

Índice.

CONTENIDO TEMÁTICO	Página
1. Resumen	4
2. Introducción	
3. Antecedentes	7
3.1 El Agua	7
3.1.1 Propiedades Físicas	7
3.1.2 Propiedades Químicas	8
3.1.3 El Agua como Compuesto Químico	9
3.1.4 Componentes del Agua	10
3.1.5 Límites Permisibles de Componentes del Agua.	10
3.2 Gluconato de clorhexidina.	11
3.2.1 Usos del Gluconato de clorhexidina.	12
3.2.2 Estabilidad del Gluconato de clorhexidina.	13
3.3 Pruebas Fisicoquímicas y Bacteriológicas para Determinar Agua Potable.	14
3.3.1 Carbono Orgánico Total.	14
3.3.2 Conductividad del Agua.	15
3.3.3 Microbiología del Agua Potable.	15
3.3.3.1 Método de los Tubos Múltiples de Fermentación.	16
4. Justificación	18
5. Objetivos	19

6. Hipótesis	20
7. Materiales y Métodos	21
7.1 Materiales	21
7.1.1 Materiales y Equipos en General	21
7.1.2 Cristalería en General	22
7.1.3 Reactivos	22
7.2 Métodos.	23
7.2.1 Metodología de Muestreo.	23
7.2.1.1 Recolección.	23
7.2.1.2 Almacenamiento y Transporte	23
7.2.1.3 Preparación de Muestras	24
7.2.2 Análisis Físicoquímicos	24
7.2.2.1 TOC, Carbono Orgánico Total	25
7.2.2.2 pH y Conductividad del agua	30
7.2.2.2.1 pH	30
7.2.2.2.2 Conductividad del agua	31
7.2.2.3 Test de Esterilidad del Agua	36
7.2.2.3.1 Método de los tubos múltiples de fermentación.	37
7.3 Diseño de la Investigación	37
7.3.1 Universo de Trabajo y Muestra	37
7.3.2 Cálculo de muestra	37

7.3.3	Diseño de muestreo	37
7.3.4	Análisis de resultados	38
7.3.4.1	Análisis de resultados para las tres variables binomiales:	38
8.	Resultados	39
8.1	Resultados Conductividad	40
8.2	Resultados TOC	44
8.3	Resultados Potabilidad	47
9.	Discusión de Resultados	48
10.	Conclusiones	53
11.	Recomendaciones	54
12.	Referencias	55
13.	Anexos	57

1. Resumen

En la presente investigación se determinó la calidad del agua utilizada en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt Antigua Guatemala, la cual es utilizada para la preparación de las soluciones antisépticas que se realizan en la farmacia interna para ser distribuidas a todos los servicios del el hospital.

El análisis se basó en la norma Guatemalteca COGUANOR 29001 para el agua potable, la cual indica que esta debe de cumplir con las pruebas indicadas en la USP 32 las cuales son conductividad del agua, materia orgánica total, y potabilidad del agua. Las dos primeras pruebas se le realizaron a un total de 20 muestras, las cuales se tomaron en un intervalo de tiempo de alrededor de tres meses, y la prueba de potabilidad del agua se le realizó a un total de 4 muestras una por mes. El muestreo se realizaba directamente en la farmacia interna del hospital justo antes de realizar las soluciones antisépticas, las muestras eran enfriadas inmediatamente después de la toma para evitar alteraciones, luego las muestras eran trasladadas a la capital para el análisis por medio de una cadena de frío para conservar la temperatura.

Los análisis se realizaron por separado en distintos laboratorios. La prueba de conductividad se realizó en el laboratorio de Análisis Inorgánico de la escuela de Química en la facultad de Farmacia en la Universidad de San Carlos de Guatemala, la prueba de materia orgánica se realizo en un laboratorio privado, y el análisis microbiológico se realizo en el Laboratorio Microbiológico de Referencia LAMIR de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los resultados para el análisis de conductividad ninguna cumplió con las especificaciones de la USP 32, para la prueba de materia orgánica ninguna cumplió con las especificaciones de la USP 32, y para la de potabilidad de las 4 muestras dos no cumplieron con las especificaciones de la USP 32 sin embargo en la norma COGUANOR indica por ser el 50% de cumplimiento se puede decir que la prueba no es satisfactoria y el agua tiene riesgo de estar contaminada con coliformes fecales.

En general el agua que se está utilizando actualmente en el Hospital Nacional de Antigua Guatemala no cumple con la calidad de agua potable para la USP 32 y por ende no cumple con los requerimientos de la normativa guatemalteca COGUANOR 29001.

La utilización de agua no cumple con los requerimientos mínimos de calidad, pone en riesgo la calidad de las soluciones antisépticas por lo que se plantean una serie de recomendaciones para solucionar este problema en el hospital, las cuales se basan en metodología para potabilización de agua, o compra de agua de fuente confiable y que este potabilizada.

La investigación se realizo bajo un análisis de hipótesis binomial para la cual se realizaron las pruebas a 20 muestras para mantener una significancia estadística, los resultados fueron en totalidad un no cumplimiento excediendo el límite de error por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula.

2. Introducción

La calidad de las soluciones antisépticas a nivel hospitalario es un tema que en Guatemala cada vez cobra más importancia, por ser estas diluciones elaboradas en la farmacia interna, es el farmacéutico el encargado de velar que cumplan con las especificaciones establecidas por las normas COGUANOR, las cuales indican que se debe seguir las normas dictadas por la USP vigente <3>. Según la USP 32 las diluciones antisépticas deben realizarse con agua de calidad de agua potable <5>.

En este estudio se efectuará un análisis de la calidad del agua que se utiliza como materia prima en la realización de la dilución de las soluciones antisépticas, del Hospital Nacional Pedro de Betancourt de Antigua Guatemala, para comprobar si esta cumple con las especificaciones para agua potable.

El presente es un estudio experimental de tipo de variable binomial para definir si el agua cumple o no cumple con las especificaciones de la norma COGUANOR 29-001.

La finalidad de este estudio es analizar si el agua que se está utilizando como materia prima para las soluciones antisépticas cumple con las especificaciones de la USP 32 para agua potable, y determinar si se puede seguir utilizando el agua de las marmitas de cocina, por el contrario, si esta no cumple con la calidad de agua potable, no se garantiza la calidad de las diluciones finales.

Las soluciones antisépticas en el Hospital Nacional de Antigua Guatemala, tienen el problema que no son estables, ya que presentan un precipitado a partir del tercer día de su preparación.

Estas soluciones en el ámbito hospitalario son de suma importancia debido a su amplio uso, por lo que deben cumplir con la calidad exigida por las autoridades respectivas. El procedimiento que se utiliza en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt es que se prepara una dilución de gluconato de clorhexidina, cuya concentración es al 4% y posteriormente la dilución final tiene una concentración de gluconato de clorhexidina al 1%. Existe evidencia que la dilución de la solución antiséptica a base de gluconato de clorhexidina al 1% no cumple con la calidad especificada <anexo 4>, por lo que surge la

inquietud de investigar si el agua que se utiliza como materia prima en la preparación de esta cumple con los parámetros exigidos por las autoridades guatemaltecas COGUANOR 29-001.

El agua que se utiliza, en el Hospital Nacional de Antigua es agua reciclada proveniente de las marmitas de la cocina, lo que hace dudar que esta cumpla con la calidad de agua potable que es exigida por la COGUANOR 29-001. Debido a la estabilidad del gluconato de clorhexidina <5>, el agua que se utilice para diluir esta no debe de sobrepasar el límite de sustancias solubles que es de 13 a 18 dH (dureza máxima permisible) ya que esto reduce la solubilidad de la misma favoreciendo la precipitación.

3. Antecedentes

3.1 El Agua

El agua cubre el 72% de la superficie del planeta Tierra y representa entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos. Es una sustancia relativamente abundante aunque sólo supone el 0,022% de la masa de la Tierra. Se halla en forma líquida en los mares, ríos, lagos y océanos.

Es fundamental para todas las formas de vida conocida. Los humanos consumen agua potable. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales <1>.

El agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la Tierra. El 3% de su volumen es dulce. De ese 3%, un 1% está en estado líquido, componiendo los ríos y lagos. El 2% restante se encuentra formando casquetes o banquisa en las latitudes próximas a los polos <1>.

3.1.1 Propiedades Físicas

El agua no tiene olor, sabor, ni color. Para obtener agua químicamente pura es necesario realizar diversos procesos físicos de purificación ya que el agua es capaz de disolver una gran cantidad de sustancias químicas, incluyendo gases <2>.

Se llama agua destilada al agua que ha sido evaporada y posteriormente condensada. Al realizar este proceso se eliminan casi la totalidad de sustancias disueltas y microorganismos que suele contener el agua; es prácticamente la sustancia química pura H₂O. Algunas características son:

- Presenta un punto de ebullición de 100 °C (373 °K) a presión de 1 atm.
- Tiene un punto de fusión de 0 °C (273 °K) a presión de 1 atm.
- El agua destilada no conduce la electricidad (agua pura es el agua destilada libre de sales y minerales)
- Se presenta en la naturaleza de tres formas, que son: sólido, líquido o gas.
- Tiene una densidad máxima de 1 g/cm³ a 4°C (277 °K) y presión 1 atm. Así, por cada centímetro cúbico (cm³) hay 1 g de agua.
- Posee capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso, de un líquido dentro de un tubo capilar.

- Calor latente de fusión del hielo a 0 °C: 80 cal/g (ó 335 J/g)
- Calor latente de evaporación del agua a 100 °C: 540 cal/g (ó 2260 J/g)
- Tiene un estado de sobreenfriado, es decir, líquido a -25 °C
- Tiene un elevado calor de vaporización, y una elevada constante dieléctrica.
- Tiene una gran fuerza de cohesión entre sus moléculas, y la fuerza de adhesión por los puentes de hidrógeno que son muy termohábiles <2>.

3.1.2 Propiedades Químicas

Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en laboratorios y en la industria tienen lugar entre sustancias disueltas en agua. El agua es disolvente universal puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella <2>.

- No posee propiedades ácidas ni básicas.
- Con ciertas sales forma hidratos.
- Es catalizador en muchas reacciones químicas.
- Presenta un equilibrio de autoionización, en el cual hay iones H₃O⁺ y OH⁻
- Reacciona con los óxidos ácidos para formar ácidos.
- $(\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4)$
- Reacciona con los óxidos básicos para formar hidróxidos.
- $(\text{H}_2\text{O} + \text{NaO} \longrightarrow \text{NaOH})$
- Reacciona con los metales
- $2 \text{HOH}(\text{L}) + 2 \text{Li}(\text{S}) \text{ -----} > 2 \text{LiOH}(\text{ac}) + \text{H}_2 (\text{G})$
- Reacciona con los no metales
- $\text{HOH}(\text{L}) + 2 \text{Cl}(\text{I}) \text{ -----} > \text{HClO}(\text{ac}) + \text{HCl}(\text{G})$ <2>.

En algunos casos los hidratos pierden agua de cristalización cambiando de aspecto, y se dice que son eflorescentes, como le sucede al sulfato cúprico

(CuSO₄), que cuando está hidratado es de color azul, pero por pérdida de agua se transforma en sulfato cúprico anhidro de color blanco.

Por otra parte, hay sustancias que tienden a tomar el vapor de agua de la atmósfera y se llaman hidrófilas y también higroscópicas; la sal se dice entonces que deliquesce, tal es el caso del cloruro cálcico <2>.

3.1.3 El agua como compuesto químico

Habitualmente se piensa que el agua natural que se conoce es un compuesto químico de fórmula H₂O, pero no es así, debido a su gran capacidad disolvente toda el agua que se encuentra en la naturaleza contiene diferentes cantidades de diversas sustancias en solución y hasta en suspensión, lo que corresponde a una mezcla <1>.

El agua químicamente pura es un compuesto de fórmula molecular H₂O, experimentalmente se encontró que el ángulo que forman los 2 enlaces covalentes oxígeno-hidrógeno es de 105° y la longitud de enlace oxígeno-hidrógeno es de 0.96 ángstrom y se requiere de 118 kcal/mol para romper uno de éstos enlaces covalentes de la molécula H₂O. Además, el que el ángulo experimental de enlace sea menor que el esperado teóricamente (109°) se explica como resultado del efecto de los 2 pares de electrones no compartidos del oxígeno que son muy voluminosos y comprimen el ángulo de enlace hasta los 105° <1>.

Las fuerzas de atracción se deben a que los electrones y los núcleos se atraen mutuamente porque tienen carga opuesta, el espín opuesto permite que 2 electrones ocupen la misma región pero manteniéndose alejados lo más posible del resto de los electrones <1>.

La estructura de una molécula es el resultado neto de la interacción de las fuerzas de atracción y de repulsión (fuerzas intermoleculares), las que se relacionan con las cargas eléctricas y con el espín de los electrones. De acuerdo con la definición de ácido y álcali de Brønsted-Lowry, los 2 pares de electrones no compartidos del oxígeno en la molécula H₂O le proporciona características alcalinas. Los 2 enlaces covalentes de la molécula H₂O son polares porque el átomo de oxígeno es más electronegativo que el de hidrógeno, por lo que esta molécula tiene un momento dipolar electrostático igual a 6.13×10^{-30} (coulombs)(ángstrom), lo que también indica que la molécula H₂O no es lineal, H-O-H <1>.

El agua es un compuesto tan versátil principalmente debido a que el tamaño de su molécula es muy pequeño, a que su molécula es buena donadora de pares de electrones, a que forma puentes de hidrógeno entre sí y con otros compuestos que tengan enlaces como: N-H, O-H y F-H, a que tiene una

constante dieléctrica muy grande y a su capacidad para reaccionar con compuestos que forman otros compuestos solubles <1>.

El agua es, quizá el compuesto químico más importante en las actividades del hombre y también más versátil, ya que como reactivo químico funciona como ácido, álcali, ligando, agente oxidante y agente reductor <1>.

2.1.4 Componentes del agua.

Debido a su capacidad de disolver numerosas sustancias en grandes cantidades, el agua pura casi no existe en la naturaleza.

Durante la condensación y precipitación, la lluvia o la nieve absorben de la atmósfera cantidades variables de dióxido de carbono y otros gases, así como pequeñas cantidades de material orgánico e inorgánico. Además, la precipitación deposita lluvia radiactiva en la superficie de la Tierra <1>.

En su circulación por encima y a través de la corteza terrestre, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas. Los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio. Las aguas de la superficie suelen contener también residuos domésticos e industriales. Las aguas subterráneas poco profundas pueden contener grandes cantidades de compuestos de nitrógeno y de cloruros, derivados de los desechos humanos y animales. Generalmente, las aguas de los pozos profundos sólo contienen minerales en disolución. Casi todos los suministros de agua potable natural contienen fluoruros en cantidades variables <1>.

2.1.5 Límites permisibles de componentes del agua

La entidad regulatoria en Guatemala que es el MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social) se basa en las normas COGUANOR, específicamente de interés la norma 29001, la cual establece las normas vigentes para determinación de agua potable en el país.

Según las normas COGUANOR los límites de sustancias químicas en el agua potable son <3>:

Fuente: Normas COGUANOR 29001

De la misma manera las normas COGUANOR hacen referencia a las normas vigentes en Estados Unidos las cuales son avaladas por, the US Enviromental Proteccion Agency, que es la entidad regulatoria en los Estados Unidos de Norteamérica. Los límites permisibles de esta agencia se encuentran en la tabla 1 de los anexos <3>.

3.2. Gluconato de clorhexidina

El gluconato de clorhexidina es una sustancia antiséptica. Pertenece al grupo de las bisguanidas y se utiliza ampliamente en todo procedimiento que necesita de limpieza microbiológica, a distintas concentraciones de 0.2%,0.12% y 0.10 % dependiendo de qué tipo de acción antiséptica se necesite <4>.

Con un espectro de acción tan amplio que incluye tanto a bacterias Gram-positivas como Gram negativas, algunos virus como el HIV y algunos hongos, y es esporicida a elevadas temperaturas, ha llegado a ser el antiséptico de elección para uso hospitalario <4>.

El mecanismo de acción del gluconato de clorhexidina se basa en desestabilizar y penetrar las membranas de las células bacterianas. El

gluconato de clorhexidina precipita el citoplasma e interfiere con la función de la membrana, inhibiendo la utilización de oxígeno, lo que ocasiona una disminución de los niveles de ATP y la muerte celular. En las bacterias Gram-negativas, el gluconato de clorhexidina afecta la membrana exterior permitiendo la liberación de las enzimas periplasmáticas. La membrana interna de estos microorganismos no es destruida, pero sí que es impedida la absorción de pequeñas moléculas <4>.

3.2.1 Usos del gluconato de clorhexidina

En general el gluconato de clorhexidina es un antiséptico de uso muy amplio por su gran espectro de acción, algunos de sus principales usos son <5>:

- Desinfección de las manos; para lo cual se utiliza gluconato de clorhexidina en diferentes concentraciones que van desde el 1% al 4% p/v, el gluconato de clorhexidina según numerosos estudios ha demostrado ser muy eficaz en comparación con otros antisépticos <5>.
- Desinfección general de la piel; en un estudio comparativo se demostró que el gluconato de clorhexidina al 5% en alcohol tiene una eficacia similar a las tinturas de yodo, sin embargo con la ventaja de no poseer reacciones de sensibilidad cutánea esto debido a que no posee la acción colorante de las soluciones iodadas <5>.
- Obstetricia y ginecología; estudios comparativos de antisépticos han demostrado la efectividad de geles de limpieza local tanto en áreas genitales, como en limpieza local de manos en enfermeras para prevenir infecciones cruzadas por manipulación de distintos pacientes. Se utiliza la solución de gluconato de clorhexidina al 1% para la limpieza de senos y perianal <5>.
- Higiene neonatal; en la actualidad se demostró que el uso de una solución al 1% de gluconato de clorhexidina, para la limpieza de la piel del neonato ha producido un descenso inmediato de los niveles de septicemia a sus niveles anteriores <5>.
- Quemaduras y heridas; por su poca irritación en el tejido, el gluconato de clorhexidina ha demostrado ser muy utilizada para evitar infecciones en la piel y tejido expuesto, tanto en lesiones de quemaduras y heridas dérmicas como en heridas más profundas <5>.

- Desinfección de equipo e instrumental; se ha demostrado que la inmersión de los instrumentos en gluconato de clorhexidina por 15 minutos suele ser muy eficaz, sin embargo estudios más recientes han logrado disminuir el tiempo con la combinación de antisépticos como gluconato de clorhexidina y alcohol que disminuye el tiempo a 2 minutos <5>.
- Desinfección del tracto urinario; un estudio demostró que alrededor de un 70% de pacientes sometidos a procedimientos del tracto urinario excretaban orina infectada, lo que los llevo a experimentar con el gluconato de clorhexidina irrigando la vejiga, y esto llevo a un descenso del 5% de pacientes que resultaban excretando orina infectada <5>.

3.2.2 Estabilidad del gluconato de clorhexidina

El gluconato de clorhexidina tiene una base insoluble en agua, lo que convierte su estabilidad en un problema, sin embargo se ha logrado sintetizar sales más solubles que contengan la base de gluconato de clorhexidina, de todas las sales que se han sintetizado la más soluble es el gluconato de clorhexidina, que para su manipulación se ha optado por presentarse al 20% de gluconato de clorhexidina <5>.

Sin embargo por su naturaleza fuertemente básica se han encontrado dificultades en la preparación de diluciones de gluconato de clorhexidina con agua que contenga altas concentraciones de aniones por lo cual es preferible el uso de agua destilada o desionizada para este fin, a menos que el agua potable local solo contenga bajas concentraciones de iones de sulfato, cloruro, carbonato, fosfato o nitrato <5>.

Los valores de pH más favorables para la actividad antibacteriana son 5.5 – 7. Fuera de este rango la base puede precipitarse, y mientras más disminuye el pH se deteriorará gradualmente <5>.

Hay que tener presente que la actividad antimicrobiana puede reducirse si alguno de los factores anteriormente expuestos está alterando la composición química de la solución de gluconato de clorhexidina, por lo que es fundamental el revisar los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos in vitro de las soluciones <5>.

3.3 Pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas para determinar agua potable

En Guatemala los análisis a realizar para determinar la potabilidad del agua se basan en la USP más reciente. En años anteriores la USP determinaba varias pruebas para comprobar la potabilidad del agua entre las cuales se incluían determinación de PH, amonio, nitritos, nitratos, cloruros, dureza entre otras, sin embargo en la nueva edición de la USP 32, se limita el análisis a 3 pruebas que son materia orgánica total, conductividad del agua, esterilidad del agua. Las cuales se ampliarán más adelante <6>.

3.3.1 Carbono Orgánico Total (TOC)

Fundamento:

Para medir el TOC o COT, Carbono Orgánico Total, se emplean aparatos que usan la oxidación en fase gaseosa <7>.

Se inyecta una cantidad conocida en una cámara de reacción, a 680°C, rellena con un catalizador oxidante. El agua se vaporiza y el carbono (orgánico e inorgánico) se oxida a CO₂. Este CO₂ se transporta, en corriente de aire, y se mide en un analizador de infrarrojos no dispersivo <7>.

Dado que con el procedimiento anteriormente descrito se determina carbono total (TC), se debe medir también el carbono inorgánico (IC), para obtener el TOC por diferencia, bien en base a otra metodología se elimina el carbono inorgánico antes de llevar a cabo la medición del TOC <7>.

La aireación y la acidificación de la muestra antes del análisis elimina los posibles errores debidos a la presencia de carbono inorgánico. Si se conoce la presencia de compuestos orgánicos volátiles en la muestra, se suprime la aireación para evitar su separación. El ensayo puede realizarse en muy poco tiempo, y su uso se está extendiendo muy rápidamente. No obstante, algunos compuestos orgánicos presentes pueden no oxidarse, lo cual conducirá a valores medidos del COT ligeramente inferiores a las cantidades realmente presentes en la muestra <7>.

3.3.2 Conductividad Del Agua

La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido" <8>.

La corriente eléctrica resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado. Dentro de la mayoría de los sólidos existen un flujo de electrones que provoca una corriente, y a este flujo de electrones se le denomina conducción, electrónica <8>.

En general el agua es un semiconductor de electricidad, y su conductividad aumenta dependiendo de la cantidad de sustancias que se encuentren disueltas en ella y que aumenten su capacidad de conducción <8>.

La conductividad eléctrica depende en gran medida del número de electrones disponibles para participar en el proceso de conducción. La mayoría de los metales son buenos conductores de electricidad, debido al gran número de electrones libres que pueden ser excitados en un estado de energía vacío y disponible. Por lo anterior se puede llegar a conocer la cantidad de metales que se encuentren en el agua dependiendo de la conductividad que esta muestra <8>.

3.3.3 Microbiología del Agua Potable

El agua potable es una clase de agua, que por su calidad, el ser humano puede estar seguro que al alimentarse de ella, esta se encuentra libre de cualquier sustancia que sea nociva para su salud. En cuanto a las sustancias microbiológicas que podrían ser nocivas para la salud del ser humano en el agua se pueden encontrar bacterias (como Shigella, Escherichia coli, Vibrio y Salmonella), virus (como el virus Norwalk y rotavirus) y protozoos (como Entamoeba, Giardia y Cryptosporidium). Estos microorganismos pueden provocar síntomas como náuseas, vómitos, diarrea y calambres estomacales. En las personas adultas con un buen estado de salud, estas enfermedades suelen ser leves y duran poco tiempo. En bebés, niños, ancianos y personas con el sistema inmunológico deprimido, pueden revestir mayor gravedad <9>.

Los microorganismos infecciosos pueden estar presentes en los excrementos de personas y animales. Los pozos y demás fuentes de

agua potable pueden resultar contaminados por las aguas pluviales procedentes de carreteras, granjas y explotaciones ganaderas, vertidos de plantas de tratamiento de aguas residuales o vertidos de sistemas sépticos <9>.

Las características bacteriológicas para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina <9>.

El estudio microbiológico del agua potable se basa en los coliformes fecales, debido a que la presencia de este microorganismo en agua es un indicador de contaminación microbiológica, por lo que si se evidencia la existencia de este microorganismo, se evidencia la presencia de patógenos en el agua, lo que indica que el agua no puede ser aprobada como agua potable <9>.

Con la finalidad de establecer la presencia de coliformes fecales en el agua, se establecen varias alternativas de métodos, siendo la elegida para esta investigación la metodología de los tubos múltiples de fermentación para análisis de coliformes, la cual está autorizada en las normas COGUANOR 29001 para análisis de agua potable <3>.

3.3.3.1 Método de los tubos múltiples de fermentación

Es el que comprende todas las bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, gram-negativas. Esta prueba sirve para identificar coliformes y E. coli. Presencia de X-GAL (cromógeno) y de MUG (fluorógeno) en el medio. Inhibe gram (+) por la presencia de lauril sulfato en el medio <10>.

Los coliformes usan el X-GAL produciendo un cambio de color (azul - verde) en el medio. Para identificar E. coli el MUG es degradado por la enzima glucoronidasa específica de E. coli y se observa fluorescencia bajo luz UV <10>.

Se observa un cambio en el color del medio por la presencia de coliformes, el cromógeno X-GAL ha sido usado por los coliformes <10>.

Este método es el método más utilizado para la determinación de presencia de coliformes debido a su simplicidad y eficacia, y se basa en el cambio de coloración <10>.

4. Justificación

El amplio uso de las soluciones antisépticas en los hospitales ha llevado a crear nuevas alternativas en la preparación de las mismas con el fin de agilizar el proceso de elaboración y disminuir costos en cuanto a la materia prima utilizada.

En el Hospital Nacional Pedro de Betancourt, Antigua Guatemala, debido a un recorte del presupuesto hospitalario se tuvo la necesidad de disminuir los costos en farmacia por lo que se decidió utilizar el agua proveniente de las marmitas de la cocina para hacer la dilución de las soluciones antisépticas, en la cocina esta agua es utilizada para la elaboración de los alimentos, y luego se transporta por medio de ollas industriales a la farmacia para ser reutilizada.

Sin embargo, el gremio galénico del Hospital reportó específicamente un precipitado en la solución antiséptica de gluconato de clorhexidina al 1%, la cual es la más utilizada en el hospital, luego del tercer día de su preparación, lo que conduce al personal a dudar no solo de la calidad si no de la efectividad de esta solución.

Debido al gran uso de estas soluciones en el Hospital y ser el Químico Farmacéutico el encargado de garantizar la calidad del material medicinal despachado en la farmacia, urge la inquietud de analizar el agua empleada como materia prima para hacer las soluciones antisépticas y verificar si esta cumple o no cumple con los criterios establecidos por la norma COGUANOR 29001, basadas en la USP 32 para agua potable.

5. Objetivos

General:

Analizar la calidad de agua que es utilizada en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt, Antigua Guatemala, para la elaboración de las soluciones antisépticas.

Específicos:

4.2 Determinar si el agua cumple con los parámetros de agua potable según las normas COGUANOR 29001.

4.3 Determinar si el agua cumple con la prueba de carbono orgánico total especificada en la USP 32.

4.4 Determinar si el agua cumple con la prueba de Conductividad especificada en la USP 32.

4.5 Determinar si el agua cumple con la prueba de esterilidad especificada en la USP 32.

4.6 Determinar si el agua que se utiliza actualmente en el Hospital Nacional de Antigua Guatemala puede seguir siendo utilizada para preparar las soluciones antisépticas.

6. Hipótesis

El agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas sí cumple con los parámetros COGUANOR 29001 en cuanto a conductividad, esterilidad y carbono orgánico total además de organolépticos.

7. Materiales y Métodos

7.1 Materiales:

7.1.1 Materiales y Equipos en general:

- Pichel de acero inoxidable
- Envase Polietileno Tereftalato (PET)
- Guantes
- Cámara de enfriamiento
- Beaker de enfriamiento
- Hielera
- Baterías de enfriamiento
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitados
- Beaker de plástico
- Termómetro
- Analizador TOC Shimadzu®, modelo TOC-v-cph
- Conductivímetro HANNA, HI 8820.
- Balanza analítica.
- Campana de extracción de gases.
- Gradilla para tubos de ensayo.

- Soporte de metal.

7.1.2. Cristalería en general:

- Beaker
- Balones volumétricos de 1000mL.
- Balones volumétricos de 500mL.
- Erlenmeyers
- Frascos de vidrio color ámbar.
- Pipetas volumétricas.
- Pipetas
- Probetas
- Termómetro
- Tubos de ensayo
- Varilla de Agitación

7.1.3. Reactivos:

- 1,4-Benzoquinona – Estándar USP.
- Sucrosa – Estándar USP.
- Agua Purificada – Grado USP.
- Cloruro de Potasio – Grado ACS.
- Agua Purificada – Grado USP.

7.2 Métodos:

7.2.1 Metodología de muestreo:

7.2.1.1 Recolección:

Se colectan las muestras de agua de la marmita única que provee el 100% del agua utilizada en la cocina y que luego es enviada a la Farmacia Interna. Antes de realizar el muestreo se agitará bien el agua de las marmitas garantizando su homogeneidad en todos los puntos. El muestreo se realizará cuando el agua todavía se encuentre a una temperatura elevada, debido a que con esto se garantiza la dilución de todo el material que este contenido en ella y que puede intervenir con las soluciones antisépticas finales <11>.

7.2.1.2 Almacenamiento y Transporte:

Para el almacenamiento es importante tomar en cuenta el envase que se utilizara para las muestras. El envase será de PET, el cual es el indicado debido a que es el envase plástico que libera menor cantidad de partículas, y este envase será de color ámbar para evitar la descomposición de la muestra por contacto con la luz. Los envases de muestreo y tapones se lavarán cuidadosamente con solución de hidróxido de sodio al 3% (30 g de soda cáustica en 1 litro de agua). Se lavarán suficientemente con agua potable y se repetirá el lavado de 2 a 3 veces con el agua de muestreo. Luego del muestreo se hará un registro del mismo y se

rotulará cada muestra tomada con una etiqueta correspondiente <11>.

El transporte hará con base en una cadena de frío para evitar la descomposición del agua, ya que la muestra será tomada en Antigua Guatemala, y será analizada en la Universidad de San Carlos en la ciudad de Guatemala. La muestra luego de tomada será enfriada inmediatamente y luego puesta en la hielera con las baterías para mantener la cadena de frío en su transporte <11>.

7.2.1.3 Preparación de muestras:

La muestra no será sometida a ninguna transformación química ya que para las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas no es necesario un tratamiento previo de estas. Sin embargo para su conservación sin cambio de cualquier tipo, la muestra deberá de ser enfriada inmediatamente luego de la recolección hasta alcanzar una temperatura inferior a 10°C, y el análisis deberá ser realizado con un máximo de 4 horas luego de la toma de las muestras <11>.

7.2.2 Análisis Fisicoquímicos:

Para el análisis fisicoquímico se seguirán las leyes vigentes en Guatemala, COGUANOR 29001, en la cual se especifica que para determinar la potabilidad de agua se debe de llevar a cabo el análisis especificado en la farmacopea estadounidense vigente. En el año en curso la edición más reciente de farmacopea estadounidense es la USP 32, en la cual se especifica que para que el agua sea potable debe de cumplir con tres pruebas <12>:

- TOC, Total Organic Carbon (Carbono orgánico total).
- PH, y Conductividad del agua.
- Esterilidad del agua.

Habiendo cumplido estas tres pruebas el agua puede considerarse pura.

7.2.2.1 TOC, Carbono orgánico total:

7.2.2.1.1 Reactivos,

- 1,4-Benzoquinona – Estándar USP. Tóxico por inhalación y por ingestión, irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- Sucrosa – Estándar USP. Producto no peligroso.
- Agua Purificada – Grado USP. Producto no peligroso.

7.2.2.1.2 Equipo

- Analizador TOC con un límite de detección inferior de 0.05 mg de carbono por litro (0.05 ppm de carbono).

7.2.2.1.3 Lavado de Cristalería

- Lavado de la cristalería para utilización del TOC.

Preparar una solución de Ácido Nítrico diluido, agitar vigorosamente y dejar reposar por 24 horas.

Desechar utilizando Bicarbonato Carbonatado o NaOH para neutralizar.

Lavar 8 veces, 2 minutos cada vez con agua purificada

USP. Secar y utilizar.

Toda la cristalería usada en el presente método deberá haber sido lavada por este método.

En caso los viales no se usen en el momento, almacenar tapados con septa.

7.2.2.1.4 Preparación de la Cristalería

La contaminación orgánica de la cristalería resulta en altos valores de TOC. Utilizar cristalería y contenedores de muestra que se han limpiado escrupulosamente de los residuos orgánicos. Se puede utilizar cualquier método que sea efectivo para remover material orgánico. Usar Agua grado reactivo para el enjuague final.

7.2.2.1.5 Soluciones

Agua Reactivo

Usar Agua de alta pureza con una conductividad a 25°C no mayor de 0.15 μS por cm (medida justo antes de su uso). Debe asegurarse que esta Agua no esté contaminada con cobre o sus productos (p. ej. pipas de cobre, alambiques ó reservorios). Para preparar el Agua se debe pasar Agua purificada a través de un cartucho deionizador empacado con una mezcla de resinas de grado nuclear, luego pasar a través de una membrana de éster de celulosa de porosidad no mayor de 0.45 μm^3 .

Solución Estándar

Pesar exactamente 59.5 mg de Estándar USP de Sucrosa, previamente secado a 105°C por 3 horas, y transferirlos a un balón volumétrico de 500 mL. Disolver con Agua Reactivo y llevar a volumen con el mismo solvente. Homogeneizar. Transferir, con pipeta volumétrica, 5 mL de esta solución a un segundo balón volumétrico de 500 mL. Llevar a volumen con Agua Reactivo y homogeneizar. (Esta solución contiene 0.50 mg de carbono por litro)

Solución Test

NOTA: Tener extremo cuidado cuando se tomen las muestras para el análisis de TOC. Las muestras de Agua pueden ser fácilmente contaminadas durante el proceso de muestreo y transporte al laboratorio.

Colectar la solución test en un contenedor hermético, de boca angosta, y analizar la muestra lo más rápidamente posible para minimizar el impacto de la contaminación orgánica por el tapón y el contenedor.

Solución para Adecuabilidad del Sistema

Pesar exactamente 75 mg de Estándar USP de 1,4-Benzoquinona y transferirlos a un balón volumétrico de 1000 mL. Disolver con Agua Reactivo y llevar a volumen con el mismo solvente. Homogeneizar. Transferir, con

pipeta volumétrica, 5 mL de esta solución a un segundo balón volumétrico de 500 mL. Llevar a volumen con Agua Reactivo y homogeneizar. (Esta solución contiene 0.50 mg de Carbono por litro).

Agua Reactivo Control

Usar una cantidad adecuada de Agua Reactivo obtenida al mismo tiempo que la usada en la preparación de la Solución Estándar y la Solución para Adecuabilidad del Sistema.

Otras Soluciones Control

Preparar una solución blanco adecuada u otra solución especificada necesaria para establecer la línea base del equipo o para los ajustes de calibración siguiendo las instrucciones del fabricante y corriendo un blanco apropiado para poner el cero del instrumento.

7.2.2.1.6 Adecuabilidad del Sistema

Ensayar el Agua Reactivo Control en el equipo y registrar la respuesta r_w . Repetir el test usando la Solución Estándar y registre la respuesta r_s . Calcular la respuesta corregida de la Solución Estándar, la cual también es el límite de respuesta, restando la respuesta del Agua Reactivo Control de la respuesta de la

Solución Estándar ($r_s - r_w$). El límite teórico de 0.50 mg de carbón por litro es igual a la respuesta corregida de la Solución Estándar, $r_s - r_w$. Ensaye la Solución para Adecuabilidad del Sistema en el equipo y registre la respuesta r_{ss} . Calcular la respuesta corregida de la Solución para Adecuabilidad del Sistema restando la respuesta del Agua Reactivo Control de la respuesta de la Solución para Adecuabilidad del Sistema ($r_{ss} - r_w$). Calcular la eficiencia de la respuesta para la Solución para Adecuabilidad del Sistema con la fórmula:

$$\text{Eficiencia} = 100 \left[\frac{(r_{ss} - r_w)}{(r_s - r_w)} \right]$$

El sistema es adecuado si la eficiencia de la respuesta no es menor al 85 % y no es mayor al 115 % de la respuesta teórica.

7.2.2.1.7 Procedimiento

Realizar la prueba con la Solución Test, y registrar la respuesta r_v . La Solución Test llena los requerimientos si r_v no es mayor que la respuesta límite, $r_s - r_w$. Este método también puede ser realizado alternativamente usando instrumentos en línea que han sido apropiadamente calibrados, estandarizados y que han demostrado la adecuabilidad del Sistema. La aceptabilidad de tal instrumentación en línea para análisis de calidad depende de su localización en el

sistema de agua. Esta localización del instrumento y las respuestas deben reflejar la calidad del agua utilizada <12>.

7.2.2.2 pH y Conductividad del agua:

7.2.2.2.1 pH

7.2.2.2.1.1 Reactivos

- Cloruro de Potasio – Grado ACS. Producto no peligroso.
- Agua Purificada – Grado USP. Producto no peligroso.

7.2.2.2.1.2 Soluciones

Solución Saturada de Cloruro de Potasio

Pesar 15 g de Cloruro de Potasio y transferir a un beaker de 100 mL. Agregar 40 mL de Agua purificada y agitar hasta que no haya más disolución.

7.2.2.2.1.3 Procedimiento

A 100 mL de la muestra agregar 0.30 mL de Solución Saturada de Cloruro de Potasio y determinar el pH potenciométricamente según el procedimiento 03.10.07, "*Determinación Potenciométrica de pH*" <12>.

7.2.2.2.2 Conductividad del agua:

7.2.2.2.2.1 Reactivos

- Solución estándar de 10 μs para calibrar
- Cloruro de Potasio – Grado ACS. Producto no peligroso.
- Agua Purificada – Grado USP. Producto no peligroso.

7.2.2.2.2.2 Equipo

- Conductivímetro HANNA, HI 8820
- Termómetro precisión de 0.5 °C

7.2.2.2.2.3 Soluciones

Solución Saturada de Cloruro de Potasio

Pesar 15 g de Cloruro de Potasio y transferir a un beaker de 100 mL. Agregar 40 mL de Agua purificada y agitar hasta que no haya más disolución.

7.2.2.2.4 Procedimiento

Paso No 1

Calibrar el equipo con solución estándar de $10 \mu\text{s}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

En el recipiente de muestreo, medir la temperatura de la muestra y después medir la conductividad de la muestra. Consultar en la Tabla No 1 el valor de la conductividad que corresponde a la temperatura medida. Si esta temperatura se encuentra en la Tabla, tomar el valor de la conductividad como Conductividad de Referencia. Si el valor de la temperatura medida no se encuentra en la Tabla, elegir la temperatura del valor inmediato inferior y tomar el valor de la conductividad como Conductividad de Referencia. Evaluar de la siguiente forma:

- Sí, conductividad medida $<$ conductividad de referencia \Rightarrow Conductividad Cumple
- Sí, conductividad medida $>$ conductividad de referencia \Rightarrow Seguir con el paso No 2

Tabla No. 1 Especificaciones de Temperatura vrs Conductividad del agua potable.

Temperatura (°C)	Conductividad (mcS / cm)
0	0.6
5	0.8
10	0.9
15	1.0
20	1.1
25	1.3
30	1.4
35	1.5
40	1.7
45	1.8
50	1.9
55	2.1
60	2.2
65	2.4
70	2.5
75	2.7
80	2.7
85	2.7
90	2.7
95	2.9
100	3.1

Fuente: Farmacopea de los Estados Unidos edición 32

Paso No 2

Transferir 100 mL de muestra a un beaker de plástico y colocarlo sobre un agitador

magnético. Medir la temperatura de la muestra, ajustar la temperatura a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y mantenerla constante durante el análisis. Agitar enérgicamente y simultáneo a la agitación tomar la lectura de conductividad. Cuando las lecturas de conductividad varían en menos de $0.1 \mu\text{s}$ en un intervalo de 5 minutos, anotar la lectura.

- Sí, conductividad medida $< 2.1 \mu\text{s} \Rightarrow$ Conductividad Cumple
- Sí, conductividad medida $> 2.1 \mu\text{s} \Rightarrow$ Seguir con el paso No 3.

Paso No 3

En un lapso menor a 5 minutos, agregar 0.3 mL de Solución Saturada de Cloruro de Potasio a la muestra anterior, manteniendo la temperatura en $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Determinar el pH de la muestra de acuerdo al test No. 2 de este procedimiento y consultar en la Tabla No 2 el valor de la conductividad que corresponde al pH medido. Tomar el valor de conductividad de la tabla como Conductividad de Referencia.

- Sí, conductividad medida $<$ conductividad de referencia \Rightarrow Conductividad Cumple
- Sí, conductividad medida $>$ conductividad de referencia o pH fuera de los límites (5.0 – 7.0)
 \Rightarrow Muestra No cumple.

Tabla No. 2 Especificaciones de pH vrs Conductividad para agua potable.

pH	Conductividad (\squares / cm)
5.0	4.7
5.1	4.1
5.2	3.6
5.3	3.3
5.4	3.0
5.5	2.8
5.6	2.6
5.7	2.5
5.8	2.4
5.9	2.4
6.0	2.4
6.1	2.4
6.2	2.5
6.3	2.4
6.4	2.3
6.5	2.2
6.6	2.1
6.7	2.6
6.8	3.1
6.9	3.8
7.0	4.6

Fuente: Farmacopea de los Estados Unidos edición 32

7.2.2.3 Test de Esterilidad del Agua

7.2.2.3.1 Método de los tubos múltiples de fermentación.

7.2.2.3.1.1 Reactivos

- Medio Nutritivo Fluorocult LMX
- Medio Nutritivo. - Producto no peligroso.

7.2.2.3.1.2 Procedimiento

Esterilizar todo el material que se vaya a utilizar para prevenir la contaminación y un falso positivo de las muestras.

- Adición de la muestra de agua (entre 0,1 y 100 ml)

Serie común : 5 tubos con porciones de 10ml de agua

5 tubos con porciones de 1ml de agua

5 tubos con porciones de 0,1ml de agua

- Incubación : $T = 35^{\circ}\text{C}$, $\theta = 48$ horas
 - Ausencia No cambio de coloración, en UV vis.
 - Presencia Cambio de coloración, en UV vis.
- No se permite la presencia del grupo de coliformes en los tubos analizados.

7.3 Diseño de la Investigación:

7.3.1 Universo y muestra

Universo: Agua utilizada para dilución de soluciones antisépticas.

Muestra: Alícuotas representativas del universo, tomadas al azar durante 10 semanas para obtener un total de 20 muestras diferentes.

7.3.2 Cálculo de la muestra

Para que las muestras sean representativas en función de las veces que se produce el agua para la farmacia se incluyen muestras en función del tiempo ampliándolas hasta obtener una representatividad de la producción.

Para lograr representatividad se tomará una muestra de 500 mL para cada análisis dos veces por semana por un tiempo de 10 semanas para alcanzar la cantidad de 20 muestras a lo largo del tiempo.

7.3.3 Diseño estadístico

Tipo de variable: Binomial para las tres variables a medir (carbono orgánico total, esterilidad, conductividad).

Días de producción de agua: dos veces por semana (martes y jueves).

Réplicas: Tres análisis fisicoquímicos (carbono orgánico total, conductividad, esterilidad). Cada análisis fisicoquímico se realizará por triplicado para garantizar la exactitud y la precisión de éste.

Para una probabilidad de 0.5 según la tabla de distribución binomial, si se seleccionan 20 muestras se aseguran un número estadísticamente representativo.

7.3.4 Análisis de resultados

7.3.4.1 Análisis de resultados para las tres variables binomiales:

Se quiere probar la hipótesis;

Ho: El agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas no cumple con los parámetros COGUANOR 29001. Por tanto si $p \leq 0.5$, No cumple.

Ha: El agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas si cumple con los parámetros COGUANOR 29001. Por tanto si $p > 0.5$, Si cumple.

Y esta hipótesis es para todos las pruebas por realizar (Carbono orgánico total, conductividad, esterilidad).

El análisis es experimental, y se estima para un nivel de $\alpha = 0.01$ trabajando bajo un nivel de confianza del 99%.

8. Resultados

Tabla No. 1 Resultados de los Análisis de la Potabilidad del Agua.

Muestra	Conductividad	TOC	Microbiología
Mx1	No Cumple	No Cumple	
Mx2	No Cumple	No Cumple	
Mx3	No Cumple	No Cumple	
Mx4	No Cumple	No Cumple	
Mx5	No Cumple	No Cumple	Sí Cumple
Mx6	No Cumple	No Cumple	
Mx7	No Cumple	No Cumple	
Mx8	No Cumple	No Cumple	
Mx9	No Cumple	No Cumple	
Mx10	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Mx11	No Cumple	No Cumple	
Mx12	No Cumple	No Cumple	
Mx13	No Cumple	No Cumple	
Mx14	No Cumple	No Cumple	
Mx15	No Cumple	No Cumple	Sí Cumple
Mx16	No Cumple	No Cumple	
Mx17	No Cumple	No Cumple	
Mx18	No Cumple	No Cumple	
Mx19	No Cumple	No Cumple	
Mx20	No Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente: Datos Experimentales

8.1

Resultados
Conductividad

Tabla 2. Resultados de análisis de conductividad.

Fecha	Muestra	1ra Parte				2da Parte				3ra parte	
		1ra lect uS/cm *	1ra T °C	2da lect uS/cm *	2da T °C	1ra lect	1ra T	2da Lect	2da T	pH	pH
08/09/2009	MX 1	242	15.1	241	15.2	259	25	252	25	8.53	8.51
10/09/2009	Mx2	222	13.6	214	14.3	239	25.6	239	25.6	8.5	8.51
15/09/2009	Mx3	320	15.2	321	15.5	236	25.2	234	25.2	8.61	8.57
17/09/2009	Mx4	222	15.3	220	15.6	228	25.6	229	25.6	8.44	8.57
22/09/2009	Mx5	327	22.2	388	22.7	398	25.9	398	25.9	8.75	8.73
24/09/2009	Mx6	426	23.9	350	24	432	25.15	431	25.15	8.72	8.72
29/09/2009	Mx7	397	24.4	398	24.4	393	25.3	391	25.3	8.69	7.73
01/10/2009	Mx8	427	24	307	24.4	397	25.5	395	25.5	8.75	8.78
06/10/2009	Mx9	365	24.6	384	24.9	390	25	396	25	8.69	8.75
08/10/2009	Mx10	394	23.9	395	23.9	398	25.2	395	25.2	8.44	8.48
13/10/2009	Mx11	394	24.1	390	24.1	398	25.15	399	25.15	8.52	8.5
15/10/2009	Mx12	354	24.1	341	24.2	362	25.1	364	25.1	8.63	8.62
20/10/2009	Mx13	303	22.3	301	22.4	310	25.45	312	25.45	8.64	8.65
22/10/2009	Mx14	301	21.7	303	22.5	380	25.95	383	25.95	8.63	8.64
27/10/2009	Mx15	13.4	22.3	21.4	23.3	23.41	25.4	23.36	25.4	8.73	8.7
29/10/2009	Mx16	2.4	21.4	2.48	21.33	3.84	25.65	3.97	25.65	8.77	8.76
03/11/2009	Mx17	2.14	21.7	4.34	21.7	4.37	25.85	4.35	25.85	8.76	8.7
05/11/2009	Mx18	4.36	22.9	4.3	23	4.32	25	4.29	25	8.72	8.71
10/11/2009	Mx19	3.2	21.9	3.25	24	3.7	25.35	4	25.35	8.6	8.63
12/11/2009	Mx20	4	22.7	4.7	23.7	4.6	25.9	5	25.9	8.5	8.5

Fuente: Datos Experimental

* US/cm micro siemens por centímetro = Dimensional de conductividad eléctrica del agua.

Tabla 3. Comparación de resultados de 1era parte con límites de la USP 32.

1era parte				
Muestra	Prom Lect 1.	Prom Temp.	Lim. Tabla 1. no > a	Resultado
MX 1	241.5	15.15	1	No Cumple
Mx2	218	13.95	0.9	No Cumple
Mx3	320.5	15.35	1	No Cumple
Mx4	221	15.45	1	No Cumple
Mx5	367.5	22.45	1.1	No Cumple
Mx6	388	23.95	1.1	No Cumple
Mx7	397.5	24.4	1.1	No Cumple
Mx8	367	24.2	1.1	No Cumple
Mx9	374.5	24.75	1.1	No Cumple
Mx10	394.5	23.9	1.1	No Cumple
Mx11	392	24.1	1.1	No Cumple
Mx12	347.5	24.15	1.1	No Cumple
Mx13	302	22.35	1.1	No Cumple
Mx14	302	22.1	1.1	No Cumple
Mx15	17.4	22.8	1.1	No Cumple
Mx16	2.44	21.365	1.1	No Cumple
Mx17	3.24	21.7	1.1	No Cumple
Mx18	4.33	22.95	1.1	No Cumple
Mx19	3.225	22.95	1.1	No Cumple
Mx20	4.35	23.2	1.1	No Cumple

Fuente: Datos Experimentales

	Verde = Lecturas de conductividad vrs temperatura
	Amarillo = Especificación USO 32
	Rojo = Dictamen

Tabla 4. Comparación de resultados de 2da parte con límites de la USP 32.

2da Parte

Muestra	Prom Lect 1.	Prom Temp.	L. Tabla 2.	Resultado
MX 1	255.5	15.45	2.1	No Cumple
Mx2	239	16	2.1	No Cumple
Mx3	235	12.3	2.1	No Cumple
Mx4	228.5	16	2.1	No Cumple
Mx5	398	21.9	2.1	No Cumple
Mx6	431.5	24.15	2.1	No Cumple
Mx7	392	24.3	2.1	No Cumple
Mx8	396	24.5	2.1	No Cumple
Mx9	393	25	2.1	No Cumple
Mx10	396.5	24.2	2.1	No Cumple
Mx11	398.5	24.15	2.1	No Cumple
Mx12	363	24.1	2.1	No Cumple
Mx13	311	22.45	2.1	No Cumple
Mx14	381.5	21.95	2.1	No Cumple
Mx15	23.385	22.4	2.1	No Cumple
Mx16	3.905	21.65	2.1	No Cumple
Mx17	4.36	21.85	2.1	No Cumple
Mx18	4.305	23	2.1	No Cumple
Mx19	3.85	24.35	2.1	No Cumple
Mx20	4.8	23.9	2.1	No Cumple

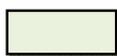
Fuente: Datos Experimentales

* Escala de colores igual a tabla No. 3.

Tabla 5. Comparación de resultados de 3era parte con límites de la USP 32.

3ra Parte			
Muestra	Promedio pH	Limite pH.	Resultado
MX 1	8.52	5 - 7.	No Cumple
Mx2	8.505	5 - 7.	No Cumple
Mx3	8.59	5 - 7.	No Cumple
Mx4	8.505	5 - 7.	No Cumple
Mx5	8.74	5 - 7.	No Cumple
Mx6	8.72	5 - 7.	No Cumple
Mx7	8.21	5 - 7.	No Cumple
Mx8	8.765	5 - 7.	No Cumple
Mx9	8.72	5 - 7.	No Cumple
Mx10	8.46	5 - 7.	No Cumple
Mx11	8.51	5 - 7.	No Cumple
Mx12	8.625	5 - 7.	No Cumple
Mx13	8.645	5 - 7.	No Cumple
Mx14	8.635	5 - 7.	No Cumple
Mx15	8.715	5 - 7.	No Cumple
Mx16	8.765	5 - 7.	No Cumple
Mx17	8.73	5 - 7.	No Cumple
Mx18	8.715	5 - 7.	No Cumple
Mx19	8.615	5 - 7.	No Cumple
Mx20	8.5	5 - 7.	No Cumple

Fuente: Datos Experimentales

	Verde = Lecturas de conductividad vrs pH
	Amarillo = Especificación USO 32
	Rojo = Dictamen

8.2 Tabla No. 6 Resultado de análisis de Carbono Orgánico Total (TOC) Muestras de la 1 – 6.

Inyec. N.	Descripción	peso (mg)	Area	Promedio	Conc. (ppB)	Rs-Rw	Promedio	Eficiencia de la respuesta 1,2:	
1	Blanco		14.22						
2	Agua		8.15	11.19					
1	Std-1: Sucrosa	59.5	64.65		501	9.364			
2		59.5	65.27	64.96	501	9.256	9.310		
1	Std-2: 1,4-Benzoquinona	75.0	59.88		500	10.259			
2		75.0	72.41	66.15	500	8.159	9.209	99.00	cumple
Inyec. N.	Descripción			Promedio	Conc. (ppB)	Limite en ppB	Resultado de la Muestra		
1	Muestra 1		278.50						
2			296.80	287.65	2,678	501		No Cumple	
1	Muestra 2		371.40						
2			373.60	372.50	3,468	501		No Cumple	
1	Muestra 3		616.00						
2			638.90	627.45	5,841	501		No Cumple	
1	Muestra 4		578.00						
2			584.20	581.10	5,410	501		No Cumple	
1	Muestra 5		525.00						
2			547.20	536.10	4,991	501		No Cumple	
1	Muestra 6		352.40						
2			360.40	356.40	3,318	501		No Cumple	

Fuente: Datos Experimentales

Tabla No. 7 Resultado de análisis de Carbono Orgánico Total (TOC) Muestras de la 7 – 14.

Inyec. N.	Descripción	peso (mg)	Area	Promedio	Conc. (ppB)	Rs-Rw	Promedio	Eficiencia de la respuesta 1,2:
1	Blanco Std-2: 1,4- Benzoquinona		12.02					
1		75.0	66.93		500	8.961		
2		75.0	74.74	70.84	500	7.860	8.411	93.00 Cumple
Inyec. N.	Descripción		Promedio	Conc. (ppB)	Limite en ppB	Resultado de la Muestra		
1	Muestra 7		273.70			501		No Cumple
2			323.00	298.35	2,778			
1	Muestra 8		365.30			501		No Cumple
2			447.30	406.30	3,783			
1	Muestra 9		326.50			501		No Cumple
2			360.50	343.50	3,198			
1	Muestra 10		352.30			501		No Cumple
2			351.40	351.85	3,276			
1	Muestra 11		364.60			501		No Cumple
2			422.70	393.65	3,665			
1	Muestra 12		279.60			501		No Cumple
2			305.40	292.50	2,723			
1	Muestra 13		296.90			501		No Cumple
2			395.00	345.95	3,221			
1	Muestra 14		285.60			501		No Cumple
2			358.60	322.10	2,999			

Fuente: Datos Experimentales

Tabla No. 8 Resultado de análisis de Carbono Orgánico Total (TOC) Muestras de la 7 – 14.

Inyec. N.	Descripción	peso (mg)	Area	Promedio	Conc. (ppB)	Rs-Rw	Promedio	Eficiencia de la respuesta 1,2:
1	Std-1: Sucrosa	59.5	69.83		501	8.536		
2		59.5	81.21		501	7.149	7.843	
1	Std-2: 1,4-Benzoquinona	75.0	67.09		500	8.936		
2		75.0	78.31		500	7.442	8.189	104 cumple
Inyec. N.	Descripción			Promedio	Conc. (ppB)	Limite en ppB	Resultado de la Muestra	
1	Muestra 15		437.60					
2			454.30	445.95	4,152	501		No Cumple
1	Muestra 16		352.40					
2			447.30	399.85	3,723	501		No Cumple
1	Muestra 17		555.20					
2			498.60	526.90	4,905	501		No Cumple
1	Muestra 18		225.80					
2			217.40	221.60	2,063	501		No Cumple
1	Muestra 19		364.60					
2			228.90	296.75	2,763	501		No Cumple
1	Muestra 20		330.50					
2			305.40	317.95	2,960	501		No Cumple

Fuente: Datos Experimentales

8.9 Tabla No. 9 Análisis de Microbiológico Presencia de Coliformes Fecales.

Mes	Fecha	Limite Coliformes	Conteo de Mx	Resultado
Octubre	15/09/2009	< 2 NMP/100mL	33 NMP/100mL	No Cumple
Noviembre	09/10/2009	< 2 NMP/100mL	<2 NMP/100mL	Si Cumple
Noviembre	19/10/2009	< 2 NMP/100mL	14 NMP/100mL	No Cumple
Febrero	11/02/2010	< 2 NMP/100mL	<2 NMP/100mL	Si Cumple

Fuente: Datos Experimentales

8.10 Análisis Estadístico.

Las evaluaciones de 20 muestras para las pruebas de conductividad del agua y carbono orgánico total, dieron como resultado para la totalidad de pruebas “no cumple”, por lo que la conclusión es que no hubo cumplimiento significativo. Evidenciando como resultado $p > 0.01$.

En el caso del ensayo de potabilidad del agua para la prueba de coliformes fecales, de las 4 muestras que exigen las normas coguanor 29001, solo cumplieron 2 y se interpreta de la misma manera, ya que el resultado global es que no puede considerarse significativa mostrando un $p = 0.688$.

Por tanto si las 20 muestras no cumplen con las pruebas requeridas la H_0 no se puede rechazar.

9. Discusión de Resultados.

El presente estudio se realizó en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt Antigua Guatemala. Debido a la problemática que se observó por la precipitación de las soluciones antisépticas a base de gluconato de clorhexidina dió origen a esta investigación observándose que el agua que se utilizaba para hacer las diluciones provenía de la marmita que se encuentra en la cocina. Al observar la procedencia del agua nace la inquietud de verificar si ésta cumple con las especificaciones de calidad.

El manual de soluciones antisépticas a base de gluconato de clorhexidina indica que para garantizar la calidad de las soluciones, éstas se deben de realizar con agua que como requisito mínimo sea agua potable. El propósito de éste trabajo es verificar si el agua que es utilizada para hacer las diluciones cumple con los parámetros para potabilidad.

Según las normas COGUANOR 29001, que son las vigentes en Guatemala, el agua potable debe de cumplir con los requerimientos especificados en la farmacopea vigente, USP 32, la cual indica que las tres pruebas que se deben realizar para comprobar la potabilidad son; conductividad del agua, materia orgánica total, y potabilidad, las cuales se analizaron en este estudio y sus resultados fueron los siguientes.

En la tabla 1 se observa un resumen de los análisis realizados a las 20 muestras; de las cuales se estableció que ninguna cumple con las especificaciones según la USP 32, lo que indica que el agua que actualmente se utiliza para la dilución de todas las soluciones antisépticas en el Hospital de Antigua Guatemala, no es apta para consumo humano y depleciona la calidad de las soluciones antisépticas.

En cuanto al análisis de conductividad, el agua pura contiene iones disueltos de modo que hace que esta sea un buen conductor de la electricidad, por ejemplo, el agua destilada ordinaria en equilibrio con dióxido de carbono en el aire tiene una conductividad aproximadamente de (20 dS/m), sin embargo la conductividad del agua aumenta cuando aumenta la concentración de iones y este aumento hace variar la calidad del agua.

El agua para considerarse potable no debe de tener una mayor conducción de electricidad de los valores que presenta la USP 32 (ver tabla 1) en la cual se indican los valores máximos de conductividad permisible según la temperatura de la muestra.

Para el análisis de la conductividad se procede a la calibración del equipo con la solución estándar de KCl 10uS/cm. En las mediciones realizadas a las muestras, en la primera parte, ninguna muestra cumplió con el límite permisible de conductividad para agua potable. Los resultados obtenidos fueron muy variables, dando resultados desde 400uS/cm, a 2.44uS/cm (tabla No. 2 y No. 3), sin embargo ningún resultado cumplió con el límite asignado por la USP 32.

Una posible explicación al hecho de que los resultados poseen un rango variable es el tiempo de calentamiento que se tiene el agua, ya que si el agua hierve por mucho tiempo se evapora gran cantidad de ésta, y los iones que quedan en ella se concentran, y por el contrario para los resultados en los que la lectura es menor se puede decir que el agua

tuvo menos tiempo de ebullición y no se encuentran tan concentrados los iones conductores. Sin embargo ningún resultado cumplió con el límite asignado por la USP 32.

Debido a estos resultados se prosigue con la segunda parte de esta prueba, en la cual, se elevó la temperatura a 25°C esto con el fin de evitar un posible resultado alterado en la primera lectura por la temperatura de las muestras. Ya que a menor temperatura menor fluidez iónica y por ende menor lectura. Todas las muestras sobrepasaron el límite de 2.1uS/cm por lo cual ninguna muestra cumplió (tabla No. 2 y No. 4). En cuanto al incremento de la temperatura con respecto a la medición anterior (primera parte), todas las muestras elevaron su conductividad proporcionalmente a la temperatura, lo cual se esperaba debido a que como se mencionó anteriormente a mayor temperatura mayor fluidez iónica y por ende mayor conductividad eléctrica.

En la tercera parte, se agregaron 0.3mL de una solución saturada de KCl la cual sirve para estabilizar los iones libres de la muestra y garantizar una adecuada lectura, según la USP 32 para esta parte se debe de medir la conductividad basándose en la tabla No.3 de la metodología en la cual se estima el límite de conductividad dependiendo del pH de la muestra, con lo cual se descarta la temperatura como punto de referencia y se toma el pH, sin embargo el límite de pH que muestra la USP 32 es de 5-7, y todas las muestras presentaban un pH mayor al del rango (tabla No2 y No. 5), lo cual indica que ninguna muestra cumple con las especificaciones.

En conclusión para el análisis de conductividad de agua potable de las 20 muestras analizadas, ninguna cumple con los requisitos de la USP 32 para agua potable.

Este resultado se justifica debido a que en el proceso previo a la entrega del agua a la farmacia interna, esta se encuentra en constante calentamiento en la marmita de la cocina del hospital, al ebullición por mucho tiempo parte de esta se pierde como vapor, sin embargo los iones y metales libres que se encuentran en ésta, no se evaporan; por el contrario se concentran en el agua que va quedando en la marmita, la concentración de estos iones hace que el agua se torne más dura y por ende tenga una mayor conductividad.

El agua contiene muchas sustancias disueltas, sin embargo la mayor parte de los sólidos que se encuentran en el agua generalmente son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos están formados generalmente de una combinación de carbono hidrógeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno. Los principales grupos de macro-sustancias que se encuentran en aguas naturales son, las proteínas (40% - 60%), hidratos de carbono (25% - 50%), y grasas (10%).

La cantidad de materia orgánica que se encuentra en las aguas puede alterar la calidad de estas, es decir, a menor cantidad de materia orgánica mayor es la pureza del agua. La materia orgánica en el agua es un potencial contaminante del agua, ya que ésta es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores, pudiendo así proliferar el crecimiento de microorganismos en el agua.

Para medir la contaminación del agua por material orgánico se utilizan analizadores de carbono orgánico total COT o TOC (por sus siglas en inglés), el aparato se basa en un

incinerador que evapora el agua a una temperatura a la cual el carbono existente se evapora y se mezcla con un catalizador que inyecta el aparato, este catalizador reacciona con el carbono evaporado y lo convierte en anhídrido carbónico, este último se detecta mediante un lector infrarrojo conectado al TOC y muestra el resultado en un área bajo la curva, para luego operarlo a partes por billón. Cabe mencionar que para el análisis de TOC, el aparato se calibra cada seis muestras con dos soluciones estándar de benzoquinona y sucrosa, y que éstas con un porcentaje de pureza muy cercano al 100% dando como resultado de su lectura las 501 ppB especificadas en la USP, lo que indica que el aparato sí se encuentra calibrado y que sus resultados son confiables. Para cada muestra se obtuvo una lectura por duplicado y para los resultados se analizó el promedio de esta lectura.

Para el análisis de materia orgánica en este estudio, las muestras se llevaron a un laboratorio privado. Los resultados obtenidos fueron determinantes ya que ninguna muestra de agua que se utiliza en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt de Antigua Guatemala para realizar la dilución de las soluciones antisépticas se encontró por encima del límite permitido por la USP 32 el cual es de 501 ppB de materia orgánica total. Esto indica que el agua analizada no cumple con las especificaciones para agua potable. De los resultados obtenidos, ninguno está por debajo de las 2000 partes por billón, es decir todos son 4 veces más elevados de lo esperado, lo que demuestra un exceso considerable de materia orgánica lo que es peligroso ya que la materia orgánica es nutriente directo para la proliferación de bacterias sirviendo de medio de cultivo directo en relación al tiempo y manejo. Para disminuir la cantidad de materia orgánica, el agua debe de tratarse previamente con un sistema de filtros los cuales retienen gran cantidad de éste material contaminante del agua.

En la tabla No. 9 se encuentran los resultados del análisis de potabilidad del agua, para esta prueba se analiza la cantidad de coliformes fecales que se encuentran en el agua, ya que la presencia de éstas indica la contaminación con bacterias patógenas para el ser humano, lo que hace que el agua no sea potable. Las bacterias patógenas representan un serio riesgo para la salud pública y es prioritario eliminarlas del agua de consumo humano, debido a que su ingestión podría ocasionar una epidemia con graves consecuencias para la salud de la población, es por esto que el agua debe de ser potabilizada por distintos métodos. Esto generalmente es un trabajo realizado en las municipalidades y por las empresas encargadas de la distribución de este recurso.

Los microorganismos patógenos para el consumo humano se desarrollan sin ningún problema en el agua, sin embargo estos microbios llegan a ella a través de las heces y otros restos orgánicos que se encuentran en el medio ambiente y contaminan las fuentes principales de suministro de agua para analizar la contaminación microbiana en el agua este estudio se basó en las normas COGUANOR, que es el normativo vigente para el país según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en el cual se indica que el análisis de la potabilidad se debe de realizar una vez por mes para verificar si el abastecimiento de agua está cumpliendo con las especificaciones, si este presenta un nivel elevado de coliformes se deduce que esta no es potable.

El análisis se llevo a cabo en el Laboratorio Microbiológico de Referencia LAMIR, para el cual se presentaron cuatro muestras, una por cada mes. De estas muestras dos no cumplieron con las especificaciones, mientras las otras si cumplieron, esto indica que la fuente de agua no es confiable, ya que en un 50% no cumplió con el análisis.

La contaminación microbiológica puede tener varias fuentes, debido a que el agua luego de ser hervida en las marmitas de la cocina se deja enfriar al aire libre para luego ser trasladada a las ollas industriales, por medio de las cuales se traslada a la farmacia interna, aquí el agua se deja reposar un día más a temperatura ambiente para luego ser utilizada. En todo este proceso se observan ciertos aspectos que comprometen la calidad del agua los cuales se mencionan a continuación; en la cocina en el momento de trasladarla a las ollas debe de existir una capacitación del personal que unifique los criterios de buenas prácticas de manufactura para el tratamiento del agua. Otro punto de contaminación puede ser el día de reposo que se encuentra en la farmacia interna ya que el agua se encuentra a temperatura ambiente lo cual favorece el crecimiento de microorganismos, por último cabe mencionar que el ambiente intrahospitalario no es el adecuado para mantener inocua el agua, ya que la farmacia interna colinda con la fila de los pacientes de la consulta externa que son portadores de diferentes tipos de enfermedades y microorganismos.

Estos posibles lugares de contaminación se confirman con los resultados ya que al obtener dos muestras que no cumplen con las especificaciones se puede concluir que el agua en sí, no cumple con los parámetros para microbiológicos para agua potable.

Por lo anteriormente expuesto el agua que se está utilizando para la dilución de las soluciones antisépticas en el hospital no cumple con los parámetros requeridos por la normativa guatemalteca (COGUANOR 29001), y tampoco lo establecido por la USP 32

Para poder aumentar la calidad de las soluciones antisépticas que se elaboran en la farmacia es indispensable contar con agua potable como materia prima para lo cual se plantean posibles soluciones.

Se necesitaría un sistema de filtro y purificación de agua en la farmacia interna para disminuir la dureza que esta alcanza luego de hervirla, se debe de normar el tiempo que se hierve el agua en la cocina y utilizarla inmediatamente después de que ésta fue hervida, ya que con el tiempo de espera en el hospital esta se contamina, además, se necesita capacitar al personal que va a entrar en contacto con el agua con buenas prácticas de manufactura para el manejo de agua potable, y la estructuración de un procedimiento estándar de operaciones que homogenice el tratamiento que no solo sea comunicado, si no también evaluado y supervisado por el Químico Farmacéutico a cargo de la farmacia, de modo que se establezca la reproductibilidad del tratamiento y asegure la potabilidad del agua y por ende la eficacia de las soluciones antisépticas a base de clorhexidina.

En cuanto al análisis estadístico, para las pruebas de conductividad y carbono orgánico total como se mencionó anteriormente se realizaron los análisis a 20 muestras a lo largo

del tiempo para lograr una significancia estadística para la prueba de hipótesis binomial, los resultados fueron. Para todas las pruebas realizadas, en su totalidad de casos, ninguna cumplió con los parámetros establecidos, lo que resulta en un porcentaje de error muy alto superando el permitido, esto indica que la hipótesis nula no se debe de rechazar. Por su parte el análisis de potabilidad en presencia de coliformes, como se mencionó anteriormente, el análisis se realizó 4 veces en función del tiempo muestreándose una vez al mes como indican las normas COGUANOR 29001, y los resultados fueron, de 4 análisis realizados, 2 presentaron positivo en presencia de coliformes y 2 negativo, según la tabla de variables binomiales este resultado no puede considerarse significativo por presentar un error muy grande $p=0.688$.

Esto evidencia que el agua por ninguna razón debe de ser aceptable su utilización como materia prima.

10. Conclusiones

- 10.1 El agua utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt Antigua Guatemala No cumple con los parámetros COGUANOR 29001 para agua potable en cuanto a conductividad, esterilidad y carbono orgánico total, además de los análisis organolépticos.
- 10.2 Para el análisis de materia orgánica, ninguna de las muestras cumple con las especificaciones de la USP 32 para agua potable debido a que el agua no se trata con ningún sistema de filtros lo que no elimina la cantidad de materia orgánica excesiva.
- 10.3 De las muestras a las que se les realizó el análisis de conductividad ninguna cumple con las especificaciones de la USP 32 para agua potable debido a que al hervir el agua por un tiempo muy prolongado se concentran los iones fluidos y los metales por lo que aumenta la conductividad del agua.
- 10.4 El 50% de las muestras a las que se les realizó el análisis de potabilidad no cumplen con las especificaciones de la USP 32 para agua potable, lo que indica que el agua está contaminada con coliformes fecales, y la presencia de estos microorganismos indica que el agua está contaminada con heces fecales.
- 10.5 Para las tres pruebas realizadas las muestras no cumplen con las especificaciones de la USP 32 por lo que esta no puede seguir siendo utilizada para la dilución de las soluciones antisépticas.
- 10.6 Según la prueba de hipótesis binomiales por el no cumplimiento de la totalidad de las pruebas dando como resultado una no significancia, la hipótesis nula no se puede rechazar.

11. Recomendaciones

- 11.1** Realizar un procedimiento estándar de operación para el mantenimiento de la potabilidad del agua utilizada en la manufactura de las soluciones antisépticas en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt para unificar el procedimiento y capacitar al personal.
- 11.2** Solicitar a las autoridades del Hospital un sistema de filtros y purificadores de agua para poder potabilizar, de lo contrario sugerir proveedores que distribuyan agua potable de calidad.
- 11.3** Establecer un tiempo determinado de ebullición del agua para evitar la concentración de iones que alteran la conducción eléctrica de ésta.
- 11.4** Capacitar a todo el personal del hospital que tiene contacto con el agua acerca de buenas prácticas e inocuidad de materia prima en un programa constante que evalúe su capacidad y desempeño en esa tarea.
- 11.5** Verificar la cantidad de galones pedidos y utilizados en los distintos servicios por parte del personal de enfermería, para disminuir gastos implementando un sistema de manejo de inventarios y cotejo de requisiciones.
- 11.6** Si se consigue el sistema de filtros para potabilizar el agua, establecer un lugar, por parte de la farmacia interna, para el resguardo del agua a utilizar para realizar las soluciones antisépticas del Hospital, de manera que no se contamine la misma y se desperdicien recursos económicos.
- 11.7** Utilizar el agua inmediatamente después de su purificación, si se va a utilizar hasta el día siguiente almacenarla a 4°C para evitar el crecimiento microbiano en lugares establecidos en la farmacia interna del Hospital Nacional Pedro de Betancourt
- 11.8** Realizar análisis de calidad periódicamente para verificar la potabilidad del agua.

12. Referencias

1. Skoog Douglas et al. **Química Analítica**. 7ma Edición. México. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. 2001. Pág. 51
2. Martínez Marible. **Propiedades Físicas y Químicas del Agua**. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos14/propiedades-agua/propiedades-agua.shtml>. junio/09.
3. **Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR, NGO 29-001: ISO 2000**, Ministerio de Economía, Guatemala, Septiembre, 2003. Pág. 14
4. Instituto Químico Biológico. **Vademécum de Productos Farmacéutico**. Disponible en <http://www.iqb.es/cbasicas/farma/farma04/c090.htm>. junio/09
5. Droguería Italiana. **Manual del uso de la clorhexidina en el campo antiséptico**. Farmabios. Pág. 3-7
6. Carpenter Philip L. **Microbiología**. 4ta Edición. México. Editorial Interamericana S.A. 1979 pág. 485.
7. **Determinación del Carbono Orgánico Total**. Disponible en <http://personal.us.es/jmorillo/medicion5/COT.pdf> julio/09
8. Lenntech **Water treatment & air purification Holding B.V.** Rotterdamseweg. 2008. Disponible en <http://www.lenntech.com/espanol/conductividad-agua.htm> junio/09
9. Carpenter Philip L. **Microbiología**. 4ta Edición. México. Editorial Interamericana S.A. 1979 pág. 485.
10. Laboratorio de Ecología Microbiana. **Bioquímicas I**. Colombia. 2009. Disponible en <http://cienciasbiologicas.uniandes.edu.co/lema/nodo.php?id=39> julio/09
11. Acreditación y Gestión Ambiental de América Central AGACE. **Muestreo de aguas**. Disponible en http://www.cegesti.org/agace/presentaciones/08_manual_aguas_muestreo_de_aguas.pdf. > julio /09
12. **The United States Pharmacopeia USP**. Edición 30 NF 25. United States Pharmacopeia Convention, Inc. 2004. Pág. 1856

13. Refai M. K. **Manual para el Control de Calidad de los Alimentos**. 2da Edición. Roma. Editorial de la ONU. 1996. Pág. 77 D-4
14. Merk. **Manual de medios de Cultivo**. 3ra Edición. Alemania 1994. Pág. 39
15. Wikipedia. **El agua y su Problemática mundial**. Disponible en Web page. . <<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Agua&action=edit>> agosto/09
16. Farmacia Práctica. Farmacotecnia. **Solución Antiséptica de Clorhexidina**. Disponible en <<http://external.doyma.es/pdf/4/4v24n11a13082907pdf001.pdf>> agosto/09.
17. Santos Neciso. **Efectividad Antiséptica de Gluconato de Clorhexidina**. Mayo 2008. Disponible en <<http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=34694439>> agosto/09
18. Fisicanet. **Propiedades Físicas y Químicas del Agua**. Septiembre 2009. <http://www.fisicanet.com.ar/quimica/aguas/ap05_aguas.php> septiembre/09.
19. John Kotz. **Química y Reactividad Química**. 5ta Edición. México. Editorial Thomson. 2004
20. Keenan Wood. **Química General Universitaria**. 5ta Edición. México. Editorial Continental S.A.
21. Gordon Barrow. **Química Física para las Ciencias de la Vida**. 1ra Edición. España. Editorial Reverté. 1976.
22. Análisis de Agua. **Tutorial Análisis del Agua para Ingenieros**. Disponible en <<http://www.avantel.net/~arbolag/html/content.htm>> septiembre/09.
23. Quiminet. **Eficiente Método para Detección de Carbono Orgánico Total**. México. 2009. Disponible en <http://www.quiminet.com/ar2/ar_%2522%2590se%255B%25B3%25BF%2587.htm> septiembre/09.
24. Universidad de Alicante. **Determinación Simultánea de Carbono Orgánico Total, Carbono Inorgánico, y Metales Pesados en Agua**. Disponible en <<http://www.ua.es/otri/es/areas/ttot/docs/TO-TOC-ESP.pdf>>
25. SEED. Resistividad y Conductividad del Agua. © 2009 Schlumberger Excellence in Educational Development, Inc. <<http://www.seed.slb.com/v2/FAQView.cfm?ID=873&Language=ES>>

13. Anexos

ANEXO # 1: Tabla de Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable según la EPA (Environmental Protection Agency).

Contaminante	MNMC ¹ (mg/l) ⁴	NMC ² o TT ³ (mg/l) ⁴	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Químicos Inorgánicos				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de colesterol en sangre; descenso de azúcar en sangre (aumento de colesterolhemia; hipoglucemia).	Efluentes de refinerías de petróleo; retardadores de fuego; cerámicas; productos electrónicos; soldaduras.
Arsénico	ninguno ⁵	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; agua de escorrentía de huertos; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.
Asbestos (fibras >10 micrómetros)	7 millones de fibras por litro (MFL)	7 MFL	Alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.	Deterioro de cemento amiantado (fibrocemento) en cañerías principales de agua; erosión de depósitos naturales.
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinerías de metales; erosión de depósitos naturales.
Berilio	0.004	0.004	Lesiones intestinales.	Efluentes de refinerías de metales y fábricas que emplean carbón; efluentes de industrias eléctricas, aeroespaciales y de defensa.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías de metales; líquidos de escorrentía de baterías usadas y de pinturas.

Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Cobre	1.3	Nivel de acción=1.3; TT ⁶	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de conservantes de madera.
Cianuro (como cianuro libre)	0.2	0.2	Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides	Efluentes de fábricas de acero y metales; efluentes de fábricas de plásticos y fertilizantes
Flúor	4.0	4.0	Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea) Los niños podrían sufrir de dientes manchados	Aditivo para agua para tener dientes fuertes; erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Plomo	cero	Nivel de acción=0.015; TT ⁶	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
Mercurio (Inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refineras y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo.
Nitrato (medido como nitrógeno)	10	10	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Nitrito (medido como nitrógeno)	1	1	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitritos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Selenio	0.05	0.05	Caída del cabello o de las uñas; adormecimiento de dedos de manos y	Efluentes de refineras de petróleo; erosión de depósitos naturales;

			pies; problemas circulatorios.	efluentes de minas.
Talio	0.0005	0.002	Caída del cabello; alteración de la sangre; trastornos renales, intestinales o hepáticos.	Percolado de plantas procesadoras de minerales; efluentes de fábricas de vidrio, productos

ANEXO # 2: Directrices de la OMS para la calidad del agua potable, establecidas en Génova, 1993, son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable.

Elemento/sustancia	Símbolo/fórmula	Valores normales en aguas dulces/superficiales/subterráneas	Directriz de la OMS basada en la salud
Aluminio	Al		0,2 mg/L
Amonio	NH ₄	< 0,2 mg/L (hasta 0,3 mg/L en aguas anaeróbicas)	No hay directriz
Antimonio	Sb	< 4 µg/L	0.005 mg/L
Arsénico	As		0,01 mg/L
Asbestos			No hay directriz
Bario	Ba		0,3 mg/L
Berilio	Be	< 1 µg/L	No hay directriz
Boro	B	< 1 mg/L	0,3 mg/L
Cadmio	Cd	< 1 µg/L	0,003 mg/L
Cloro	Cl		250 mg/L
Cromo	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/L	0,05 mg/L
Color			No se menciona
Cobre	Cu		2 mg/L
Cianuro	CN ⁻		0,07 mg/L
Oxígeno disuelto	O ₂		No hay directriz
Fluor	F	< 1,5 mg/L (up to 10)	1,5 mg/L
Dureza	mg/l CaCO ₃		No hay directriz
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S		No hay directriz
Hierro	Fe	0,5 - 50 mg/L	No hay directriz
Plomo	Pb		0,01 mg/L
Manganeso	Mn		0,5 mg/L
Mercurio	Hg	< 0,5 µg/L	0,001 mg/L
Molibdeno	Mo	< 0,01 mg/L	0,07 mg/L
Níquel	Ni	< 0,02 mg/L	0,02 mg/L
Nitratos y nitritos	NO ₃ , NO ₂		50 mg/L nitrógeno total
Turbidez			No se menciona
pH			No hay directriz

Selenio	Se	< < 0,01 mg/L	0,01 mg/L
Plata	Ag	5 – 50 µg/L	No hay directriz
Sodio	Na	< 20 mg/L	200 mg/L
Sulfato	SO ₄		500 mg/L
Estaño inorgánico	Sn		No hay directriz
SDT			No hay directriz
Uranio	U		1,4 mg/L
Zinc	Zn		3 mg/L

Compuestos orgánicos

Grupo	Sustancia	Fórmula	Directriz de la OMS basada en la salud	
Alcanos clorinados	Tetracloruro de carbono	C Cl ₄	2 µg/L	
	Diclorometano	C H ₂ Cl ₂	20 µg/L	
	1,1-Dicloroetano	C ₂ H ₄ Cl ₂	No hay directriz	
	1,2-Dicloroetano	Cl CH ₂ CH ₂ Cl	30 µg/L	
	1,1,1-Tricloroetano	CH ₃ C Cl ₃	2000 µg/L	
Etenos clorinados	1,1-Dicloroetano	C ₂ H ₂ Cl ₂	30 µg/L	
	1,2-Dicloroetano	C ₂ H ₂ Cl ₂	50 µg/L	
	Tricloroetano	C ₂ H Cl ₃	70 µg/L	
	Tetracloroetano	C ₂ Cl ₄	40 µg/L	
Hidrocarburos aromáticos	Benceno	C ₆ H ₆	10 µg/L	
	Tolueno	C ₇ H ₈	700 µg/L	
	Xilenos	C ₈ H ₁₀	500 µg/L	
	Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	300 µg/L	
	Estireno	C ₈ H ₈	20 µg/L	
	Hidrocarburos Polinucleares Aromáticos (PAHs)	C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P _{1 3}	0.7 µg/L	
Bencenos clorinados	Monoclorobenceno (MCB)	C ₆ H ₅ Cl	300 µg/L	
	Diclorobencenos (DCBs)	1,2-Diclorobenceno (1,2-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	1000 µg/L
		1,3-Diclorobenceno (1,3-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	No hay directriz
		1,4-Diclorobenceno (1,4-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	300 µg/L
	Triclorobencenos (TCBs)	C ₆ H ₃ Cl ₃	20 µg/L	
Constituyentes orgánicos misceláneos	Di(2-etilhexil)adipato (DEHA)	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	80 µg/L	
	Di(2-etilhexil)phtalato (DEHP)	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	8 µg/L	
	Acilamida	C ₃ H ₅ N O	0.5 µg/L	
	Epiclorohidrin (ECH)	C ₃ H ₅ Cl O	0.4 µg/L	
	Hexaclorobutadieno (HCBd)	C ₄ Cl ₆	0.6 µg/L	

	Ácido etilendiamintetraacético (EDTA)	$C_{10} H_{12} N_2 O_8$	200 µg/L
	Ácido nitrilotriacético (NTA)	$N(CH_2COOH)_3$	200 µg/L
	Organo-estaños	Dialkil estaños	$R_2 Sn X_2$
		Tributil óxido (TBTO)	$C_{24} H_{54} O Sn_2$
			No hay directriz
			2 µg/L

Pesticidas

Sustancia	Fórmula	Directriz de la OMS basada en la salud	
Alacloro	$C_{14} H_{20} Cl N O_2$	20 µg/L	
Aldicarb	$C_7 H_{14} N_2 O_4 S$	10 µg/L	
Aldrín y dieldrín	$C_{12} H_8 Cl_6$ / $C_{12} H_8 Cl_6 O$	0.03 µg/L	
Atracina	$C_8 H_{14} Cl N_5$	2 µg/L	
Bentazona	$C_{10} H_{12} N_2 O_3 S$	30 µg/L	
Carbofurano	$C_{12} H_{15} N O_3$	5 µg/L	
Clordano	$C_{10} H_6 Cl_8$	0.2 µg/L	
Clorotolurón	$C_{10} H_{13} Cl N_2 O$	30 µg/L	
DDT	$C_{14} H_9 Cl_5$	2 µg/L	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	$C_3 H_5 Br_2 Cl$	1 µg/L	
Ácido 2,4-Diclorophenoxiacético (2,4-D)	$C_8 H_6 Cl_2 O_3$	30 µg/L	
1,2-Dicloropropano	$C_3 H_6 Cl_2$	No hay directriz	
1,3-Dicloropropano	$C_3 H_6 Cl_2$	20 µg/L	
1,3-Dicloropropeno	$CH_3 CHClCH_2 Cl$	No hay directriz	
Dibromuro de etileno (EDB)	$Br CH_2 CH_2 Br$	No hay directriz	
Heptacloro y epóxido de heptacloro	$C_{10} H_5 Cl_7$	0.03 µg/L	
Hexaclorobenzeno (HCB)	$C_{10} H_5 Cl_7 O$	1 µg/L	
Isoproturón	$C_{12} H_{18} N_2 O$	9 µg/L	
Lindano	$C_6 H_6 Cl_6$	2 µg/L	
MCPA	$C_9 H_9 Cl O_3$	2 µg/L	
Metoxicloro	$(C_6 H_4 OCH_3)_2 CHCl_3$	20 µg/L	
Metolacloro	$C_{15} H_{22} Cl N O_2$	10 µg/L	
Molinato	$C_9 H_{17} N O S$	6 µg/L	
Pendimetalín	$C_{13} H_{19} O_4 N_3$	20 µg/L	
Pentaclorofenol (PCP)	$C_6 H Cl_5 O$	9 µg/L	
Permetrin	$C_{21} H_{20} Cl_2 O_3$	20 µg/L	
Propanil	$C_9 H_9 Cl_2 N O$	20 µg/L	
Piridato	$C_{19} H_{23} Cl N_2 O_2 S$	100 µg/L	
Simacina	$C_7 H_{12} Cl N_5$	2 µg/L	
Trifluralín	$C_{13} H_{16} F_3 N_3 O_4$	20 µg/L	
Clorfenoxi	2,4-DB	$C_{10} H_{10} Cl_2 O_3$	90 µg/L

herbicidas (excluyendo 2,4-D and MCPA)	Diclorprop	$C_9 H_8 Cl_2 O_3$	100 µg/L
	Fenoprop	$C_9 H_7 Cl_3 O_3$	9 µg/L
	MCPB	$C_{11} H_{13} Cl O_3$	No hay directriz
	Mecoprop	$C_{10} H_{11} Cl O_3$	10 µg/L
	2,4,5-T	$C_8 H_5 Cl_3 O_3$	9 µg/L

ANEXO # 3: Tabla de Número más Probable (NMP) para análisis de tubos positivos en método de tubos múltiples de fermentación según las normas COGUANOR 29001.

ÍNDICE NMP

Número de tubos que dan reacción positiva				Número de tubos que dan reacción positiva			
5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP	5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP
0	0	0	<2	1	1	0	4
0	0	1	2	1	1	1	6
0	1	0	2	1	2	0	6
0	2	0	4	2	0	0	4
1	0	0	2	2	0	1	7
1	0	1	4	2	1	0	7
2	1	1	9	5	0	1	30
2	2	0	9	5	0	2	40
2	3	0	12	5	1	0	30
3	0	0	8	5	1	1	50
3	0	1	11	5	1	2	60
3	1	0	11	5	2	0	50
3	1	1	14	5	2	1	70
3	2	0	14	5	2	2	90
3	2	1	17	5	3	0	80
4	0	0	13	5	3	1	110
4	0	1	17	5	3	2	140
4	1	0	17	5	3	3	170
4	1	1	21	5	4	0	130
4	1	2	26	5	4	1	170
4	2	0	22	5	4	2	220
4	2	1	26	5	4	3	280
4	3	0	27	5	4	4	350
4	3	1	33	5	5	0	240
4	4	0	34	5	5	1	300
5	0	0	23	5	5	2	500
5	0	1	30	5	5	3	900
5	0	2	40	5	5	4	600
				5	5	5	≥1600

Dibujo # 1. TOC equipo de analizador de carbono orgánico total.



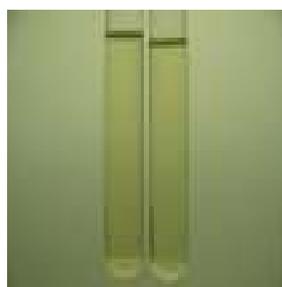
Dibujo # 2. Conductímetro de agua.



Dibujo # 3. Muestras positivo y negativo para la prueba microbiológica de Coliformes.



Prueba Positiva.



Prueba Negativa.

Dibujo # 4. Evidencia de precipitados en las Soluciones Antisépticas a base de Gluconato de clorhexidina al 1% en el Hospital Nacional Pedro de Betancourt.



Precipitado de solución antiséptica en el servicio de Cirugía de Hombres



Precipitado de solución antiséptica en el servicio de Medicina Mujeres.

Autor: Br. Francisco Roberto Pineda Ortiz

Asesor: Licda. Julia Amparo García Bolaños

Revisor: Licda. Mariela Velásquez

Director de Escuela: Lic. Estuardo Serrano.