medios muy distintos a los actuales lograron abrirnos las puertas de lo que hoy disfrutamos.

Ejemplos de programas en curso **de una acción responsable de una industria responsable** son:

- ✓ **La Iniciativa de Investigación de Amplio Alcance (LRI)** un nuevo programa internacional entre la industria química europea (CEFIC), la de Estados Unidos (CMA) y la Japonesa (JCIA), de investigación de la Salud humana y del Medioambiente con un presupuesto anual de 25 millones de dólares. Es-

te programa se lleva a cabo en colaboración con el mundo académico y los gobiernos, así por ejemplo colabora el ECETOC, que es el Centro Europeo de Ecotoxicología y Toxicología de los productos químicos; este programa ha identificado cuatro áreas prioritarias:

- Evaluación de la exposición medioambiental y humana.
- Metodologías de evaluación de riesgo.
- Carcinogénesis química.
- Modificación endocrina.

Todo ello ayudará a recuperar la confianza pública, mejorar su reputación y defender su actividad, con transparencia en la información sobre los riesgos, la manipulación segura, la utilización de sus productos y la forma adecuada de la eliminación de sus riesgos, con participación en el debate público y contribuyendo al conocimiento científico.

- ✓ Los **estudios de Risk Assessment** realizados por Euro Chlor siguiendo las guías de la UE para 25 productos relacionados con el medioambiente marino; el origen es el Reglamento (EEC) 793/93 sobre la evaluación y el control del Riesgo de las Sustancias Existentes, de 23 de Marzo del 1993.
- ✓ **La acción voluntaria de la industria química ICCA-HPV** (Consejo Internacional de Asociaciones Químicas-Productos de Alto Volumen de Producción) para el estudio de los riesgos de más de 1.000 productos químicos de alto volumen de producción, armonizando datos de acuerdo con la Organización para el Comercio y Desarrollo Económico (OCDE) y con objetivo de finalización en el 2004, en la que el Consejo Mundial del Cloro (WCC) coordina unos 150 productos clorados (en Europa la industria cloro-álcali trabaja en unos 35).

Son por tanto, un buen ejemplo, del compromiso de mejorar el conocimiento para poder **tomar las mejores decisiones**, dedicando importantes recursos.

La UE está trabajando en el **Libro Blanco** para la revisión de la futura política de los productos químicos, con la intención de presentarlo a finales de este año; su objetivo es reemplazar a las sustancias peligrosas; lleva consigo un sistema denominado REACH para **Registro, Evaluación y Autorización**, tanto para sustancias nuevas como para las existentes; la primera fase termina en el 2005; este programa debería cruzarse con las anteriores acciones voluntarias de la industria, para evitar duplicidad de esfuerzos así como legislaciones que pueden llegar a ser complicadas, muy costosas, de difícil aplicación práctica pudiendo incidir en la falta de competitividad y con importantes consecuencias socioeconómicas, lo que no ayudaría a la bienvenida **estrategia de Sostenibilidad**.

BIBLIOGRAFÍA.-

- (1) DOCUMENTACIÓN GRUPO ARAGONESAS – Paseo de Recoletos N°27. Madrid (28004).
- (2) DOCUMENTACIÓN EURO CHLOR – Bruselas ( [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org))
- (3) CHLORINE. It's Manufacture, Properties and uses – Sconce 1962.
- (4) HANDBOOK OF CHLORINATION – White 1972.
- (5) LE CHLORE: Hygiene et security - INRS – 4ª Ed. 1979.
- (6) LOS RESIDUOS DE ORIGEN VITAL ¿PROBLEMA O RECURSO- Segundo Jiménez Gómez – Ingreso en Real Academia de Farmacia – 5 Dic. 91.
- (7) CHLORINE AND LIFE: present and future of chlorine industry.
- (8) UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA 1995.
- (9) CHLORINE AND HEALTH – American Council on Science and Health-1995.
- (10) Competitividad y Calidad, objetivos imprescindibles de la Industria Química. Federico López Mateos – Ingreso en la Academia de Doctores. 22 de mayo 1996.
- (11) PURE AND APPLIED CHEMISTRY – IUPAC, White book on chlorine- Vol. 68 N°9 – Sept. 96.
- (12) DRINKING WATER DISINFECTION- WHO- Regional office for Europe 1996.
- (13) THE NATURAL CHEMISTRY OF CHLORINE IN THE ENVIRONMENT WCC – 2ª Ed. 1999
- (14) AGUA POTABLE: ESTRATEGIAS DE DESINFECCIÓN- *Química e Industria* – Junio 99.

LEONCIO J. GARCÍA ARA

- (15) CHLORINE. Principles and Industrial Practice, P. Schmittinger-2000
- (16) DIRECTIVAS Y REGLAMENTOS UE sobre Aguas de Consumo Humano, Marco del Agua / Biocidas e IPPC.
- (17) REAL DECRETO 995/2000 sobre objetivos de Calidad del agua y 909/2001 sobre legionelosis.
- (18) ANALES DE LA REAL ACADEMIA DE FARMACIA N°3/2000, El Agua un recurso agotable.- Segundo Jiménez Gómez.
- (19) LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE. - Arturo Romero Salvador. Ingreso en la Real Academia de Doctores, 10 de octubre 2001.
- (20) REVISTA DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE :”Información de Medio Ambiente”.
- (21) LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DE CONSUMO CON HIPOCLORITO SÓDICO – Departamento de Sanidad y Seguridad Social de la Generalitat de Cataluña.
- (22) LA REGLAMENTACIÓN SOBRE DESINFECCIÓN DEL AGUA. Mantenimiento del cloro residual en la red. Cloraminas F. Ramírez – Canal de Isabel II- IMU- Feb 01.