

Influencia del envase y de factores ambientales en la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico¹

María Aparecida Nicoletti² y João Fernandes Magalhães²

El objetivo de este estudio fue analizar la estabilidad química de la solución de hipoclorito sódico (con 2,6% o 26,0 mg/mL de cloro residual libre) en diversos recipientes, cuando se expone a distintos niveles de luminosidad. Durante ocho meses, varias muestras de dicha solución se envasaron en recipientes de vidrio (ámbar e incoloro) y de plástico (blanco opaco, verde opaco e incoloro) con y sin tapa, y se expusieron a tres niveles de luminosidad (presencia de luz continua, ausencia total de luz y luminosidad ambiente del laboratorio donde se llevó a cabo el estudio). Mediante la medición de la concentración de cloro residual libre, se analizó la estabilidad de dicha solución frente a los factores mencionados, ya que a menudo están presentes durante su almacenamiento y uso como desinfectante doméstico por la población general (es eficaz, barata y fácil de obtener). Los resultados indican que la presencia de luz, la ausencia de tapa y el tiempo durante el cual permanece envasada aumentan su inestabilidad química. Los recipientes más adecuados para su envasado fueron el vidrio ámbar, el plástico verde opaco y el blanco opaco, si bien este último fue el menos protector de los tres.

La introducción del cólera en el Brasil en 1991 obligó a tomar medidas de prevención para controlar la epidemia a nivel nacional (1). Como *Vibrio cholerae* es sensible a las soluciones que contienen cloro residual, las instituciones de salud del Brasil recomiendan usar hipoclorito sódico como desinfectante de elección del agua y de los alimentos (2).

Las soluciones comerciales de hipoclorito sódico se caracterizan por su bajo costo y su elevada efectividad y disponibilidad. Asimismo, son la fuente liberadora de cloro empleada con mayor frecuencia por la población de bajos ingresos (3).

Como el agua es el principal vehículo de transmisión del cólera, los países amenazados por esa enfermedad intentan mante-

ner la calidad del agua destinada a consumo humano en la red de abastecimiento público o individual, evitar la contaminación de los manantiales y adoptar medidas de desinfección domiciliaria (1-6). Además, en campañas nacionales se incluyen orientaciones sobre manipulación, envasado y almacenamiento de las soluciones de hipoclorito sódico, ya que estos procesos pueden comprometer su estabilidad química.

Según Mintz et al. (7), el agua destinada a consumo doméstico se puede contaminar en la fuente de captación o durante su almacenamiento. Estos autores describieron estrategias de prevención para desinfectarla en el punto de recolección, así como las características más importantes para envasarla en recipientes adecuados.

Los factores socioeconómicos también desempeñan un papel notable en la transmisión del cólera, una enfermedad que afecta sobre todo a poblaciones desfavorecidas, carentes de información de salud, que viven en malas condiciones de saneamiento básico y en las cuales la higiene personal es precaria (1, 6, 8).

¹ Investigación para la tesis de maestría presentada en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de São Paulo, Brasil.

² Universidad de São Paulo, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Departamento de Farmacia. Dirección postal: Avenida Profesor Lineu Prestes, 580 CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. Las solicitudes de separatas deben enviarse a esta autora.

De estos hechos surgió el interés por conocer cómo puede afectar el uso habitual y doméstico de la solución de hipoclorito sódico su estabilidad química y reducir su capacidad desinfectante. Por ello, al diseñar el estudio se tuvo en cuenta la forma como la población usa habitualmente esa solución en el medio doméstico.

Para analizar la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico durante seis días de almacenamiento, Gélinas y Goulet (9) sometieron esta solución a condiciones drásticas (40 °C y 50 000 lux). El estudio demostró la pérdida de la capacidad inicial de desinfección de dicha solución. Por ello, los autores señalaron la necesidad de estudiar esas condiciones por separado e indicaron que es más efectivo utilizar un desinfectante con poca energía de activación y a bajas temperaturas como el hipoclorito sódico (10).

Vincent-Ballereau et al. (11), tras analizar la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico al 0,5%, expuesta a la luz del día, al aire y al calor, concluyeron que la luz influyó más que otros factores en su estabilidad química. No obstante, estos autores no especificaron las condiciones en que realizaron el experimento.

Fabian y Walker (12) demostraron que las soluciones de hipoclorito sódico expuestas a la luz solar en un frasco de vidrio ámbar a temperatura ambiente mantienen su estabilidad química durante 23 meses. Como la luz es uno de los principales factores externos que pueden degradar las soluciones cloradas, en el presente trabajo se estudió la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico diluida, envasada en recipientes de vidrio y de plástico, con y sin tapa, y en presencia y ausencia de luz y expuesta a tres niveles de luminosidad: presencia y ausencia de luz y luminosidad ambiente. En otras palabras, el objetivo del estudio fue analizar la estabilidad de esa solución reproduciendo condiciones semejantes a las de su envase y almacenamiento habituales en el hogar. Las soluciones de hipoclorito sódico pueden adquirirse en distintas fuentes proveedoras y, en algunos casos, el propio consumidor debe proporcionar el envase.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados para medir la concentración de cloro residual libre se ajustaron a las especificaciones técnicas de la Farmacopea de los Estados Unidos de América (13). La solución de hipoclorito sódico se preparó en el laboratorio, diluyendo una solución concentrada de ese producto (al 14% o con 140 mg/mL de cloro residual libre) (proveedor: Fábrica Colombina) con agua destilada para alcanzar la dilución final del estudio (2,6% o 26 mg/mL de cloro residual libre). Esta dilución es la que suele encontrarse en las soluciones desinfectantes que se venden en los comercios para uso general.

Antes de realizar el análisis, se comprobó que los recipientes de vidrio de tipo III (1000 mL de capacidad), ámbar e incoloros, y los recipientes de polietileno de alta densidad (1000 mL de capacidad), de color blanco opaco, verde opaco e incoloros, cumplían las especificaciones de la Farmacopea Británica (14).

En el estudio se utilizaron tres niveles de luminosidad: ausencia de luz (colocando las muestras en un recipiente a oscuras), luminosidad ambiente (exponiéndolas a la luz ambiente del laboratorio en el que se realizó la experiencia) y presencia de luz (exponiéndolas a una fuente de luz artificial continua). Para crear las condiciones de luminosidad correspondientes a la presencia de luz, las muestras se expusieron a una fuente de luz continua en una cámara cerrada (fuente utilizada: GTE Sylvania F-20 T12/LDP, con las siguientes características: 20 vatios, flujo luminoso de 1060 lúmenes, eficiencia de 53 Lm/W e índice de reproducción de colores de 72%).

El análisis se realizó a una temperatura de 25 ± 2 °C. Para medir la concentración de cloro residual libre se utilizó una titulación yodométrica con tiosulfato de sodio de acuerdo con el método descrito en la Farmacopea Británica (15). Dicha medición se expresa como porcentaje o como concentración de cloro residual libre en mg/mL. Al estandarizar el método analítico, el co-

eficiente de variación de las mediciones de cloro residual libre fue 0,078%. Los análisis se hicieron por duplicado. En el primer mes se realizaron cada semana y luego mensualmente hasta el octavo mes.

El análisis estadístico se realizó para estudiar la influencia de diversos factores en la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico. Con este fin se construyó un modelo de análisis de la varianza, que puede utilizarse cuando se desea estimar el efecto individual o combinado de esos factores en la solución. Los análisis se efectuaron con los programas de *SAS/Windows (16)* y *Statgraphics (17)*.

Los factores o variables considerados en el análisis se categorizaron del siguiente modo: tipo de recipiente (1. vidrio ámbar; 2. vidrio incoloro; 3. plástico opaco blanco; 4. plástico opaco verde; 5. plástico incoloro); presencia de tapa (0. sí y 1. no); grados de luminosidad (1. ausencia de luz; 2. luminosidad ambiente; 3. presencia de luz); tiempo en meses (duración del estudio: 8 meses), e influencia de esos factores en la variabilidad de la respuesta: cloro residual libre en mg/mL.

Para estudiar la influencia de las variables mencionadas en el cloro residual libre, se construyó, concretamente, un modelo *split-plot* de análisis de la varianza. Este modelo es adecuado cuando se realizan medidas repetidas, como ocurre en el presente análisis al incluir la variable tiempo (18). El modelo construido fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\Gamma_{ik} + \beta\Gamma_{jk} + \delta_l + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \Gamma\delta_{kl} + \pi_{m(ijkl)} + \pi'_{m(ijkl)}$$

donde Y_{ijklm} representa la medición de cloro residual libre de la solución colocada en el recipiente i , con la tapa j , con un grado de luminosidad k , en el mes l para la m -ésima repetición. La variabilidad de las mediciones del cloro residual se explica por el efecto de los distintos factores considerados en el estudio: μ representa la media general; α_i , el tipo de recipiente; β_j , la presencia o ausencia de tapa; Γ_k , la luminosidad; $\alpha\beta_{ij}$, la interacción del recipiente con la tapa; $\alpha\Gamma_{ik}$,

la interacción del recipiente con la luminosidad; $\beta\Gamma_{jk}$, la interacción de la tapa con la luminosidad; δ_l , el tiempo; $\alpha\delta_{il}$, la interacción del recipiente con el tiempo; $\beta\delta_{jl}$, la interacción de la tapa con el tiempo; $\Gamma\delta_{kl}$, la interacción de la luminosidad con el tiempo; $\pi_{m(ijkl)}$, la m -ésima repetición de la combinación $ijkl$ (error entre análisis), y $\pi'_{m(ijkl)}$, la interacción de la l -ésimo mes y la m -ésima repetición de la combinación $ijkl$ (error intranálisis).

Como en este estudio solo se dispuso de una muestra en cada condición analizada, no existe suficiente información (grados de libertad) para evaluar la contribución de los errores $\pi_{m(ijkl)}$ y $\pi'_{m(ijkl)}$ que son necesarios para efectuar las pruebas de hipótesis sobre los componentes del modelo especificado. Para resolver este problema, se utilizaron, con carácter exploratorio, las sumas de los cuadrados menos significativos desde el punto de vista estadístico a fin de estimar la varianza de los errores entre análisis e intraanálisis. El nivel de significación estadística de los errores escogido fue 0,05%.

Las pruebas de hipótesis realizadas permitieron evaluar la presencia de interacción entre las variables estudiadas. La hipótesis nula correspondiente a una interacción determinada puede formularse del siguiente modo: $H_0: \alpha\delta_{il} = 0$, y la alternativa, $H_1: \alpha\delta_{il} \neq 0$. Por ejemplo, el no rechazar la hipótesis nula de interacción del recipiente con el tiempo indica que las medias (calculadas con todos los grados de luminosidad y para todos los recipientes con y sin tapa) de la variable cloro residual libre de todos los recipientes son paralelas en relación con el tiempo.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de la varianza realizado para analizar los efectos de las distintas fuentes de variabilidad propuestas y de sus interacciones en la concentración de cloro residual libre. Como puede observarse, los efectos de varias fuentes de variabilidad fue-

CUADRO 1. Resultados del análisis de la varianza para estudiar los efectos de las distintas fuentes de variabilidad y de sus interacciones en la concentración de cloro residual libre de la solución de hipoclorito sódico. Brasil, 1994

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Recipiente	4	209,96	18,69	0,0001
Tapa	1	864,87	76,97	0,0001
Recipiente × tapa*	4	16,48		
Luminosidad	2	1120,50	99,72	0,0001
Recipiente × luminosidad	8	113,79	10,13	0,0001
Tapa × luminosidad*	2	13,36		
Recipiente × tapa × luminosidad*	8	8,08		
Error*	14	11,24		
Tiempo	11	537,35	221,86	0,0001
Tiempo × recipiente	44	9,19	3,79	0,0001
Tiempo × tapa	11	112,15	46,30	0,0001
Tiempo × recipiente × tapa†	44	1,83		
Tiempo × luminosidad	22	56,05	23,14	0,0001
Tiempo × recipiente × luminosidad	88	6,04	2,49	0,0001
Tiempo × tapa × luminosidad†	22	3,46		
Tiempo × recipiente × tapa × luminosidad†	88	2,46		
Error (tiempo)†	154	2,42		

* Variables no relacionadas con el tiempo.

† Variables relacionadas con el tiempo.

ron estadísticamente muy significativos. Para evaluar las interacciones y los efectos principales no relacionados con el tiempo, se utilizaron como error las sumas de los cuadrados de las interacciones del recipien-

te con la tapa, de la tapa con la luminosidad y del recipiente con la tapa y la luminosidad. Por otro lado, los efectos relacionados con el tiempo se analizaron empleando como error las sumas de los cuadrados de

CUADRO 2. Resultados del análisis de la varianza para estudiar los efectos de la luminosidad del ambiente y la ausencia de luz (media de todos los valores de tiempo) en la concentración de cloro residual libre de la solución de hipoclorito sódico. Brasil, 1994

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P
Recipiente	4	32,13	2,86	NS
Tapa	1	520,62	46,33	0,0001
Recipiente × tapa	4	9,24		
Luminosidad	1	87,44	7,78	0,0001
Recipiente × luminosidad	4	7,31	0,65	NS
Tapa × luminosidad	1	22,44		
Recipiente × tapa × luminosidad	4	5,64		
Error*	14	11,24		

* Variables no relacionadas con el tiempo.

NS = estadísticamente no significativo.

la interacción del tiempo con el recipiente y la tapa, del tiempo con la tapa y la luminosidad, y del tiempo con el recipiente, la tapa y la luminosidad.

Para complementar el estudio de la interacción del recipiente con la luminosidad ambiente y la ausencia de luz, el efecto de la graduación de luz se analizó por separado mediante la construcción de otro modelo de análisis de la varianza. Los resultados de este segundo análisis aparecen en el cuadro 2. Como error se utilizó el cuadrado medio descrito en el cuadro 1. En este caso la interacción del recipiente con la luminosidad no fue estadísticamente significativa. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de cloro residual libre de los recipientes.

En las figuras 1, 2 y 3 se representa la triple interacción del tiempo con el recipiente y la luminosidad (en ausencia de luz, con luminosidad ambiente y en presencia de luz, respectivamente). La solución de hipoclorito

sódico de todos los recipientes se comportó de forma similar en ausencia y en presencia de luz ambiente (reducciones medias respectivas de 3,1 y 3,3% durante el primer mes, y de 28,3 y 39,3% durante el estudio), si bien la reducción de la concentración de cloro residual libre parece ser más evidente con luz en los recipientes de vidrio y plástico incoloros y de plástico blanco opaco (reducción media de 16% durante el primer mes y de 86,4% durante todo el estudio).

Este comportamiento también puede observarse en la figura 4, en la cual se representa la interacción del tiempo con el tipo de frasco. En este caso se calcularon las medias correspondientes a cada frasco para cada uno de los tres grados de luminosidad. Nuevamente, los recipientes de vidrio ámbar y de plástico verde opaco permitieron mantener mejor la estabilidad de la solución de hipoclorito sódico (reducción media de la concentración de cloro libre residual de 2,3% durante el primer mes,

FIGURA 1. Interacción del tiempo con el recipiente y la luminosidad (en ausencia de luz). Brasil, 1994

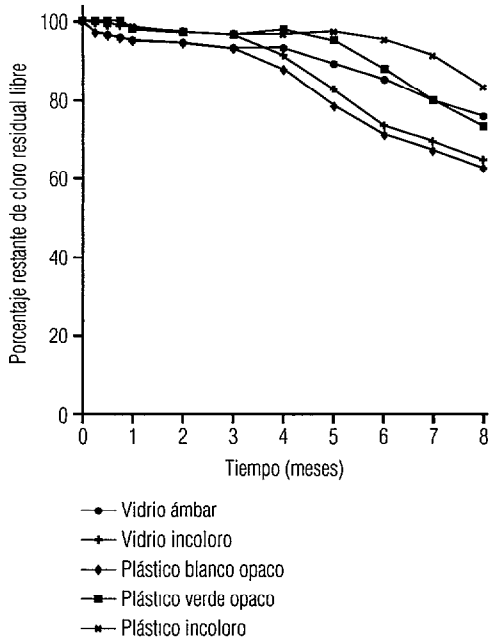


FIGURA 2. Interacción del tiempo con el recipiente y la luminosidad (a la luz ambiente). Brasil, 1994

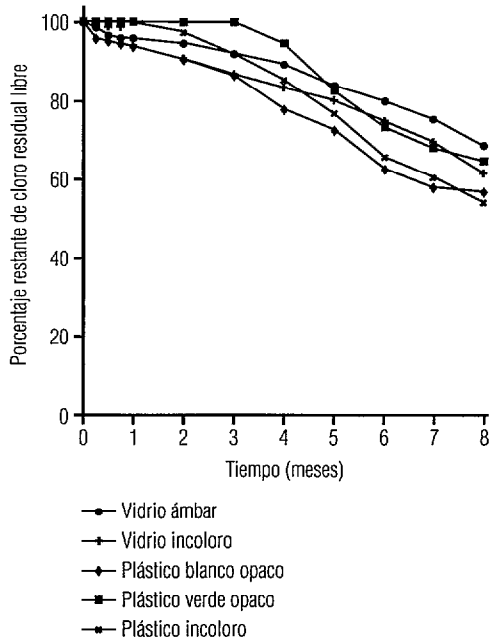


FIGURA 3. Interacción del tiempo con el recipiente y la luminosidad (en presencia de luz). Brasil, 1994

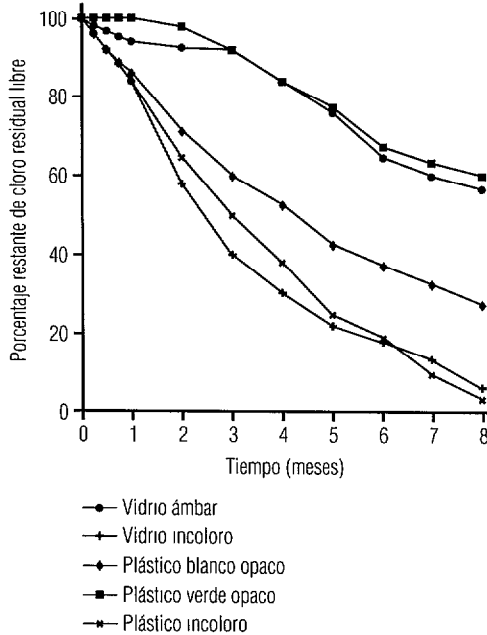
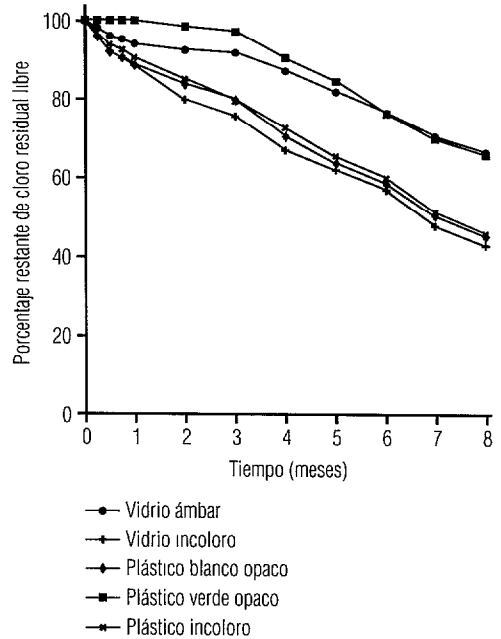


FIGURA 4. Interacción del tiempo con el recipiente. Brasil, 1994



y de 33,5% durante el estudio) que los recipientes de vidrio y plástico incoloros y de plástico blanco (reducción media de 7,8% durante el primer mes, y de 53,3% durante el estudio).

En la figura 5 se representa la interacción del tiempo con la luminosidad. La reducción de la concentración de cloro residual libre de las soluciones fue similar con la luminosidad ambiente y en ausencia de luz (39,3 y 8,3%, respectivamente), y más intensa en presencia de luz (68,5%).

La interacción del tiempo con la tapa se presenta en la figura 6. En el primer mes, la disminución del contenido de cloro residual libre de las soluciones con y sin tapa fue similar (5,5 y 5,7%, respectivamente), pero posteriormente se observó una pérdida más intensa de este elemento en las soluciones sin tapa (59,2%) que en las mantenidas en un recipiente tapado (20,35%).

La interacción de todos los recipientes con la presencia y ausencia de tapa apa-

rece en la figura 7. Esta interacción no fue estadísticamente significativa. Por último, la figura 8 muestra la interacción de todos los recipientes con los distintos grados de luminosidad.

Además, se efectuaron varias comparaciones para determinar en qué recipientes se detectaron diferencias entre las concentraciones de cloro libre residual en presencia de luz. Las diferencias estadísticamente significativas detectadas ($P < 0,05$) se resumen a continuación: (2, 5, 3) y (3, 1, 4). No se encontraron diferencias significativas entre los recipientes que formaron parte de cada grupo.

Finalmente, en presencia de luz y con tapa, la concentración de cloro residual libre solo fue mayor de 20 mg/mL en las soluciones envasadas en recipientes de vidrio ámbar y de plástico opaco verde. Esta concentración es la mínima permitida en el Brasil para este tipo de soluciones desinfectantes de uso general (2).

FIGURA 5. Interacción del tiempo con la luminosidad. Brasil, 1994

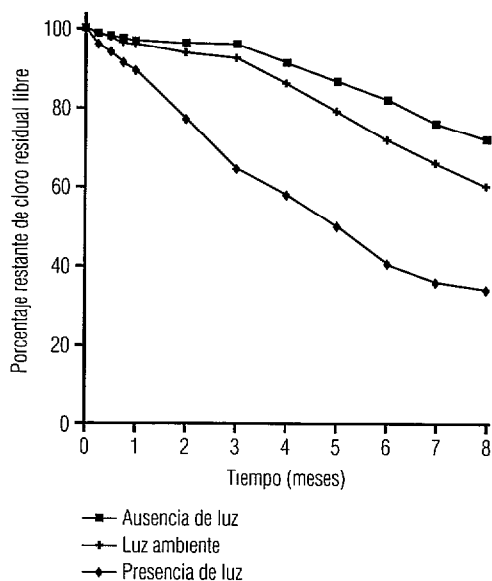
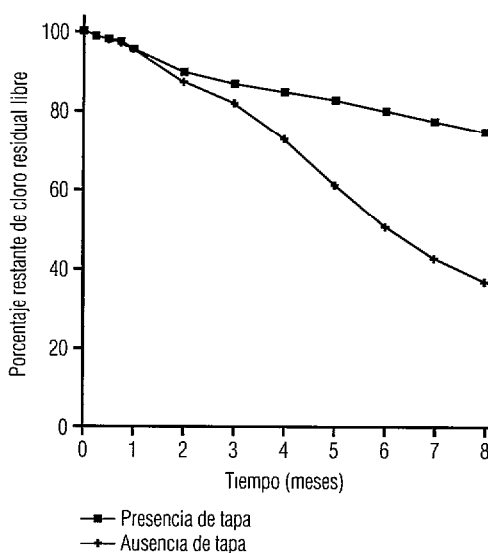


FIGURA 6. Interacción del tiempo con la tapa. Brasil, 1994



DISCUSIÓN

Como la población utiliza ampliamente la solución de hipoclorito de sodio para desinfectar el agua y los alimentos, los niveles de luminosidad fueron propuestos a fin de reproducir las posibles condiciones habituales y domésticas de manipulación y almacenamiento. La utilización de la fuente de luz se debe a que las soluciones son de uso doméstico. Habida cuenta de las condiciones geográficas y climáticas características de cada país, la utilización de la luz solar como fuente de inestabilidad química podría alterar las condiciones experimentales y errar los pronósticos de la estabilidad de la solución. En este sentido, cabe resaltar la dificultad que supone reproducir los valores de los parámetros fijos necesarios para duplicar los datos.

En las publicaciones sobre este tema se describen varios estudios de la estabilidad de las soluciones de hipoclorito sódico efectuados a distintas concentraciones y en diferentes condiciones experimentales (9-12). Es difícil comparar los resultados noti-

ficados en diversos estudios a causa de la variabilidad de las condiciones en que se realizaron los análisis y de las fuentes de variabilidad consideradas. El valor del presente artículo estriba en aportar nuevos datos y, especialmente, en describir el diseño experimental empleado, algo poco frecuente en estudios similares publicados.

Por otra parte, los envases más adecuados para proteger la solución contra la luz fueron los de vidrio ámbar y de plástico verde opaco. Asimismo, estos envases fueron apropiados para el uso durante 4 y 3 meses, respectivamente, incluso sin tapa. Los restantes recipientes se pudieron utilizar en las mismas condiciones durante 1 mes. En condiciones de luminosidad ambiente y en ausencia de luz todas las soluciones de los distintos recipientes con tapa mantuvieron su estabilidad durante el período del estudio.

En general, los recipientes más adecuados para almacenar la solución de hipoclorito sódico diluida en las condiciones estudiadas fueron los de vidrio ámbar, los de plástico verde opaco y los de plástico

FIGURA 7. Interacción del recipiente con la tapa. Brasil, 1994

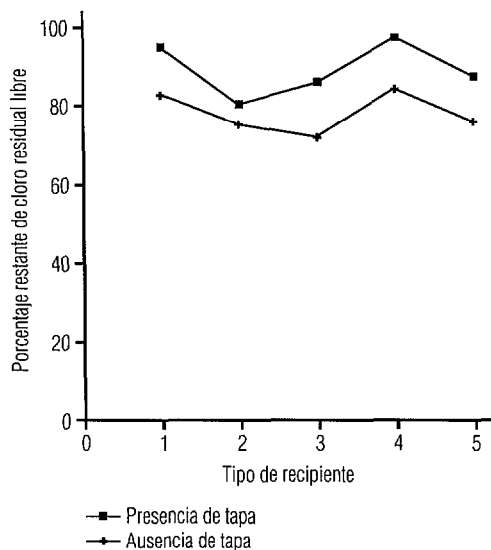
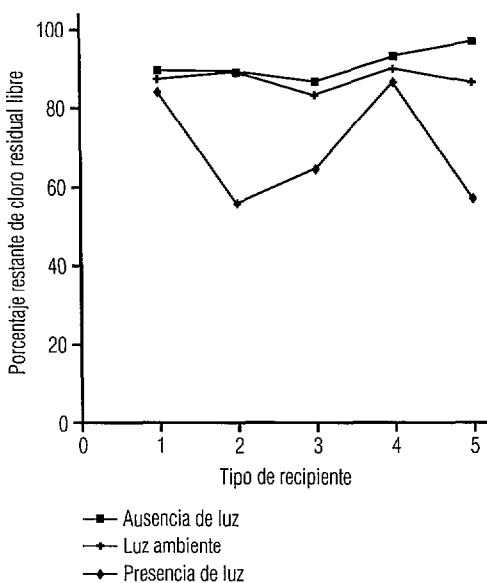


FIGURA 8. Interacción del recipiente con la luminosidad. Brasil, 1994



blanco opaco. No obstante, la idoneidad de estos últimos fue menor que la de los dos primeros.

La tapa debe colocarse para mantener el contenido de cloro residual libre de la solución, ya que la concentración se redujo drásticamente durante los ocho meses del estudio en todos los recipientes destapados al compararla con la de los tapados. Por último, se propone diversificar los recipientes utilizados, ya que la población emplea cualquier tipo de recipiente para envasarla.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a Carlos H. Domenech y a Mónica I. Cajús la ayuda prestada en el análisis estadístico y a Marcos Fabián Baeza López sus comentarios a versiones anteriores del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Brasil, Ministério da Saúde. *Cólera*. 3a. ed. Brasília: Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária; 1991.
2. São Paulo, Secretaria de Estado da Saúde. Centro de Vigilância Sanitária. *Prevenção do cólera*.

Coletânea: resoluções, portarias, comunicados, pareceres. São Paulo: Centro de Vigilância Sanitária; 1993.

3. Comissão Regional de Prevenção e Combate a Cólera do ERSA-59. *Cólera: manual de treinamento*. Sorocaba; Escritório Regional de Saúde 59; 1991.
4. São Paulo, Secretaria de Estado da Saúde. Centro de Vigilância Sanitária. *Prevenção do cólera. Água para irrigação de hortaliças: orientação ao produtor*. São Paulo: Centro de Vigilância Sanitária; 1991.
5. São Paulo, Secretaria de Estado da Saúde. Centro de Vigilância Sanitária. *Prevenção do cólera. Vigilância sanitária em serviços de saúde: manual de procedimentos*. São Paulo: Centro de Vigilância Sanitária; 1991.
6. Azevedo-Neto JM, Boelho MHC. *Manual de saneamento de cidades e edificações*. São Paulo: Editora Pini; 1991.
7. Mintz ED, Reiff FM, Tauxe RV. Safe water treatment and storage in the home. A practical new strategy to prevent waterborne disease. *JAMA*. 1995;273:948-953.
8. Behrens RH. Cholera *Br Med J*. 1991;302:1033-1034.
9. Gélina P, Goulet J. Heat and light stability of eight sanitizers. *J Food Prot* 1982;45:1195-1196.
10. Gélina P, Goulet J, Tastayre GM, Picard GA. Effect of temperature and contact time on the activity of eight disinfectants. A classification. *J Food Prot* 1984;47:841-847.

11. Vincent-Bellereau F, Merville C, Lafleur MT. Sodium hypochlorite as a disinfectant for injection materials in third world rural dispensaries. *Int J Pharm* 1989;50:87-88.
12. Fabian TM, Walker SE. Stability of sodium hypochlorite solutions. *Am J Hosp Pharm* 1982;39:1016-1017.
13. United States Pharmacopeial Convention. *United States pharmacopoeia*. 19th ed. Rockville: United States Pharmacopeial Convention; 1975.
14. British Pharmacopoeia Commission. *British pharmacopoeia*. London: Her Majesty's Stationary Office; 1993.
15. British Pharmacopoeia Commission. *British pharmacopoeia*. London: Her Majesty's Stationary Office; 1973.
16. SAS Institute. *SAS/Windows*. Cary, NC: SAS Institute; 1993.
17. Statistical Graphics Corporation. *Statgraphics statistical graphics system*; 1987.
18. Singer JM, Andrade DF de. *Análise de dados longitudinais*. En: 7º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, Campinas, 14 a 18 de junio, 1986.

Manuscrito recibido el 5 de abril de 1995. Se aceptó en versión revisada para publicación en el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* el 22 de enero de 1996.

ABSTRACT

Influence of packaging and environmental factors on the stability of sodium hypochlorite solution

This study was performed to analyze the chemical stability of sodium hypochlorite (with 2.6% or 26.0 mg/mL of free residual chlorine) in various types of containers when exposed to different light levels. Over a period of eight months, several samples of that solution were put into containers made of glass (amber or clear) and plastic (opaque white, opaque green, or clear) with and without a top, and were exposed to three different lighting

conditions (continuous light, total dark, and ambient light of the laboratory where the study was carried out). The stability of the solution was analyzed by measuring the concentration of free residual chlorine in the samples exposed as described above. The environmental factors tested were chosen as representative of the various conditions under which this effective, cheap, and widely available household disinfectant is often stored and used by the general public. The results indicated that chemical instability increased with the presence of light, the absence of a top, and the length of time the solution was stored. The most suitable containers were those made of amber glass, opaque green plastic, or opaque white plastic, although the last one offered the least protection of the three.