

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



QUÍMICO FARMACÉUTICO

Guatemala, Octubre 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO
DE SODIO AL 3.5% ADICIONANDO UN QUELANTE EN SU
COMPOSICIÓN

Informe de Tesis

Presentado por
Marc Didier Barrios Morales

**Para optar por el título de
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

Guatemala, Octubre 2019

JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Byron Enrique Pérez Díaz	Vocal IV
Br. Pamela Carolina Ortega Jiménez	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A Dios

Por darme la vida y fortaleza que me permitió cumplir con esta meta.

A mi Madre

Juana Matilde Morales (QEPD) por darme la vida y ser mi luz, que con su sonrisa y esfuerzo, siempre me apoyo en las buenas y en las malas. No tengo palabras para expresar mi amor y gratitud por mi madre, por su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella he llegado a culminar una etapa más de mi vida. Esto va dedicado a ti.

A mis hermanos

Yvonne y Gustavo por llenarme de alegría día tras día, por creer en mí, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis amigos

De infancia, de colegio y de universidad que se convirtieron en amigos de vida. Y a mis colegas Sergio Quiroa, Ángel Bautista y Luis Escobar gracias por todo su apoyo y diversión. A la familia Escriba Rosales.

A mi compañera

No puedo dejar de agradecer especialmente a Alejandra Martínez, por su amor, su cariño, por estar conmigo durante todo este tiempo, y durante este proceso apoyándome en los momentos buenos y malos. Gracias

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por ser mi guía, mi fortaleza durante todos estos años y permitirme cumplir una de mis metas

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser mi alma mater, mi casa de estudios durante todos estos años y brindarme la oportunidad de llegar a ser un profesional.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para poder ejercer mi profesión.

A mi Asesora, la Licda. Julia García Bolaños

Por su asesoría, paciencia y apoyo a lo largo del presente trabajo de investigación.

A mi revisora, la Licda. Aylín Santizo Juárez

Por su revisión y observaciones que contribuyeron a enriquecer el presente trabajo de investigación.

Al Laboratorio G&G

Por su apoyo incondicional para realizar la presente investigación.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. Antecedentes	3
3.1. MARCO TEÓRICO	3
4. Justificación	15
5. Objetivos	16
5.1 OBJETIVO GENERAL	16
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
6. Hipótesis	17
7. Materiales y Métodos	18
7.1 MATERIALES:	18
7.2 MÉTODOS	20
7.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
8. Resultados	24
9. Discusión	32
10. Conclusiones	38
11. Recomendaciones	39
12. Referencias	40
ANEXO 1	42
ANEXO 2	43
ANEXO 3	44
ANEXO 4	46
ANEXO 5	48
ANEXO 6	50

1. RESUMEN

Las propiedades de desinfección del cloro ayudaron a mejorar la vida de miles de millones de personas en el mundo, el cloro es un elemento químico esencial que se usa para fabricar gran cantidad de productos útiles para la salud pública. En el presente estudio de estabilidad se utilizó hipoclorito de sodio al 3.5% el cual por sus propiedades es capaz de desinfectar objetos inanimados, elimina y controla los olores y sabores en el agua al eliminar la materia orgánica, y en especial los compuestos de nitrógeno. El objetivo principal fue el estudio de la estabilidad de hipoclorito de sodio en lotes piloto los cuales se prepararon adicionando ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), como alternativa para incrementar la estabilidad de la solución.

Para lograrlo se prepararon diferentes lotes piloto de la solución de hipoclorito de sodio al 3.5% adicionando a estos ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), como quelante a concentraciones de 0.05, 0.1, 0.2 y 0.4%, se realizó un análisis de la concentración de cloro disponible a los lotes para asegurar la concentración de inicio del estudio.

Los lotes piloto fueron sometidos a un estudio de estabilidad acelerada a temperaturas de 25, 40 y 45 ± 2 °C, durante un periodo de 6 meses, en los cuales se realizaron análisis por duplicado para determinar la cantidad de cloro disponible de las muestras de hipoclorito de sodio.

Finalizando el estudio de estabilidad se determinó que el tratamiento con 0.2% de EDTA es el más estable, luego del análisis estadístico de Dunnett a un nivel de confianza de 95% contra el control. Se observó una media de la concentración de cloro disponible de 2.54 ppm, significativamente más estable que el resto de los tratamientos utilizados en el estudio. Por lo que se recomienda realizar un estudio de estabilidad a largo plazo.

2. INTRODUCCIÓN

El Hipoclorito de Sodio es un fuerte oxidante por lo que su estabilidad puede disminuir por los siguientes factores; concentración, temperatura elevada, disminución del pH, contaminación con metales pesados y la luz solar. Es importante evaluar un componente adicional que disminuya los efectos oxidantes de estos factores (Chemical Industries, 2003).

La producción de Hipoclorito de Sodio a nivel industrial contiene los componentes necesarios para mantener el producto estabilizado, a partir del uso de materias primas de alta pureza y el adecuado control de buenas prácticas de manufactura y controles en el proceso productivo. A pesar de que el producto contiene soda caústica en su composición, que actúa como estabilizador de la solución de Hipoclorito de Sodio es necesario adicionar un agente estabilizador para aumentar el tiempo en que conserva la cantidad de cloro inicial. (Chemical Industries, 2003).

En el mercado, se encuentran disponible la solución acuosa de hipoclorito de sodio, conformada por: 3.5% de NaOCl, y de agua 96.5% restante. A esta concentración de 3.5% el cloro es capaz de desinfectar objetos inanimados, eliminar y controlar olores y sabores en el agua al eliminar la materia orgánica, en especial los compuestos nitrogenados. (Baker, 2003).

Debido a que el cloro activo en solución es muy inestable, particularmente las soluciones de bajas concentraciones (3.5%) decrecen rápidamente, por la exposición a la luz solar, la agitación y en especial la temperatura; por lo que se hace dificultoso el transporte y almacenaje de producto terminado, situación por la cual se evaluara la adición de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como estabilizante de la concentración de Hipoclorito de Sodio al 3.5%.

Se estudiaron diferentes concentraciones de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), variación de temperatura y diferentes tiempos de almacenamiento para establecer, por medio de un análisis de varianza y corroborando con prueba de Dunnett la concentración ideal de EDTA.

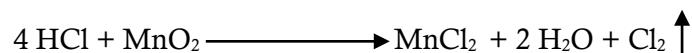
3. Antecedentes

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1 CLORO

El cloro es uno de los elementos químicos que conforman la familia de los halógenos conocido ya antes de la formulación de la teoría atómica moderna que los agrupa en la tabla periódica de los elementos en grupo VII A estos poseen siete electrones (s^2p^5) en su nivel energético exterior (Skoog, 2001). El nombre halógeno se deriva del griego; y significa formador de sal, y cloro proviene del griego y significa verde (Basioli, 1978).

El cloro fue obtenido por primera vez por Scheele en 1774. Al oxidar ácido clorhídrico utilizando dióxido de manganeso (MnO_2):



Habiendo obtenido la mitad de cloro contenido en el ácido clorhídrico utilizado, para poder aprovechar todo el cloro disponible (Keenan, 1979).

3.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CLORO

El cloro a temperatura ambiente es un gas amarillo-verdoso, con olor irritante, característico, sofocante de sabor astringente (Mortimer, 1983).

La densidad de su vapor es 2.4885 con relación al aire. Su temperatura crítica es de 144°C , su presión 76 atm. Su presión de vapor a 20°C es de 4993 mm Hg (6.62 atm) Con símbolo Cl; con un peso atómico de 35.45; número atómico 17; punto de fusión -101.4°C , punto de ebullición -34.5 grados $^\circ\text{C}$. (Brown, 2004).

El cloro es utilizado por lo general como gas, por lo que debe de utilizar en campanas y habitaciones con buena ventilación (Keenan, 1979). Debe guardarse y mantenerse alejado de cualquier sustancia que pueda oxidarse. La exposición de 1 ppm en el aire es peligrosa para la salud, y unas cuantas inhalaciones de cloro a niveles de 1000ppm son letales (Wood, 1983).

3.1.3 USOS DEL CLORO

La cloración de suministros de agua sirve principalmente para destruir o desactivar las enfermedades producidas por microorganismos. La cloración puede producir efectos adversos por la intensificación del sabor y olor del cloro y otros compuestos orgánicos en los suministros de agua (APHA-AWWA-WPCF, 1963).

Un exceso puede ser nocivo para los peces y otros animales acuáticos cuando el agua contiene compuestos nitrogenados. Lo ideal es que los sistemas de agua deben tener un nivel de cloro residual de 1mg/L o menos para minimizar efectos adversos; cerca de 1mg/L, el olor y sabor del agua no es muy agradable (<http://wwwchem.csustan.edu>).

Según la norma establecida por COGUANOR cuando el agua se utiliza para consumo humano, el límite mínimo aceptable de cloro residual es de 0.3 ppm y el máximo aceptable es 1ppm (COGUANOR, 2006). Es el agente más utilizado en la desinfección, por su bajo costo y fácil manejo.

Es producido en diferentes presentaciones. Las más comunes a nivel de industria son líquido y gaseoso, que puede ser utilizado en equipos cloradores (Mortimer, 1983).

Otro tipo son los hipocloritos, que se encuentran en tres formas manufacturadas a partir de la fijación de cloro, las cuales son: cal clorada, hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{OCl})$ e hipoclorito de sodio NaOCl . (Keenan, Wood; 1979,1986).

3.1.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL HIPOCLORITO DE SODIO

En general el Hipoclorito de Sodio es un agente oxidante fuerte, con mayor fuerza que el peróxido de Hidrogeno o el Dióxido de Cloro (COGUANOR 2006).

Su carácter de oxidante fuerte le permite actuar como agente de blanqueo y desinfección; estas propiedades se aprovechan para el tratamiento de fibras y la eliminación de microorganismos en el agua. (COGUANOR 30 034:93. 2006)

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio caen dentro de dos clasificaciones; blanqueadores de uso doméstico, que contienen entre 3.5 y 5.5% de cloro disponible.

El termino "contenido de Cloro activo", es utilizado incorrectamente como sinónimo de "contenido de Cloro disponible" el cual puede provocar confusión. La cantidad de cloro disponible nos indica el poder oxidante del agente con la cantidad equivalente de Cloro elemental con un equivalente gramo de 35.46 (COGUANOR, 2006).

3.1.5 HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl)

Son soluciones que regularmente se usan para lavar ropa, son los denominados blanqueadores. Tienen diferentes concentraciones, desde 3.5% hasta 15% de cloro disponible en peso por volumen sirve como fuente de cloro para instalaciones pequeñas y puede adquirirse en cualquier lugar (Escobar, 1991). Al utilizar estos productos deben hacerse pruebas respectivas para establecer la demanda de cloro. Debe

considerarse al comprar estos productos, ya que algunos de ellos tienen detergentes (fosfatos), que son dañinos para la salud y no deben utilizarse para potabilizar agua. (De Mata, 2003).

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben guardarse en lugares seguros, fuera del alcance de los niños. El hipoclorito de sodio se descompone por la acción del calor y de la luz solar por lo que debe almacenarse en lugares frescos y oscuros, con el objeto de mantener la eficacia de las soluciones (Aldana, 1991).

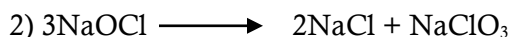
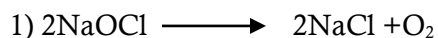
El Hipoclorito de Sodio en solución acuosa diluida, tiene normalmente un color amarillento y deberá ser un líquido transparente, libre de materia insoluble y de materia en suspensión (COGUANOR, 2006).

Se considera que la solución es un líquido transparente, si pequeñas cantidades de sales que hubieran cristalizado de la solución, se disuelven completamente cuando se mezcla la solución con el doble de su volumen en agua destilada (De Mata, 2003).

El hipoclorito de sodio en solución acuosa diluida es aquel con una concentración de cloro disponible en volumen o comercial menor del 8%(m/v) mayor a esta concentración se considera de uso industrial (COGUANOR, 2006).

3.1.6 DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HIPOCLORITO DE SODIO

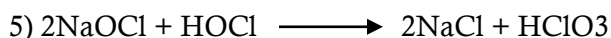
Se descompone de dos maneras; Cloruro de Sodio (NaCl) y Oxígeno (O₂) (Reacción 1), o por desproporcionamiento a Cloruro de Sodio y clorato de Sodio (NaClO₃) (reacción 2):



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

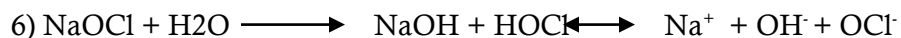


El Hipoclorito de sodio puede reaccionar también con Acido Hipocloroso (reacción 5)



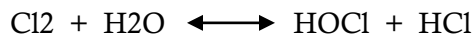
Esta última ecuación se emplea con frecuencia para enfatizar el hecho de que en medio Acido, el Hipoclorito se descompone con mayor facilidad que en medio básico, razón por la cual las soluciones de Hipoclorito de Sodio se mantienen a pH 11.

En las soluciones de Hipoclorito de Sodio se da un balance dinámico, que se representa por la siguiente ecuación (reacción 6): (Mendoza, 2013).

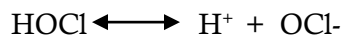


3.1.7 QUÍMICA DEL CLORO

El poder blanqueador y desinfectante de las soluciones de Cloro, dependen de la concentración de ácido hipocloroso que se encuentre en esas soluciones. Cuando el cloro es agregado al agua, el ácido hipocloroso se forma de acuerdo a la siguiente ecuación:



Esta hidrólisis es reversible. A su vez, el cloro como ácido hipocloroso, se disocia en iones de hidrógeno (H^+) e iones de hipoclorito (OCl^-) según la ecuación:



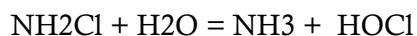
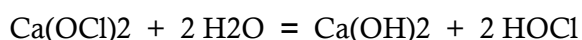
Esta reacción como la anterior es reversible. Ambas dependen del pH que tenga el agua.

La primera reacción predomina en valores bajos de pH y la segunda reacción con valores altos de pH (Mendoza, 2013).

La cantidad de ácido hipocloroso y de iones hipoclorito formados en las reacciones anteriores equivale en capacidad oxidante a la cantidad de cloro original; con el valor de pH de 5.0 el cloro se encuentra en forma de cloro molecular. Cuando el valor de pH se encuentra entre 5 y 6, el cloro existe casi enteramente como ácido hipocloroso. Por encima de un pH 6, se encuentran iones hipoclorito y se hace predominante cuando el pH excede de 7.5. El cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso (HOCl) e ion hipoclorito (OCl^-) se llama cloro disponible o cloro activo libre (Mendoza, 2013).

El átomo de cloro del ácido hipocloroso es positivo con una valencia positiva y es el cloro disponible o activo, este es el que se refieren en la literatura de blanqueadores y desinfectantes. Si se observa, sólo la mitad del cloro es utilizado en la formación del ácido hipocloroso, y sucesivamente en su acción blanqueadora y desinfectante (Pineda, 1995).

Los hipocloritos y las cloraminas, ambas orgánicas e inorgánicas, pueden formar ácido hipocloroso en solución con agua.



Como se observa en las ecuaciones anteriores todo el cloro en los hipocloritos es reemplazable y puede ser utilizado para aplicaciones en blanqueado y desinfectado. En consecuencia, cien libras de formulación de hipoclorito contienen cincuenta por ciento de cloro que puede producir un equivalente de ácido hipocloroso, como cien libras de cloro líquido o gaseoso (Pineda, 1995).

Años antes en estudios sanitarios se creía que el cloro líquido o gaseoso era ciento por ciento utilizado, o disponible, en reacciones sanitarias y de blanqueado. El término contenido de cloro disponible fue establecido como base de comparación del potencial del poder de blanqueado y de desinfección de los productos comerciales que contienen cloro. El contenido de cloro disponible en una solución es determinado por titulación del yodo, que es liberado de una solución con yodo acidificada (Mendoza, 2013).

El peso del cloro elemental (Cl_2) requerido para liberar la misma cantidad equivalente de yodo es el contenido de cloro disponible de la solución. Solo la mitad del cloro de la molécula de Cl_2 es positivo en la solución, por lo tanto, el contenido de cloro disponible de hipocloritos es justamente el doble que el contenido de cloro disponible (positivo) (Mendoza, 2013).

La familia de compuestos de cloro disponible es un grupo de sustancias químicas que, cuando son disueltas en agua producen soluciones de ácido hipocloroso. Estos compuestos se subdividen en: los que tienen cloro libre disponible y en los que contiene cloro combinado disponible. El término Cloro libre disponible describe el poder de oxidación del cloro como ácido hipocloroso, o como ión hipoclorito en soluciones fuertemente ácidas, como cloro libre. El término Cloro combinado disponible es asociado con las cloraminas orgánicas. Las pequeñas constantes de hidrólisis de las cloraminas orgánicas permiten que solamente una pequeña cantidad de ácido hipocloroso se forme a partir de la solución inicial. El resto del cloro se mantiene retenido como cloro "combinado" (Mendoza, 2013).

Con el cloro libre disponible, la porción que es representada por el ácido hipocloroso es controlada por el pH de la solución. Con el cloro combinado disponible, la concentración de ácido hipocloroso es principalmente controlada por la constante de hidrólisis de la cloramina (Mendoza, 2013).

3.1.8 DEMANDA DE CLORO

Se define como la cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica, en el proceso de cloración del agua. Cuantitativamente se define

la demanda de cloro como la cantidad que se agrega, menos la cantidad que hay después del período de reacción seleccionado, generalmente de diez minutos, según la prueba de la ortotolidina. La cantidad de cloro que permanece después del período de reacción se define como "cloro residual" y se expresa en mg/L o ppm. El cloro residual puede existir como compuestos clorados de material orgánico y amoníaco, en cuyo caso se conoce como CLORO RESIDUAL COMBINADO, o puede estar presente como cloro libre y en este caso se conoce como CLORO RESIDUAL LIBRE y la suma de ambos como CLORO RESIDUAL TOTAL. En consecuencia el CLORO SUFICIENTE es la cantidad requerida para producir un residual deseado, ya sea combinado, libre o total, después de un período de contacto definido (Guerrero, 1964).

3.1.9 CLORACIÓN

La cloración es el procedimiento más importante en el cual se utiliza el cloro o alguno de sus derivados como hipocloritos de calcio o de sodio para la desinfección del agua, sobre todo en los abastecimientos públicos. El cloro es de todos los desinfectantes el más activo, efectivo, económico y de fácil manejo y control. Es además inocuo para el hombre en las dosis utilizadas para desinfectar el agua los más comunes son el líquido y el gaseoso que se utilizan con equipos cloradores o en su caso hipocloradores (Jiménez, 1991).

El cloro es un potente y eficaz bactericida se utiliza como gas o como solución, ya sea solo o junto con otras sustancias químicas. Como gas, puede comprimirse fácilmente has licuarlo, lo que facilita su adquisición y transporte en recipientes de acero o en carros tanque (pipas). Se utiliza líquido para tratar el agua, pero para otros propósitos se utiliza bajo la forma de hipocloritos, cloraminas orgánicas, hidantoinas

cloradas, isocianuros clorados, y compuestos oxidantes similares, capaces de liberar el cloro. (Martindale, 1996)

Al mezclarse con el agua estos compuestos producen ácido hipocloroso y el ion hipoclorito. La acción bactericida causada por la acción del ácido hipocloroso no ionizado es letal en los organismos al reaccionar con la proteína celular, con los sistemas enzimáticos, con los grupos amino contenidos en la estructura de la pared celular y el contenido de la célula destruyendo la vida o la estructura celular. (Martindale, 1996)

Su efectividad como desinfectante disminuye, al ser reducido su potencial de oxidación, al reaccionar con el amoníaco o sus derivados para formar residuos de cloro combinado, lo que también reduce la intensidad de su reacción con las bacterias. (Escobar, 1991)

3.1.10 ESTABILIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN SOLUCIÓN ACUOSA DILUIDA

Contenido mínimo de cloro disponible en volumen o comercial en porcentaje (m/v), en el momento de fabricación.	Contenido mínimo de cloro disponible en volumen o comercial en porcentaje (m/v), al décimocuarto día después de la fecha de fabricación.	Contenido mínimo de cloro disponible en volumen o comercial en porcentaje (m/v), a los sesenta días después de la fecha de fabricación.
7	7	6.1
5	5	4.5
3.5	3.5	3.2

(COGUANOR, 2006).

3.2 INVESTIGACIONES PREVIAS

El Hipoclorito de sodio en solución se descompone lentamente, de manera constante. La descomposición puede ser minimizada a través de un cuidadoso control de la calidad del producto, de un control en la producción, en la materia prima utilizada y de las condiciones de almacenamiento del mismo. (COGUANOR, De Mata; 2006, 2003).

En el año 2000 en su tesis Ad gradum titulada “Análisis de la calidad del agua para la dilución de las soluciones antisépticas de hospital nacional Pedro de Bethancourt de La Aldea San Felipe de Jesús Antigua Guatemala”, Francisco Roberto Pineda Ortiz concluye que el gluconato de clorhexedina es un antiséptico de uso muy amplio por su gran espectro de acción, algunos de sus principales usos son la desinfección de manos para lo cual se utiliza en diferentes concentraciones que van

desde el 1% al 4% p/v, el gluconato de clorhexedina según numerosos estudios ha demostrado ser muy eficaz con otros antisépticos.

En el año 2000 en su estudio titulado "Estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio producido in situ", Ricardo Rojas y Sixto Guevara concluyen que la solución de hipoclorito de sodio sin tratamiento previo generado in situ conserva su concentración de cloro libre por largo tiempo a temperaturas menores de 10°C y bajo condiciones de oscuridad. La luz solar directa tiene una fuerte influencia sobre la solución desinfectante, produciendo la pérdida de concentración de cloro libre prácticamente en el lapso de dos semanas; además la luz artificial tiene una influencia intermedia pero importante. La solución de hipoclorito de sodio, producida in situ, alcalinizada adecuadamente a un pH mayor de 10.5 es estable siempre y cuando se mantenga alejado de la luz tanto artificial como natural.

En el año 1995 en su tesis Ad gradum titulada "Determinación de la concentración de hipoclorito de sodio de las soluciones comercializadas en Guatemala y evaluación de las condiciones ideales de almacenamiento", Zoila Carolina Wong Pineda concluye que conforme transcurre el tiempo las muestras expuestas a mal almacenamiento con aire y luz reportan disminución de la concentración de hipoclorito de sodio en mayor grado. A mayor temperatura es mayor la degradación de hipoclorito de sodio. De los resultados obtenidos en la determinación de hipoclorito de sodio en solución se concluye que las soluciones son más estables cuando no se exponen al aire y a la luz, siendo estas las condiciones ideales para su almacenamiento.

4. Justificación

El cloro residual en solución a bajas concentraciones es muy inestable, la exposición a la luz directa la agitación y la materia prima utilizada causan cambios en la concentración. Las soluciones de hipoclorito de sodio diluido al 3.5 % p/p, se usan como desinfectantes del agua potable, para la eliminación de microorganismos patógenos de la misma sobre todo en el interior de la República de Guatemala en donde no se cuenta con este suministro. Actualmente, en nuestro país es muy común su uso. Esta investigación surgió por el rechazo de un lote de producción de hipoclorito de sodio al 3.5%, fabricado por una empresa nacional, la cual se dedica a la fabricación de productos de higiene para el hogar; el lote de hipoclorito de sodio producido fue enviado al nororiente del país. Al momento de realizar análisis físicos en dicho lote; presento las siguientes características; el frasco presentaba un ensanchamiento y a su vez derrame del mismo en pequeñas cantidades por la tapa, al momento de abrir presento una coloración marrón. Como siguiente paso se realizó un análisis químico para cuantificar la concentración de hipoclorito de sodio, los resultados evidenciaron que sufrió una disminución de la cantidad de cloro disponible.

Por lo mencionado anteriormente, fue necesario realizar una investigación para conocer cuáles fueron las causas de este problema. Entre las posibles causas del problema se encuentran la exposición al calor; pues esta puede disminuir la cantidad de cloro disponible según lo publicado por investigaciones previas. La calidad de la materia prima utilizada durante la fabricación también puede influir en el NaOH ya que la presencia de metales pesados puede descomponer y precipitar la solución. Y finalmente el ambiente en que es transportado el producto y las condiciones de almacenamiento en destino podría contribuir al deterioro del producto.

5. Objetivos

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si es mayor el tiempo de estabilidad del hipoclorito de sodio al agregarle un quelante en su composición a diferentes concentraciones a diferentes temperaturas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1 Comprobar a qué concentración de quelante el hipoclorito de sodio al 3.5% tiene menor descomposición al exponerlo a factores ambientales de temperatura.

5.2.2 Establecer la cantidad de cloro disponible en la soluciones de hipoclorito de sodio al 3.5%, que se han preparado previamente con diferentes concentraciones de quelante y determinar cuál es la más cercana al valor normal.

5.2.3 Evitar la descomposición y precipitación de las soluciones de hipoclorito de sodio al 3.5% producidas para la venta al nororiente del país.

6. Hipótesis

La solución más estable de hipoclorito de sodio al 3.5%, es la que se fabricó con el tratamiento de 0.2% de quelante en su composición.

7. Materiales y Métodos

7.1 MATERIALES:

7.1.1 Universo de trabajo

7.1.1.1 Población: Soluciones de hipoclorito de sodio al 3.5%

7.1.1.2 Muestra: Soluciones de Hipoclorito de sodio al 3.5% de la producción del laboratorio nacional, en presentación de 1 litro.

7.1.2 Recursos

7.1.2.1 Recursos Humanos:

Investigador: Marc Didier Barrios Morales.

Asesora: Licenciada Julia Amparo García Bolaños

Revisora: Licenciada Aylin Santizo Juárez

Colaboradores: Personal Técnico y Profesional del departamento de Análisis Aplicado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC.

7.1.2.2 Recursos Institucionales:

- Biblioteca Central Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Departamento de Análisis Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

7.1.3 Equipo:

- Horno Fisher Iso Temp. 40°C±2
- Horno Linderbergblue 45°C±2

7.1.4 Cristalería:

- Erlenmeyer de 250 mL.
- Balones aforados de 50 mL.
- Balones aforados de 100mL.
- Balones aforados de 250mL.
- Beaker de 250 mL.
- Varillas de Vidrio
- Buretas de 50 mL.
- Pipetas volumétricas de 1 y 5 mL.
- Erlenmeyer para yodo.
- Probeta de 25 mL.
- Vidrio de Reloj

7.1.5 Reactivos

- Ácido acético glacial
- Solución indicadora de almidón
- Tiosulfato de Sodio 0.1 N
- Solución titulante de Tiosulfato de sodio 0.01 N
- Yoduro de Potasio en cristales
- Ácido Clorhídrico concentrado
- Ácido Sulfúrico concentrado
- Solución de yoduro de potasio
- Solución de ácido sulfúrico: 4 mL de ácido sulfúrico se diluyen a 100 ML

7.2 MÉTODOS

Metodología para el tratamiento de las muestras de la solución de hipoclorito de sodio al 3.5%.

Se fabricaron cuatro lotes de hipoclorito de sodio al 3.5% con el quelante; ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en las siguientes concentraciones (0.05%, 0.1%, 0.2% y 0.4%). Se tomaron las respectivas muestras para comparar la degradación del hipoclorito de sodio evaluando la cantidad de cloro disponible a lo largo del tiempo.

Las muestras fueron expuestas a las siguientes temperaturas $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$; utilizando en hornos, que fueron calibrados previo al estudio, según anexo 5 y 6.

Las muestras fueron expuestas durante 6 meses; se realizó análisis de la cantidad de cloro disponible en los días 0, 15, 30, 60, 90 y 120 respectivamente según lo establecido por la norma COGUANOR 30 034:93 Hipoclorito de Sodio.

METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE CLORO DISPONIBLE PROCEDIMIENTO YODOMÉTRICO: (método estándar)

Tomar 1 mL de la muestra en un Erlenmeyer de 500 mL. Añadir 5 mL de ácido acético glacial, y agregar con probeta 1 mL de yoduro de potasio, aforar con agua el Erlenmeyer y colocar el tapón esmerilado; dejar reposar la mezcla durante 6 minutos en la oscuridad.

Titular con tiosulfato de sodio 0.01 N hasta que casi desaparezca el color amarillo de la muestra, agregar 5 mL de solución de almidón y continuar la titulación hasta la desaparición del color azul.

Titulación del Blanco: tomar un volumen de agua destilada que corresponda al utilizado en la muestra, agregar, 5 mL de ácido acético glacial, 1 mL de yoduro de potasio y 1 mL de almidón.

- a. Si se desarrolla un color azul, titular con tiosulfato de sodio 0.01N hasta la desaparición del color azul y registrar el resultado. Este es el valor absoluto de la muestra.
- b. Si no aparece color azul, titular con solución de yodo 0.0282 N hasta que aparezca un color azul. Este es el valor absoluto del blanco.
- c. Retrovalorar la solución; para realizar la corrección positiva se suma el valor absoluto del blanco al volumen de titulación de la muestra.

$$\text{Cálculos: mg Cl como Cl}_2/\text{L} = \frac{(A \pm B) \times N \times 35.450 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde: N = normalidad del tiosulfato de sodio

A = mL de titulación de la muestra

B = mL de titulación del blanco (positivo o negativo) (Pineda, 1995)

7.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizará un estudio de estabilidad acelerada, sobre 180 muestras de hipoclorito de sodio al 3.5% que incluyen 6 tiempos de análisis, 5 tratamientos con EDTA a concentraciones de 0% control, 0.05%, 0.1%, 0.2% y 0.4% y temperaturas de 25 °C ± 2, 40 °C ± 2 y 45 °C ± 2. Se someterán los 5 tratamientos a las 3 diferentes temperaturas, con un parcial de 12 muestras de anaquel por cada tratamiento, dando un total de 180 muestras en total.

Con el siguiente método se evaluará el efecto combinado y la interacción de los tres factores, el cual indicará si hay diferencia significativa entre las combinaciones tratamiento – temperatura, tiempo – temperatura.

7.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de varianza factorial y se evaluará el efecto combinado (interacción) de los tres factores a un nivel de significancia alfa (α) = 0.05 el cual indica si hay diferencias entre las combinaciones Tratamiento - Tiempo y Tratamiento - Temperatura. Para determinar qué tratamiento difiere significativamente del lote sin EDTA se compararon con él; por medio de la prueba de Dunnett, la prueba se hace a una cola.

Para determinar que tratamiento difiere del lote sin EDTA se comparó por medio de la prueba de Dunnett.

A lo largo del estudio de estabilidad del Hipoclorito de Sodio se realizó una prueba de hipótesis binomial para cada aspecto evaluado:

Ho: μ control sin EDTA = μ con tratamiento.

Ha: μ control sin EDTA \neq μ con tratamiento

Para poder rechazar la Ho a un nivel de error $\alpha=0.05$, la concentración del tratamiento sin EDTA debe ser menor que la media con tratamiento.

8. Resultados

Tabla 8.1

Resultado de Análisis por Duplicado de Hipoclorito de Sodio al 3.5 %

Temperatura de análisis 25°C Solución Control y Soluciones con Tratamiento						
<u>Tiempo</u>	<u>Control</u>	<u>Tratamiento</u> <u>0.05%</u>	<u>Tratamiento</u> <u>0.1%</u>	<u>Tratamiento</u> <u>0.2%</u>	<u>Tratamiento</u> <u>0.4%</u>	
Tiempo 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Tiempo 2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Tiempo 3	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3
	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3
Tiempo 4	3.3	3.1	3.3	3.3	3.3	2.89
	3.2	3.1	3.3	3.3	3.4	3.1
Tiempo 5	3.19	3.22	3.3	3.3	3.3	2.34
	3.21	3.22	3.3	3.3	3.4	2.2
Tiempo 6	1.52	1.63	2.1	2.7	2.7	1.53
	1.52	1.63	2.5	2.7	2.7	1.55

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Tabla 8.2*Resultado de Análisis por Duplicado de Hipoclorito de Sodio al 3.5 %*

Temperatura de análisis 40°C Solución Control y Soluciones con Tratamiento						
Tiempo	Control	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	
		0.05%	0.1%	0.2%	0.4%	
Tiempo 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
Tiempo 2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	
	3.5	3.5	3.5	3.3	3.4	
Tiempo 3	3.3	3.2	2.7	3	3	
	3.2	3.4	2.9	3.2	2.8	
Tiempo 4	3.01	2.52	3.08	2.65	2.51	
	3.07	2.7	3.12	2.65	2.68	
Tiempo 5	1.98	1.8	2.2	2.5	1.93	
	1.98	1.9	2.2	2.8	1.89	
Tiempo 6	1.48	1.73	1.87	2.4	1.48	
	1.48	1.73	1.87	2.4	1.48	

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC. No se observó precipitación en ninguna muestra analizada.

Tabla 8.3*Resultado de Análisis por Duplicado de Hipoclorito de Sodio al 3.5 %*

Temperatura de análisis 45°C Solución Control y Soluciones con Tratamiento						
Tiempo	Control	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	
		0.05%	0.1%	0.2%	0.4%	
Tiempo 1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
Tiempo 2	3.5	3.4	3.5	3.5	3.4	
	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	
Tiempo 3	3.5	3.4	3.5	3.5	3.2	
	3.3	3.4	3.4	3.4	3.1	
Tiempo 4	2.8	2.55	1.55	2.3	2.12	
	2.8	2.55	1.55	2.6	2.1	
Tiempo 5	2.4	1.5	1.9	2.2	1.86	
	2.4	1.6	1.9	2.5	1.83	
Tiempo 6	1.41	1.2	1.2	2.2	1.16	
	1.41	1.2	1.2	2.2	1.16	

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC. No se observó precipitación en ninguna muestra analizada.

Tabla 8.4*Análisis de Todos los Factores por Modelo Lineal General*

Concentración vs Tiempo; Temperatura vs Tratamiento, Información del Factor					
Tratamiento fijo; Niveles 5; 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 5; Control					
<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajuste</u>	<u>MC Ajuste</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor P</u>
Temperatura	1	5.2904	5.2904	41.3	0
Tiempo	1	69.3603	69.3603	541.49	0
Tratamiento	5	2.5829	0.5166	4.03	0.002
Error	172	22.0319	0.1281		
Falta de Ajuste	82	21.4977	0.2622	44.17	0
Error Puro	90	0.5342	0.0059		
Total	179	99.7868			

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Resumen de Modelo

<u>S</u>	<u>R²</u>	<u>R² Ajustado</u>	<u>R² Predeterminado</u>		
0.3579	77.92%	77.02%	75.81%		
5	-0.2224	0.0967	-2.3	0.023	3.27
Tratamiento	5	2.5829	0.5166		

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

En la tabla 8.4 se muestran los resultados finales del estudio de estabilidad acelerado de la solución de hipoclorito de sodio, a los cuales se les realizó un análisis de varianza para comparar si hay diferencia significativa entre los 6 tiempos de análisis (15,30,45,60,90 y 120) y los tratamientos utilizados; se observó en los resultados obtenidos durante el estudio, que no hay ninguna diferencia significativa entre ellos ya que se obtuvo un resultado de R^2 79.92% de variabilidad un resultado no lo suficientemente alto que indica que no hay variación entre los 6 tiempos de análisis.

Tabla 8.5

Análisis de Todos los Factores por Modelo Lineal General

Concentración vs Tiempo; Temperatura vs Tratamiento, Información del Factor					
Tratamiento fijo;		Niveles 5; 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control			
<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajuste</u>	<u>MC Ajuste</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor P</u>
Temperatura	1	5.8117	5.8117	45.45	0
Tiempo	1	69.3603	69.3603	542.48	0
Tratamiento	4	2.4955	0.6239	4.88	0.001
Error	173	22.1193	0.1279		
Falta de Ajuste	83	21.5852	0.2601	43.82	0
Error Puro	90	0.5342	0.0059		
Total	179	99.7868			

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Resumen de Modelo

<u>S</u>	<u>R²</u>	<u>R² Ajustado</u>	<u>R² Predeterminado</u>		
0.357571	1	77.92%	75.81%		
5	1	-0.2224	-2.3	0.023	3.27
Control	Concentración	=	0.02114 Temperatura – 0.3635 Tiempo		

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Tabla 8.6*Comparación Múltiple Dunnett*

Utilizando como Control; Tratamiento. Intervalo de Confianza 95%			
Tratamiento fijo;	Niveles 6;	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control	
<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Control	36	2.89611	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control
0.2	36	3.02722	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control
0.1	36	2.85111	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control
0.05	36	2.80222	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control
0.4	36	2.66694	0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

En la tabla 8.5 se muestran los resultados finales del estudio, se procedió a la eliminación del tratamiento 5 referente a muestras de anaquel, por lo tanto, se utilizaron únicamente los tratamientos que incluían EDTA, para observar cualquier diferencia significativa entre ellos, como se observó en los resultados obtenidos no hay ninguna diferencia entre ellos ya que R^2 77.83% de variabilidad un resultado no lo suficientemente alto para indicar una variación entre los 6 tratamientos utilizados.

En la tabla 8.6 se muestran los resultados finales del estudio de estabilidad acelerado de la solución de hipoclorito de sodio, estos resultados se basan mediante una comparación múltiple de Dunnett, este método se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para las diferencias entre la media de cada nivel de factor y la media de un grupo control. Como se observa en la tabla el tratamiento de 0.4% de EDTA con un resultado de 2.66694 ppm, es significativamente diferente de la media del nivel control.

Tabla 8.7

Análisis de Todos los Factores por Modelo Lineal General

Concentración vs Tiempo; Temperatura vs Tratamiento, Información del Factor					
Tratamiento fijo; Niveles 5; 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; Control					
Análisis de los tiempos 5 y 6 correspondientes a (90 y 120 días)					
Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor P
Temperatura	1	6.5223	6.52228	77.21	0
Tiempo	1	7.4413	7.44128	88.09	0
Tratamiento	4	4.8671	1.21678	14.4	0
Error	53	4.4773	0.08448		
Falta de Ajuste	23	4.2087	0.18299	20.43	0
Error Puro	30	0.2386	0.00895		
Total	59	23.308			

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Resumen de Modelo

<u>S</u>	<u>R²</u>	<u>R² Ajustado</u>	<u>R² Predeterminado</u>
0.290651	80.79%	78.62%	75.09%

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Tabla 8.8*Comparación Múltiple Dunnett*

Utilizando como Control; Tratamiento. Intervalo de Confianza 95%
 Tratamiento fijo; Niveles 6; 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 5; Control

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
Control	12	1.99833	90 y 120 días
0.2	12	2.54	90 y 120 días
0.1	12	2.12833	90 y 120 días
0.05	12	1.86333	90 y 120 días
0.4	12	1.70083	90 y 120 días

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garbanía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

En la tabla 8.7 se muestran los resultados finales del estudio de estabilidad acelerado de la solución de hipoclorito de sodio, estos resultados se basan en el análisis de varianza de los 5 tratamientos utilizados durante los 120 días de estudio. Según los resultados anteriores se observó que los 6 tiempos de análisis no presentaron una significancia razonable; esto debido a que en el estudio se realizó comparando los resultados de las medias de cada análisis y la media obtenida en los resultados iniciales. Por ello se tomó la decisión de realizar el análisis estadístico solamente sobre los últimos días de análisis, según resultados al observar las tablas 8.1 - 8.3 se aprecia que no existe una diferencia significativa entre la concentración de cloro disponible en relación al tiempo en los diferentes lotes de estudio a una misma temperatura. Se aprecia que la temperatura de 40 y 45°C el EDTA en concentración de 0.2 y 0.1% conserva la cantidad de cloro disponible inicial; pues muestran una concentración más alta al lote control que no posee EDTA.

Los tiempos 5 y 6 correspondientes a los días 90 y 120 de análisis en los que los resultados de las medias de concentración de cloro disponible fueron los que presentaron variación; los obteniéndose un valor P de 0.000, el cual nos indica que hay diferencia significativa entre ellos. Para la confirmación de este resultado se realizó una prueba de Dunnet con dichos tiempos de análisis, obteniéndose un resultado de la media de 2.54000 ppm, para el tratamiento de 0.2% de EDTA, diferente a las medias de los otros tratamientos como se puede observar en la tabla 8.8.

9. Discusión

La solución de hipoclorito de sodio es muy utilizada en el hogar como un agente oxidante para disminuir la cantidad de bacterias presentes en el agua, alimentos así como en diferentes superficies, el cloro tiene como molécula principal el ion hipoclorito el cual es un ion que se reduce en contacto con soluciones de yoduro-yodato.

Al utilizar este como agente reductor y utilizando tiosulfato de sodio para su cuantificación se obtiene la cantidad de cloro disponible en la solución de hipoclorito de sodio, se realiza la cuantificación de cloro disponible en la soluciones debido a que su estabilidad puede disminuir por factores como concentración, temperaturas elevadas, disminución del pH, contaminación con metales pesados y luz solar.

En el siguiente estudio de estabilidad acelerada del hipoclorito de sodio al 3.5% de concentración, se llevó a cabo para establecer las causas por las que las soluciones producidas para la venta del nororiente del país sufren un proceso de disminución de la concentración de cloro disponible y presentar precipitación y cambio de color de amarillo pálido a marrón, así mismo evitar la descomposición de las soluciones y establecer las mejores condiciones de almacenamiento.

Para esto se debió determinar la cantidad de cloro disponible en soluciones de hipoclorito de sodio preparadas al 3.5% que adicionalmente se les agregó un quelante en su composición, dicha concentración de hipoclorito es utilizada para uso comercial, y utilizando como quelante ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), a las siguientes

concentraciones 0.05, 0.1, 0.2 y 0.4%, y un tratamiento control 0.0% de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

Las muestras de lotes piloto seleccionadas al azar, fueron sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento, temperaturas 25, 40 y 45°C \pm 2 por un tiempo de 120 días.

Para determinar si es mayor el tiempo de estabilidad al adicionar el quelante (EDTA) se procedió a cuantificar la cantidad de cloro disponible en las muestras de hipoclorito de sodio previamente almacenadas a diferentes temperaturas; para la cuantificación se utilizó un método yodométrico.

Se cuantifico la concentración de cloro disponible de cada muestra por duplicado, en diferentes tiempos de análisis establecidos; periodicidad se estableció tomando como referencia un estudio de estabilidad acelerado, el cual indica que las muestras deben ser evaluadas inicialmente en tiempo cero (análisis de la solución al inicio del estudio), a los 15 (tiempo 1), 30 (tiempo 2), 45 (tiempo 3), 60 (tiempo 4) y 90 (tiempo 5) días.

Los resultados obtenidos de este estudio de estabilidad acelerado se analizaron, utilizando un programa estadístico Minitab.

Los factores a los que fueron sometidas las muestras de hipoclorito de sodio fueron agrupados, se realizó un modelo lineal general; y luego un análisis de varianza.

Para confirmar dichos resultados se realizó prueba de Dunnett; los factores que se utilizaron para evaluar si hay alguna diferencia significativa en las muestras tratadas

con EDTA, fueron concentración vs temperatura y tiempo vs tratamiento. (Minitab 2018)

El análisis de varianza realizado sobre los 6 tiempos de análisis (15, 30, 45, 60,90 y 120) y los tratamientos utilizados; arrojó un valor P de 0.002, menor que cualquier nivel de significancia razonable, es decir que no existe evidencia significativa de que los cuatro factores y su interacción ejercen un efecto significativo sobre la estabilidad del hipoclorito de sodio.

Al mismo tiempo, se obtuvo un 77.92% de variabilidad entre las medias. El tiempo influye 69.36% por cada incremento de un día de análisis mientras que la temperatura y el tratamiento se mantuvieron constantes según la tabla 8.4. (Minitab 2018)

En el análisis de todos los factores por un modelo lineal general entre concentración vs tiempo y tiempo vs temperatura, se obtuvo en el anova un valor P de 0.001, menor que cualquier nivel de significancia razonable, es decir que no existe evidencia de que los tres factores y su interacción entre ellos produzcan un efecto significativo sobre la estabilidad del hipoclorito de sodio.

Además, se obtuvo un 77.83% de variabilidad. El tiempo influye 69.36% por cada incremento de un día de análisis mientras que la temperatura y el tratamiento se mantuvieron constantes según la tabla 8.5. (Minitab 2018)

Al realizar la comparación múltiple de la prueba de Dunnett a un nivel de confianza de 95%, respecto a la muestra control sin EDTA se observó una media de 2.66694 ppm del tratamiento de 0.4% de EDTA, es significativamente diferente a la media del nivel control sin EDTA, según la tabla 8.6, por lo tanto, no hay diferencia

significativa entre todos los tiempos de análisis, únicamente en el tiempo 6 de análisis; con el resultado obtenido se optó por eliminar los tiempos de análisis de 1 al 4 correspondientes a los días de análisis 0 a 60. (Minitab 2018)

Al realizar el análisis Anova de los tiempos 5 y 6 correspondiente a los días 90 a 120 días se obtuvo un resultado de $P = 0.0000$; se obtuvo una media de 3.5 ppm, por lo tanto, existe evidencia de que los tres factores y su interacción ejercen un efecto significativo sobre la estabilidad del hipoclorito de sodio.

Obteniéndose también un resultado de 80.79% de variabilidad mayor a los resultados con todos los tiempos de análisis; los factores de temperatura, tiempo y tratamiento se mantuvieron constantes según la tabla 8.7. (Minitab 2018)

Se realizó la comparación múltiple de Dunnett a un nivel de confianza de 95% con los tiempos 5, 6 y el control; obteniéndose una media de 2.54000 para el tratamiento de 0.2% de EDTA, significativamente diferente a la media del nivel control según la tabla 8.8, por lo tanto; si hay una diferencia significativa en el tratamiento de hipoclorito de sodio con 0.2% de EDTA ya que la media de la concentración de cloro disponible difiere de la media control en 0.9666 ppm. (Minitab 2018)

Esto indica que el tratamiento de 0.2% de EDTA puede aumentar la estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio al 3.5% significativamente.

Según los resultados obtenidos en este estudio se pudo observar que las altas temperaturas, la influencia de luz y el tiempo son factores que influyen en la estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio (Salvador 1992).

Por los resultados obtenidos, las soluciones de hipoclorito de sodio al 3.5% que se trataron con EDTA al 0.2% fueron las más estables en comparación con el resto de los tratamientos a todas las temperaturas. Este tratamiento tuvo una disminución de la concentración de cloro disponible de 37% durante los 120 días que duró el estudio, este resultado es menor que el porcentaje perdido por el resto de las soluciones con los diferentes tratamientos, que al inicio del estudio poseían un valor de 3.5%. (Minitab 2018)

Esta degradación de la solución de hipoclorito de sodio se debe a que las soluciones de hipoclorito comienzan a descomponerse gradualmente desde el inicio de su preparación, y el almacenamiento en cuarentena, hasta la liberación del producto terminado. (Salvador 1992)

Las soluciones de mayor concentración producidas a nivel industrial arriba del 10% de su concentración son las que se degradan con mayor rapidez debido a que la solución es inestable a altas concentraciones, hasta disminuir su concentración o perderla totalmente. (Salvador 1992)

Como se observó, uno de los factores que más influyó en la estabilidad de las soluciones de hipoclorito de sodio fue la temperatura, en el estudio realizado las soluciones fueron sometidas a diferentes temperaturas, se observó que a mayor temperatura más inestable es la solución y la degradación de la misma inicia tempranamente, por lo tanto las temperaturas a las que fueron sometidas las muestras utilizadas en este estudio de estabilidad demostraron que a temperatura mayor, menor será la concentración de cloro disponible en la solución de hipoclorito de sodio y menor el tiempo de estabilidad.

El tiempo es otro factor que influye con la estabilidad de las soluciones observado durante todo el estudio de estabilidad, dado que los resultados obtenidos según la tabla 8.3.

Por lo tanto, el tratamiento de 0.2% de EDTA es el que más conserva la concentración inicial de cloro disponible a altas temperaturas; por lo tanto, puede mejorar la estabilidad del hipoclorito de sodio al 3.5%. (Fernández, 1996).

Se sometieron los lotes de hipoclorito de sodio al 3.5% con diferentes concentraciones de EDTA a temperaturas de 40°C y 45°C y en ningún tiempo de análisis, ni concentración de EDTA se observó precipitación; por lo que se puede afirmar que aún a baja concentración el EDTA evita la precipitación del hipoclorito de sodio a las temperaturas ensayadas.

10. Conclusiones

- 10.1. Las soluciones de hipoclorito de sodio control se vieron influenciadas inversamente proporcional por el tiempo y la temperatura; mayor tiempo y mayor temperatura de almacenamiento menor es la cantidad de cloro disponible.
- 10.2 No se observó diferencia significativa entre todos los tiempos de análisis de las diferentes concentraciones de EDTA, por lo tanto no influyen directamente en la concentración de cloro disponible de las soluciones de hipoclorito de sodio con EDTA.
- 10.3 Se comprobó la hipótesis propuesta pues únicamente las concentraciones de EDTA comprendidas entre 0.1 y 0.2% mostraron efecto protector, siendo más pronunciado a 0.2%.
- 10.4 La concentración de EDTA al 0.2% evitó la pérdida de cloro disponible en las soluciones de hipoclorito de sodio al 3.55 sometidas a diferentes temperaturas, por lo tanto dicha concentración puede influir en la estabilidad a corto plazo.
- 10.5 La cantidad de cloro disponible en el lote que posee EDTA al 0.2% es mayor a la obtenida con otras concentraciones de EDTA al finalizar el estudio.
- 10.6 El EDTA en concentraciones de 0.05, 0.1, 0.2 y 0.4% evitan la precipitación del hipoclorito de sodio en temperaturas entre 25 y 45°C.

11. Recomendaciones

- 11.1 Extender el estudio de estabilidad a estabilidad a largo plazo, para determinar si existe algún cambio en la concentración de cloro disponible en el tratamiento que fue más estable en el estudio de estabilidad acelerada.
- 11.2 Realizar un estudio de estabilidad, modificando parámetros como el pH inicial de la solución a un pH básico.
- 11.3 Realizar el estudio de estabilidad con concentraciones de hipoclorito de sodio mayores a 5% para que exista un cambio significativo en la cantidad de cloro disponible.
- 11.4 Realizar un estudio de estabilidad acelerada utilizando como factor envase plástico (1000ml) versus presentación de cloro en populino (240ml), para determinar si en envase influye en la estabilidad del hipoclorito de sodio.
- 11.5 Modificar la concentración de EDTA utilizando un rango entre 0.1 y 0.2%.

12. Referencias

- A., D. J. (1983). *Experimentos de Química General* (2da ed.). México: Limusa.
- Aldana, R. (1991). *Aceptabilidad del cloro líquido de uso comercial en la clorinación del agua de consumo en una población del área rural guatemalteca. Estudio descriptivo realizado en la población El Jute, municipio de Usulután departamento de Zacapa*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina.
- APHA-AWWA-WPCF. (1963). *Métodos Estándar para el examen de aguas y aguas de desecho* (11va ed.). México: Iberoamericana.
- Basioli, G. A. (1978). *Química General*. Argentina: Kapeluz.
- Brown, T. L. (2004). *Química General*. México: Pearson.
- COGUANOR. (2006). Normas COGUANOR 30 034:93 Hipoclorito de Sodio.
- De Mata, F. (2003). *Desinfección del agua en casos de Epidemia de Cólera*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Escobar, E. (1991). Desinfección del agua para consumo humano de una comunidad rural. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina .
- Escobar, V. (1991). *Desinfección del agua para consumo humano de una comunidad rural. Estudio aplicativo realizado en la comunidad de San Martineros*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina.
- Fernández, J. *Influencia del envase y de factores ambientales en la estabilidad de la solución de hipoclorito de sodio*. Washington D.C. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana 121(4): p 301-9, 1996.
- Guerrero, R. (1964). *Manual de tratamiento de aguas*. México: Limusa.
- Jiménez, B. d. (1991). *El Cólera*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Keenan. (1979). *Química General Universitaria* (3era ed.). México: Manual Moderno.
- Martindale. (1996). *The extra Pharmacopoeia*. London: The pharmaceutical press.
- Mendoza, E. (2000). Método de campo semi-cuantitativo para cuantificar hipoclorito de sodio en soluciones de Cloro que se expenden comercialmente. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 13, 46-47*.
- Mendoza, E. (2003). *Elaboración de un juego analítico de reactivos de prueba para la determinación rápida de cloro libre en agua potable a partir de métodos analíticos volumétricos y colorimétricos*.

- Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Minitab. (2018). *Minitab Inc.* (versión 2018). Estados Unidos de América.
- Mortimer. (1983). *Química* (5ta ed.). México: Iberoamericana.
- Pineda, W. (1995). *Determinación de la concentración de Hipoclorito de Sodio de las soluciones comercializadas en Guatemala y evaluación de las condiciones ideales de almacenamiento.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Ricardo, R. (2000). *Estabilidad de la solución de Hipoclorito de Sodio producido in situ.* Lima: Organización Panamericana de Salud.
- Salvador, R. (1992). *Estabilidad de Hipoclorito de Sodio.* Agua: Saneamiento y tratamiento. Saneamiento ambiental.
- Skoog, D. A. (2001). *Principios de Análisis Instrumental.* Madrid: Mc Graw Hill.
- Wood, J. (1983). *Química General* (5ta ed.). México: Harla.

ANEXO 1

COLORO RECOMENDADO PARA DESINFECTAR EL AGUA

El cloro que se recomienda utilizar para la cloración de agua para la desinfección debe usarse con cuidado con la cantidad que se usa.

Cantidades a utilizar:

GALONES DE AGUA	CANTIDAD DE CLORO
Para 1 galón	3 gotas
Para 5 galones	15 gotas
Para 10 galones	30 gotas
Para 15 galones	45 gotas
Para 20 galones	60 gotas
De 25 a 30 galones	90 gotas
Para un tonel o 54 galones	4 tapas de gaseosa

Agitar el agua y esperar 20 minutos antes de utilizarla. La acción del cloro solo tarda un par de días en recipientes tapados por lo que tarda menos tiempo en recipientes destapados.

Para una cloración adecuada deben tomarse en cuenta la cantidad de cloro disponible.

ANEXO 2

REACTIVOS

SOLUCIÓN INDICADORA DE ÁCIDO ACÉTICO al 15% (v/v)

Se mezclan 15 mL de ácido acético glacial y 85 mL de agua destilada. Se agrega cuidadosamente 15 mL de ácido acético glacial a 85 mL de agua destilada y mezclar. Se almacena en un frasco limpio.

SOLUCIÓN ESTANDAR 0.1 N DE TIOSULFATO DE SODIO

Se disuelven 25 g de cristales de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en 1 litro de agua destilada. La solución es más estable si se prepara y almacena en un frasco de vidrio y enjuagado con agua corriente y luego con agua destilada.

SOLUCIÓN YODURO DE POTASIO al 10% (m/v)

Se disuelven 10 g de yoduro de potasio en 100 mL de agua destilada y mezclar. La solución es más estable si se almacena en un recipiente tapado con papel pasante para que no entre la luz.

SOLUCIÓN INDICADORA DE ALMIDÓN al 0.5% (m/v)

Se mezclan 0.5 g de almidón soluble en 5 mL de agua destilada fría, se adicionan 95 mL de agua destilada caliente, se mezcla, se enfría y se almacena la solución en un frasco estéril. La solución debe de reemplazarse frecuentemente o bien, para minimizar su deterioro, se le debe de adicionar ácido salicílico en cantidad tal que quede al 0.1% en la solución indicadora.

ANEXO 3

ESTANDARIZACION DE LA SOLUCION DE TIOSULFATO DE SODIO

La solución estandariza con yoduro de potasio de la manera siguiente;

1. Se pesan 3.567 g de Yoduro de Potasio (KIO_3), se transfieren a un matraz volumétrico de 1 L, se disuelve con agua destilada, y se mezcla vigorosamente. La solución así preparada deberá ser exactamente 0.1000N.
2. Con una pipeta, se transfiere a un Erlenmeyer de 250 mL, una alícuota de 50 mL de la solución de yoduro de potasio, se diluye con agua destilada hasta un volumen de 100 mL. Se adiciona 1g de cristales de yoduro de potasio (KI), y cuando la solución este disuelta se adicionan 15 mL de la solución de 1.0N de ácido clorhídrico.
3. Posterior a la adición de ácido clorhídrico se titula inmediatamente con la solución de Tiosulfato de Sodio que se desea estandarizar, cuando la solución de yodato de potasio toma un color amarillo claro se adiciona 1 mL se solución indicadora de almidón y se completa la titulación hasta que desaparezca el color azul de la solución.
4. La normalidad de la solución de tiosulfato de sodio se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Normalidad} = 50 * 0.1 / V$$

En donde:

V = Volumen de la solución de tiosulfato de sodio, utilizado en la titulación de KIO_3 en mililitros.

Cálculos

El contenido de cloro disponible en la solución de hipoclorito de sodio, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de cloro disponible en gramos por litro} = \frac{V * N * 35.35}{V}$$

En donde:

V = volumen de muestra original en la alícuota usada, en mililitros.

V = volumen de la solución de tiosulfato de sodio usado en la titulación de la muestra en mililitros

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

ANEXO 4

TRATAMIENTO MATEMÁTICO CÁLCULO FECHAS DE EXPIRACIÓN

1. Graficar la temperatura contra el logaritmo del % de la concentración y luego calcular la pendiente:

$$\text{Pendiente} = Y_2 - Y_1 / X_2 - X_1$$

Donde

Y_2 = log del % de la concentración final

Y_1 = log del % de la concentración inicial

X_2 = tiempo final en días

X_1 = tiempo inicial en días

2. Calcular la constante de velocidad de reacción a la temperatura dada.

$$K = (\text{pendiente}) * (-2.303)$$

Donde

K = constante de velocidad de reacción

-2.303 = inverso de los ln.

3. Trazar una gráfica de Arrhenius en la cual en el eje X se coloque 1/temperatura absoluta y en el eje Y $3 + \log$ de la K de velocidad.

$$\text{Pendiente} = Y_2 - Y_1 / X_2 - X_1$$

Donde

$Y_2 = 3 + \log$ de K a la temperatura baja

$Y_1 = 3 + \log$ de K a la temperatura alta

$X_2 = 1/$ temperatura absoluta menor

$X_1 = 1/$ temperatura absoluta mayor

4. Extrapolar el valor de 25°C, despejando Y_2 de la fórmula anterior

$$Y_2 = [(\text{pendiente}) (X_2 - X_1)] + Y_1$$

Donde

Pendiente = pendiente de las K de reacción

$Y_2 = 3 + \log$ de K a la temperatura baja

$Y_1 = 3 + \log$ de K a la temperatura alta

$X_2 = 1/$ temperatura absoluta menor

$X_1 = 1/$ temperatura absoluta mayor

$$\text{Log } K_{(25^\circ\text{C})} = Y_2 - 3$$

5. Encontrar el tiempo en el que el compuesto llega al 90% de la concentración, se utiliza la ecuación siguiente

$$t = (2.303/K) (\log Co/C)$$

Donde

t = tiempo en letras

2.303 = inverso de ln

Co = concentración inicial

C = concentración al tiempo t

K = constante de velocidad de reacción a 25°C

ANEXO 5

CONTROL TEMPERATURA HORNO FISHER ISO TEMP

Calibración Temperatura Febrero / Marzo

Horno Fisher Iso Temp	Temperatura 40°C ± 2		
<u>Fecha</u>	<u>Temperatura °C</u>	<u>Hora</u>	<u>Observaciones</u>
23/02/2012	46	5:52	Se realiza toma en 30 min. Dial No 17
24/02/2012	51	13:49	Beacker con vaselina. Dial No 17
24/02/2012	55	14:49	Beacker con vaselina. Dial No 17
27/02/2012	44	17:57	Se realizo toma en 1 hora. Dial No 15
28/02/2012	59	13:30	Día completo Dial No 15
28/02/2012	59	16:00	Dial No 15
28/02/2012	58	16:51	Dial No 15
29/02/2012	50	17:37	Dial No 15
01/03/2012	47	17:53	Dial No 14
02/03/2012	45	14:46	Dial No 15
02/03/2012	45	15:48	Dial No 15
05/03/2012	34	15:00	Dial No 15
05/03/2012	45	16:00	Dial No 10
07/03/2012	34	17:20	Dial No 8
08/03/2012	38	16:00	Dial No 10
09/03/2012	38	14:35	Dial No 10
09/03/2012	38	15:37	Dial No 10
13/03/2012	38	17:00	Dial No 10
14/03/2012	38	17:00	Dial No 10
15/03/2012	38	14:41	Dial No 10
16/03/2012	38	14:16	Dial No 10
19/03/2012	38	15:16	Dial No 10
20/03/2012	38	17:00	Dial No 10
21/03/2012	38	16:00	Dial No 10
22/03/2012	38	17:15	Dial No 10
23/03/2012	38	16:20	Dial No 10
26/03/2012	38	17:00	Dial No 10

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garandía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Calibración Temperatura Abril / Mayo

Horno Fisher Iso Temp		Temperatura 40°C ± 2		
<u>Fecha</u>	<u>Temperatura °C</u>	<u>Hora</u>	<u>Observaciones</u>	
09/04/2012	40	14:03	Dial 40 °C	
10/04/2012	40	14:10	Dial 40 °C	
11/04/2012	40	14:12	Dial 40 °C	
12/04/2012	40	13:27	Dial 40 °C	
13/04/2012	38	14:10	Dial 40 °C	
13/04/2012	40	15:11	Dial 40 °C	
16/04/2012	40	15:00	Dial 40 °C	
17/04/2012	40	14:31	Dial 40 °C	
18/04/2012	40	13:33	Dial 40 °C	
19/04/2012	40	14:32	Dial 40 °C	
20/04/2012	40	15:05	Dial 40 °C	
01/05/2012	40	14:05	Dial 40 °C	
02/05/2012	40	14:07	Dial 40 °C	
03/05/2012	40	14:10	Dial 40 °C	
04/05/2012	40	14:16	Dial 40 °C	
07/05/2012	40	15:02	Dial 40 °C	
08/05/2012	40	15:10	Dial 40 °C	
09/05/2012	40	14:30	Dial 40 °C	
10/05/2012	40	13:31	Dial 40 °C	
11/05/2012	40	14:31	Dial 40 °C	
14/05/2012	40	14:26	Dial 40 °C	
15/05/2016	40	16:01	Dial 40 °C	
16/05/2012	40	16:06	Dial 40 °C	
17/05/2012	40	15:10	Dial 40 °C	
18/05/2012	40	13:01	Dial 40 °C	

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

ANEXO 6

CONTROL TEMPERATURA HORNO LINDENBERGBLUE

Calibración Temperatura Febrero / Marzo

Horno Lindenberg Blue		Temperatura 45°C ± 2		
<u>Fecha</u>	<u>Temperatura °C</u>	<u>Hora</u>	<u>Observaciones</u>	
23/02/2012	60	5:51	Se realiza toma en 30 min. Dial 60 °C	
24/02/2012	60	13:48	Beacker con vaselina. Dial No 60 °C	
24/02/2012	65	14:48	Beacker con vaselina. Dial No 60 °C	
27/02/2012	47	17:56	Se realizo toma en 1 hora. Dial No 40 °C	
28/02/2012	56	13:30	Dial No 40 °C	
28/02/2012	56	16:00	Dial No 40 °C	
28/02/2012	56	16:50	Dial No 40 °C	
29/02/2012	55	17:35	Dial No 40 °C	
01/03/2012	47	17:53	Dial No 40 °C	
02/03/2012	47	14:46	Dial No 40 °C	
02/03/2012	45	15:48	Dial No 40 °C	
05/03/2012	44	15:00	Dial No 40 °C	
05/03/2012	45	16:00	Dial No 2	
07/03/2012	43	17:20	Dial No 2	
08/03/2012	45	16:00	Dial No 2	
09/03/2012	46	14:35	Dial No 2	
09/03/2012	44	15:37	Dial No 2	
13/03/2012	43	17:00	Dial No 2	
14/03/2012	43	17:00	Dial No 2	
15/03/2012	45	14:41	Dial No 2	
16/03/2012	45	14:16	Dial No 2	
19/03/2012	45	15:16	Dial No 2	
20/03/2012	44	17:00	Dial No 2	
21/03/2012	45	16:00	Dial No 2	
22/03/2012	45	17:15	Dial No 2	
23/03/2012	44	16:20	Dial No 2	
26/03/2012	45	17:00	Dial No 2	

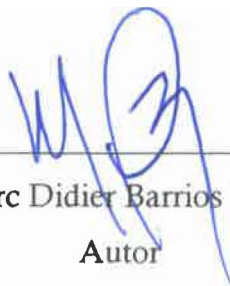
Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC

Calibración Temperatura Abril / Mayo

Horno Lindenberg Blue Temperatura 45°C ± 2

<u>Fecha</u>	<u>Temperatura °C</u>	<u>Hora</u>	<u>Observaciones</u>
09/04/2012	47	14:03	Dial 40 °C
10/04/2012	45	14:07	Dial 40 °C
11/04/2012	45	14:08	Dial 40 °C
12/04/2012	47	13:26	Dial 40 °C
13/04/2012	44	14:09	Dial 40 °C
13/04/2012	45	15:09	Dial 40 °C
16/04/2012	45	15:00	Dial 40 °C
17/04/2012	45	14:30	Dial 40 °C
18/04/2012	45	13:30	Dial 40 °C
19/04/2012	45	14:30	Dial 40 °C
20/04/2012	45	15:00	Dial 40 °C
01/05/2012	45	14:05	Dial 40 °C
02/05/2012	45	16:00	Dial 40 °C
03/05/2012	45	14:03	Dial 40 °C
04/05/2012	45	14:15	Dial 40 °C
07/05/2012	45	15:00	Dial 40 °C
08/05/2012	45	15:09	Dial 40 °C
09/05/2012	45	14:30	Dial 40 °C
10/05/2012	45	13:30	Dial 40 °C
11/05/2012	45	14:30	Dial 40 °C
14/05/2012	45	14:45	Dial 40 °C
15/05/2016	45	16:00	Dial 40 °C
16/05/2012	45	16:05	Dial 40 °C
17/05/2012	45	15:09	Dial 40 °C
18/05/2012	45	15:00	Dial 40 °C

Fuente: Datos Experimentales obtenidos en el Laboratorio de Garantía de la Calidad, Departamento de Análisis Aplicado, Edificio T-12, USAC



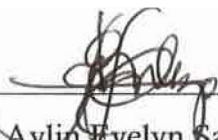
Br. Marc Didier Barrios Morales

Autor



Licda Julia Amparo García Bolaños

Asesora



Licda. Aylín Evelyn Santizo Juárez

Revisor



M.A. Alma Lucrecia Martínez Cano de Haase

Directora de Escuela de Química Farmacéutica



M.A. Pablo Ernesto Oliya Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia