

# Evaluación de la calidad del cloro doméstico elaborado en locales comerciales de productos de limpieza

## Evaluation of the quality of domestic chlorine produced in commercial cleaning product stores

Aliana Gamboa-Ortega<sup>A</sup>, Yinetzi Pacheco-Cañas<sup>B</sup>, Snyder Cadagan-Rodríguez<sup>C</sup>, Reynaldo Solís-Pinto<sup>D</sup>, Frank Marina-Torres<sup>E</sup> y José Castro-Soto<sup>F</sup>

**Resumen**— Debido a su accesibilidad y efectividad, el cloro doméstico es un producto químico ampliamente utilizado. Su poderosa acción desinfectante de amplio espectro y bajo costo la han transformado en un producto de consumo masivo. En Ciudad Bolívar (Bolívar, Venezuela) han surgido numerosos establecimientos dedicados a elaborar y vender productos de limpieza entre ellos, el cloro doméstico. En este estudio se evaluó la calidad del cloro doméstico elaborado en estos locales comerciales. Se realizó un muestreo aleatorio simple representado por diez establecimientos de elaboración y venta de productos de limpieza en la ciudad. Se evaluó el contenido de cloro y la alcalinidad total disponible, además del *pH* y densidad. En los resultados, se apreció que solo las muestras M<sub>1</sub> (*pH* 10,4) y M<sub>8</sub> (*pH* 9,3) tuvieron valores de *pH* bajos, en contraste con el *pH* fuertemente alcalino del resto de las muestras. En cuanto a la densidad relativa se encontró que todos los productos poseen valores bajos lo que sugiere que las muestras pueden estar diluidas. El mayor porcentaje de cloro disponible corresponde a M<sub>1</sub> (2,10%). En el porcentaje de alcalinidad total disponible el 100% reportan valores bajos, donde el mayor valor corresponde a M<sub>6</sub> (0,55%*p/p*). Se concluye que del total analizado, solo las muestras M<sub>2</sub> y M<sub>6</sub> cumplieron con los parámetros de *pH*, contenido de cloro disponible y alcalinidad total disponible. Se recomienda implementar un control de calidad más riguroso para este tipo de productos.

**Palabras clave:** alcalinidad, cloro, densidad, *pH*.

**Abstract**— Due to its accessibility and effectiveness, household chlorine is a widely used chemical product. Its powerful broad-spectrum disinfectant action and low cost have transformed it into a mass-consumer product. In Ciudad Bolívar (Bolívar, Venezuela), numerous establishments dedicated to the production and sale of cleaning products, including household chlorine, have emerged. This study evaluated the quality of household chlorine produced in these commercial premises. A simple random sampling was carried out, represented by ten establishments that produce and sell cleaning products in the city. The content of chlorine and total available alkalinity, as well as *pH* and density, were evaluated. The results showed that only samples M<sub>1</sub> (*pH* 10.4) and M<sub>8</sub> (*pH* 9.3) had low *pH* values, in contrast to the strongly alkaline *pH* of the rest of the samples. Regarding the relative density, it was found that all products have low values, which suggests that the samples may be diluted. The highest percentage of available chlorine corresponds to M<sub>1</sub> (2.10%). In the percentage of total available alkalinity, 100% reported low values, with the highest value corresponding to M<sub>6</sub> (0.55%*w/w*). It is concluded that of the total analyzed, only samples M<sub>2</sub> and M<sub>6</sub> met the parameters of *pH*, available chlorine content, and total available alkalinity. It is recommended to implement a more rigorous quality control for this type of product.

**Keywords:** alkalinity, chlorine, density, *pH*.

## 1 INTRODUCCIÓN

El cloro doméstico es una solución alcalina comercial transparente de color amarillo-verdoso y olor característico, ampliamente conocido y usado en hogares como agente blanqueador y biocida. Su poderosa acción desinfectante de

amplio espectro y bajo costo lo ha transformado en un producto de consumo masivo [1], [2], [3] y [4]. En Ciudad Bolívar (Bolívar, Venezuela) han surgido una gran cantidad de establecimientos comerciales dedicados a la elaboración y venta de productos de limpieza, siendo el cloro doméstico el producto de interés. Es necesario destacar que estos establecimientos operan sin supervisión formal, asimismo se

Autores:

- A. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0003-5999-4441>  
Aliana Gamboa-Ortega, está en el Centro de Estudios en Química, Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [alianagamboortega@gmail.com](mailto:alianagamboortega@gmail.com)
- B. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0007-7634-2778> Yinetzi Pacheco-Cañas, está en el Centro de Estudios en Química, Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [pacheco-eliemar2002@gmail.com](mailto:pacheco-eliemar2002@gmail.com)
- C. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0003-3024-5914>  
Snyder Cadagan-Rodríguez, está en Escuela de Medicina, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [snydercadagan88@gmail.com](mailto:snydercadagan88@gmail.com)
- D. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0006-4283-008X> Reynaldo Solís-Pinto, está en Acueducto Bicentenario, Hidrobolívar CA., Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [so-lis.el.especialista@gmail.com](mailto:so-lis.el.especialista@gmail.com)
- E. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-4927-6275>  
Frank Marina-Torres está en Acueducto Bicentenario, Hidrobolívar CA, Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [fcmt802003@hotmail.com](mailto:fcmt802003@hotmail.com)
- F. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0009-5786-4743>  
José Castro-Soto, está en el Centro de Estudios en Química, Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela, CO 8001. [jicastro78@gmail.com](mailto:jicastro78@gmail.com)

desconoce si poseen mecanismos de control de calidad. Esta situación se agrava por la posibilidad de que el personal encargado de la elaboración de los productos no posea la formación técnica o profesional en química o áreas relacionadas. Ante la preocupación sobre la calidad del cloro doméstico producido y comercializado, se hace necesario realizar una evaluación de su calidad.

Lamentablemente, no se encontraron referencias bibliográficas específicas sobre casos similares que aborden directamente la evaluación de la calidad del cloro doméstico en este tipo de elaboración. Sin embargo, los resultados de este estudio servirán como base para informar a las autoridades sanitarias y/o comercio, sensibilizar a los consumidores sobre los riesgos asociados a la compra de estos productos no regulados. En última instancia, contribuirá a la protección de la salud pública y los derechos de los consumidores.

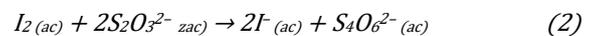
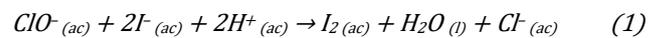
El ingrediente activo en el cloro doméstico es el hipoclorito de sodio (NaClO) [5], [6] y su poder desinfectante reside en el alto poder oxidante del ion hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ) [7]. El NaOCl es un líquido transparente de color amarillo que contiene entre  $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  y  $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  de cloro disponible (12 y 16%<sub>p/v</sub>, respectivamente) [1]. Una característica del NaClO es su reactividad, esto lo hace poco estable en solución acuosa y comienzan a descomponerse en cuanto se preparan y continúan hasta su descomposición total, su inestabilidad depende de cinco (5) factores principales, a) la concentración del hipoclorito, b) su alcalinidad o *pH* de la solución, c) la temperatura de almacenamiento, d) la presencia de impurezas que catalizan la descomposición y e) la exposición a la luz solar fuerte; sin embargo, la principal causa tiene que ver con su incorrecto almacenamiento [4], [8], [9], [10] y [11].

Con base a lo anteriormente expuesto y con el fin de garantizar y preservar sus propiedades del producto: el cloro disponible que expresar el poder oxidante del cloro en el producto [1]. Según una de las principales marcas de productos de cuidado del hogar en el mercado venezolano, la composición de NaClO en el cloro doméstico varía desde 1,50 hasta 6,25% [12]. Con el fin de proteger la composición del producto, la alcalinidad total disponible brindan estabilidad y reduce la descomposición del NaClO [8] y [9]. En este sentido un *pH* fuertemente alcalino ( $\text{pH} \approx 11$ ) da mayor estabilidad en el tiempo al producto [4]. En cuanto a su densidad del producto está alrededor de  $1,10 \text{ g mL}^{-1}$  a  $20^\circ \text{C}$  y  $1,097 \text{ g mL}^{-1}$  a  $25^\circ \text{C}$  para una concentración de cloro doméstico al 5% [13] y [14]. Por su parte, para una concentración de cloro doméstico de 3 - 5%, posee una densidad de  $1,0 \text{ g mL}^{-1}$  a  $20^\circ \text{C}$  [15]. Por su parte la densidad relativa, el cloro doméstico a  $20^\circ \text{C}$  posee un valor de 1,10, en [16] un valor mínimo de 1,07 para el NaClO al 5% [13], [17].

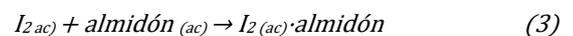
Para evaluar el cloro disponible el método comúnmente empleado es la titulación yodométrica, esto es haciendo reaccionar un volumen conocido de cloro con un exceso de yoduro de potasio (KI) en medio ácido, el  $\text{ClO}^-$  forma yodo ( $\text{I}_2$ ) de los yoduros ( $\text{I}^-$ ). Evidenciándose un cambio de color de incolora a un tono marrón-rojizo, debido al  $\text{I}_2$  (ver Ecuación 1). Seguidamente el  $\text{I}_2$  formado se retrotitula con tiosulfato de sodio

Aliana Gamboa-Ortega, Yinetzi Pacheco-Cañas, Snyder Cadagan-Rodríguez, Reynaldo Solís-Pinto, Frank Marina-Torres y José Castro-Soto

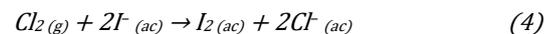
( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) disminuyendo la concentración de  $\text{I}_2$ , por lo que el color cambia a un amarillo claro al acercarse al punto estequiométrico [1], [18] (ver Ecuación 2).



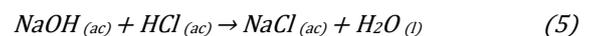
La reacción se completa cuando el  $\text{I}_2$  se convierte a  $\text{I}^-$ , tornándose incolora, pero este cambio de color de amarillo claro a incoloro no es claramente distinguible, se hace difícil establecer el punto final. En consecuencia, en este punto se añade como indicador una solución de almidón al 10%, el  $\text{I}_2$  que queda sin reaccionar, formará el complejo  $\text{I}_2$  almidón de color azul oscuro [1], [18] (ver Ecuación 3).



Se continúa la titulación, el  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  reacciona con el  $\text{I}_2$  del complejo hasta que se consume, se rompe el complejo y desaparece el color azul oscuro, señalando claramente el punto final [1], [18] (ver Ecuación 4).



En cuanto a la evaluación de la alcalinidad total disponible, es decir, el contenido de hidróxido de sodio (NaOH) y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) presente en la disolución, el método comúnmente empleado es la titulación de neutralización (ácido-base) empleando como disolución titulante ácido clorhídrico (HCl) [1], [18] (ver Ecuación 5).



Otro parámetro de interés es el potencial hidrógeno (*pH*) que se define como el logaritmo de signo negativo de la concentración molar ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) [19], el *pH* es una cantidad adimensional [20] (ver Ecuación 6), su escala va del 1 al 14. Una sustancia ácida tiene exceso de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y su *pH* < 7; si es básica tiene un *pH* > 7 [21]. El instrumento que permite determinar el *pH* de una disolución es el potenciómetro, el cual antes de utilizarse debe calibrarse con varias soluciones de *pH* conocido [22].

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{o} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (6)$$

La densidad ( $\rho$ ), una propiedad intensiva de la materia su valor es específico para cada sustancia, lo cual permite identificarla o diferenciarla de otras [23]. Es considerada un

parámetro de calidad importante tanto en materias primas como en productos acabados. Además, la medición de la densidad puede usarse para confirmar la pureza del material. Si se ha adulterado una sustancia con una alternativa más barata, la densidad medida del material será diferente de la sustancia pura [24]. Finalmente, su valor depende de la temperatura y presión [23], por lo que al medir la densidad de una sustancia siempre se debe considerar las condiciones de la medición [25] (ver Tabla 1).

TABLA 1

Densidades del agua en función de la temperatura [25].

T (°C)	$\rho$ (g mL <sup>-1</sup> )	T (°C)	$\rho$ (g mL <sup>-1</sup> )
17,0	0,99880	24,0	0,99733
18,0	0,99862	25,0	0,99705
19,0	0,99843	26,0	0,99683
20,0	0,99823	27,0	0,99652
21,0	0,99802	28,0	0,99624
22,0	0,99780	29,0	0,99595
23,0	0,99757	30,0	0,99567

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Recolección de la muestra

Se seleccionaron diez locales comerciales de elaboración y venta de productos de limpieza en varios sectores de Ciudad Bolívar. Se realizó un muestreo aleatorio simple donde se obtuvo un litro de cloro doméstico de producción propia, sin distinción en el envase. Las muestras se transportaron al laboratorio y se mantuvieron en condiciones de sequedad y oscuridad a temperatura ambiente hasta su análisis (ver Tabla 2). Es de destacar que ningún local comercial en el envase original presentó etiquetas y/o especificaciones de la composición química del producto, ya que estos son vendidos en envases reciclados de diversos productos.

TABLA 2

Datos de las muestras de cloro doméstico colectadas.

Muestra	Local Comercial	Ubicación
M <sub>1</sub>	Prolin	Av. España
M <sub>2</sub>	Mundo Limpio A&Y	Mercada Periférico
M <sub>3</sub>	La Gracia de Dios	Av. Principal, Los Próceros
M <sub>4</sub>	Prolin	Av. Uputa
M <sub>5</sub>	Químicos Roller	Av. Libertador
M <sub>6</sub>	Mundo Limpio	Calle Caracas
M <sub>7</sub>	Productos de Limpieza	Av. Bolívar, Los Coquitos
M <sub>8</sub>	Local sin nombre	Av. Cumaná, Sector El Porvenir
M <sub>9</sub>	Local sin nombre	Av. España
M <sub>10</sub>	Local sin nombre	Av. España

### 2.2 Potencial de hidrógeno (pH) [26]

#### 2.2.1 Calibración del equipo

La calibración se realizó empleando tres soluciones *Buffer* a pH 4,01, 7,00 y 10,01, se tomaron tres vasos de precipitado de 100 mL rotulados adecuadamente con la denominación de cada *Buffer*, seguidamente se añadió 100 mL de cada *Buffer*, respectivamente. A continuación, se introdujo el electrodo del

Aliana Gamboa-Ortega, Yinetzi Pacheco-Cañas, Snyder Cadagan-Rodríguez, Reynaldo Solís-Pinto, Frank Marina-Torres y José Castro-Soto

equipo potenciómetro (CRISON, BASIC 20) en el primer *Buffer* (pH 4,01) se dejó estabilizar la lectura y registro el valor del pH. Posterior a la lectura se enjuagó el electrodo con abundante agua destilada. Este procedimiento se repitió con los otros dos *Buffer* (pH 7,00 y 10,01) (ver Figura 1). Cada *Buffer* se midió por triplicado.

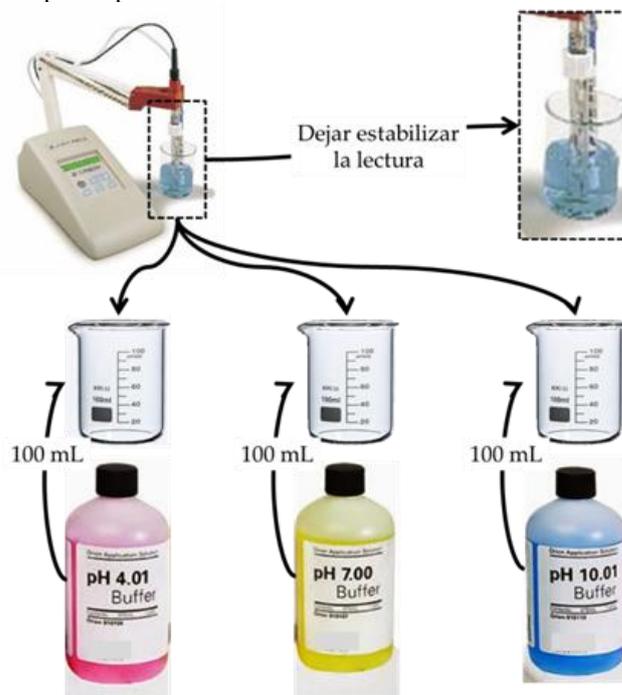


Fig. 1. Diagrama de la calibración del potenciómetro.

#### 2.2.2 Determinación del potencial de hidrógeno (pH).

Se dejaron aclimatar las muestras a temperatura ambiente. Se agitaron suavemente evitando generar burbujas. Se tomaron tres vasos de precipitado de 100 mL, rotulados adecuadamente, a cada vaso se añadió 100 mL de muestra. Se introdujo el electrodo de equipo potenciómetro (CRISON, BASIC 20) se dejó estabilizar la lectura y registro el valor del pH, lavando el electrodo con abundante agua destilada para evitar contaminación entre muestras. Cada muestra se analizó por triplicado (ver Figura 2).

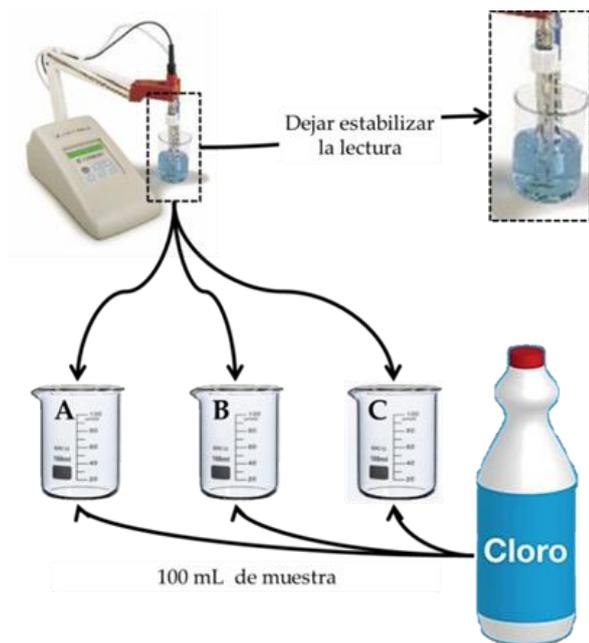


Fig. 2. Diagrama de la lectura del pH.

### 2.3 Determinación de la densidad [27].

En una balanza analítica (OHAUS, Adventurer™) se pesó el picnómetro vacío ( $m_p$ ). Luego, el picnómetro se enrasó con agua destilada (fluido de referencia) evitando la formación de burbujas en su interior, se tapó y secó muy bien registrándose como ( $m_{p+w}$ ). Se descartó el agua destilada y se curó el picnómetro con un poco de la muestra antes de enrasar y determina su masa ( $m_{p+d}$ ). Cada muestra se analizó por triplicado (ver Ecuación 7).

$$\rho_d = \frac{m_{p+d} - m_p}{m_{p+w} - m_p} \times \rho_w \quad (7)$$

- Dónde:  $\rho_d$ : Densidad de la disolución (muestra).  
 $m_p$ : Masa del picnómetro vacío.  
 $m_{p+d}$ : Masa del picnómetro la muestra.  
 $m_{p+w}$ : Masa del picnómetro con agua destilada.  
 $\rho_w$ : Densidad del agua destilada a la temperatura del experimento.

#### 2.3.1 Densidad relativa ( $\rho_r$ ) [22].

La densidad relativa ( $\rho_r$ ) o gravedad específica de una sustancia es la relación entre su densidad y la densidad del agua, ambas a la misma temperatura (ver Ecuación 8).

$$\rho_r = \frac{\rho_d}{\rho_w} \quad (8)$$

- Dónde:  $\rho_r$ : Densidad relativa (muestra).  
 $\rho_d$ : Densidad de la disolución (muestra).  
 $\rho_w$ : Densidad del agua destilada a la temperatura del experimento.

Aliana Gamboa-Ortega, Yinetzi Pacheco-Cañas, Snyder Cadagan-Rodríguez, Reynaldo Solís-Pinto, Frank Marina-Torres y José Castro-Soto

### 2.4 Calibración de una bureta según el método de corrección por flotación [28], [29].

En un vaso de precipitado de 500 mL se añadió 400 mL de agua destilada y se dejó equilibrar a temperatura ambiente, se registró la temperatura para encontrar la densidad del agua y se enrasó a 0,0 mL la bureta de vidrio de  $50 \pm 0,1$  mL (Witeg, Germany Aiffini DIN B), evitando la formación de burbujas. Se dejó reposar la bureta en su soporte durante cinco minutos para verificar que no haya escurrimientos.

En una balanza analítica (OHAUS, Adventurer™) se determinó la masa de un matraz Erlenmeyer de 125 mL con su tapón, el matraz se manipuló con una tira de papel para evitar el contacto con las manos y alterar su masa. El matraz se colocó debajo de la bureta, se retiró el tapón y se dejó fluir desde la bureta hacia el matraz el primer intervalo del volumen nominal de agua destilada (0 a 10 mL). Seguidamente, se tapó el matraz, se registró el volumen vertido y se determinó la masa del conjunto (matraz+ H<sub>2</sub>O+tapón). Se retiró el conjunto de la balanza y se llevó a la bureta retirando el tapón justo antes de añadir desde la bureta el segundo intervalo del volumen nominal de 10 a 20 mL y medir la masa vertida. El procedimiento consiste en adiciones sucesivas en un mismo matraz. Repetir el procedimiento hasta alcanzar los 50 mL de la bureta (ver Figura 3).

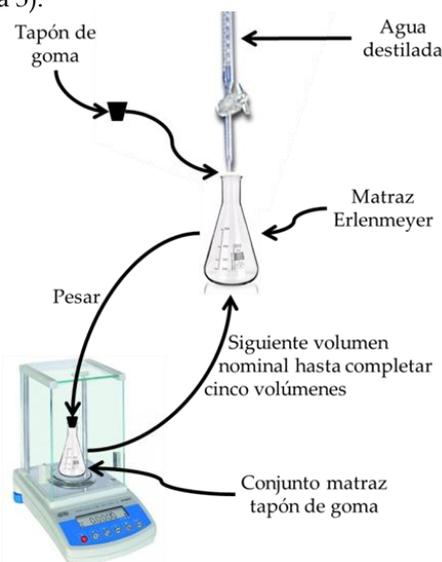


Fig. 3. Diagrama de la calibración de una bureta mediante el método de corrección por flotación.

Una vez terminada la recolección de datos, se calculó la masa del agua vertida ( $W_2$ ) mediante la diferencia entre esta masa ( $m_2$ ) y la masa del matraz vacío ( $m_1$ ) (ver Ecuación 9).

$$W_2 = m_2 - m_1 \quad (9)$$

- Dónde:  $W_2$ : Masa del agua vertida en gramos.  
 $m_1$ : Masa del conjunto matraz+tapón en gramos.  
 $m_2$ : Masa del conjunto matraz+agua+tapón en gramos.

Seguidamente, se realizó la corrección por flotación de la masa (masa corregida del objeto), es decir, el peso en el vacío en gramos ( $W_1$ ) (ver Ecuación 10).

$$W_1 = W_2 + W_2 \left( \frac{d_{aire}}{d_{obj}} - \frac{d_{aire}}{d_M} \right) \quad (10)$$

- Dónde:  $W_1$ : Masa corregida del agua vertida en gramos.  
 $W_2$ : Masa del agua vertida en gramos.  
 $d_{aire}$ : Densidad del aire desplazado por las masas y el objeto ( $0,0012 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).  
 $d_{obj}$ : Densidad del agua destilada a la temperatura del experimento.  
 $d_M$ : Densidad de la masa de referencia ( $8,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ).

Una vez obtenida la masa del agua vertida ( $W_2$ ) y el peso en el vacío en gramos ( $W_1$ ), se calculó el volumen real ( $V_{real}$ ) vertido por la bureta (ver Ecuación 11).

$$V_R = \frac{W_1}{d_{H_2O}} \quad (11)$$

- Dónde:  $V_R$ : Volumen real vertido en mililitros.  
 $W_1$ : Masa corregida del agua vertida en gramos.  
 $d_{H_2O}$ : Densidad del agua destilada a la temperatura del experimento en  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

Factor de corrección (FC) (ver Ecuación 12).

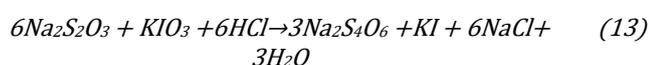
$$FC = V_R - V_V \quad (12)$$

- Dónde: FC: Factor de corrección.  
 $V_R$ : Volumen real vertido en mililitros.  
 $V_V$ : Volumen vertido en mililitros.

## 2.5 Porcentaje de cloro disponible.

### 2.5.1 Estandarización del titulante [1].

Se empleó como titulante tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) a una concentración aproximada de 0,1 M, la cual se estandarizó empleando como estándar primario yodato de potasio ( $\text{KIO}_3$ ), usando como indicador una solución de almidón al 10% (ver Ecuación 13). Es importante que la solución sea estandarizada en el mismo día del ensayo.



Se lavó adecuadamente la bureta *Witeg, Germany Aiffini DIN B*) de 50 mL y se curó varias veces con pequeñas porciones del titulante y se enrazó a cero (0). Con ayuda de una pipeta volumétrica (BRAND, W-GERMANY, Clase B) se agregó 50,0 mL de la solución de yodato de potasio ( $\text{KIO}_3$ ) a una concentración de 0,1 M en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Seguidamente, se añadió 100 mL de agua destilada, 1,0 g yoduro de potasio (KI) y se agitó hasta su disolución, se añadió 15 mL de ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 1,0 M e inmediatamente se tituló de con una solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (el exceso de yoduro se oxida muy rápido en el aire y forma  $\text{I}^{\cdot-}$ , por lo que la titulación debe hacerse rápido), hasta que casi desaparece el color amarillo pálido (debido al  $\text{I}^{\cdot-}$ ). Después, se agrega de 5 mL de la solución de almidón al 10%, tornándose color azul marino y se continuó con la titulación hasta la desaparición del color azul (ver Figura 4). El procedimiento se realizó por triplicado.

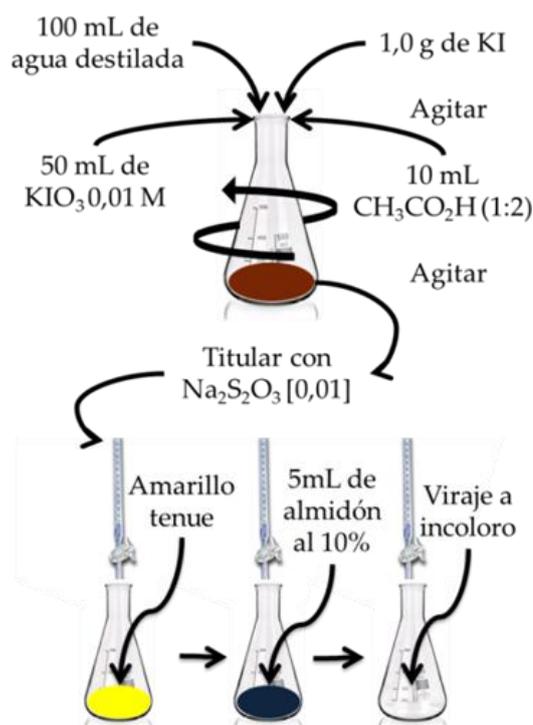


Fig. 4. Diagrama de la estandarización de la disolución titulante de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

Moles de yodato de potasio (ver Ecuación 14).

$$\eta_{\text{KIO}_3} = M_{\text{KIO}_3} + V_{\text{KIO}_3} \quad (14)$$

- Dónde:  $\eta_{\text{KIO}_3}$ : Moles de yodato de potasio.  
 $M_{\text{KIO}_3}$ : Molaridad de yodato de potasio.  
 $V_{\text{KIO}_3}$ : Volumen de yodato de potasio consumido en la titulación en mililitros.

Moles de tiosulfato de sodio (ver Ecuación 15).

$$\eta_{Na_2S_2O_3} = \frac{\eta_{KIO_3} \times 6 \text{ mol } Na_2S_2O_3}{1 \text{ mol } KIO_3} \quad (15)$$

Dónde:  $\eta_{Na_2S_2O_3}$ : Moles de tiosulfato de sodio.

$\eta_{KIO_3}$ : Moles de yodato de potasio.

Molaridad del tiosulfato de sodio (ver Ecuación 16).

$$M_{Na_2S_2O_3} = \frac{\eta_{Na_2S_2O_3}}{V_{Na_2S_2O_3}} \quad (16)$$

Dónde:  $M_{Na_2S_2O_3}$ : Molaridad del tiosulfato de sodio.

$\eta_{Na_2S_2O_3}$ : Moles de tiosulfato de sodio.

$V_{KIO_3}$ : Volumen de tiosulfato de sodio consumido en la titulación en mililitros.

## 2.5.2 Determinación del porcentaje de cloro disponible [1].

Se llenó la bureta de  $50 \pm 0,1$  mL con solución estandarizada de tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ). Por otro lado, se tomó 5,0 mL de muestra (cloro doméstico) y se transfirió a un balón aforado de 250 mL, se aforó con agua destilada y se homogeneizó. Seguidamente, se tomó una alícuota de 25 mL de la disolución anterior (muestra diluida) y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, seguidamente se le adicionó 1,0 g de yoduro de potasio (KI), seguidos de 10 mL de ácido acético glacial ( $CH_3COOH$ ) diluido en una relación 1:2 y se homogeneizó. Se inició la titulación añadiendo el titulante ( $Na_2S_2O_3$ ) gota a gota con agitación constante el matraz hasta que el color del yodo tome una coloración amarillo tenue. Se adicionó 5,0 mL de la disolución de almidón al 10% y se continuó la titulación hasta el viraje a incoloro. Cada muestra se analizó por triplicado (ver Figura 5).

El porcentaje de cloro disponible (ver Ecuación 17).

$$\%_{CD} = \frac{V_{Na_2S_2O_3} \times N_{Na_2S_2O_3} \times 0,03545 \times 50}{V_m} \times 100 \quad (17)$$

Dónde: V: Volumen de tiosulfato de sodio consumido en la titulación en mililitros.

N: Normalidad del tiosulfato de sodio en eq/L.

50: Factor de dilución  $\frac{250}{5}$ .

0,03545: Relación a la masa atómica del cloro.

$V_{muestra}$ : Volumen de la muestra en mililitros.

Aliana Gamboa-Ortega, Yinetzi Pacheco-Cañas, Snyder Cadagan-Rodríguez, Reynaldo Solís-Pinto, Frank Marina-Torres y José Castro-Soto

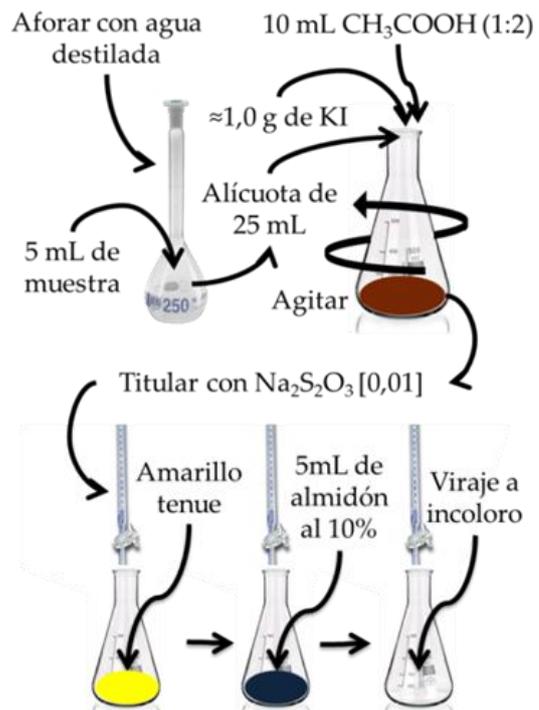
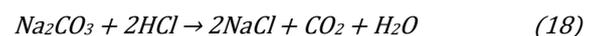


Fig. 5. Diagrama de la determinación de porcentaje de cloro disponible.

## 2.6 Porcentaje de alcalinidad total disponible.

### 2.6.1 Estandarización del titulante [1].

Se empleó como titulante ácido clorhídrico (HCl) a una concentración aproximada de 0,1 M, la cual se estandarizó empleando como estándar primario carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) y como indicador anaranjado de metilo ( $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ ) (ver Ecuación 18). Es importante que la solución sea estandarizada en el mismo día del ensayo.



Se lavó adecuadamente la bureta Witeg, Germany Aiffini DIN B) de 50 mL y se curó varias veces con pequeñas porciones del titulante y se enrazó a cero (0). Por otro lado, se secó en estufa durante 1 hora a  $110^\circ C$  aproximadamente 2,0 g de carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ). Se tomó un matraz Erlenmeyer de 125 mL y se colocó en la balanza analítica (OHAUS, Adventurer™) y se taró, sobre el matraz se pesó entre 0,13 a 0,16 g de  $Na_2CO_3$ , se retiró el matraz y se añadió 50 mL de agua destilada libre de  $CO_2$ , se agitó con suavidad hasta la disolución del  $Na_2CO_3$ . Se añadió cuatro (4) gotas del indicador de naranja de metilo y se colocó un tapón de goma al matraz y se agitó suavemente. Se tituló con el HCl agitando constantemente hasta el viraje del indicador desde el color amarillo a naranja, indicativo del punto final de la titulación. Seguidamente, se hirvió suavemente la disolución por dos (2) minutos para expulsar el  $CO_2$ . Se dejó enfriar a temperatura ambiente y continuó la titulación, hasta alcanzar nuevamente el viraje, se registró el volumen final de HCl vertido (ver Figura 6). El procedimiento se realizó por triplicado.

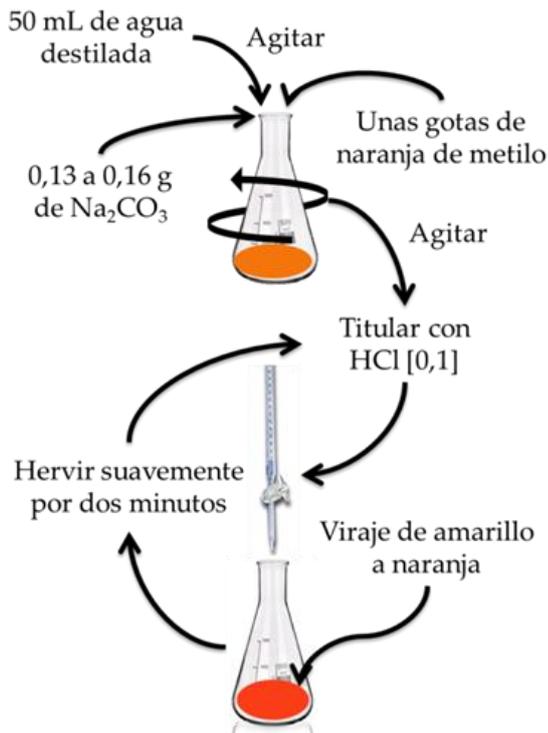


Fig. 6. Diagrama de la estandarización de la disolución titulante de ácido clorhídrico (HCl).

Moles de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ver Ecuación 19).

$$\eta_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{MM_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \quad (19)$$

Dónde:  $\eta_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ : Moles de carbonato de sodio.  
 $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ : Masa de carbonato de sodio en gramos.  
 $MM_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ : Masa molecular del carbonato de sodio.

Moles de  $\text{HCl}$  (ver Ecuación 20).

$$\eta_{\text{HCl}} = \frac{\eta_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times 2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \quad (20)$$

Dónde:  $\eta_{\text{HCl}}$ : Moles de ácido clorhídrico.  
 $\eta_{\text{KIO}_3}$ : Moles de carbonato de sodio.

Molaridad del  $\text{HCl}$  (ver Ecuación 21).

$$M_{\text{HCl}} = \frac{\eta_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}}} \quad (21)$$

Dónde:  $M_{\text{HCl}}$ : Molaridad del ácido clorhídrico.  
 $\eta_{\text{HCl}}$ : Moles de tiosulfato de sodio.  
 $V_{\text{HCl}}$ : Volumen de HCl consumido en mL.

## 2.6.2 Determinación del porcentaje de alcalinidad total disponible [1].

Se pesó cerca de 10 g de muestra (cloro doméstico) sin diluir, en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se adicionó solución de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) al 3%, para neutralizar el cloro activo contenido en la muestra, esto hasta el cese de la reacción (finalización del burbujeo), luego se agitó vigorosamente durante un minuto. Se añadió cinco gotas del indicador naranja de metilo. Finalmente, se tituló con  $\text{HCl}$  estandarizado, hasta el viraje del indicador desde el color amarillo a naranja. Cada muestra se analizó por triplicado (ver Figura 7).

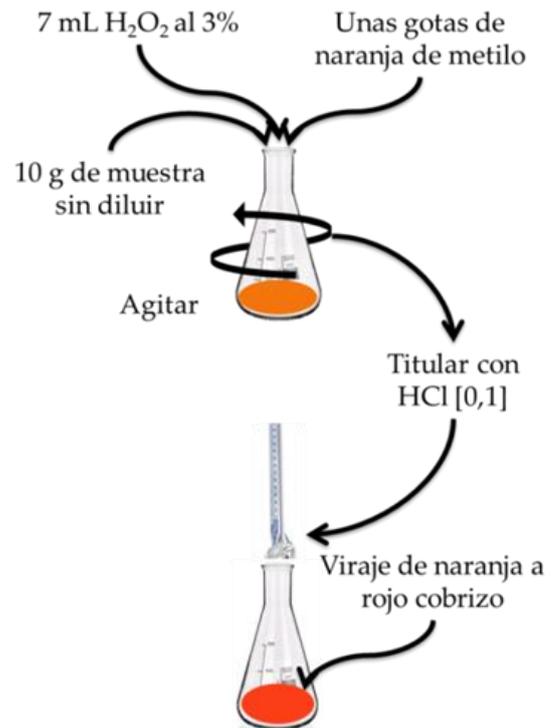


Fig. 7. Diagrama de la determinación de la alcalinidad total disponible.

Por definición, La alcalinidad total disponible se da como  $\text{NaOH}$  (ver Ecuación 22).

$$\%_{\text{ATD}} = \frac{V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 0,04}{m_m \text{ (g)}} \times 100 \quad (22)$$

Dónde:  $V$ : Volumen de HCl consumido en mililitros.  
 $N$ : Normalidad del ácido clorhídrico.  
 0,04: Relación a la masa molecular del  $\text{NaOH}$ .  
 $m_m$ : Masa de la muestra en gramos.

## 2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron empleando una hoja de cálculo *Microsoft Excel 2010* para *Windows*, obteniéndose una estadística descriptiva, determinándose su Media aritmética ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar.

### 2.7.1 Media ( $\bar{x}$ )

Es la medida más utilizada para definir un valor central

de un conjunto de datos, también llamada media aritmética, o promedio, se obtiene dividiendo la suma de las mediciones de las réplicas entre el número total de mediciones realizadas en el conjunto. Se utiliza para reportar cuál se considera el valor más representativo de un conjunto de mediciones [28], [30] (ver Ecuación 23).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (23)$$

Dónde:  $\bar{x}$ : Media.

$x_i$ : Valor numérico obtenido de la medida.

$n$ : Número de mediciones realizadas.

### 2.7.2 Desviación estándar muestral (s)

La desviación estándar representa el grado de variabilidad (o dispersión). Es una estimación de la precisión basada en las desviaciones de datos individuales con respecto a la media de una muestra de datos [28], [30] (ver Ecuación 24).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}} \quad (24)$$

Dónde:  $s$ : Desviación estándar muestral (s).

$x_i - \bar{x}$ : Desviación  $d_i$  del valor  $x_i$  de la media  $\bar{x}$ .

$n - 1$ : Número de grados de libertad.

### 2.7.3 Intervalos de confianza

Define los límites sobre la media experimental entre los cuales —con una probabilidad dada— debería localizarse la media verdadera [28] (ver Ecuación 25).

$$\text{Nivel de Confianza} = \bar{x} \pm \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

Dónde:  $\bar{x}$ : Media.

$s$ : Desviación estándar muestral.

$n$ : Número de medidas.

$t$ : Factor estadístico que depende del número de grados de libertad (g.l.) y el nivel de confianza deseado.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Del total de muestras analizadas, el 80% de los locales comerciales evaluados en sus productos presentaron un pH alcalino siendo  $M_{10}$  (pH 12,7) la muestra con el mayor valor. Por otro lado,  $M_8$  (pH 9,3) y  $M_1$  (pH 10,4) presentaron los valores más bajos, estos valores puede comprometer la estabilidad en el contenido cloro disponible del producto (ver Tabla 3), el cloro con fines doméstico debe poseer un pH alcalino, aproximado a pH 11 [3] y [4].

TABLA 3  
Valores de pH en cloro doméstico.

Muestra	Media	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza
$M_1$	10,4	0,1	10,2 - 10,5
$M_2$	11,5	0,1	11,5 - 11,7
$M_3$	11,7	<0,1	11,7
$M_4$	12,1	<0,1	12,1
$M_5$	11,8	<0,1	11,8
$M_6$	12,6	0,1	12,4 - 12,7
$M_7$	12,1	<0,1	12,1
$M_8$	9,3	<0,1	9,3
$M_9$	12,3	<0,1	12,3
$M_{10}$	12,7	<0,1	12,7

### 3.2 Densidad

Del total de muestras analizadas, el 100% de los locales evaluados presentaron en sus productos una densidad muy por debajo de lo establecido en [13] y [14] donde  $M_5$  (0,997 g mL<sup>-1</sup>) la muestra con el menor valor encontrado. En cuanto a la densidad relativa en la investigación se encontró que todos los productos poseen una densidad relativa por debajo del valor correspondiente a este tipo de producto [13], [17] y [16] (ver Tabla 4). Es necesario destacar que una densidad relativa igual a 1,0 demuestra que la disolución objeto de estudio poseen una densidad similar a la del agua.

TABLA 4  
Valores de la densidad en cloro doméstico.

Muestra	Media (g mL <sup>-1</sup> )	Desviación Estándar (g mL <sup>-1</sup> )	Intervalo de Confianza (g mL <sup>-1</sup> )	Densidad relativa
$M_1$	1,011	0,001	1,008 - 1,014	1,01
$M_2$	1,017	0,001	1,016 - 1,018	1,02
$M_3$	1,005	0,001	1,003 - 1,007	1,01
$M_4$	1,010	<0,001	1,010 - 1,011	1,01
$M_5$	0,997	0,001	0,995 - 0,999	1,01
$M_6$	1,018	0,003	1,011 - 1,025	1,02
$M_7$	1,008	<0,001	1,007 - 1,008	1,01
$M_8$	1,008	<0,001	1,009 - 1,011	1,01
$M_9$	1,010	0,001	1,008 - 1,013	1,01
$M_{10}$	1,015	<0,001	1,014 - 1,016	1,02

### 3.3. Calibración de la bureta

En la calibración de la bureta de vidrio de  $50 \pm 0,1$  mL (Witeg, Germany Aiffini DIN B), se obtuvo un factor de correlación de  $R^2 = 1$ , esto indica un fuerte ajuste entre el volumen vertido por la bureta ( $V_{\text{vertido}}$ ), el volumen indicados en su graduación y el volumen real ( $V_{\text{Real}}$ ) vertido por instrumento, en pocas palabras, el volumen vertido corresponde con el volumen real añadido. Como resultado, se tiene un instrumento en óptimas condiciones (ver Figura 8).

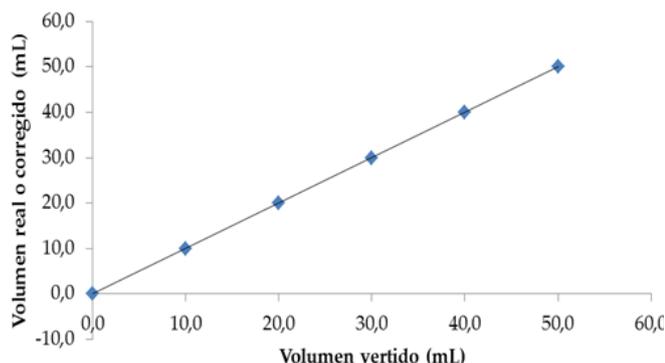


Fig. 8. Regresión lineal de la calibración de la bureta mediante el método de corrección por flotación.

### 3.4 Cloro disponible.

#### 3.4.1 Estandarización del titulante.

La disolución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) presentó una concentración de  $0,101 \text{ mol L}^{-1}$  y una desviación estándar ( $s$ ) de  $0,001 \text{ mol L}^{-1}$ , que representa una dispersión muy baja en la valoración del titulante. En este sentido, se considera aceptable la valoración del titulante y su concentración es lo suficientemente confiable para su uso en la determinación del porcentaje de cloro disponible (ver Tabla 5).

TABLA 5

Estandarización del tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

Concentración ( $\text{mol L}^{-1}$ )	Desviación Estándar ( $\text{mol L}^{-1}$ )
0,101	0,001

#### 3.4.2 Porcentaje de cloro disponible

Del total de muestras analizadas, el mayor porcentaje de cloro corresponde a  $M_1$  (2,10%) seguido de  $M_2$  (1,89%). El resto de las muestras disminuyen su concentración hasta el valor presentado por  $M_3$  (0,07%). El valor recomendado de  $\text{NaClO}$  para la limpieza doméstica es de 5,25% [31]. Sin embargo, [32] reportan en marcas comerciales de cloro doméstico, que todas sus muestras están por debajo del valor recomendado. Por otra parte, [12] la concentración de cloro activo en sus productos varía entre 1,50 y 6,25%. En este sentido  $M_1$  y  $M_2$ , cumplen con los criterios de empresas productoras de cloro doméstico en el país (ver Tabla 6).

TABLA 6

Porcentaje de cloro disponible.

Muestra	Media (% $\text{p/v}$ )	Desviación Estándar (% $\text{p/v}$ )	Intervalo de Confianza (% $\text{p/v}$ )
$M_1$	2,10	0,29	1,38 - 2,82
$M_2$	1,89	0,04	1,78 - 1,99
$M_3$	0,07	<0,01	0,07
$M_4$	1,00	0,07	0,82 - 1,18
$M_5$	0,53	0,04	0,42 - 0,63
$M_6$	1,53	0,04	1,42 - 1,63
$M_7$	1,10	0,04	1,00 - 1,20
$M_8$	1,10	0,04	1,21 - 1,42
$M_9$	0,41	0,04	0,30 - 0,51
$M_{10}$	0,57	<0,01	0,57

Aliana Gamboa-Ortega, Yinetzi Pacheco-Cañas, Snyder Cadagan-Rodríguez, Reynaldo Solís-Pinto, Frank Marina-Torres y José Castro-Soto

### 3.5 Alcalinidad total disponible.

#### 3.5.1 Estandarización del titulante.

La disolución de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) presentó una concentración de  $0,066 \text{ mol L}^{-1}$  y una desviación estándar ( $s$ ) de  $0,012 \text{ mol L}^{-1}$ , que representa una dispersión muy baja en la valoración del titulante. En este sentido, se considera aceptable la valoración del titulante y su concentración es lo suficientemente confiable para su uso en la determinación del porcentaje de alcalinidad total disponible (ver Tabla 7).

TABLA 7

Estandarización del ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ).

Concentración ( $\text{mol L}^{-1}$ )	Desviación Estándar ( $\text{mol L}^{-1}$ )
0,066	0,012

#### 3.5.2 Porcentaje de alcalinidad total disponible

Del total de muestras analizadas, el 100% reportan valores bajos en el porcentaje de alcalinidad total disponible (hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) donde el valor más alto corresponde a  $M_6$  (0,55% $\text{p/p}$ ). Por otro lado, el resto de las muestras disminuyen su concentración considerablemente, la menor concentración es presentada por  $M_5$  (0,05% $\text{p/p}$ ) (ver Tabla 8). En un estudio realizado la alcalinidad total disponible en diversas marcas comerciales de cloro doméstico osciló entre 0,34 y 37,65% $\text{p/p}$  [32]. Es necesario destacar que no se establecen valores mínimos y máximos permisible para este parámetro. Sin embargo [1] establece que el total de base disponible (como  $\text{NaOH}$ ) no debe exceder de 1,5% $\text{p/p}$  (alcalinidad libre disponible). De este modo para poder determinar a que se deben los resultados de alcalinidad total disponible es necesario determinar la alcalinidad libre disponible, es decir, si esta es debido al  $\text{NaOH}$  y/o al  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

TABLA 8

Valores de la alcalinidad total disponible.

Muestra	Media (% $\text{p/p}$ )	Desviación Estándar (% $\text{p/p}$ )	Intervalo de Confianza (% $\text{p/p}$ )
$M_1$	0,09	<0,01	0,09
$M_2$	0,16	<0,01	0,16
$M_3$	0,08	<0,01	0,08
$M_4$	0,13	<0,01	0,13
$M_5$	0,05	<0,01	0,05
$M_6$	0,55	<0,01	0,55
$M_7$	0,16	<0,01	0,16
$M_8$	0,16	<0,01	0,16
$M_9$	0,13	<0,01	0,13
$M_{10}$	0,24	<0,01	0,24

## 4 CONCLUSIONES

El cloro doméstico elaborado en locales comerciales de productos de limpieza las muestras  $M_2$  y  $M_6$ , estas demostraron ser productos que cumplen en cuanto al  $\text{pH}$ , contenido de cloro disponible y alcalinidad total disponible. En cuanto a  $M_1$ , presentó el mayor contenido de cloro disponible, sin embargo, presenta baja alcalinidad ( $\text{pH}$  y alcalinidad total disponible), esto puede disminuir su concentración al comprometer su estabilidad. Por su parte  $M_{10}$ , presentó valores de alcalinidad suficientemente aceptables como para proporcionar

estabilidad al producto, sin embargo, se encontró que el contenido de cloro disponible es muy bajo (0,57%). En cuanto a la densidad, los resultados experimentales de todas las muestras estuvieron por debajo de los valores teóricos, lo que sugiere que las muestras pueden estar menos concentradas o presentar una formulación distinta. Por su parte, la densidad relativa indica dilución del producto. Finalmente, se propone un mayor control de la calidad sobre este tipo de productos.

## 5 REFERENCIAS

- [1] COVENIN 3664, «Productos químicos para uso industrial. Hipocloritos utilizados en el tratamiento de potabilización de aguas. Requisitos y métodos de ensayo.» 2001. [En línea]. Available: [https://sigbs.sencamer.gob.ve/cgibin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=629&query\\_desc=an%3A245](https://sigbs.sencamer.gob.ve/cgibin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=629&query_desc=an%3A245). [Último acceso: 14 04 2025].
- [2] M. Gusukuma y I. Quispe, «Análisis de Ciclo de Vida del producto Lejía,» Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial, 30 Mayo 2019. [En línea]. Available: [https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/1926dae808bc2cb757c9006eea3aebd55e4\\_Actividad\\_9\\_ACV\\_Lejia.pdf](https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/1926dae808bc2cb757c9006eea3aebd55e4_Actividad_9_ACV_Lejia.pdf). [Último acceso: 26 Julio 2025].
- [3] ATSDR, «ToxFAQs™ - Hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio (Calcium Hypochlorite/Sodium Hypochlorite): ¿Qué son el hipoclorito de sodio y de calcio?» Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), 06 Mayo 2016. [En línea]. Available: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts184.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts184.html). [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [4] GBCB, «Experimental 1. Determinación de “cloro activo” en una muestra de agua lavandina mediante titulación yodométrica,» 2017. [En línea]. Available: [https://fcb.web1.unl.edu.ar/laboratorios/ladaq/wp-content/uploads/2019/10/TP\\_7-10.pdf](https://fcb.web1.unl.edu.ar/laboratorios/ladaq/wp-content/uploads/2019/10/TP_7-10.pdf). [Último acceso: 14 Abril 2015].
- [5] M. Gagliardi, «Qué es el blanqueador y cuáles son sus ingredientes activos,» Clorox, 2024. [En línea]. Available: <https://www.clorox.com/es/aprender/que-es-el-blanqueador-cuales-son-sus-ingredientes-activos/>. [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [6] L. Muñoz, A. Borrego-Loya, C. Villalba, R. González-Escobedo, N. Orduño, G. Villecas-Villegas, M. Rodríguez-Roque, G. Ávila-Quezada y I. Vargas, «El cloro y su importancia en la inactivación de bacterias, ¿Puede inactivar virus?» 2021. [En línea]. Available: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v39nspe/2007-8080-rmfi-39-esp-198.pdf>. [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [7] G. de la Rosa y S. Figueroa, «El hipoclorito y el cloro: dos tipos de cuidado,» 11 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/eugreka/index.php/contribuciones/262-el-hipoclorito-y-el-cloro-dos-tipos-de-cuidado>. [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [8] Lenntech, «Desinfectantes Hipoclorito de sodio,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm#:~:text=Alrededor%20del%20a%C3%B1o%201785%20el,especificas%20se%20extendi%C3%B3%20con%20facilidad..> [Último acceso: 18 Abril 2025].
- [9] G. Peña, J. Caram, A. Rodríguez, A. Anselmi, M. Gimena, M. S. Barrera y J. González, «Determinación de cloro activo en diferentes soluciones de hipoclorito de sodio,» 2017. [En línea]. Available: [https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos\\_digitales/11260/peagra-cielarfo-1112017.pdf](https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/11260/peagra-cielarfo-1112017.pdf). [Último acceso: 18 Abril 2025].
- [10] A. Londoño, G. Giraldo y Á. Gutiérrez, Métodos analíticos para la evaluación de la calidad físicoquímica del agua, Primera ed., Manizales, Manizales: Blanecolor Ltda, 2010.
- [11] M. J. Alarcón Lema, «Variación de la concentración del hipoclorito de sodio por cambio de almacenamiento, 2018,» 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5733/1/UNACH-EC-FCS-ODT-2019-0030.pdf>. [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [12] Group LS, C.A., «Nuestros Productos: Lavansan,» 2025. [En línea]. Available: <https://lavansan.com/#productos>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [13] Tremex, «Ficha técnica: Hipoclorito de sodio al 5%,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.prisa.cl/attachment/download/158846/659e9bf7df7aa215007914.pdf>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [14] Sigma Aldrich, «Ficha de datos de seguridad: Solución Hipoclorito de sodio,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/VE/es/sds/sigald/239305?userType=anonymous>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [15] Sigma Aldrich, «Sodium hypochlorite solution, 3-5%, CP,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/VE/es/sds/saj/28-3090?userType=anonymous>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [16] Spectrum Chemical, «Hipoclorito de sodio, cloro disponible al 5 por ciento, solución, reactivo,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.spectrumchemical.com/sodium-hypochlorite-5-percent-available-chlorine-solution-reagent-s1315>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [17] Spectrum Chemical, «Sodium hypochlorite, solution, 5 percent available chlorine,» 2021. [En línea]. Available: [https://www.spectrumchemical.com/media/sds/S1315\\_AGH5.pdf](https://www.spectrumchemical.com/media/sds/S1315_AGH5.pdf). [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [18] S. Delgado, L. Solís y Y. Muñoz, Laboratorio de Química General, México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2012.
- [19] M. Sienko y R. Plane, Química Experimental, España: Aguilar, 1973.
- [20] R. Chang y K. Goldsby, Química, Duodécima ed., México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2017.
- [21] T. Ojeda, Manual de laboratorio de Química Inorgánica, 2004.
- [22] K. Whitten, R. Davis, M. Peck y G. Stanley, Química, Decima ed., Madrid: Cengage Learning Editores, 2015.
- [23] M. Rizzotto, Diccionario de Química General e Inorgánica, Rosario: Corpus Editorial y Distribuidora, 2007.
- [24] Mettler Toledo, «Medición de la densidad: METTLER TOLEDO,» S.F.. [En línea]. Available: [https://www.mt.com/int/es/home/applications/Laboratory\\_weighing/density-measurement.html](https://www.mt.com/int/es/home/applications/Laboratory_weighing/density-measurement.html). [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [25] S. Meléndez y F. Castillo, Prácticas de Química General, Mérida: Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Escuela de Farmacia, Departamento de Análisis y Control, Cátedra de Análisis Farmacéutico, 2007.
- [26] Centro Español de Metrología, «Metrología. Procedimiento QU-003 para la calibración de pHmetros digitales,» [En línea]. Available: [https://www.cem.es/sites/default/files/qu-003\\_digital.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/qu-003_digital.pdf). [Último acceso: 15 Abril 2025].
- [27] L. M. Atarés Huerta, «Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro,» 2011. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/entities/publication/f7f21a3b-8971-47d4-8f20-6b94c77484b2>. [Último acceso: 14 Abril 2025].
- [28] D. Skoog, D. West, F. Holler y S. Crouch, Fundamentos de química analítica, Novena ed., México, D.F.: Cengage Learning Editores,

S.A. de C.V., 2015.

- [29] D. Harris, *Análisis Químico Cuantitativo*, Tercera ed., Barcelona: REVERTÉ, 2016.
- [30] J. N. Miller y J. C. Miller, *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*, Cuarta ed., Madrid: Pearson Educación S.A., 2002.
- [31] Amoquímicos, «Amoquímicos,» 17 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.amoquimicos.com/noticias/niveles-de-concentracion-del-hipoclorito-de-sodio>. [Último acceso: 17 Abril 2025].
- [32] A. P. Gamboa y J. L. Castro Soto, «Evaluación de parámetros de calidad en diversas marcas comerciales de cloro doméstico,» 2024. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.57166/riqcharv6.n2.2024.125> [Último acceso: 17 Abril 2025].

## 6 BIOGRAFÍAS

Aliana Gamboa Ortega. Técnico Superior Universitario en Química egresada del Programa Nacional de Formación en Química (PNFQuímica) en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar). Actualmente, ejerce como Auxiliar Docente en el PNFQuímica y cursa la Licenciatura en Química.

Yinetzi Pacheco-Cañas. Técnico Superior Universitario en Química egresada del Programa Nacional de Formación en Química (PNFQuímica) en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar). Actualmente, ejerce como Auxiliar Docente en el PNFQuímica y cursa la Licenciatura en Química.

Snyder Cadagan-Rodríguez. Técnico Superior Universitario en Química mención Procesos Químicos, egresado del Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoátegui. Actualmente, se desempeña como técnico de laboratorio en la cátedra de Bioquímica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Al mismo tiempo cursa la Licenciatura en Química en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar).

Frank Marina-Torres. Técnico Superior Universitario en Química mención Procesos Químicos, egresado del Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoátegui. Actualmente se desempeña como analista de procesos en el Acueducto Bicentenario (Hidrobolivar CA). Al mismo tiempo cursa la Licenciatura en Química en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar).

Reynaldo Solís-Pinto. Técnico Superior Universitario en Química mención Procesos Químicos, egresado del Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoátegui. Actualmente se desempeña como analista de procesos en el Acueducto Bicentenario (Hidrobolivar CA). Al mismo tiempo cursa la Licenciatura en Química en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar).

José Castro-Soto. Licenciado en Química egresado de la Universidad De Oriente (Núcleo de Sucre). Ha sido jefe de la

División de Laboratorio (Gerencia de Control de Calidad – Hidrobolivar C.A.). Con más de 15 años de experiencia en la educación universitaria. Actualmente, se desempeña como Jefe del Departamento del Programa Nacional de Formación en Química (PNFQuímica) en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar (UPTBolívar).