




**INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA**

URUGUAY

**Recomendaciones
para el uso del
HIPOCLORITO DE SODIO
en las líneas de empaque
de FRUTA CÍTRICA**

AGOSTO 2023
BOLETÍN DE
DIVULGACIÓN

121



Recomendaciones para el uso del HIPOCLORITO DE SODIO en las líneas de empaque de FRUTA CÍTRICA

Autores:

Elena Pérez¹

Gerónimo Fernández²

Joanna Lado¹

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay.

²Unión de Productores y Exportadores Frutihortícolas del Uruguay (UPEFRUY).

Título: RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN LAS
LÍNEAS DE EMPAQUE DE FRUTA CÍTRICA

Autores: Elena Pérez
Gerónimo Fernández
Joanna Lado

Boletín de Divulgación N° 121

© 2023, INIA

e-ISBN: 978-9974-38-491-0

ISBN: 978-9974-38-492-7

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA
Edificio Los Guayabos
Parque Tecnológico del LATU
Avda. Italia 6201
Montevideo – Uruguay
www.inia.uy

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr. José Bonica - Presidente

Ing. Agr. Walter Baethgen - Vicepresidente



Ministerio
**de Ganadería,
Agricultura y Pesca**

Ing. Agr. Martín Gortari

Ing. Agr. Rafael Normey



Ing. Agr. Alejandro Henry

Ing. Agr. Diego Bonino



Índice

1. Introducción.....	7
2. ¿Qué es el hipoclorito de sodio?	8
3. ¿Por qué se utiliza hipoclorito de sodio en la pileta de volcado de la fruta cítrica en la línea de empaque?	9
4. ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes del hipoclorito de sodio?	10
5. ¿Cómo es el proceso de desinfección a través del hipoclorito de sodio?	11
6. ¿Cómo se obtiene ácido hipocloroso a partir del hipoclorito de sodio agregado al agua de la balsa?	11
7. ¿Qué debemos tener en cuenta para que la mayor parte del cloro se encuentre en forma de ácido hipocloroso?	12
7.1. pH y Temperatura	12
7.2. Materia orgánica.....	16
7.3. Tiempo de Exposición-Concentración	16
7.4. Cantidad y localización de los microorganismos	17





8. ¿Cómo aproximarnos a la cantidad de ácido hipocloroso (más activo) que hay en la balsa?	19
9. ¿Es posible medir directamente la actividad oxidante de la solución?.....	21
10. ¿Cómo se almacena el cloro?.....	23
Algunas definiciones.....	24
Bibliografía consultada	25

Recomendaciones para el uso del HIPOCLORITO DE SODIO en las líneas de empaque de FRUTA CÍTRICA

Elena Pérez¹, Gerónimo Fernández², Joanna Lado¹.

¹Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay.
²Unión de Productores y Exportadores Frutihortícolas del Uruguay (UPEFRUY).

1. Introducción

La producción de cítricos de Uruguay está orientada a la obtención de fruta en fresco para exportación, siendo clave mantener la inocuidad y calidad del producto según los estándares y protocolos internacionales vigentes.

Tradicionalmente, el volcado de la fruta en la línea de empaque se realiza en una balsa con agua. El objetivo principal es disminuir los golpes que provoca la caída sobre una superficie rígida. A su vez, contribuye en la limpieza de la fruta de partículas de tierra, hojas u otros elementos que puedan acompañarla desde el campo.

Mientras miles de kilos de fruta pasan a través de la balsa durante el día, el agua que se mantiene recirculando, acumula materia orgánica, suciedad y microorganismos o esporas de hongos que producen pudriciones de la fruta y bacterias que disminuyen la inocuidad. Por ello, el uso de agentes desinfectantes evita que los patógenos presentes en frutas infectadas sean transferidos al agua de lavado y desde allí, a cortes y heridas de frutas sanas (contaminación cruzada), deteriorando posteriormente la calidad de las mismas.

Existen varios desinfectantes capaces de destruir los microorganismos en el agua. Uno de ellos, el de mayor uso en Uruguay, es el hipoclorito de sodio (NaClO).





Debido a su efectividad, su bajo costo y facilidad de manipulación, el hipoclorito de sodio es posiblemente el desinfectante más popular, siendo utilizado en casi todos los hogares, hospitales, escuelas, entre otros para la desinfección de baños, frutas, verduras, superficies, etc. Se requiere un control cuantificable de la desinfección y el conocimiento básico de los productos utilizados para garantizar el uso adecuado de los mismos. Si el producto no se usa adecuadamente no se obtienen los resultados esperados.

Por ello, surgió la inquietud entre técnicos que trabajan en plantas de empaque, de contar con información básica que les permitiera mejorar o mantener el buen uso de la desinfección del agua de lavado utilizando hipoclorito de sodio. A partir de esta necesidad del sector citrícola, pretendemos con esta publicación transmitir conocimientos básicos que figuran en literatura especializada o han sido difundidos previamente para colaborar con los usuarios del producto.

2. ¿Qué es el hipoclorito de sodio?

El hipoclorito de sodio es un compuesto químico que se utiliza como desinfectante, debido a que su fuerte poder oxidante lo hace tóxico para los microorganismos. Se comercializa expresando su concentración en gramos por litro de cloro activo.



3. ¿Por qué se utiliza hipoclorito de sodio en la pileta de volcado de la fruta cítrica en la línea de empaque?

Para cumplir con los requisitos establecidos en los protocolos de exportación de cítricos a Estados Unidos y Unión Europea es obligatorio realizar la desinfección y/o lavado de la fruta durante el procesamiento en línea de empaque. Para la desinfección de la fruta, ambos destinos aceptan el uso por inmersión en una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, manteniendo el pH de la solución entre 6,0 y 7,5 durante por lo menos 2 minutos. Para el lavado, se debe realizar una inmersión de la fruta en una solución al 2% de SOPP durante 1 minuto (solución no jabonosa) o el lavado por 45 segundos (solución jabonosa) (MGAP decreto NO 495/006, SCFFC 2013).

En el marco de la Red Tecnológica Sectorial para la innovación en postcosecha de frutos cítricos, durante las zafas 2017 y 2018 se monitoreó la concentración de cloro activo y la presencia de microorganismos en las balsas de volcado de diferentes plantas de empaque de cítricos uruguayas (Fernández et al., 2021). En estos monitoreos se determinó que los niveles de cloro activo rondaban las 200 ppm y la contaminación de las balsas era nula a pesar de mantenerse el mismo caldo durante jornadas de hasta 16 horas de trabajo. También se determinó que el agua que se utiliza en las plantas de empaque tiene un pH cercano a 8 y un alto poder buffer, por lo que se recomendó la acidificación de la misma (Fernández et al., 2021b).





4. ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes del hipoclorito de sodio?

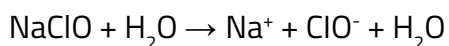
<u>VENTAJAS</u>	<u>INCONVENIENTES</u>
Rápida acción (tiempos de contacto cortos)	Inestable durante almacenamiento
Amplio espectro de acción	Efecto corrosivo sobre metales
Económico	Eficacia es afectada por contenido de materia orgánica en solución, altas temperaturas e impurezas del agua
Incoloro	Efecto desinfectante dependiente del pH (requiere permanente ajuste y medición)
Fácil preparación y uso	Reacciona con compuestos orgánicos formando cloraminas y trihalometanos (tóxicos para el ser humano)
Se puede determinar su concentración directa en plantas de empaque	Actualmente su uso es cuestionado y no se sugiere como una alternativa de química orgánica
	En la Unión Europea el LMR de Cloratos es 0,05 ppm

5. *¿Cómo es el proceso de desinfección a través del hipoclorito de sodio?*

El hipoclorito de sodio en contacto con el agua se disocia y genera compuestos capaces de provocar la muerte de hongos, bacterias y virus. Entre ellos, el que posee mayor poder desinfectante es el ácido hipocloroso (HClO), con fuerte actividad bactericida y fungicida. También se generan iones hipoclorito (ClO^-), los cuales son menos efectivos. Algunos estudios realizados para conocer el poder desinfectante de ambas moléculas demostraron que la relación desinfectante entre ácido hipocloroso e iones hipoclorito es de aproximadamente 80:1 - 100:1.

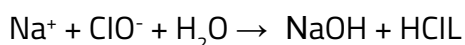
6. *¿Cómo se obtiene ácido hipocloroso a partir del hipoclorito de sodio agregado al agua de la balsa?*

Cuando el cloro se incorpora al agua bajo la forma de hipoclorito de sodio, se forma ácido hipocloroso (HClO) que se mantiene en equilibrio en la solución con iones hipoclorito (ClO^-) e hidrógeno (H^+). En otras palabras, una parte del cloro en el agua estará formando parte del ácido hipocloroso y otra parte del ion hipoclorito:

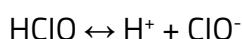


Esta ecuación muestra que el hipoclorito de sodio en contacto con agua se disocia formando iones sodio (Na^+), iones hipoclorito (ClO^-) y agua.

El sodio, el ion hipoclorito y el agua a su vez forman hidróxido de sodio y ácido hipocloroso:



El ácido hipocloroso se encuentra, por lo tanto, en equilibrio con las otras especies, dependiendo su concentración del pH de la solución.



Como el ácido hipocloroso es el que posee el mayor poder desinfectante-oxidante debemos intentar maximizar su presencia en el agua.



7. ¿Qué debemos tener en cuenta para que la mayor parte del cloro se encuentre en forma de ácido hipocloroso?

La cantidad de ácido hipocloroso en el agua de la balsa dependerá de distintos factores. Principalmente se deben tener en cuenta: la concentración del desinfectante utilizado, temperatura, pH, concentración de materia orgánica en el agua (disuelta y en suspensión) y la cantidad y tipos de microorganismos presentes.

7.1. pH y Temperatura

En la Figura 3 se observa el porcentaje de cloro disponible como ácido hipocloroso en una solución que se mantiene a 20°C y varía el pH. De acuerdo con este gráfico, a 20°C el mayor porcentaje de ácido hipocloroso se obtiene cuando el pH está entre 4 y 5. Los sanitizantes que funcionan por oxidación (transferencia de electrones) son más efectivos en su forma disociada y esto se consigue estando por niveles debajo de la constante de disociación ácida (pKa). El pKa del hipoclorito de sodio es 7,5 (Baldry, 1983). Cuando la solución es básica la cantidad de ácido hipocloroso cae drásticamente, aumentando la cantidad de iones hipoclorito.

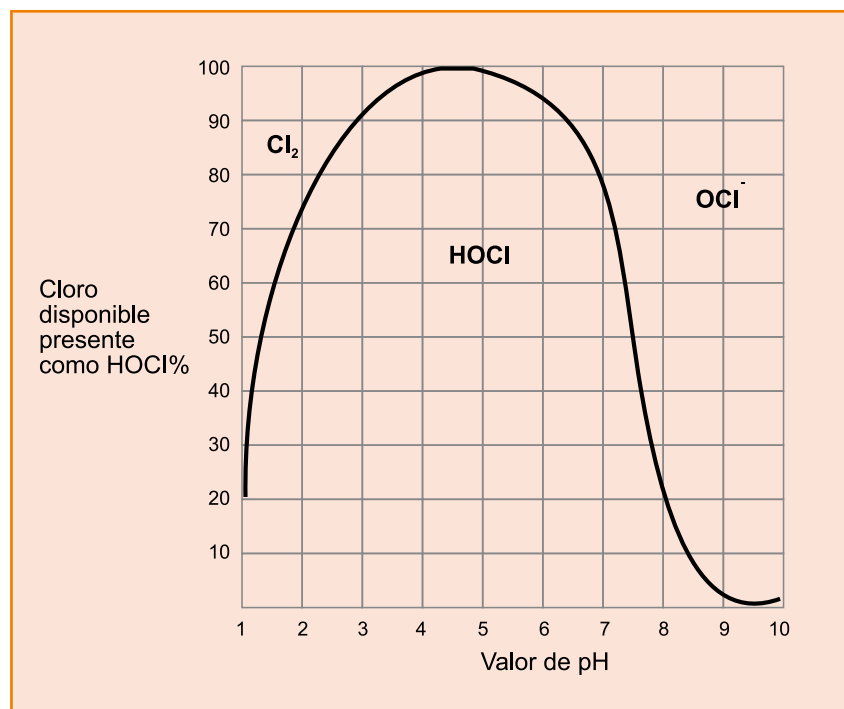


Figura 3. Porcentaje de cloro disponible como HOCI según el valor de pH a 20°C (Extraído de Palin, 1973).

Estas consideraciones demuestran que el hipoclorito de sodio no pierde completamente la capacidad desinfectante en aguas alcalinas, aunque sí disminuye la misma notoriamente. El pH también afecta directamente el tiempo de contacto necesario para lograr el mismo efecto. Rudolph y Levine (1994) mencionan que a pH 6, el tiempo de contacto necesario para eliminar el 99% de las esporas de *Bacillus metiens* es de 2,5 min, mientras que a pH 8 se requiere unos 5 min (doble de tiempo) y a pH 9 se necesitarían 19,5 min (cuatro veces más tiempo de contacto) para obtener el mismo resultado.

Es importante considerar que un aumento en la temperatura del agua acelera todas las reacciones que se generan en el medio, reduciendo el tiempo de contacto necesario para que el ácido hipocloroso elimine los microorganismos presentes. **Sin embargo**, a mayor temperatura el compuesto también se **pierde más rápido**, al favorecerse también su reacción con la materia orgánica.

Hay 2 factores que influyen en el pH de la balsa de volcado cuando se agrega hipoclorito de sodio:

- I - La alcalinidad del agua que se utiliza en las plantas de empaque
- II- El contenido de hidróxido de sodio (c.a. 5 g/l) que posee la propia solución de hipoclorito (cuyo objetivo es hacer la solución más estable, lo que lleva a que la solución con cloro tenga pH superiores a 7).

En este caso, se recomienda acidificar el medio hasta obtener un valor de pH entre 6 y 7. Frecuentemente se utiliza el ácido cítrico con este propósito. Sin embargo, otros ácidos como el clorhídrico o acético podrían ser utilizados, con distintas ventajas e inconvenientes.

Existen trabajos que mencionan la posibilidad de combinar en agua el hipoclorito de sodio con bicarbonato de sodio. Este último compuesto es una sal con acción fungistática y que en solución eleva el pH del agua. El aumento del pH reduce la



concentración en solución del ácido hipocloroso, y limita, por ende, la capacidad de desinfección. Para que esto no ocurra, es necesario que el pH de esta combinación llegue a un máximo de 7,5, pudiendo incorporar ácido clorhídrico de ser necesario (Smilanick et al., 1999).

Observando la Figura 3, se puede notar que cuando el pH disminuye a valores iguales o menores a 4, aumenta la cantidad de cloro gaseoso (Cl_2) en la mezcla, el cual es muy volátil y **altamente tóxico para el ser humano**. Por tanto, el ajuste de pH en el agua de la balsa lo debe realizar una persona capacitada previamente para la tarea y seguir rigurosamente el procedimiento que se le indique.



El cloro puro es un gas muy tóxico, incluso en pequeñas cantidades. Las reacciones del cuerpo humano al cloro dependen de la concentración presente en el aire, la duración y frecuencia de exposición. Los efectos están directamente vinculados también al estado general de cada individuo y condiciones ambientales durante la exposición. En bajas concentraciones el gas es irritante para las mucosas, el sistema respiratorio y los ojos. La exposición al gas determinará la severidad del daño producido.

Cuando las cantidades de cloro son respiradas durante cortos períodos, es posible afectar el sistema respiratorio; los efectos varían entre tos y dolores en el pecho, llegando incluso a la acumulación de fluidos en los pulmones. Siendo más denso que el aire, provoca formación de humo tóxico en las proximidades del nivel del suelo. Afecta directamente la mucosa, provocando irritación en nariz, garganta, ojos y piel. Dentro del cuerpo el cloro es muy poco persistente debido a su alta reactividad.

Cuando el agua de la planta de empaque es muy dura, suele agregarse el ácido en el momento en que se está cargando el agua en la balsa, y el hipoclorito de sodio al completar el volumen deseado. **Por seguridad es importante mantener siempre el agua de la balsa en un pH entre 6 y 7. Dentro de estos valores, la desinfección es muy buena y el producto no es perjudicial.**

En resumen, para lograr una actividad antimicrobiana óptima utilizando la concentración mínima de hipoclorito, el pH del agua debe ser ajustado a un valor entre 6 y 7. En este rango de pH, la mayor parte del cloro se encuentra en la forma de ácido hipocloroso (HClO), el cual posee la mayor capacidad de acción antimicrobiana y minimiza la liberación de gas cloro que es irritante y potencialmente tóxico.

Es decir que, a pesar de que el cloro es más efectivo en solución a pH ácido, todos los agentes sanitizantes basados en cloro (incluido el hipoclorito de sodio) se utilizan en general a valores de pH entre 6.0 y 7.5, de modo de mantener los niveles de seguridad y, al mismo tiempo, minimizar la corrosión en los equipos.





7.2. Materia orgánica

Aunque el agua limpia contenga muy poca materia orgánica o materiales en suspensión para reaccionar con el cloro, durante el proceso de lavado se acumulan cantidades que pueden alterar el proceso de desinfección. El cloro reacciona con la materia orgánica formando subproductos de la desinfección tales como trihalometanos (THM) y ácido acético halogenado (HAA). Cuando la dosis y los residuos de la desinfección son altos, se forma un mayor número de estos subproductos. La formación de THM no es deseable ya que es nocivo para la salud humana.

En la desinfección de distintas superficies, cámaras de almacenamiento, envases, etc., es fundamental que previo a la aplicación de la solución que contiene cloro, se haya realizado una limpieza para eliminar la materia orgánica presente sobre las mismas. En particular, es importante eliminar el polvo acumulado sobre las superficies.

Por otra parte, es importante recordar que algunos materiales pueden ser corroídos por acción del cloro o afectados por la alcalinidad de las soluciones de cloro, como es el caso de los equipos y sus partes construidos en aluminio.

En este sentido, el agregado continuo de cloro, sin cambiar el agua de la balsa por periodos prolongados, puede provocar la acumulación de sales de sodio que podrían afectar la fruta, aunque los cítricos no parecen ser sensibles a las concentraciones inferiores a 10.000 ppm de sodio.

7.3. Tiempo de Exposición-Concentración

A medida que aumenta la capacidad oxidante del agua, disminuye el tiempo necesario de contacto para eliminar al patógeno. Contrariamente, cuando la misma disminuye, el tiempo de contacto tiene que ser mayor para alcanzar un efecto similar.

7. 4. Cantidad y localización de los microorganismos

Eliminar esporas en germinación y micelios es fácil, pero las esporas o cualquier otra estructura de resistencia son más resistentes al cloro. A su vez, siendo el cloro un desinfectante, no posee acción curativa y no penetra en la fruta. Esto significa que aquellos patógenos que ya han ingresado por heridas o aberturas naturales a la fruta, no serán controlados ni eliminados. Tampoco posee acción sobre infecciones ya establecidas, hayan o no desarrollado síntomas.



Instrucciones para el uso de hipoclorito de sodio en el agua de la balsa

1. Infórmese acerca de las características del agua que utiliza, en particular sobre su calidad microbiológica y su dureza.
2. Controle la concentración de hipoclorito comercial
3. Llene la balsa con agua hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.
4. Adicione la cantidad de hipoclorito de sodio calculada para alcanzar la concentración deseada en la balsa.

Para calcular la cantidad de hipoclorito de sodio que se debe adicionar al agua para obtener las ppm deseadas para el volumen de la balsa aplicamos la siguiente ecuación:

$$\text{vol. de hipoclorito (lts)} = \frac{(\text{ppm de cloro libre deseadas}) \times (\text{volumen de balsa})}{(\% \text{ de hipoclorito en solución de origen}) \times (10.000)}$$

donde:

-ppm, concentración de cloro requerida en el agua de la balsa

-% hipoclorito, concentración de cloro contenida en el producto comercial. **Es necesario revisar en la etiqueta del producto el porcentaje de cloro que contiene o en su defecto consultarlo con su proveedor**

5. Complete con agua la balsa.
6. Espere 15 min y controle el pH alcanzado.
7. Adicione, de ser necesario, el ácido seleccionado en pequeñas cantidades, agitando el agua y aguardando unos minutos. Repita la acción anterior hasta alcanzar el pH deseado.
8. En todas estas operaciones debe tomar las precauciones necesarias para protegerse de derrames y vapores irritantes: uso de guantes, gafas de seguridad, ropa apropiada y evitar respirar directamente sobre la balsa durante los agregados de hipoclorito y ácido.
9. Monitoree la concentración de cloro (cloro libre) y el pH del agua cada hora, corrigiendo en cada caso si es necesario. Si el agua que se utiliza se recircula, es aconsejable también controlar su temperatura.

8. *¿Cómo aproximarnos a la cantidad de ácido hipocloroso (más activo) que hay en la balsa?*

De acuerdo con el método analítico utilizado podemos conocer el cloro total, el cloro residual o el cloro combinado. La mayoría de ellos, como por ejemplo los métodos iodimétrico, arsenito de sodio, o-toluidina o N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) pueden ser utilizados para medir el **cloro residual libre**, siendo el que nos interesa desde el punto de vista de la desinfección. Como se mencionó, el cloro libre está conformado por el ácido hipocloroso, cloro elemental y el ión hipoclorito. Por tanto, con estas pruebas no llegamos a conocer la cantidad de ácido hipocloroso disponible, compuesto que posee la mayor acción biocida.





Los kits colorimétricos o tiras de papel indicador estiman el rango de concentración de cloro con capacidad oxidante. No existe un kit de pruebas que diferencie entre la forma más activa (HClO) y la forma iónica 100 veces menos activa (ClO⁻). La disponibilidad, como hemos visto de una u otra forma, depende del pH.

Dado que la concentración de ácido hipocloroso es dependiente del pH, en los casos en que se utilizan este tipo de técnicas es fundamental conocer el pH de la solución para estimar la proporción de ese cloro libre como HClO. Las soluciones de cloro con pH superior a 8 son poco efectivas contra los patógenos; por debajo de pH 4 la actividad se pierde muy rápido y aumenta el efecto corrosivo del cloro ya que aumenta su concentración tal como se observa en la Figura 3 y Tabla 1. **A un pH cercano a 7, el cloro libre se mantiene en la forma más activa (ácido hipocloroso)** (Tabla 2). De este modo, para conocer la capacidad desinfectante de una solución de cloro, **se debe medir tanto el pH como el cloro libre** (Ecuación 1).

Tabla 1: concentración de HClO en función del pH de la solución.

pH del agua	% aprox. de HClO	% aprox. de ClO ⁻
3.5	90	0
4.0	95	0
4.5	100	traza
5.0	100	traza
5.5	100	traza
6.0	98	2
6.5	95	5
7.0	78	22
7.5	50	50
8.0	22	78
8.5	15	85
9.0	4	96
9.5	2	98
10.0	0	100

Extraído de Palin (1973).

9. *¿Es posible medir directamente la actividad oxidante de la solución?*

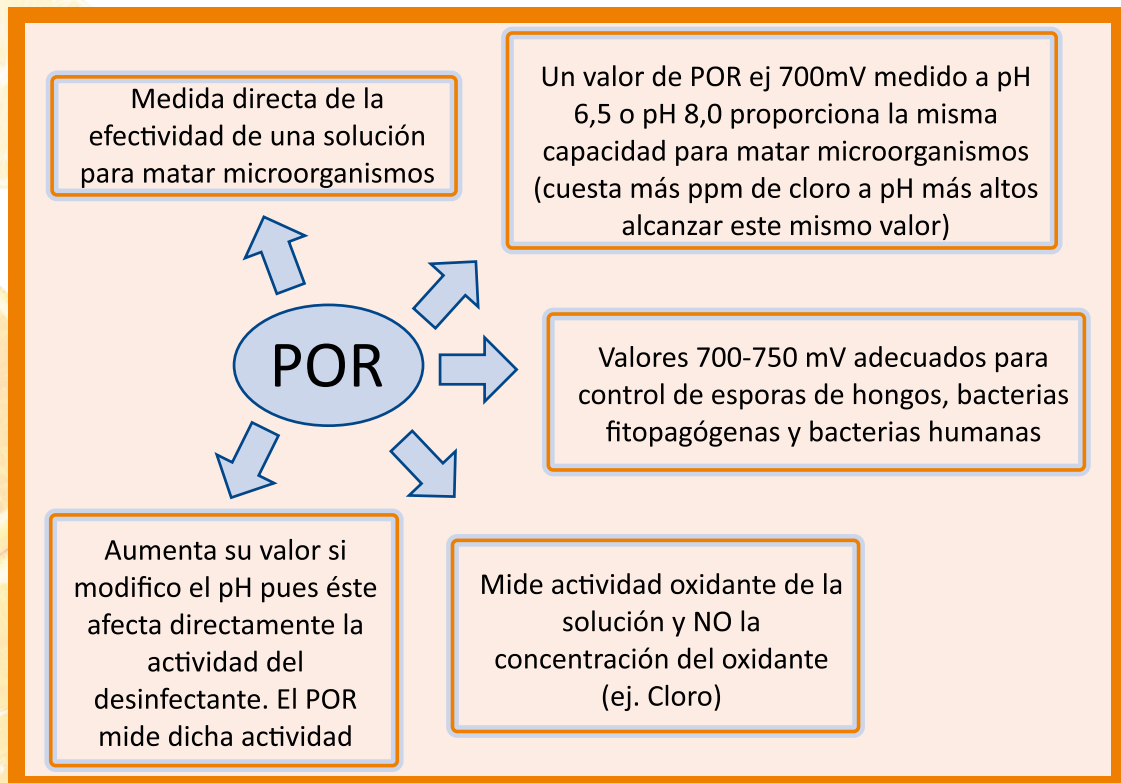
El **Potencial de Oxido Reducción (POR)** es una medida que se expresa en milivoltios (mV) y que refleja la actividad oxidante de una solución. La forma de medición es muy similar a la del pH, por lo que también permite y registra de manera muy sencilla los niveles críticos de los desinfectantes. Es la medida más directa de la efectividad de la solución en ese momento para eliminar los microorganismos presentes en el agua. Es muy recomendable para sistemas que utilizan cloro como desinfectante ya que existen equipos portátiles a bajo costos y de fácil manejo.

En 1971, la Organización Mundial de la Salud aprobó los 700mV como dosis para agua potable. En 1982, la Agencia de Normas Alemana aprobó un POR de 750 mV para piscinas públicas (Rodríguez Rojo, 2002).

Esta herramienta de medición se puede utilizar también con otros desinfectantes (ozono, dióxido de cloro), ya que cuando decimos que un producto es más activo que otro como oxidante, decimos que precisamos menos masa de dicho producto para alcanzar el mismo valor de POR.

Los sensores de POR poseen la capacidad de automatizar la inyección del desinfectante cuando el valor medido en la solución está por debajo de los rangos establecidos como correctos. Este sistema de inyección automática puede ser muy útil en las plantas de empaque.





10. ¿Cómo se almacena el cloro?

La presencia de materia orgánica en los envases provoca que el cloro reaccione, con lo cual se pierde actividad, por lo que los envases deben estar limpios. La temperatura y los rayos UV tienen efecto en la estabilidad de la solución de cloro. Se recomienda almacenarlo en lugares frescos y protegido de la luz, por lo que se recomienda que los recipientes sean opacos.





Algunas definiciones

Cloro libre/ Cloro residual = Fracción de cloro añadido que conserva sus propiedades desinfectantes. Generalmente se aplica para las tres formas de cloro que pueden encontrarse en el agua: cloro elemental (Cl_2); ácido hipocloroso (HClO) e iones hipoclorito (OCl^-).

Cloro combinado = Cloro que reacciona con elementos orgánicos formando distintas cloraminas. Éste es un residuo del Cloro que habiendo reaccionado con amonio y otros compuestos nitrogenados en el agua, perdió algo de su capacidad desinfectante.

El cloro combinado de esta forma no tiene utilidad práctica en la desinfección del agua de volcado en citricultura.

Cloro total residual disponible = Es la combinación de cloro libre disponible y cloro combinado.

Manejo seguro del sistema de desinfección

1. Seguridad de los operarios
2. Evitar la sobre exposición de los operarios al producto
3. Cambiar el agua con una frecuencia razonable
4. Controlar que se realice una disposición final adecuada del agua residual
5. Controlar los parámetros críticos que influyen en la eficacia del desinfectante
6. LA DESINFECCIÓN NO RESUELVE TODOS LOS PROBLEMAS. La desinfección solo reduce los patógenos en el agua, pero nunca los elimina de la superficie del producto. SE DEBE PREVENIR su contaminación mediante buenas prácticas de higiene.

Bibliografía consultada

BALDRY, M.G.C. 1983. The bactericidal, fungicidal and sporicidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid. *Journal of Applied Bacteriology* 54,417-423.

BEUCHAT L. R. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. (en línea). s.l., World Health Organization. Disponible en : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/64435>

BUTTERFIELD, C.T. 1948. Bactericidal properties of free and combined available chlorine. *Journal of the American Water Works Association* 80: 1305-1312.

DYCHDALA, G. R. 1983. Chlorine and chlorine compounds. In: *Disinfection, sterilization and preservation*. 3rd ed. Philadelphia, Lea and Febigar. pp 157-182.

FERNÁNDEZ, G., PÉREZ, E., PINTOS, P., BLANCO, O., PLAZA, P., SISQUELLA, M., PASTORE, A., LADO, J., 2021. Red Tecnológica sectorial para la innovación en postcosecha de frutos cítricos: principales resultados. *SerieTécnica INIA* 258.

FERNÁNDEZ, G., PÉREZ, E., PASTORE, A., LADO, J., 2021. Red Sectorial para la innovación en el proceso poscosecha de frutos cítricos. Investigación, desarrollo, co-innovación interempresarial en la citricultura uruguaya. *Revista INIA* Nro 64 p 73-77.

HERNANDEZ-BRENES, C. 2002. Buenas prácticas para la manipulación, embalaje, almacenamiento y transporte de productos frescos. (en línea). In: *Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas; manual de formación para instructores*. Maryland, University of Maryland. Disponible en: <https://docplayer.es/15623924-Mejorando-la-seguridad-y-calidad-de-frutas-y-hortalizas-frescas-manual-de-formacion-para-instructores.html>





MGAP-DGSA 2006. Sistema Integrado de medidas fitosanitarias para el manejo del riesgo de *Xanthomonas axonopodis* pv *citri* en frutos cítricos. Decreto Nro. 495/006.

MGAP-DGSA. 2013. Work plan for the phytosanitary certification of fresh citrus fruit and their hybrids for export to the continental United States (Version 1.0). Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/protolo_exportacion_citricos_a_estados_unidosi_0.pdf

OBATA, T.; TSUBOI, F.; WAKIMOTO, S. 1969. Studies on the detection of *Xanthomonas citri* by phage technique and the surface sterilization of Unshu orange for export to the United States. Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan 7:26-37.

PALIN, A. T. 1973. Chemistry and control of modern chlorination. 2n. ed. Chestertown, MD, LaMotte. 69 p.

RODRÍGUEZ ROJO, J.E. 2002. Mediciones y Procesos de Tratamiento Confiables. (en línea). Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/50032159/mediciones-y-procesos-de-tratamiento-confiables-medicoes-e->

RUDOLPH, A. S. AND LEVINE, M. 1941. Factors affecting the germicidal efficiency of hypochlorite solutions. Iowa Engineering Experiment Station, Bulletin 150:1-48.

SIMSON S.P., STRAUS M.C. 2010. Post-harvest Technology of Horticultural Crops. Oxford Book Company, Dehli, India.

SMILANICK JL, MARGOSAN DA, MLIKOTA F, USALL J, MICHAEL IF. Control of Citrus Green Mold by Carbonate and Bicarbonate Salts and the Influence of Commercial Postharvest Practices on Their Efficacy. Plant Dis. 1999 Feb;83(2):139-145.

Agradecimientos

Se agradece a:

Dr. Quim. Farm. Eduardo Dellacasa y Quim. Farm. Miguel Castiglioni por la revisión y sugerencias.





Agosto 2023
PRONTOGRÁFICA S.A.
Cerro Largo 850 - Tel.: 2902 3172
E-mail: prontografica@prontografica.com.uy
Depósito Legal 382.600



INIA Dirección Nacional
Avda. Italia 6201,
Ed. Los Guayabos,
Parque Tecnológico LATU.
Montevideo
Tel: 2605 6021
inia@inia.org.uy

INIA La Estanzuela
Ruta 50, Km 11
Colonia
Tel. 598 4574 8000
Fax 598 4522 4061
iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas
Ruta 48, Km 10
Canelones
Tel. 598 2367 7641
Fax 598 2367 7609
inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande
Camino al Terrible
Salto
Tel. 598 4733 5156
Fax 598 4732 9624
inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó
Ruta 5, Km 386
Tacuarembó
Tel. 598 4632 2407
Fax 598 4632 3969
iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres
Ruta 8, Km 281
Treinta y Tres
Tel. 598 4452 2305
Fax 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy