

## Desinfectantes Dióxido de cloro

### Dióxido de cloro

El Dióxido de cloro se utiliza principalmente como blanqueante. Además es un desinfectante muy efectivo a bajas concentraciones.



Figura 1: Sir Humphrey Davy descubrió el dióxido de cloro en 1814.

### Cuando fue descubierto el dióxido de cloro?

El dióxido de [cloro](#) fue descubierto en 1814 por el científico Sir Humphrey Davy. Produjo este gas mediante la mezcla de ácido sulfúrico ( $H_2SO_3$ ) o clorato de [potasio](#) ( $KClO_3$ ). La consecuencia es que se reemplaza el ácido sulfúrico por ácido hipocloroso. En los últimos años esta reacción se ha utilizado para la producción de grandes cantidades de dióxido de cloro. En lugar del clorato de potasio se utiliza clorato de [sodio](#) ( $NaClO_3$ ).



### Características del dióxido de cloro?

Dióxido de cloro ( $ClO_2$ ) es un gas sintético que no ocurre de manera natural en el ambiente y que tiene un color verde-amarillento y un olor irritante parecido al cloro. El dióxido de cloro es un compuesto neutral del cloro. El dióxido de cloro es muy diferente del elemento cloro, tanto en su estructura química como comportamiento.

El [dióxido de cloro](#) es una molécula pequeña, volátil y muy fuerte. En soluciones acuosas cuando es diluido el dióxido de cloro es un radical libre. A altas concentraciones reacciona con agentes reductores. El dióxido de cloro es un gas inestable que se disocia en gas [cloro](#) ( $Cl_2$ ), [oxígeno](#) gas ( $O_2$ ) y calor. Cuando el dióxido de cloro se foto-oxida mediante luz del sol, se descompone. Los productos finales de estas reacciones son Cloruro, ( $Cl^-$ ), ión hipoclorito ( $ClO^-$ ) y clorato ( $ClO_3^-$ ).

A una [temperatura](#) de  $-59^\circ C$ , el dióxido de cloro sólido se vuelve líquido de color rojizo. A  $11^\circ C$  el dióxido de cloro se vuelve gas. El dióxido de cloro es 2,4 veces más denso que el aire. Como líquido el dióxido de cloro tiene una densidad mayor que el agua.

### Puede disolverse el dióxido de cloro en el agua?

Una de las cualidades más importantes de [dióxido de cloro](#) es precisamente su alta solubilidad en [agua](#), especialmente en agua fría. El dióxido de cloro no se hidroliza cuando entra en contacto con el agua sino que permanece como un gas disuelto en solución. El dióxido de cloro es del orden de 10 veces más soluble en agua que el cloro. El dióxido de cloro puede eliminarse mediante aireación o [dióxido de carbono](#).

Tabla 1: Solubilidad del dióxido de cloro en el agua

temperatura ( $^\circ C$ )	<a href="#">presión</a> (mm Hg)	solubilidad (g/L)
25		3.01
25	34.5	1.82
25	22.1	1.13
25	13.4	0.69
40	8.4	2.63
40	56.2	1.60
40	18.8	0.83
40	9.9	0.47
60	106.9	2.65
60	53.7	1.18
60	21.3	0.58
60	12.0	0.26

**Como se puede almacenar el dióxido de cloro?**

La mejor manera de almacenar el dióxido de cloro es en su forma líquida a 4 °C de temperatura para que sea estable. De todas maneras no se debe almacenar durante mucho tiempo porque se disocia lentamente en cloro y oxígeno. No se suele almacenar como gas porque es explosivo bajo presión. Cuando las concentraciones alcanzan más del 10% en el aire, puede existir un peligro de explosión. En solución acuosa, el dióxido de cloro permanece estable y soluble. El dióxido de cloro disuelto en agua hasta concentraciones de un 1%  $\text{ClO}_2$  (10 g/L) pueden almacenarse de manera segura respetando ciertas condiciones particulares como la no exposición a la luz o interferencias de calor. El dióxido de cloro no se transporta normalmente, por su riesgo explosivo y de inestabilidad. Se genera normalmente en el sitio donde se va a utilizar.

**Como se produce el dióxido de cloro?**

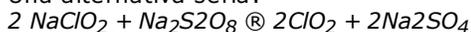
El dióxido de cloro es explosivo bajo presión, es difícil de transportar y generalmente se genera in-situ. Se genera normalmente como solución en agua o como gas. Se produce en soluciones ácidas de clorito sódico ( $\text{NaClO}_2$ ), o clorato sódico ( $\text{NaClO}_3$ ). Para instalaciones largas el clorito sódico, gas cloro ( $\text{Cl}_2$ ),  $\text{NaHClO}_2$  y sulfúrico o ácido de hidrógeno son utilizados para la producción de dióxido de cloro in-situ.

Para producir dióxido de cloro gas, se juntan cloruro de hidrógeno con clorito de sodio; las reacciones que tienen lugar son las siguientes:

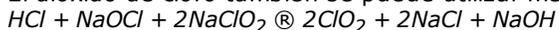


(La desventaja es que este método es peligroso)

Una alternativa sería:



El dióxido de cloro también se puede utilizar mediante la reacción de hipoclorito sódico con ácido hipoclorito:



La cantidad de dióxido de cloro producido varía entre 0 y 50 g/L.

**Aplicaciones del dióxido de cloro**

Se utiliza en la industria electrónica para limpiar circuitos, en la industria del gas para el tratamiento de sulfuros y para blanquear textiles y velas. Durante la II Guerra Mundial, el cloro se agotaba y se empezó a utilizar dióxido de cloro como blanqueante alternativo.

Actualmente, el dióxido de cloro es más utilizado como blanqueante. Produce una fibra más clara y fuerte que el cloro. El dióxido de cloro tiene la ventaja de que produce subproductos menos dañinos que el cloro.

Dióxido de cloro gas se utiliza para esterilizar material médico y de laboratorio, superficies, habitaciones y utensilios. Es un oxidante muy fuerte que mata muy eficientemente los hongos, bacterias y virus. También previene y elimina biofilm. Como desinfectante y pesticida se usa fundamentalmente en forma líquida. También se puede utilizar el dióxido de cloro contra el ántrax, porque es un desinfectante muy efectivo contra las bacterias que forman esporas.

**Dióxido de cloro como oxidante**

Como oxidante el dióxido de cloro es muy selectivo. El dióxido de cloro ataca el centro rico en electrones de las moléculas orgánicas. De esta manera se transfiere un electrón y el dióxido de cloro se reduce a ión clorito ( $\text{ClO}_2^-$ ).

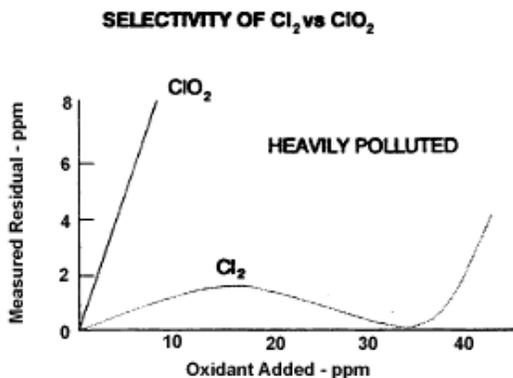


Figura 2: dióxido de cloro es un oxidante más selectivo que el dióxido de cloro. Mientras se dosifica la misma concentración, la concentración residual de dióxido de cloro es mucho mayor con una mayor contaminación que en el caso de cloro residual.

Comparando el poder de oxidación y la capacidad de oxidación de diferentes desinfectantes, se llega a la conclusión que el dióxido de cloro es efectivo a bajas concentraciones. Dióxido de cloro no es tan reactivo como el ozono o el cloro y solo reacciona con sustancias sulfúricas, aminas y otras sustancias orgánicas reactivas. En comparación con el cloro y el ozono, se requiere menos dióxido de cloro para obtener una concentración de desinfectante residual efectiva. También se puede utilizar cuando la concentración de materia orgánica es alta.

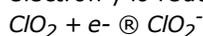
La fuerza de oxidación describe como de fuerte son las reacciones de oxidación cuando tiene lugar una reacción con una sustancia oxidable. Ozono tiene la mayor fuerza de oxidación y reacciona con cualquier sustancia susceptible de ser oxidada. El dióxido de cloro es débil, tiene una menor fuerza que el ácido hipocloroso o ácido hipobromoso.

La capacidad de oxidación muestra como los electrones son transferidos en una reacción de oxidación o reducción. El átomo de cloro en el dióxido de cloro tiene un número de oxidación de +4. Por eso el dióxido de cloro puede aceptar hasta 5 electrones cuando es reducido a cloro. Cuando observamos el peso molecular, el dióxido de cloro contiene 263 % 'cloro disponible'; esto es más que 2,5 veces la capacidad de oxidación del cloro.

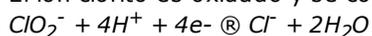
Tabla 2: los potenciales de oxidación de varios oxidantes.

oxidante	fuerza de oxidación	capacidad de oxidación
ozono (O <sub>3</sub> )	2,07	2 e-
peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1,78	2 e-
ácido hipocloroso (HOCl)	1,49	2 e-
ácido hipobromoso (HOBr)	1,33	2 e-
dióxido de cloro (ClO <sub>2</sub> )	0,95	5 e-

La siguiente comparación demuestra que pasa con las reacciones de dióxido de cloro. Primero, el dióxido de cloro coge un electrón y lo reduce a clorito:



El ión clorito es oxidado y se convierte en un ión de cloruro:



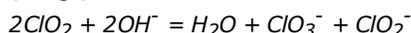
Estas comparaciones sugieren que el dióxido de cloro es reducido a cloruro, y durante la reacción acepta 5 electrones. El átomo de cloro se mantiene, hasta que se forma el cloruro estable. Esto explica porque no se forman sustancias clorinadas. Cuando el cloro reacciona no solo acepta electrones, sino que también interviene en las reacciones de adición y sustitución. Durante estas reacciones, uno o más átomos de cloro son añadidos a sustancias extrañas.

Tabla 3: disponibilidad del cloro por mol de peso

agente	cloro disponible (%)
cloro (Cl <sub>2</sub> )	100
polvo blanqueante	35-37
hipoclorito de calcio (Ca(OCl) <sub>2</sub> )	99,2
hipoclorito de calcio comercial	70-74
hipoclorito de sodio (NaOCl)	95,2
blanqueante industrial	12-15
blanqueante de aplicación doméstica	3-5
dióxido de cloro	263,0
monocloramina	137,9
dicloramina	165,0
tricloramina	176,7

#### Oxida de la misma manera el dióxido de cloro que el cloro?

Al contrario que el cloro, el dióxido de cloro no reacciona con **nitrogeno** de amonio (NH<sub>3</sub>) y apenas reacciona con aminas elementales. Si que oxida **nitrito** (NO<sub>2</sub>) a **nitrato** (NO<sub>3</sub>). No reacciona rompiendo las conexiones de **carbón**. Tampoco tiene lugar la mineralización de sustancias orgánicas. A **PH** neutro o valores altos de PH, el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) se reduce a dióxido de cloro y iones de cloruro (ClO<sub>2</sub><sup>-</sup>). En circunstancias alcalinas el dióxido de cloro se rompe en clorito y clorato (ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>):



Esta reacción es catalizada por medio de iones de **hidrogeno** (H<sup>+</sup>). La vida media de soluciones acuosas de dióxido de cloro disminuye cuando el PH aumenta. A bajo PH, dióxido de cloro es reducido a iones cloruro (Cl<sup>-</sup>).

### Produce el dióxido de cloro subproductos?

Gas de dióxido de cloro puro cuando se aplica en la desinfección del agua produce menos subproductos de la desinfección que otros oxidantes, como el cloro. Al contrario que el [ozono](#) (O<sub>3</sub>), dióxido de cloro puro no produce iones de [bromuro](#) (Br<sup>-</sup>) iones de bromato (BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>), a no ser que tenga lugar la fotólisis. De manera adicional dióxido de cloro no produce gran cantidad de aldehídos, ketones, ácidos u otros subproductos de la desinfección que se producen en la ozonización de sustancias orgánicas.

### Aplicaciones del dióxido de cloro como desinfectantes?

El tratamiento de agua potable es la principal aplicación del dióxido de cloro como desinfectante. Gracias a su poder biocida, el dióxido de cloro se utiliza en toda la gama de industrias en la actualidad. Algunos ejemplos son el tratamiento de [aguas residuales](#), tratamiento de agua procedentes de [procesos industriales](#), desinfección de [torres de refrigeración](#), tratamiento de emisiones industriales, tratamiento y tecnología de [producción de alimentos](#), oxidación de [residuos industriales](#) y esterilización de equipo médico.

### Como desinfecta el dióxido de cloro?

El dióxido de cloro desinfecta mediante la [oxidación](#). Es el único [biocida](#) como radical libre molecular. Tiene 19 electrones y tiene preferencia por sustancias que dan o toman un electrón. Dióxido de cloro solo reacciona con sustancias que ceden electrones. El cloro sin embargo, añade un átomo de cloro o sustituye un átomo de cloro con las sustancias con las que reacciona.

### Como funciona la desinfección mediante dióxido de cloro?

Las sustancias de naturaleza orgánica en células de [bacterias](#) reaccionan con [dióxido de cloro](#), causando la interrupción de distintos procesos celulares. El dióxido de cloro reacciona directamente con aminoácidos y el ARN de la célula. El dióxido de cloro ataca la estructura celular o los ácidos en el interior de la célula. Evita la formación de proteínas. El dióxido de cloro afecta la membrana celular cambiando las proteínas y grasas de la membrana e interfiriendo en la inhalación. Cuando las [bacterias](#) son eliminadas, el dióxido de cloro penetra en la pared celular.

Los [virus](#) son eliminados de manera diferente; el dióxido de cloro reacción con peptona, que es una sustancia soluble en agua que se origina en la hidrólisis de proteínas y aminoácidos. El dióxido de cloro mata los virus mediante la prevención de la formación de proteínas. El dióxido de cloro es mas efectivo en los virus que el ozono o el cloro.

### Se puede utilizar el dióxido de cloro en contra de parásitos protozoos?

El dióxido de cloro es uno de los desinfectantes conocidos por su efectividad contra parásitos como Giardia Lambia y Cryptosporidium, que se encuentran en el agua potable e inducen a enfermedades como la 'giardiasis' y 'cryptosporidiosis'. La mejor combinación en este caso es la [utilización de ozono](#) combinando con dióxido de cloro.

### Pueden los microorganismos volverse resistentes al dióxido de cloro?

El dióxido de cloro como desinfectante tiene la ventaja de que reacciona directamente con la pared celular de los [microorganismos](#). Esta reacción no depende del tiempo de reacción o concentración. Al contrario que en desinfectantes no oxidantes, dióxido de cloro mata microorganismos incluso cuando estos son inactivos. Por lo tanto la concentración de dióxido de cloro necesaria para matar microorganismos de manera efectiva es menor que concentraciones de desinfectantes no oxidantes. Los microorganismos no pueden desarrollar ningún resistencia en contra del dióxido de cloro.

### Se puede utilizar el dióxido de cloro contra el bio film?

El dióxido de cloro permanece en estado gaseoso en solución. El dióxido de cloro tiene la habilidad de atravesar todo el sistema. El dióxido de cloro puede atravesar las capas de [bacteria](#), porque disuelve fácilmente emulsiones e hidrocarburos que forman estas capas. El dióxido de cloro oxida la matriz de polisacáridos que mantiene el biofilme junto. Durante esta reacción el dióxido de cloro es reducido a iones de cloruro. Estos se dividen en trozos de biofilm que se mantienen estables. Cuando el biofilm empieza a crecer de nuevo, se crea un ambiente ácido y los iones cloruro se transforman en dióxido de cloro que se encarga de eliminar el biofilm restante.

### Cuales son los subproductos del dióxido de cloro?

Las reacciones que tienen lugar entre el dióxido de cloro y las bacterias y otras sustancias, tienen lugar en dos fases. Durante estas etapas los productos de la desinfección que se producen permanecen en el agua. En una primera etapa la molécula de dióxido de cloro acepta un electrón y se forma clorito. En una segunda etapa el dióxido de cloro acepta cuatro electrones y forma clorato (Cl<sup>-</sup>). Se puede encontrar también en el agua clorato (ClO<sub>3</sub>) formado por la producción de [dióxido de cloro](#). Tanto el clorato como el clorito son agentes oxidantes. Dióxido de cloro, clorato y clorito se disocia en cloruro de sodio.

### Desinfección del agua mediante dióxido de cloro

En el año 1950's ya se conocía la capacidad biocida del dióxido de cloro sobretodo a valores de PH altos. Se utilizaba para la desinfección y tratamiento del agua potable y especialmente para la eliminación de compuestos inorgánicos, por ejemplo el [manganeso](#) y el [hierro](#), para la [eliminación del olor](#) y sabor y para la reducción de [subproductos de la desinfección](#) por el cloro.

Para la el tratamiento del agua potable, el dióxido de cloro se puede utilizar tanto como desinfecta y también agente oxidante. Puede utilizarse tanto para la pre-oxidación como para la post-[oxidación](#). Mediante la adición de [dióxido de cloro](#) en la etapa de pre-oxidación en el tratamiento de [agua superficiales](#) se puede prevenir de manera efectiva el crecimiento de algas y bacterias en las siguientes etapas de la purificación. El dióxido de cloro oxida partículas en [flotación](#) y ayuda en el proceso de [coagulación](#) y eliminación de la [turbidez](#) del agua.

El dióxido de cloro es un desinfectante muy potente para la eliminación de bacterias y virus. Los subproductos, dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2^-$ ), es un agente bactericida débil. En el agua el dióxido de cloro es activo como biocida por 48 horas, su actividad probablemente supera la del cloro.

El dióxido de cloro previene el crecimiento de bacterias en la red de distribución del agua. También es muy efectivo en la formación de biofilm en la red de distribución. El [biofilm](#) normalmente es difícil de atacar porque forma una capa de protección de los microorganismos. La mayoría de los desinfectantes no pueden alcanzar los organismos patógenos que están protegidos mediante esta capa, sin embargo el dióxido de cloro previene la formación de biofilm, y además se mantiene activo durante mucho tiempo.

*Cuanto dióxido de cloro se debe dosificar?*

Normalmente una dosis de 0.5 y 2mg/L de dióxido de cloro con un tiempo de contacto de 15 a 30 minutos, es la dosis requerida para la pre-oxidación y reducción de las [sustancias orgánicas](#). [La calidad del agua](#) determinará el tiempo de contacto necesario. Para la post [desinfección](#), concentraciones entre 0.2 y 0.4mg/L se deben aplicar. La concentración residual de [subproductos](#) del [cloro](#) es muy baja por lo que no existe mucho riesgo para la salud.

### Utilización del dióxido de cloro en la desinfección de piscinas

Para el [tratamiento de piscinas](#) se puede utilizar una combinación de [cloro](#) ( $\text{Cl}_2$ ) y dióxido de cloro. El dióxido de cloro se añade al agua, mientras que el cloro se encuentra en el agua como ácido hipocloroso y iones hipoclorito ( $\text{HOCl}$  y  $\text{OCl}^-$ ). El dióxido de cloro rompe compuestos como los fenoles.

La ventaja del dióxido de cloro es que se puede utilizar para la desinfección a bajas concentraciones, que es raro que reaccione con la materia orgánica y que se forman pocos [subproductos perjudiciales](#).

*Cuanto dióxido de cloro se debe dosificar?*

Se debe determinar in situ, mediante la adición de una cantidad fija de desinfectante para un tiempo de contacto determinado y medir la concentración de dióxido de cloro residual en el agua, el PH, la temperatura y la cantidad de [contaminación](#) presente en el agua.

### Utilización del dióxido de cloro en las torres de refrigeración

Elimina y previene la formación del biofilm en las [torres de refrigeración](#). Esto a su vez previene daños por corrosión en el equipo y las tuberías y mejora la efectividad de bombeo del agua. También el dióxido de cloro es muy efectivo en la eliminación de [bacteria legionela](#) que es muy frecuente en las [torres de refrigeración](#). El dióxido de cloro tiene la ventaja de que funciona a PH entre 5 y 10 y no se necesita añadir ácidos para el ajuste del PH.

### Ventajas en la utilización del dióxido de cloro

*Ventajas*

El interés en la utilización del dióxido de cloro para la desinfección del agua en lugar del cloro ha incrementado en los últimos años. El dióxido de cloro es un [biocida](#) muy efectivo e incluso más efectivo en el caso de la eliminación de virus en el agua.

Además, también se puede utilizar para eliminar patógenos como Giardia y Cryptosporidium que son resistentes al cloro. El dióxido de cloro elimina y previene la formación de biofilm.

La desinfección mediante dióxido de cloro no provoca [olores](#) ni molestias. Destruye los fenoles, que son los responsables en problemas de olor y sabor. Además el dióxido de cloro es más efectivo en la eliminación del [manganeso](#) y el [hierro](#) que el cloro, especialmente cuando se encuentran en sustancias complejas.

*Formación de subproductos clorinados mediante la utilización de dióxido de cloro.*

El uso de dióxido de cloro en lugar de cloro previene la formación de [subproductos de la desinfección](#) halogenados y dañinos, como los [trihalometanos](#) y ácidos halogenados. El dióxido de cloro no reacciona con [amonio](#), aminas o otra materia orgánica oxidable. El dióxido de cloro elimina sustancias que pueden formar trihalometanos y mejorar la [coagulación](#). No oxida bromuro en [bromo](#). En el caso del cloro o el [ozono](#), cuando el agua contiene [bromo](#) este es oxidado en bromo y ácido hipobromoso que reacciona con la materia orgánica formando bromoformo y otros [subproductos](#) del bromo que son muy perjudiciales para la salud.

*Concentración necesaria para la desinfección es alta?*

Tanto la dosis a aplicar como el tiempo de contacto del dióxido de cloro es menor que en el caso del cloro. El dióxido de cloro reduce los riesgos para la salud por la contaminación microbiana en el agua y disminuye el riesgo de productos y subproductos químicos en el agua.

*Afecta el valor del PH en la eficiencia del dióxido de cloro?*

Al contrario que con el cloro, el dióxido de cloro es efectivo a PH de entre 5 y 10. La eficiencia aumenta con el [PH](#), mientras que en el caso del cloro es muy dependiente del valor del PH. Bajo circunstancias normales el dióxido de cloro no se hidroliza siendo esta la razón por la que el potencial de oxidación es alto y la capacidad de [desinfección](#) no viene determinada por el valor del PH. Ni la temperatura, ni la alcalinidad del agua influyen en la eficiencia. A las concentraciones necesarias para la desinfección, el dióxido de cloro no es corrosivo. El dióxido de cloro es más soluble en el agua que el cloro. Últimamente se consigue la aplicación del dióxido de cloro de forma más segura.

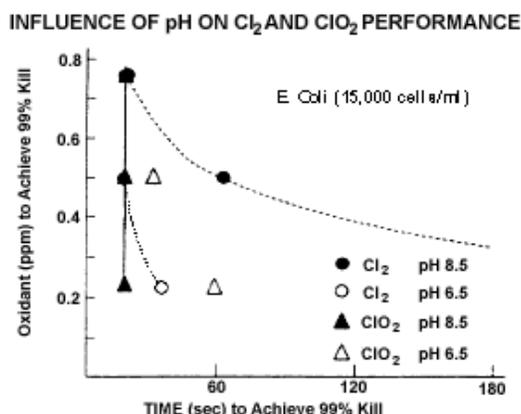


Figura 3: la influencia del PH en la eficiencia del producto es mayor que el dióxido de cloro

Se puede utilizar el dióxido de cloro combinado con otros desinfectantes?

El dióxido de cloro se puede utilizar para reducir los subproductos como ácidos halogenados y trihalometanos formados por la reacción del cloro con la materia orgánica. Antes de la cloración del agua, se añade dióxido de cloro. La cantidad de amonio en el agua se reduce. El cloro añadido a posteriori oxida el cloruro en dióxido de cloro y clorato. También se puede utilizar ozono para la oxidación de los iones de cloruro en clorato.

### Desventajas en la utilización de dióxido de cloro

Es explosivo el dióxido de cloro?

El [dióxido de cloro](#) es explosivo.

Cuando se produce dióxido de cloro mediante cloruro de [sodio](#) y gas [cloro](#), se deben llevar a cabo medidas de seguridad en el transporte y uso del cloro gas. Es necesario una [ventilación](#) suficiente y mascarar de gas.

El dióxido de cloro es una sustancia muy inestable. Cuando entra en contacto con la radiación solar, se descompone.

Durante el proceso de producción del dióxido de cloro, se forman grandes cantidades de cloro. Esto es una desventaja porque el cloro libre reacciona con la materia orgánica generando subproductos halogenados de la desinfección.

Genera subproductos la utilización de dióxido de cloro?

El dióxido de cloro y los subproductos que se pueden producir como son cloruros y cloratos pueden suponer un problema para pacientes con problemas de diálisis.

Es el dióxido de cloro efectivo?

El dióxido de cloro es efectivo en la desactivación de muchos microorganismos patógenos. Es menos efectivo en la desinfección de rotavirus y bacteria E.Coli.

Cuales son los costes del uso de dióxido de cloro?

La producción de dióxido de cloro es del orden de 5 a 10 veces mas caro que el cloro. El dióxido de cloro se genera en el sitio. El precio del dióxido de cloro depende del precio de los [químicos](#) utilizados para la producción del dióxido de cloro. El dióxido de cloro es menos caro que otros métodos de desinfección, como es el caso del [ozono](#).

### Efectos para la salud del dióxido de cloro

Dióxido de cloro gas

Durante su uso se debe tener en cuenta que el dióxido de cloro puede escapar de una solución acuosa que lo contenga siendo [perjudicial para la salud](#). Esto es especialmente cuando la desinfección tiene lugar en un sitio cerrado. Cuando la concentración de dióxido de cloro en el aire alcanza un 10% o mas, el dióxido de cloro se vuelve explosivo.

Una explosión aguda en la piel del cloro originado en la descomposición del dióxido de cloro, causa irritación y quemadura. La exposición del dióxido de cloro en los ojos ocasiona irritación, vista nublada y ojos llorosos. El dióxido de cloro puede

Exposición del dióxido de cloro en los ojos ocasiona irritación, vista nublada y ojos rojos. El dióxido de cloro puede penetrar a través de la piel, dañando los tejidos y células sanguíneas. La inhalación del dióxido de cloro causa tos, dolor de garganta, graves dolores de cabeza, edema pulmonar y espasmo bronquial. Además estos síntomas pueden notarse mucho después de la exposición al dióxido de cloro, que puede permanecer activo durante mucho tiempo. La exposición crónica al dióxido de cloro provoca bronquitis.

El estándar para la salud del dióxido de cloro es de 0.1ppm.

#### *Desarrollo y reproducción*

El dióxido de cloro provoca efectos en la reproducción y desarrollo. Sin embargo existe poca evidencia de la relación causa-efecto y es necesario una mayor investigación al respecto.

#### *Mutagénesis*

El test Ames se usa para determinar la capacidad de mutagénesis de una sustancia. Para realizar este test se utiliza bacteria Salmonera genéticamente modificada. No se forman colonias bacteriales, a no ser que entren en contacto con una sustancia mutágeno que altere el material genético. Estos test determinan que la presencia de 5-15 mg/L ClO<sub>2</sub> aumenta la capacidad de mutagénesis del agua. Es difícil comprobar la capacidad de mutagénesis del dióxido de cloro y subproductos del dióxido de cloro, porque las sustancias son biocida. Los biocida generalmente los organismos indicadores que se utilizan para determinar la capacidad de mutagénesis.

#### **Mas información sobre la desinfección del agua?:**

[Introducción a la desinfección del agua](#) [Necesidad de tratamiento del agua](#)  
[Historia del tratamiento del agua](#)

[Que es la desinfección del agua?](#) [Necesidad de la desinfección del agua](#)  
[Historia de la desinfección del agua](#)

[Enfermedades Factores que influyen en la desinfección del agua](#)  
[Condiciones de la desinfección del agua](#) [Regulación de la desinfección del agua potable en EU](#)

[Tratamiento de piscinas](#) [contaminación de piscinas](#) [desinfección de piscinas](#)  
[desinfección de piscinas y salud](#)

[Torres de refrigeración](#) [contaminación del agua de refrigeración](#)  
[desinfección del agua de refrigeración](#) [Legislación del agua de refrigeración](#)

[Desinfectantes químicos](#) [Cloro](#) [Hipoclorito sódico](#) [Cloraminas](#)  
[Dióxido de cloro](#) [Ionización cobre-plata](#) [Peroxono](#) [Bromo](#)

[Subproductos de la desinfección](#) [Tipos de subproductos de la desinfección](#)  
[Investigación de los efectos de la desinfección en la salud](#)  
[Sistemas de cloronización](#)