

julio 1980

## **cloración del agua en la industria alimentaria**

q.f. e. marchelli  
i.q. c. moyano  
i.q. j.j. león

**monografías tecnológicas**

serie frutas y hortalizas

**1**



Laboratorio Tecnológico del Uruguay

---

## **RESUMEN**

En esta monografía se trata el tema de la utilización del cloro y sus compuestos como medio de alcanzar los requisitos sanitarios que deben cumplir las aguas utilizadas en la industria alimentaria.

Se explica la terminología empleada en cloración, así como la química del cloro en el agua y su comportamiento en función de pH y temperatura.

Se ejemplifican distintos sistemas de cloración y finalmente se hace referencia a un posible programa de control de la cloración en planta y a métodos analíticos para evaluación de cloro activo.

## **ABSTRACT**

In this paper the subject is the utilization of chlorine and its derivatives as means to obtain the sanitary requirements for waters used in were food industry.

The terminology employed in chlorination is explained, as well as the chemistry of chlorine in water and its behavior depending on pH and temperature.

Examples are presented of the different chlorination systems and finally a reference is made to a possible plant control chlorination program and to the analytical methods for the evaluation of active chlorine.

## CLORACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

### INTRODUCCION

En la industria alimentaria se deben aplicar una serie de medidas tendientes a que los alimentos que llegan al consumidor ofrezcan plenas garantías desde el punto de vista sanitario. Estas medidas incluyen: una adecuada política de sanidad de la planta procesadora, conveniente selección y manipulación de materias primas, y un estricto control del proceso tecnológico.

El agua juega un rol muy importante en todos los aspectos mencionados precedentemente ya que interviene en lavado y transporte de materias primas, formando parte, ocasionalmente, del producto final (líquidos de cobertura, etc.), como agente de calefacción y enfriamiento, en higiene del personal y limpieza de equipos e instalaciones.

En base a lo expuesto, el agua utilizada deberá ser de calidad *potable*, es decir; que deberá estar libre de microorganismos y de concentraciones de sustancias químicas que puedan alterar la calidad del producto final y dañar la salud del consumidor. Las normas de potabilidad no deberán ser inferiores a las estipuladas en las "Normas Internacionales para el agua potable", de la Organización Mundial de la Salud, 1963.

Es intención del LATU en esta publicación tratar el tema de la utilización del cloro y sus compuestos como medios de alcanzar los requisitos microbiológicos que debe cumplir un agua potable, así también como el agua destinada a otros usos en las plantas procesadoras de alimentos.

### DESINFECCION Y AGENTES DESINFECTANTES

La desinfección puede realizarse mediante:

- 1) Agentes químicos
- 2) Agentes físicos
- 3) Medios mecánicos
- 4) Radiación

Se denomina *desinfectante* el producto químico que destruye las formas vegetativas de los microorganismos patógenos y no patógenos pero no necesariamente, a las formas resistentes o esporas.

*Desinfección* es la acción o efecto de destruir los agentes infecciosos.

No existe ningún agente químico antimicrobiano que sea el ideal para todos y cada uno de los casos. Esto está en función de la diversidad de circunstancias en que estos agentes se utilizan y los muchos tipos de células bacterianas sobre las que deben actuar.

De existir, el desinfectante óptimo debería poseer las propiedades que se detallan a continuación:

<i>Propiedades</i>	<i>Observaciones</i>
— Toxicidad a los microorganismos	Deben poseer un amplio espectro de actividad en altas diluciones.
— Solubilidad	Debe ser soluble en agua o en los líquidos tisulares en la medida necesaria para la eficacia de su empleo.
— Estabilidad	Los cambios que se produjeran en el transcurso del tiempo no deben suponer pérdida de la acción germicida.
— Inocuidad para el hombre y los animales	Deberá ser altamente tóxico a los microorganismos pero inocuo a formas superiores de vida.
— Homogeneidad	Las preparaciones deberán tener composición uniforme.
— Interacción con materias extrañas	Debe tener poca afinidad por la materia orgánica en favor de un mayor efecto antimicrobiano residual.
— Toxicidad a temperatura ambiente	No deberá ser necesario elevar la temperatura sobre la normal del medio en que se utiliza.

- Penetración Deberá tener capacidad de penetración para que su acción no quede limitada a la desinfección superficial.
  
- No debe ser corrosivo ni manchar. No ha de oxidar o deteriorar los objetos metálicos ni teñir o estropear el material sobre el que actúa.
  
- Capacidad desodorante. Es conveniente que el desinfectante posea además poder desodorante, mejor aún si es inodoro.
  
- Capacidad detergente. El desinfectante que sea además detergente (agente limpiador) cumple dos objetivos, y la acción de limpieza mejora la acción desinfectante.
  
- Disponibilidad. Deberá poder adquirirse en cantidad suficiente y a precios razonables.

Los desinfectantes químicos más corrientes son aquellos con propiedades oxidantes, de los cuales el cloro es el más universalmente usado.

El efecto letal del cloro y sus derivados, se debe a una acción combinada de su efecto oxidante sobre los constituyentes de la célula y a la interacción con algunas sustancias celulares y la consiguiente intoxicación de los microorganismos.

#### **CLORACION EN PLANTA. VENTAJAS Y PRECAUCIONES.**

La cloración en planta ha sido definida como la práctica de agregar cloro o sus compuestos, a todas las aguas que entran a la misma.

Se trata de una técnica muy difundida en la industria alimentaria como instrumento de ayuda a los programas y prácticas internas de saneamiento.

Las principales ventajas de usar la cloración como procedimiento habitual y rutinario en este tipo de industria son los siguientes: 1) El uso del clo-

ro reduce o previene el crecimiento bacteriano sobre la superficie del material y equipos; 2) La cloración permite más horas de operación y/o reduce los costos de mano de obra mediante el acortamiento de los tiempos destinados a limpieza; 3) Los recuentos bacterianos en la materia prima y los aportados por manipulación se reducen, lo que se traduce en una mayor efectividad del proceso de conservación utilizado. Paralelamente deben tomarse una serie de precauciones en la aplicación indiscriminada del cloro o sus derivados, a saber:

- 1) Deberá determinarse que el sabor del producto no será afectado adversamente por el cloro.
- 2) Se deberán tomar medidas estrictas para prevenir la contaminación de agua clorada con fenoles o compuestos relacionados. El compuesto de combinación, clorofenol, es detectado como un sabor extraño en concentraciones extremadamente bajas y es independiente del producto con que entra en contacto.
- 3) Las salmueras y jarabes añadidos al producto no deberán ser clorados. Puede ser que salmueras hechas con aguas cloradas no causen ningún problema. Sin embargo, los jarabes para enlatados se deben hacer con agua no clorada.
- 4) Deberán hacerse pruebas frecuentes de la concentración del cloro en el agua.
- 5) Deberán observarse todas las medidas de seguridad normales en el manejo de recipientes de cloro y los sistemas usados para inyectar el mismo a las aguas del proceso.

Particularmente en la industria del enlatado está comprobado, que la cloración es un seguro digno de confianza contra pérdidas considerables causadas por deterioros de infiltración en esta industria. El deterioro por infiltración, ocurre cuando en la etapa de enfriamiento, posterior al tratamiento térmico; al estar blando el compuesto sellador, y al originarse el vacío del recipiente, existe la posibilidad de penetración de agua de enfriamiento. En caso de ser agua contaminada llevará consigo microorganismos que se reproducirán en el interior del envase, originando pérdida de calidad con riesgo para la salud del consumidor y este deterioro también es causante de importantes pérdidas económicas para la industria de los enlatados.

Sin embargo, el hecho de utilizar aguas cloradas para enfriamiento de envases o en las aguas de proceso, puede dar una falsa idea de seguridad.

La cloración no puede sustituir la buena operación de fabricación, ya que esta técnica no puede reemplazar la limpieza normal en la política de higiene y sanidad de la planta. Es un hecho demostrado que la cloración del agua de enfriamiento de los envases no es suficiente para corregir una mala operación de sellado de los mismos.

## TERMINOLOGIA USADA EN CLORACION DE AGUAS

*Dosificación de cloro* — Es la cantidad de cloro agregada al agua. Se expresa generalmente en partes por millón, ppm (miligramos por litro) y es independiente de la “demanda del cloro” del agua.

*Demanda de cloro* — Cuando se adiciona cloro al agua no destilada, una pequeña cantidad reacciona con las impurezas presentes en la misma, la cual depende de la concentración y tipo de impurezas, del pH, del tiempo de contacto, de la temperatura y de la cantidad de cloro aplicado. La diferencia entre la cantidad de cloro que se aplique (dosificación de cloro), y la cantidad de cloro residual se conoce como “demanda de cloro del agua”. Las impurezas responsables de esta demanda incluyen compuestos formados por hierro, manganeso, nitritos y materia orgánica; las cuales son fácilmente oxidables, reduciendo el cloro a ión cloruro, el que ya no tiene propiedades germicidas.

*Cloro residual total* — Es la cantidad de cloro remanente en el agua una vez que ha sido satisfecha la “demanda” del agua.

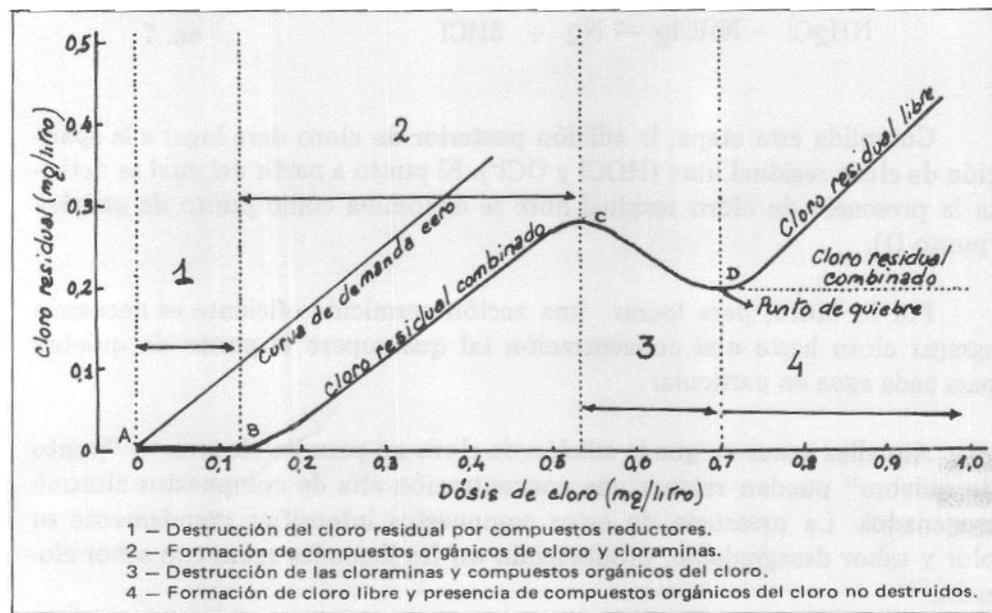
*Cloro residual combinado* — El cloro que se combina con compuestos nitrogenados, para formar cloraminas y otras sustancias cloronitrogenadas se le llama “cloro residual combinado”.

*Cloro residual libre* — El cloro residual en el agua existe tanto bajo forma combinada con materia nitrogenada, como en su forma libre. En soluciones acuosas, el cloro libre existe como *ácido hipocloroso* (HOCl), como *ión hipoclorito* (OCl<sup>-</sup>), o, como una mezcla de ambos, dependiendo del pH y la temperatura la concentración relativa de cada uno de ellos. La acción germicida del cloro es proporcional a la cantidad de ácido hipocloroso no disociado.

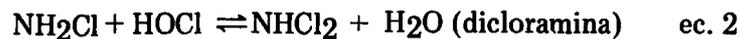
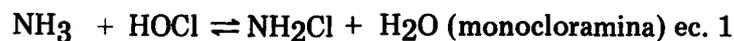
**Cloración marginal** — Es la adición de suficiente cantidad de cloro al agua como para producir un residual el cual puede estar libre o combinado, dependiendo ésto de la concentración de compuestos nitrogenados presentes. La principal objeción a la cloración marginal es que el agua tendrá niveles tan bajos de cloro residual libre que puede dar lugar a desarrollo de olores extraños.

**Cloración al punto de quiebre** — El hecho de que el cloro reaccione con compuestos nitrogenados, junto a su propiedad de ser un poderoso oxidante, dificulta el mantenimiento de una cantidad residual (combinado o libre) en la dosificación de las aguas.

Los fenómenos que ocurren al adicionar un compuesto clorado o cloro al agua se ejemplifican en el siguiente gráfico:

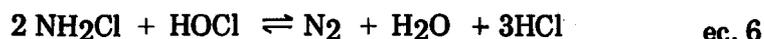
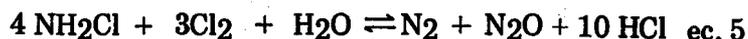
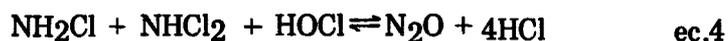


Cuando se incorpora cloro, las sustancias fácilmente oxidables tales como  $Fe^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $H_2S$ , y la materia orgánica, etc.; reducen parte de éste a ión cloruro ( $Cl^-$ ) (desde A a B en el gráfico). Tras satisfacer esta demanda inmediata, el cloro continuará reaccionando con el amoníaco para formar cloraminas entre los puntos B y C, según las reacciones que se indican:



Entre los puntos C y D, algunas de las cloraminas se convierten en tricloruro de nitrógeno, mientras que las restantes se reducirán a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y nitrógeno (N<sub>2</sub>), con la consiguiente reducción de cloro a ión cloruro (Cl<sup>-</sup>).

Con la adición sucesiva de cloro, casi todas las **cloraminas** se oxidarán, en base a las reacciones que se detallan:



Cumplida esta etapa, la adición posterior de cloro dará lugar a la aparición de cloro residual libre (HOCl y OCl<sup>-</sup>). El punto a partir del cual se detecta la presencia de cloro residual libre se denomina como *punto de quiebre* (punto D).

Por lo tanto, para lograr una acción germicida eficiente es necesario agregar cloro hasta una concentración tal que supere el punto de quiebre para cada agua en particular.

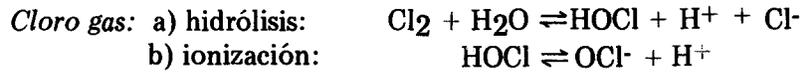
Aquellas aguas en que la adición de cloro no permite alcanzar el “punto de quiebre” pueden retener una concentración alta de compuestos cloronitrogenados. La presencia de estos compuestos intensifica grandemente su olor y sabor desagradable, produciendo así las llamadas aguas con sabor clorado.

*Cloración en planta* — Se define como la cloración al punto de quiebre de toda el agua que entra a la planta, hasta un nivel de cloro residual libre satisfactorio.

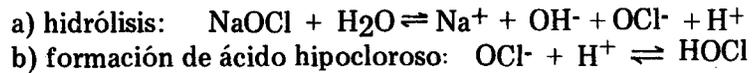
## REACCIONES QUIMICAS DEL CLORO Y SUS COMPUESTOS EN EL AGUA

Si los microorganismos del agua van a ser combatidos por la adición de un compuesto de cloro, éste debe liberar una forma activa de cloro.

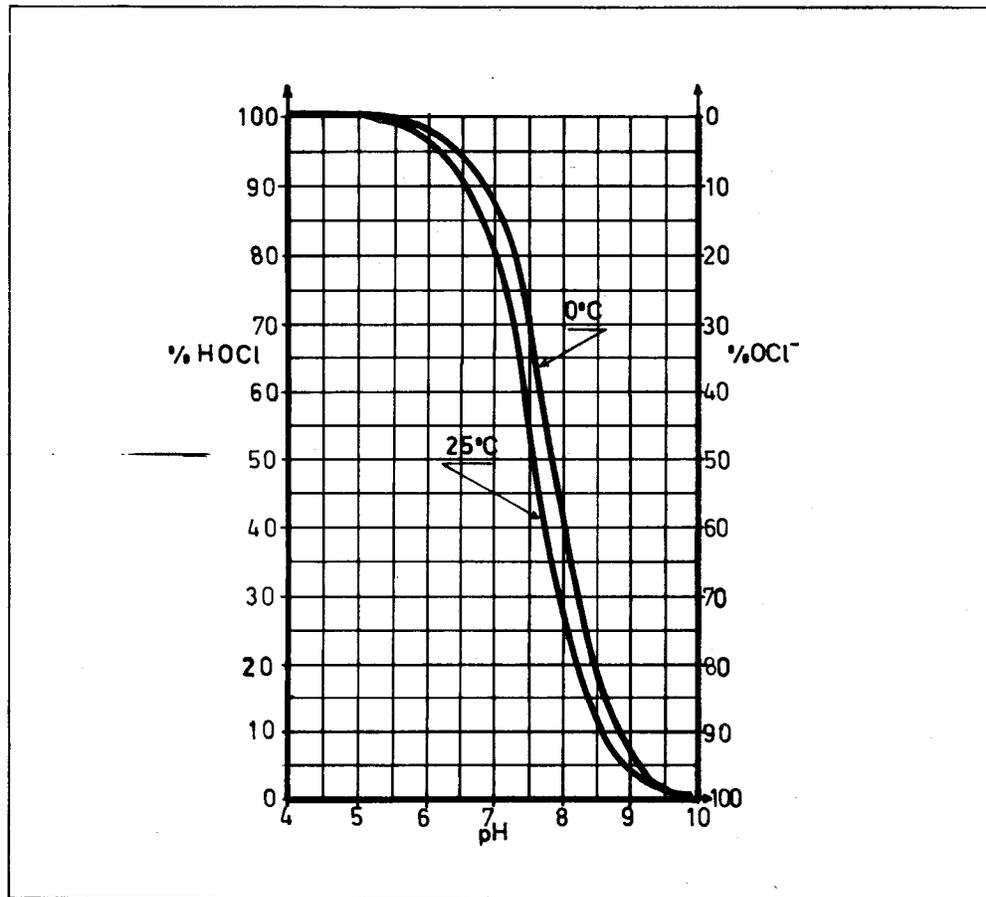
Cuando se agrega cloro o hipocloritos al agua tienen lugar las siguientes reacciones:



*Hipocloritos:*



Se puede observar que agregando cloro gas o hipocloritos (de sodio o calcio), se libera cloro libre con poder germicida bajo forma de ácido hipocloroso o ión hipoclorito. La distribución relativa de estas dos formas es muy importante, ya que la eficiencia de la letalidad del HOCl es de cerca de cuarenta a ochenta veces la del OCl<sup>-</sup>. La misma dependerá del pH y temperatura del agua como se muestra en el gráfico adjunto:



Distribución del ác. hipocloroso e ión hipoclorito en agua, en función de pH y temperatura.

Es lógico pensar que cuanto más compuesto clorado se adicione, mayor sería la velocidad de destrucción de las bacterias. En el caso del cloro gas o una cloramina acidificada esto es prácticamente correcto. Sin embargo, en el caso de los hipocloritos la cantidad adicionada no es un indicador de la letalidad de la solución; en razón de que en la formulación de los hipocloritos deben estar presentes compuestos alcalinos. Una solución que contiene 1000 ppm de hipoclorito tiene un pH de 11,0 a 12,0, mientras que una de 25 ppm tiene un pH de 8,0 a 9,0; de acuerdo al gráfico anterior, tiene mayor poder germicida esta última ya que el porcentaje de HOCl es mayor a pH entre 8,0 y 9,0 que entre 11,0 y 12,0.

### Efecto de la temperatura

Se ha demostrado que el tiempo necesario para que una cierta concentración de cloro destruya el 99 % de los microorganismos presentes, queda reducido aproximadamente, a un 50 % por cada 10 grados centígrados que aumente la temperatura.

La temperatura también afecta la solubilidad del cloro en el agua (ver tabla), pero ello no es muy importante desde el punto de vista de la cloración en plantas de alimentos, ya que hasta 80° C el cloro es soluble hasta un máximo de 2200 ppm.

Tabla de solubilidad del cloro gaseoso en agua a diferentes temperaturas

° C	Cloro disuelto %
0	1,46
10	0,98
20	0,76
30	0,56
40	0,45
50	0,39
60	0,32
70	0,27
80	0,22
90	0,12
100	0,00

En cambio, si se utiliza agua caliente para propósitos de limpieza, el cloro será reducido rápidamente a un nivel inefectivo a medida que la tem-

peratura se aproxima al punto de ebullición. Las soluciones de hipoclorito aparentemente, pierden poco cloro disponible a temperaturas elevadas.

El uso de soluciones de hipoclorito como agente desinfectante para equipos y procesamiento de alimentos no necesita estar restringido a la temperatura del agua, sino que podría ser utilizado ventajosamente a temperaturas más altas.

**COMPUESTOS DE CLORO** — Los principales compuestos que se emplean para la cloración de aguas son: 1) cloro gaseoso, 2) hipocloritos, 3) cloraminas y otros compuestos clorados de menor difusión.

Debe considerarse cuidadosamente la composición química de los germicidas usados en la desinfección de plantas industrializadoras de alimentos. A través del germicida pueden incorporarse al alimento sustancias que no están naturalmente presentes en éste y que pueden ir en detrimento de la calidad del producto final; en tal caso, se recomienda que el compuesto germicida *no se use* en contacto con el alimento. Esta circunstancia eliminaría a las cloraminas y otros tipos similares de productos de aquellas aplicaciones en que entren en contacto directo con alimentos crudos o procesados.

Actualmente, dentro de los germicidas que cumplen mejor con las condiciones de uso aquí consideradas son, el **CLORO GASEOSO** y los **HIPOCLORITOS DE SODIO Y CALCIO**. Los compuestos de degradación de estas sustancias, si están presentes, no adicionan nada que no sea un elemento natural de la mayoría de los alimentos.

Sin embargo, el cloro gaseoso tiene ciertas ventajas sobre los hipocloritos, a saber:

- 1) Es una sustancia pura
- 2) El nivel de pH del agua no es modificado o disminuye ligeramente.
- 3) La adición es fácilmente controlada mecánicamente.
- 4) El cloro es la fuente más barata sobre la base de porcentaje de cloro libre disponible.

Las desventajas de los hipocloritos frente al cloro gaseoso son:

- 1) Los hipocloritos contienen otros compuestos químicos, tales como

cloruro de calcio, hidróxido de calcio o hidróxido de sodio, que pueden afectar el producto o el envase que lo contiene.

2) El pH del agua puede volverse más alcalino, reduciéndose así el poder germicida.

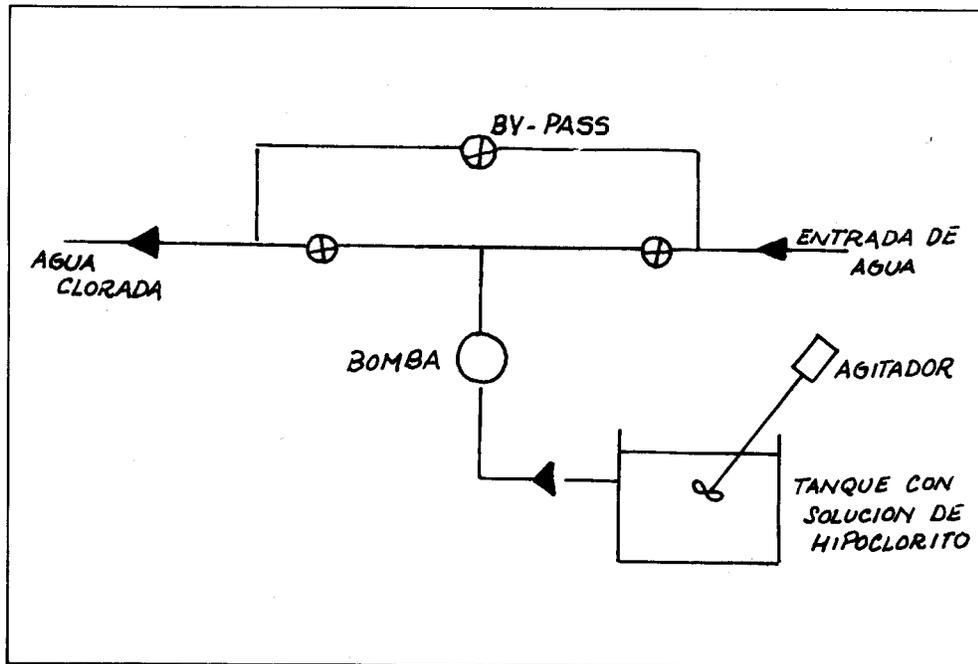
3) Es más difícil de dosificar y controlar la concentración de hipoclorito.

La adición de hipocloritos a aguas duras pueden aumentar los problemas de manchas en los recipientes.

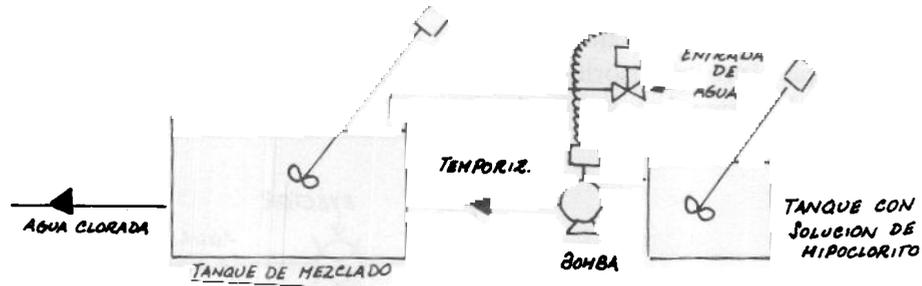
El manejo de gas cloro exige tener presente normas estrictas de seguridad, dado el efecto nocivo del cloro en caso de producirse escapes o fugas del mismo. La decisión final en cuanto a la elección del método de cloración por cloro gaseoso o por hipocloritos, exige una evaluación técnica y económica para cada caso particular.

## SISTEMAS DE CLORACION

La dosificación de hipocloritos puede realizarse por cualquiera de los métodos aquí esquematizados:

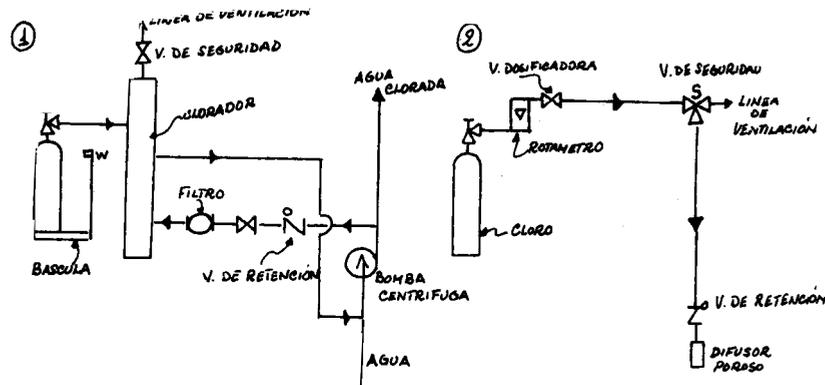


a) sistema de dosificación directa de hipocloritos



b) sistema de dosificación de hipocloritos con tanque de mezclado

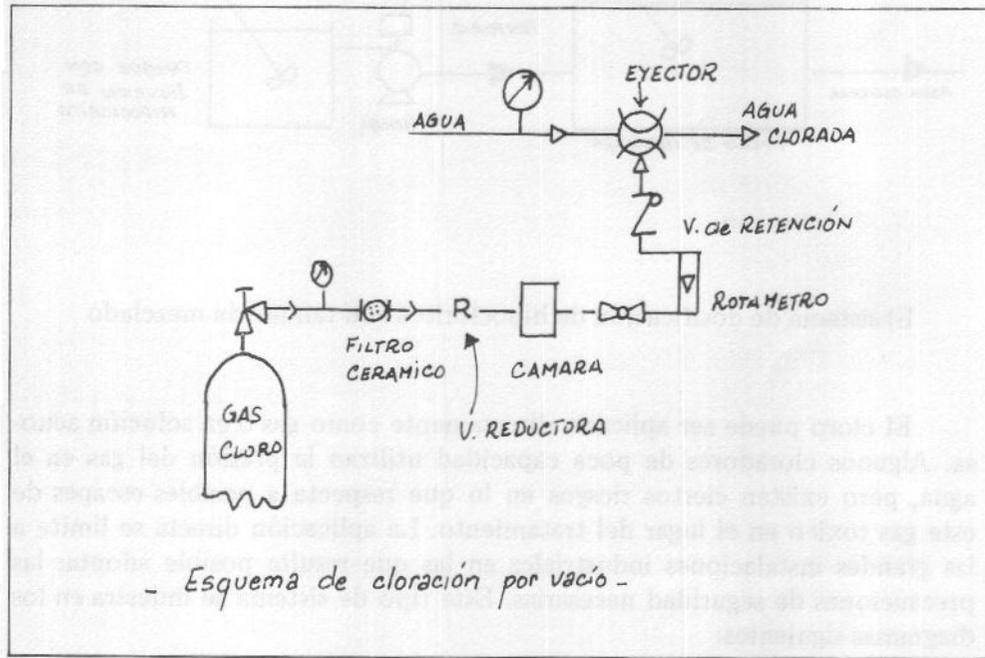
El cloro puede ser aplicado directamente como gas o en solución acuosa. Algunos cloradores de poca capacidad utilizan la presión del gas en el agua, pero existen ciertos riesgos en lo que respecta a posibles escapes de este gas tóxico en el lugar del tratamiento. La aplicación directa se limita a las grandes instalaciones industriales en las que resulta posible adoptar las precauciones de seguridad necesarias. Este tipo de sistema se muestra en los diagramas siguientes:



1.-Esquema de cloración directa

2.-Esquema de cloración directa con difusor

Los cloradores más generalizados son los que emplean dispositivos de alimentación por vacío (véase esquema adjunto). Se utiliza un eyector o aspirador para crear un vacío que arrastre el cloro a través de un orificio o rotámetro. El gas cloro es absorbido en la corriente del eyector y se descarga en el agua bajo la forma de solución de cloro.



### PROGRAMA DE CONTROL DE LA CLORACION EN PLANTA

Es esencial que exista un control continuo de laboratorio para una segura aplicación de la cloración en planta y se recomienda el siguiente programa

- 1) Controlar el cloro residual cada 2 horas utilizando un ensayo rápido.
- 2) Revisar el cloro residual en varios puntos de la planta como mínimo dos veces al día, muestreando siempre en los mismos lugares.
- 3) Mantener un registro de todos los resultados obtenidos.
- 4) Registrar la graduación del clorador cada vez que se analiza el cloro residual. Al cabo de un cierto tiempo sería posible correlacionar los residuales con la graduación del clorador.
- 5) Pesarse el cilindro de cloro cada día al mismo tiempo y reportar la

pérdida de peso. Esto se hace para comprobar la exactitud de la graduación fijada para la alimentación de cloro.

6) Comprobar la operación del clorador y por lo menos una vez al día inspeccionar si existen fugas.

7) Para los hipocloradores revisar y registrar el volumen y concentración de la solución de cloro en el tanque suministrador.

## **METODOS ANALITICOS PARA EVALUAR AGUAS CLORADAS**

Todos los métodos analíticos para la determinación de cloro libre disponible o combinado, se basan en reacciones con agentes reductores no específicos para estas sustancias. Sin embargo, se han desarrollado condiciones definidas para estos tests bajo las cuales se logra la especificidad, a pesar de la presencia de otros agentes oxidantes que podrían interferir; tales como: halógenos libres, dióxido de cloro, etc., los cuales aparecerían cuantitativamente como cloro libre disponible. Estas sustancias raramente están presentes en el agua en cantidad suficiente como para introducir errores significativos; sin embargo, su acción deberá ser tenida en cuenta por el analista.

### **ELECCION DEL METODO**

a) *Iodometría:* Esta técnica es considerada de referencia contra la cual son comparados los otros métodos. Sirve para estandarizar el agua clorada usada para preparar patrones temporarios. Es también conveniente para la determinación de altas concentraciones de cloro libre residual, y es generalmente más preciso que los métodos colorimétricos cuando la concentración de cloro libre residual excede 1 ppm (1 mg./l), pero no es tan exacto a bajas concentraciones o en presencia de interferencias.

b) *Amperometría:* Es el método más preciso para la determinación de cloro libre disponible o combinado. No es afectado por la presencia de agentes oxidantes comunes, variaciones de temperatura, turbidez, o color, los cuales interfieren con la exactitud de los otros métodos.

Por otra parte, este método no es tan simple, ni práctico, como los métodos colorimétricos.

c) *Ortotoluidina*: Este ha ganado aceptación para las determinaciones rutinarias de cloro residual en el control en planta de las aguas debido a la simplicidad de este ensayo. Sin embargo, actualmente ofrece reparos dado que la Organización Mundial de la Salud (OMS) no recomienda su empleo, puesto que se considera a la ortotoluidina como un agente cancerígeno. Permite la diferenciación de cloro libre disponible y el combinado, aún, en presencia de color originado por sustancias que interfieren comúnmente. Al ser un método colorimétrico, puede conducir a resultados erróneos si no se verifican periódicamente los patrones de color para confirmar su validez.

d) *DPD*: Es un método simple y preciso para diferenciar fracciones de cloro libre residual y combinado. La N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) como indicador es superior a la ortotoluidina. Los colores producidos son más estables, y se necesitan menos reactivos que en el método de la ortotoluidina.

Los métodos analíticos acá citados, y otros que se omiten, pueden ser consultados en la bibliografía que se indica en este trabajo. En el apéndice se describe la técnica de iodometría para la determinación de cloro en aguas. Existen además métodos de ensayos rápidos aproximados mediante elementos indicadores por color, que se encuentran disponibles comercialmente.

## **NIVELES RECOMENDADOS DE CLORO EN AGUAS PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

En las aguas de planta se *recomienda* un cloro libre residual de 5 a 7 ppm (5 a 7 mg./l), mientras que para aguas de enfriamiento de envases el nivel de cloro residual libre recomendado es de 0.5 ppm (0.5 mg./l) en el punto de descarga del sistema de enfriamiento. Durante la operación de limpieza de la planta, la cantidad agregada al agua, para este uso, se puede incrementar hasta 15 a 20 ppm (15 a 20 mg./l).

## APENDICE

### Iodometría para la determinación de cloro en agua

*Principio* — El cloro libera iodo de una solución de ioduro de potasio a pH menor o igual a 8. El iodo liberado se titula con solución valorada de tiosulfato de sodio, usando almidón como indicador. El pH de la reacción se ajusta entre 3 y 4.

#### *Reactivos* —

- a) Acido acético glacial
- b) Ioduro de potasio puro
- c) Solución valorada de tiosulfato de sodio 0,1 N: disolver 25 g. de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  en 1000 ml de agua destilada recién hervida, agregando 1 a 2 ml de cloroformo como conservador.

#### Valoración de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

- a) Preparar solución 0,100 N de dicromato de potasio disolviendo 4,904 g del producto puro anhidro en 1000 ml de agua destilada. Guardar en frasco con tapón de vidrio.
- b) A 80 ml de agua destilada, agregar con agitación constante, 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc., 10 ml de la solución de dicromato de potasio 0,100 N y 1 g de ioduro de potasio. Al cabo de unos seis minutos de reposo en la oscuridad, titular con la solución 0,1 N de tiosulfato, hasta la casi desaparición del color amarillento del iodo liberado. Agregar 1 ml de solución de almidón y continuar la titulación hasta la desaparición del color azul.
- c) *Cálculo de la normalidad de la solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$*

$$N = \frac{1}{\text{ml. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ consumidos}}$$

Cada ml de la solución 0,100 N de tiosulfato, equivale a 3,545 mg de cloro libre.

*Solución indicadora de almidón* — Disolver 1 g de almidón soluble en 100 ml de agua destilada hirviendo, enfriar, filtrar y guardar en frasco adicionando 0,1 g de ácido salicílico para conservación.

*Procedimiento — Toma de muestra.* Deberá ser tal que el gasto final de solución de tiosulfato no sea mayor de 20 ml, lo que equivale a unos 70 mg de cloro activo (cloro libre disponible). Por ejemplo: si la solución que se va a analizar contiene unos 50 g/l de cloro activo, la toma podrá ser de 1 ml (50 mg) o 30 ml de la solución original, diluida previamente al 1/10.

d) *Titulación del cloro libre disponible (cloro activo)* —

En matraz Erlenmeyer de 250 ml colocar 5 ml de ácido acético glacial, agregar 1 g. (estimado) de yoduro de potasio y la toma de muestra adecuarla según párrafo anterior. Disolver agitando y agregar eventualmente agua destilada si se prefiere un volumen mayor para la titulación. La misma se lleva a cabo al abrigo de la luz directa del sol, agregando solución 0,1 N de tiosulfato hasta la casi desaparición del color amarillo del yodo. Agregar 1 ml de la solución de almidón y proseguir hasta la desaparición del color azul.

*Cálculos* — Si  $G$  es el *gasto de tiosulfato 0,1 N* tendremos:

$$\text{Cloro activo en mg/l (ppm)} = \frac{3,545 \times G \times 1000}{\text{Volumen de la toma} \times D}$$

siendo  $D$  el *factor de dilución* en caso de haber diluido la muestra.

Ejemplo: En el caso de una solución de hipoclorito de sodio, diluida previamente al 1/10, con un volumen de toma de 10,0 ml se tendrá:

$$\text{Cloro activo en mg/l (ppm)} = \frac{3,545 \times G \times 1000}{10 \times 1/10} = 3545 \times G$$

## BIBLIOGRAFIA

- National Canners Association 1976. Alimentos enlatados. Food Processors Institute.
- Metcalf-Eddy 1977. Tratamiento y depuración de las Aguas Residuales. Ed. Labor S.A.
  - The American Water Works Ass., Inc. 1971. Water Quality Treatment Mc Graw Hill Book Co.
  - American Public Health Ass. American Water Works Ass. Water Pollution Control Federation 1971. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Ass.
  - Pelczar y Reid 1966. Microbiología. Mc Graw Hill Book Co.
  - Odlaug T. E. y Pflug I.J. 1978. Microbiological and sanitizer analysis of water used for cooling containers of foods in commercial canning factories in Minnesota and Wisconsin. Journal of Food Science. 43: 954.
  - National Canners Ass. 1968. Laboratory Manual for Food Canners and Processors. The AVI Pub. Co., Inc.
- American Water Works Ass. 1968. Agua, su calidad y Tratamiento. UTEHA.



5

1

