

4.18

Hipoclorito de sodio

- 4.18.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
 - 4.18.1.1 SINONIMOS
 - 4.18.1.2 DESCRIPCION
 - 4.18.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
 - 4.18.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
 - 4.18.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
 - 4.18.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.18.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
 - 4.18.2.1 PRODUCCION
 - 4.18.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.18.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
 - 4.18.3.1 INHALACION
 - 4.18.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
 - 4.18.3.3 INGESTION
 - 4.18.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
 - 4.18.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.18.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
 - 4.18.4.1 CANCER
 - 4.18.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS
 - 4.18.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS
- 4.18.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
 - 4.18.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
 - 4.18.5.1.1 Exposición en Ojos
 - 4.18.5.1.2 Exposición en la piel
 - 4.18.5.1.3 Inhalación
 - 4.18.5.1.4 Ingestión
 - 4.18.5.1.5 Rescate
 - 4.18.5.2 INCENDIOS
 - 4.18.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.18.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.18.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.18.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

**4.18.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A
DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

4.18.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.18.8.2 ALMACENAMIENTO

4.18.9 USOS Y CONTROLES

4.18.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.18.11 ECOTOXICIDAD

4.18.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN

4.18.13 BIBLIOGRAFÍA

4.18.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA ^(15, 16)

Fórmula: NaOCl

Estructura Molecular: Na-O-Cl

CAS: 7681-52-9

Número UN: 1791

Clase de Riesgo Primario UN: 8

4.18.1.1 SINÓNIMOS ^(8, 9)

Líquido Blanqueador, Soda blanqueadora, Sal Sódica del Acido Hipocloroso, Blanqueador, Oxidante de Sodio.

4.18.1.2 DESCRIPCIÓN ^(8, 9, 10, 11, 15, 16)

El Hipoclorito de Sodio se puede preparar en forma anhidro, con una pureza superior al 90%, pero se descompone con facilidad al cabo de pocos días, en ocasiones con fuerza explosiva. También forma un monohidrato que es difícil de obtener puro. Otro de sus hidratos tienen fórmula molecular NaOCl.2.5H₂O, y se trata de un compuesto cristalino tetragonal, que tiene poca estabilidad para su uso comercial. El Hipoclorito de Sodio pentahidratado, NaOCl.5H₂O, tiene un punto de fusión de 27°C, por lo cual se debe mantener refrigerado para que conserve su estado sólido ⁽¹⁰⁾.

En vista de la inestabilidad del Hipoclorito de Sodio sólido, se encuentra más comúnmente en solución acuosa. Las concentraciones de Hipoclorito de Sodio encontradas en el comercio se pueden clasificar en dos grandes grupos: soluciones acuosas con concentración de Cloro activo inferior al 10% ^(8, 9, 15), y soluciones acuosas con concentración de Cloro activo superior al 10% ^(11, 16). Las soluciones acuosas de Hipoclorito de Sodio poseen un ligero color amarillo, y un olor característico a Cloro.

4.18.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES ⁽⁹⁾

En una de sus presentaciones, el Hipoclorito de Sodio se encuentra en solución acuosa, conformando el 5% de la solución como NaOCl, y el agua constituye el restante 95% ⁽⁹⁾.

4.18.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS ^(8, 9)

Tabla 56. Propiedades físicas para el Hipoclorito de Sodio

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	74,4
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	120 (Concentración cloro activo: 6.5%) 40 (5% de NaOCl en agua)
Punto de Fusión (°C)	8,6 (Concentración cloro activo: 6.5%) -6 (5% de NaOCl en agua)
Presión de Vapor (mmHg)	17,5 a 20°C (5% de NaOCl en agua)
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,11 - 1,2 a 25°C, agua 4°C (Concentración cloro activo: 6.5%) 1,07 - 1,14 (5% de NaOCl en agua)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	No Reportado

NaOCl

Hipoclorito de sodio

Tabla 56. Propiedades físicas para el Hipoclorito de Sodio (continuación)

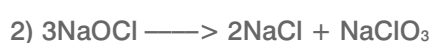
PROPIEDAD	VALOR
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Reportado
Solubilidad en Agua	Soluble en agua fría, se descompone en agua caliente (Concentración cloro activo: 6,5%) 100% en agua (5% de NaOCl en agua)
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No combustible
Temperatura de Auto ignición (°C)	No reportado
Punto de Inflamación (°C)	No reportado
pH	12 (Concentración cloro activo: 6,5%) 9-10 (5% de NaOCl en agua)

4.18.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS ^(2, 10)

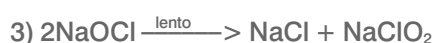
En general, los Hipocloritos son agentes oxidantes fuertes, con mayor fuerza que el peróxido de Hidrógeno o el Dióxido de Cloro. Su carácter de oxidante fuerte le permite actuar como agente de blanqueo y desinfección; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos en el agua.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio caen dentro de dos clasificaciones: blanqueadores de uso doméstico, que contienen entre 5 y 5.5% de Cloro disponible, y soluciones fuertes o comerciales, que contienen entre 12 y 15% de Cloro disponible ⁽¹⁰⁾. El término "contenido de Cloro disponible", también denominado Cloro activo y compara el poder oxidante del agente con aquel de la cantidad equivalente de Cloro elemental empleado para hacer la solución.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio se descomponen en dos maneras ⁽¹⁰⁾: a Cloruro de Sodio (NaCl) y Oxígeno (O₂) (reacción 1), o por desproporcionamiento a Cloruro de Sodio y clorato de Sodio (NaClO₃) (reacción 2):



La última de estas dos reacciones ocurre en dos pasos: un paso lento inicial en que se forma el clorito de Sodio (NaClO₂) (reacción 3), y un paso rápido de desproporcionamiento entre el Hipoclorito y el clorito (reacción 4):

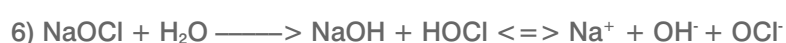


El Hipoclorito de Sodio puede reaccionar también con Acido Hipocloroso (reacción 5), así:



Esta última ecuación se emplea con frecuencia para enfatizar el hecho de que en medio Acido, el Hipoclorito se descompone con mayor facilidad que en medio básico, razón por la cual las soluciones de Hipoclorito de Sodio se mantienen a pH 11.

En las soluciones de Hipoclorito de Sodio se da un balance dinámico, que se representa por la siguiente ecuación ⁽²⁾ (reacción 6):



De acuerdo con un estudio acerca del mecanismo de acción del Hipoclorito de Sodio sobre microorganismos⁽²⁾, éste compuesto actúa como un solvente de materia orgánica, específicamente de Ácidos grasos, a quienes transforma en sales de Ácidos grasos (jabones) y glicerol (C₃H₈O₃), reduciendo la tensión superficial de la solución remanente. Además, el Hipoclorito de Sodio neutraliza los aminoÁcidos, formando agua y sales. Con la disminución de iones Hidroxilo (OH⁻) mediante la formación de agua, se reduce el pH, estimulando la presencia de Acido Hipocloroso que en contacto con componentes orgánicos actúa como solvente, libera Cloro que se combina con el grupo amino de las proteínas, formando cloroaminas. El Acido Hipocloroso y los iones Hipoclorito (OCl⁻) llevan a la degradación e hidrólisis de aminoÁcidos.

4.18.1.5.1 Incompatibilidades^(5, 6, 9)

El Hipoclorito de Sodio reacciona violentamente con múltiples sustancias químicas, razón por la cual se recomienda no mezclarlo con ningún otro reactivo hasta que se tengan controles de ingeniería y equipo de protección apropiados⁽⁶⁾. Las sustancias que son incompatibles con el Hipoclorito de Sodio incluyen^(9,5): amoniaco, aminas, sales de amonio, azidrina, metanol, fenilacetnitrilo, celulosa, metales oxidables, etilenimina, Ácidos, jabones, y bisulfatos.

En la siguiente tabla⁽⁶⁾ se listan las sustancias que son incompatibles con el Hipoclorito de Sodio, junto con las posibles consecuencias de la mezcla accidental del Hipoclorito con tales compuestos.

Tabla 57. Sustancias incompatibles con el Hipoclorito de Sodio

Material Incompatible	Material Incompatible
<p>Ácidos, compuestos ácidos y limpiadores basados en ácidos.</p> <p>Compuestos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sulfato de Aluminio - Cloruro de Aluminio - Cloruro Férrico - Cloruro Ferroso - Sulfato Férrico - Sulfato Ferroso - Soluciones cloradas de Sulfato Ferroso - Ácido Clorhídrico - Ácido Sulfúrico - Ácido Fluorhídrico - Ácido Fluorosilícico - Ácido Fosfórico - Concreto - Limpiadores 	<p>Liberación de Cloro que puede ocurrir con violencia</p>
<p>Reactivos y productos de limpieza que contengan amoniaco, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hidróxido de Amonio - Cloruro de Amonio - Silico-Fluoruro de Amonio - Sulfato de Amonio - Sales de Amonio - Cuaternarias 	<p>Formación de compuestos explosivos</p> <p>Liberación de Cloro u otros gases nocivos</p>
<p>Compuestos orgánicos y otros compuestos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solventes y limpiadores basados en solventes - Combustibles y aceites - Combustibles - Aminas - Propano - Polímeros Orgánicos - Etilén-Glicol - Insecticidas - Metanol 	<p>Formación de compuestos orgánicos clorados.</p> <p>Formación de compuestos Explosivos.</p> <p>Liberación de Cloro, que puede ocurrir en forma violenta.</p>
<p>Metales tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cobre - Níquel (Ni) <p>Evitar el transporte o almacenamiento en recipientes o equipos fabricados en acero inoxidable, aluminio, acero al carbono u otros metales comunes.</p>	<p>Liberación de Oxígeno, que generalmente no ocurre con violencia. Puede producir sobrepresión o ruptura de sistemas cerrados.</p>

Tabla 57. Sustancias incompatibles con el Hipoclorito de Sodio (continuación)

Material Incompatible	Material Incompatible
Peróxido de Hidrógeno	Puede ocurrir generación violenta de oxígeno.
Agentes Reductores tales como: - Sulfito de Sodio - Hidrosulfito de Sodio - Bisulfito de Sodio - Tiosulfato de Sodio	Liberación de calor, puede producir ebullición o salpicaduras

El Hipoclorito de Sodio se descompone lentamente en contacto con el aire. La velocidad de descomposición aumenta al incrementar la concentración del Hipoclorito de Sodio dentro de la solución y a medida que aumenta la temperatura. La exposición de las soluciones de Hipoclorito de Sodio a la luz solar acelera la descomposición⁽⁹⁾. Cuando se calienta a descomposición, el Hipoclorito de Sodio libera Cloro (Cl₂), que es una sustancia tóxica⁽⁹⁾.

4.18.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS^(1, 10)

4.18.2.1 PRODUCCIÓN

El Hipoclorito de Sodio Pentahidratado se obtiene a partir de Hidróxido de Sodio y Cloro en presencia de agua. El producto anhidro se obtiene luego por secado al vacío y congelación sobre Acido Sulfúrico concentrado; para que mantenga su estado sólido es necesario mantenerlo refrigerado. El carácter explosivo de este compuesto hace que no se produzca comercialmente esta presentación del Hipoclorito de Sodio.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio se preparan por dos métodos: el primero de ellos es el método químico, que se utiliza para preparar soluciones que van a permanecer almacenadas durante un largo tiempo, mientras que el segundo es un método electroquímico de producción *in-situ*, que se emplea cuando la solución se utiliza a continuación de la preparación.

4.18.2.1.1 Método químico

El Hipoclorito de Sodio en solución se prepara mediante reacción entre una solución de Soda cáustica diluida y Cloro líquido o gaseoso^(8, 10). Esta reacción se presenta a continuación:



En vista de que la reacción libera calor, se debe realizar acompañada por procedimientos de refrigeración.

4.18.2.1.2 Reacción

La reacción se realiza a una temperatura entre 30 y 35°C; se lleva a cabo en un proceso a contracorriente dentro de una columna empacada, en la que se ponen en contacto una mezcla de Cloro y aire, con una solución diluida de Soda Cáustica⁽¹⁾; durante todo el proceso la solución se mantiene alcalina, para disminuir la descomposición del Hipoclorito de Sodio, razón por la cual se emplea un exceso de Soda cáustica. El pH final de la solución debe ser de 11 para mejorar su estabilidad⁽¹⁰⁾.

Los procesos comerciales continuos de producción de Hipoclorito de Sodio en solución, permiten obtener soluciones con contenidos de Sodio disponible inferior o igual a 150 g/L, las soluciones con un contenido superior de Cloro se deben evitar dada la gran velocidad de descomposición que presentan. La dilución de la solución final se ajusta mediante la dilución de la solución de Soda cáustica inicial.

4.18.2.1.3 Acondicionamiento de la Solución^(1, 10)

Como la reacción de formación del Hipoclorito de Sodio es exotérmica, y como la solución es inestable ante el aumento de la temperatura, es necesario enfriar la solución en cuanto sale de la columna de reacción.

La presencia de Hierro, Níquel, Cobalto o Cobre, acelera la descomposición del Hipoclorito de Sodio, motivo por el cual éstos metales se deben eliminar ^(1, 10). La eliminación de los metales se logra reduciendo el pH de la solución hasta 10.5, valor para el cual su solubilidad disminuye. Luego de retirar los metales, el pH de la solución se debe ajustar nuevamente a 11.

4.18.2.1.4 Electro-síntesis ⁽¹⁾

La producción electroquímica in-situ de soluciones de Hipoclorito de Sodio diluido ha sido reconocida como una opción viable en circunstancias en que no se requiere un largo periodo de almacenamiento de la solución. Mediante el uso de una celda electroquímica, se obtienen soluciones de Hipoclorito de Sodio con contenido de Cloro activo superior a 10g/L.

La electrólisis del Cloruro de Sodio en el ánodo, conduce a la formación de Cloro:



El producto final depende de las condiciones de operación de la celda. El Cloro se hidroliza, formando Acido Hipocloroso, y éste último se disocia formando el Hipoclorito y el Cloruro:



La formación del Acido Hipocloroso y de Hipoclorito cesa cuando el electrolito se satura con Cloro, lo cual sucede si se alcanza un pH entre 2 y 3. En el cátodo se forman iones hidroxilo (OH⁻):



Bajo esta condición, la concentración del Cloro disuelto cerca de la superficie del ánodo permanece muy baja como para permitir la evolución del Cloro gaseosos que permite que el Hipoclorito sea el producto principal.

El problema de este proceso radica en que se pueden dar reacciones indeseables. En la selectividad de la celda hacia la formación del Hipoclorito, tiene gran influencia el material del ánodo. Los ánodos a base de titanio platinizado o Dióxido de rutenio son más selectivos hacia la evolución de Cloro, mientras que los ánodos de Oxido de Plomo y grafito tienen una mayor tendencia a generar oxígeno.

Las celdas de mayor uso comercial, para producción de soluciones de Hipoclorito de Sodio, se pueden dividir en dos grandes grupos de acuerdo con su estructura ⁽¹⁾: celdas de tubos y celdas de placas paralelas. Las celdas de tubos consisten de dos tubos concéntricos en que uno de ellos hace las veces de ánodo y la otra las de cátodo, y el espacio anular sirve como brecha del electrodo; este tipo de celda puede ser utilizado en operaciones a alta presión y es apropiado para aplicaciones pequeñas. Las celdas de placas brindan una mayor área empacada del electrodo, por lo cual son las más ampliamente empleadas a escala industrial.

Para la producción de soluciones de Hipoclorito de Sodio mediante celdas electroquímicas se pueden emplear dos materias primas: salmueras y agua de mar. Las celdas que utilizan agua de mar operan a mayores velocidades de flujo del electrolito, requieren un mayor diámetro de la cavidad para minimizar los efectos adversos causados por la formación de depósitos sobre el cátodo y conducen a la formación de un producto con baja concentración de Cloro disponible, de entre 0.5 y 4.0 g/L. Por su parte, las celdas en que se emplea salmuera como materia prima, producen soluciones con contenido de Cloro activo de 7 a 10 g/L para mantener un bajo costo al emplear este tipo de celdas, la velocidad de flujo de la solución de salmuera es menor, con el fin de maximizar la eficiencia a la mayor concentración de Cloro disponible.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

4.18.2.2 APLICACIONES Y USOS ⁽¹⁰⁾

El principal uso de los Hipocloritos es en el blanqueado de fibras. Las soluciones de Hipoclorito pueden ser utilizadas para blanquear hasta cierto nivel de blancura, luego del cual el ataque sobre la celulosa supera las ventajas del ataque sobre el material coloreado.

El Hipoclorito de Sodio se utiliza comúnmente en: blanqueado, desinfección, control de olor, cloración de aguas de proceso o para bebida, eliminación de légamo y algas en piscinas, eliminación de pelo en la industria del cuero. Se emplea también en las industrias de pollos, granjas porcícolas, industrias lecheras, procesadoras de alimentos, refinerías de petróleo, refinerías de aceite, industria textil, industria de la pulpa y el papel, manufactura de jabón.

4.18.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD ^(3, 8)

Frases de Riesgo

Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo inferior al 10% ⁽¹⁵⁾

R31: En contacto con Acidos genera gases tóxicos

R36/38: Irrita los ojos y las vías respiratorias

Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo superior al 10% ⁽¹⁶⁾

R31: En contacto con Acidos genera gases tóxicos

R34: Provoca quemaduras

La inhalación de los vapores del Hipoclorito de Sodio se deben evitar ya que puede causar irritación de las vías respiratoria. El Hipoclorito de Sodio es un agente oxidante fuerte que produce quemaduras cuando está en contacto con la piel o los ojos. Su ingestión puede producir quemaduras de la boca, la garganta y el estómago ⁽⁸⁾. Los síntomas de intoxicación con Hipoclorito de Sodio incluyen sensación de ardor, tos, dolor de garganta, dificultad al respirar, náusea y vómito ⁽³⁾.

4.18.3.1 INHALACIÓN ^(9, 11)

La inhalación de los humos provenientes del Hipoclorito de Sodio puede causar irritación de las mucosas del tracto respiratorio la nariz y la garganta, los síntomas pueden incluir tos, dolor de garganta y dificultad para respirar.

4.18.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS ^(3, 9, 11)

El contacto de la piel con soluciones de Hipoclorito de Sodio puede producir irritación de la piel o quemaduras. El contacto con los ojos es altamente peligroso, puede conducir irritación severa, daño graves e inclusive ceguera, especialmente cuando la concentración es alta.

4.18.3.3 INGESTIÓN ⁽⁹⁾

La ingestión de soluciones de Hipoclorito de Sodio puede producir irritación de las mucosas de la boca, la garganta, el esófago, el estómago y el tracto intestinal; si la concentración es elevada se puede producir perforación del intestino o el esófago. Algunos de los síntomas causados por la ingestión son náusea y vómito, delirio y coma.

4.18.3.4 EFECTOS CRÓNICOS ⁽⁹⁾

El Hipoclorito de Sodio constituye un irritante permanente de los ojos y la garganta. La exposición crónica de la piel al Hipoclorito de Sodio genera leve potencial de sensibilización de la zona afectada ⁽⁹⁾.

4.18.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

4.18.3.5.1 Efectos Respiratorios

En casos de suicidio por ingestión de Hipoclorito de Sodio, se encontró que produce edema y enfisema pulmonar ⁽³⁾.

4.18.3.5.2 Efectos Cardiovasculares

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el sistema cardiovascular tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.3.5.3 Efectos Gastrointestinales ⁽³⁾

La ingestión de soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio produce daño de las mucosas a lo largo del tracto gastrointestinal y puede llegar a producir perforaciones tanto del intestino como del esófago. También puede hacer que se presenten necrosis y hemorragia del tracto digestivo inferior ⁽³⁾.

4.18.3.5.4 Efectos hematológicos ⁽³⁾

En casos de suicidio por ingestión de Hipoclorito de Sodio, se encontró que produce anemia por precipitación de glóbulos rojos ⁽³⁾.

4.18.3.5.5 Efectos musculares

No se encontraron estudios encaminados a establecer los efectos musculares de la exposición, por ingestión, inhalación o contacto con Hipoclorito de Sodio.

4.18.3.5.6 Efectos Hepáticos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.3.5.7 Efectos Renales

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en los riñones tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.3.5.8 Efectos Inmunológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en el sistema inmunológico tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.3.5.9 Efectos Endocrinos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos en glándulas tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.3.5.10 Efectos Neurológicos

No hay evidencia que permita concluir que el Hipoclorito de Sodio cause efectos adversos sobre el sistema nervioso tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.18.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL₅₀ (oral, ratas): 8200 mg/kg (referido a la sustancia pura) ⁽¹¹⁾

No se tienen datos del CL₅₀ relacionado con las rutas normales de exposición ocupacional ⁽⁹⁾.

4.18.4.1 CÁNCER ^(11,14)

El Hipoclorito de Sodio no aparece reportado dentro de la lista de la IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) como una sustancia cancerígena ⁽¹⁴⁾, además, ensayos consultados realizados sobre animales evidencian que no han demostrado que se trate de un compuesto cancerígeno ⁽¹¹⁾.

4.18.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS ⁽¹¹⁾

No se ha reportado reducción de la capacidad reproductora en experimentos con animales. No se debe temer el desarrollo de malformaciones fetales por causa de exposiciones a Hipoclorito de Sodio durante la gestación, mientras se mantengan los niveles de exposición permitidos en el lugar de trabajo.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

4.18.4.3 EFECTOS GENOTÓXICOS

En ensayos con *Sallmonella* no se han presentado casos de mutación, así como tampoco con *Bacillus subtilis*, ni con micro-núcleos^(3,11); sin embargo se han obtenido resultados positivos con cierto tipo de *E. Coli*⁽³⁾.

4.18.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

4.18.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La exposición aguda al Hipoclorito de Sodio puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

4.18.5.1.1 Exposición en Ojos^(3, 8, 9)

Lavar los ojos con abundante agua durante por lo menos 15 minutos. Se deben levantar ocasionalmente los párpados para permitir que el agua irrigue todo el ojo y el tejido del párpado; si la víctima tiene lentes de contacto, éstos se deben retirar.

4.18.5.1.2 Exposición en la Piel^(8, 9, 11)

Si la ropa ha quedado impregnada de solución, ésta se debe retirar inmediatamente. Las zonas expuestas se deben lavar con abundante agua durante por lo menos 15 minutos⁽⁸⁾. El Hipoclorito de Sodio que haya podido quedar se debe limpiar con un algodón impregnado con polietilén glicol 400⁽¹¹⁾.

4.18.5.1.3 Inhalación^(3, 8, 9)

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. Si la respiración es forzada, se debe proveer oxígeno al paciente por medio de una máscara de oxígeno. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata.

4.18.5.1.4 Ingestión^(3, 8, 9)

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Si la víctima se encuentra conciente y en capacidad de tragar, se le debe dar a beber una buena cantidad de agua, luego de ellos se le puede dar agua cada 10 minutos o también brandy o leche, en ningún caso se le debe dar a beber jugo de frutas, debido a su carácter Acido. La victima debe recibir atención medica inmediatamente^(3, 8, 9).

4.18.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras anti gas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo de la cara. También se debe usar un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en polietileno, saranex, neopreno, caucho de butilo o caucho natural.

4.18.5.2 INCENDIOS^(3, 8, 9, 11)

El Hipoclorito de Sodio no se considera un compuesto combustible, sin embargo, su descomposición por calentamiento conlleva a la liberación de oxígeno, que puede incrementar la severidad de un incendio existente. Además, el Hipoclorito es un oxidante fuerte de alta reactividad que puede producir explosiones o incendios al reaccionar con múltiples sustancias.

Para la extinción de incendios en que se encuentre involucrado el Hipoclorito de Sodio, se recomienda el uso de polvo químico seco; no obstante, el tipo de agente extinguidor a emplear depende también del material que arde, ya que las disoluciones de este producto no lo hacen. Si el incendio es de gran magnitud puede emplearse un chorro de agua a alta presión.

Ya que el calentamiento del Hipoclorito de Sodio incrementa la velocidad de liberación de Cloro (gas tóxico) y oxígeno, se deben enfriar con agua los contenedores afectados por el fuego⁽³⁾ para evitar una sobre-presión de los recipientes de almacenamiento o proceso, que pueda causar su ruptura. Además, el personal encargado de apagar el incendio debe contar con el equipo de protección apropiado para el incendio y para el ataque de Cloro y Cloruro de Hidrógeno (Acido Clorhídrico).

4.18.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS^(8,9)

Siempre que existan derrames o fugas de Hipoclorito de Sodio se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- Recolectar el material derramado en la manera más conveniente para su reciclaje o para su disposición en un relleno de seguridad. Si el derrame es pequeño, el Hipoclorito de Sodio se puede absorber en vermiculita, arena seca o un material similar, que no sea combustible, luego de lo cual se puede neutralizar con soluciones de Sulfuro de Sodio (Na_2S), Sulfito de Sodio (Na_2SO_3), o Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Si el derrame es grande y en un área cerrada, se puede diluir con agua y luego se puede neutralizar con alguna de las soluciones mencionadas.

Las personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben marginar de las áreas donde se presente la fuga o derrame hasta que la limpieza se haya completado.

NaOCl

Hipoclorito de sodio

4.18.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL^(9,11)

TLV (TWA; 8 horas; ACGIH): 1 ppm (Fecha de estudio no reportada)⁽⁹⁾

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general): 0.5 ppm (Fecha de estudio no reportada)⁽⁹⁾

STEL (WEEL; 15 minutos; AIHA): 2 mg/m³ (Fecha de estudio no reportada)⁽⁹⁾

TLV: Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

PEL: Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

IDLH: Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la Vida y la Salud).

STEL: Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

4.18.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL^(4,8,9,11)

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa impermeable, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel con soluciones acuosas que contengan Hipoclorito de Sodio.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se debe remover inmediatamente y no se debe usar hasta que el Hipoclorito sea removido por completo.
- La ropa no impermeable que se contamine con Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, se debe remover prontamente y no se debe usar hasta que el Acido sea removido por completo.

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, entren en contacto con los ojos.
- El Hipoclorito de Sodio normalmente no produce humos, pero se debe utilizar gafas y careta cuando se haga el manejo de esta sustancia.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Hipoclorito de Sodio, especialmente las de mayor concentración de Cloro activo, entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lavaojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

4.18.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA ⁽⁹⁾

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Si se exceden los límites de exposición y los controles ingenieriles no son posibles, se debe utilizar un respirador con careta completa, con cartucho para gas Acido. Para las situaciones de emergencia en que se desconocen los niveles de exposición, use una máscara de presión positiva con careta completa. Se debe tener presente que los respiradores de purificación de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas con deficiencia de oxígeno ⁽⁹⁾.

Tabla 58. Protección respiratoria mínima para Hipoclorito de Sodio en el aire

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 1 ppm (OSHA)
Concentración de hasta 50 ppm	Una máscara de gases de tipo mentón o cilindro para gases ácidos frontal o trasero con un filtro de partículas de alta eficiencia. Un respirador con filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de aire con pieza completa completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa.
Concentración de más de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Aparatos de respiración autocontenidos con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para gases ácidos frontal o trasero con filtro de partículas de alta eficiencia. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Adaptada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guidelines" ⁽¹²⁾

4.18.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio, los individuos se deben entrenar en su manejo y almacenamiento, así como en el uso del equipo de protección personal.

Debido al carácter de oxidante fuerte que tienen las soluciones concentradas de Hipoclorito de Sodio, no se debe entrar en contacto directo con este tipo de soluciones, ni permitir que se derramen en ninguna parte del cuerpo.

Evitar la mezcla accidental de este compuesto con Ácidos, ya que ello puede hacer que se libere Cloro. También se deben evitar las mezclas con amoníaco o compuestos de amonio, con quienes el Hipoclorito puede formar compuestos explosivos. El contacto del Hipoclorito con sustancias combustibles también se debe evitar⁽⁷⁾.

Se debe contar con duchas para el lavado del cuerpo y los ojos, en las proximidades de las zonas de trabajo en que se emplee o fabrique este producto, para permitir un lavado oportuno en caso de derrame accidental sobre el cuerpo.

4.18.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo inferior al 10%⁽¹⁵⁾

S1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

S2: Manténgase fuera del alcance de los niños

Soluciones de Hipoclorito de Sodio con concentración de Cloro activo superior al 10%⁽¹⁶⁾

S1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

S28: En caso de contacto con la piel lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante)

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrele la etiqueta)

S50: No usar con... (a especificar por el fabricante)

4.18.8.2 ALMACENAMIENTO^(8,9,7,11)

El Hipoclorito de Sodio se debe guardar en un lugar frío, oscuro y ventilado. Se debe evitar la exposición del Hipoclorito al calor, la luz, la contaminación con metales pesados y elementos que puedan alterar el pH. En general, los contenedores deben tener un mecanismo de despresurización, por ejemplo una válvula de seguridad, para evitar sobre-presión por la liberación de oxígeno a raíz de la descomposición del Hipoclorito. Los contenedores opacos ayudan a prevenir la descomposición de la solución y por ende también la sobre-presión.

El almacenamiento de las soluciones de Hipoclorito de Sodio se debe hacer evitando que pueda entrar en contacto con materiales combustibles, Ácidos y/o compuestos derivados del amoníaco.

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio de menor concentración, entre 3 y 6% de Cloro disponible, son más estables que las más concentradas, razón por la cual se pueden guardar durante un mayor período de tiempo.

Para el almacenamiento de grandes volúmenes de Hipoclorito de Sodio se recomienda el uso de tanques de materiales resistentes a la alcalinidad, entre ellos se listan: polietileno de alta densidad, cauchos duros, PVC, FRP,

NaOCl

Hipoclorito de sodio

o concreto sellado. En el almacenamiento de volúmenes pequeños de Hipoclorito de Sodio en solución, se puede emplear tambores plásticos, botellas plásticas o de vidrio, en todos los casos los recipientes deben ser opacos para evitar la descomposición de la solución.

4.18.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES⁽⁸⁾

Tabla 59. Usos, generación y control de Hipoclorito de Sodio

Uso / Generación	Control
Blanqueado de fibras de celulosa y otros materiales en las industrias de pulpa, de papel y textil.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Dilución para dosificación en la desinfección de piscinas y en el tratamiento de aguas.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Cloración de agua potable.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Eliminación de algas y lama en piscinas, hervidores de agua (especialmente en la industria de pulpa) y recipientes de almacenamiento de agua.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Proceso de eliminación de pelo en la industria del cuero.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

4.18.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

No se dispone de información acerca de los efectos del Hipoclorito de Sodio sobre el medio ambiente⁽⁹⁾.

4.18.11 ECOTOXICIDAD⁽¹¹⁾

Por tratarse de una sustancia inorgánica no se le pueden aplicar los métodos para determinación de biodegradabilidad⁽¹¹⁾.

A pesar de la dilución, el Hipoclorito de Sodio forma soluciones caústicas con el agua. Resulta muy tóxico para los organismos acuáticos, de manera que se usa para reducir la presencia de microorganismos en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Además, estas sustancia trae efectos perjudiciales a los organismos acuáticos por variación del pH.

Toxicidad para Peces

Onchorhynchus mykiss CL₅₀: 0,07 mg/l /48 h (referido a la sustancia pura)⁽¹¹⁾.

P. promelas CL₅₀: 1.34 mg/l /96 h (referido a la sustancia pura)⁽¹¹⁾.

L. macrochirus CL₅₀: 1.1 mg/l /96 h (referido a la sustancia pura)⁽¹¹⁾.

Daphnia magna CE₅₀: 0.07 - 0,7 mg/l /24 h (referido a la sustancia pura)⁽¹¹⁾.

Toxicidad para Microorganismos

Photobacterium phosphoreum CE₅₀: 100 mg/l /15 min (referido a la sustancia pura)⁽¹¹⁾.

4.18.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICIÓN

Todo aquel material que no pueda ser recuperado o reciclado, se debe tratar en una forma adecuada mediante un sistema de tratamiento de aguas. Condiciones tales como el procesamiento, uso o forma de contaminación de las

soluciones de Hipoclorito de Sodio, determinan el tipo de tratamiento a efectuar sobre las aguas residuales que lo contengan⁽⁹⁾.

Una forma de disminuir los efectos tóxicos del Hipoclorito de Sodio sobre el medio ambiente, y específicamente sobre los organismos acuáticos de las aguas abiertas, es reducir su carácter alcalino mediante neutralización controlada con Sulfuro de Sodio, Sulfito de Sodio, o Tiosulfato de Sodio.

4.18.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Enciclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Estrela C et al. Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite [en línea]. Enero de 2002 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en [http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13\(2\)/v13n2a07/v13n2a07.html](http://www.forp.usp.br/bdj/bdj13(2)/v13n2a07/v13n2a07.html)
3. Facultad de Química. Universidad Autónoma de México, Hoja 22 [en línea]. Enero de 2002 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en <http://www.fquim.unam.mx/sitio/uploads/pdfs/hoja22.pdf>
4. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Dilution of sodium hypochlorite solutions (NaOCl) [en línea]. mayo de 2003 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en http://www.cl2.com/whats_new/Dilution_NaOCl.PDF
5. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Do you know where your chemicals are going? [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: http://www.cl2.com/whats_new/DoYouKnow.pdf
6. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Sodium Hypochlorite Incompatibility Chart [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: http://www.cl2.com/whats_new/NaOClCompatChart.pdf
7. Instituto del Cloro. Noticias nuevas. Warning - Sodium Hypochlorite can release chlorine gas. [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: http://www.cl2.com/whats_new/Warning.pdf
8. International Chemical Industries, Inc. InChemProducts. Sodium Hypochlorite [en línea]. Diciembre de 1998 [citado julio 30 de 2003]. Disponible en: <http://www.inchem.com.ph/naocl.htm>
9. Baker JT. Material Safety Data Sheet. Sodium Hypochlorite Solution [en línea]. Fecha de publicación Mayo de 2000, actualizado febrero de 2003 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en: <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/S4106.htm>
10. Kirck & Othmer; Enciclopedia of Chemical Technology; Volumen 2, Hexanes to Ion Exchange; Interscience Publishers; Jhon Wiley & Sons, Inc.; New York, U.S.A.; 1966.
11. Merck Catalogue. ChemDAT - The Merck Chemical Database. 2000.
12. Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid [en línea]. Septiembre de 1978 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0577.pdf> 8

NaOCl

Hipoclorito de sodio

13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
14. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 5. List of Classified Carcinogens* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Julio 25 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/iarclist.htm>
15. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Sodium Hypochlorite (Solution, Active Chlorine <10%)* [en línea]. Octubre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc04/icsc0482.htm
16. Organización Internacional del Trabajo. *International Chemical Safety Cards, Sodium Hypochlorite (Solution, Active Chlorine <10%)* [en línea]. Octubre de 1999 [citado julio 25 de 2003]. Disponible en http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc11/icsc1119.htm

Hipoclorito de sodio