



ORIGINAL

Evaluation of the efficacy of thermonebulization with glutaraldehyde in the disinfection of surfaces in the San Francisco market in the city of Riobamba, Ecuador

Evaluación de la eficacia de la termonebulización con glutaraldehído en la desinfección de superficies en el mercado San Francisco de la ciudad de Riobamba, Ecuador

Silvia Alexandra Reinoso Ortiz¹  , Oscar Daniel Escobar Zabala¹  , Sonia del Pilar Mora Sanchez¹  , Alberto Dario Díaz Parra¹  , Paola Natalie Paredes Chinizaca¹  , Mishell Andrea Collaguazo Fiallo²  , Vilma Karina Moyano Arias¹  , Karina Pilar Yumiseba Abril¹  

¹Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

²Instituto superior universitario Stanford, Riobamba, Ecuador.

Citar como: Reinoso Ortiz SA, Escobar Zabala OD, Mora Sanchez S del P, Díaz Parra AD, Paredes Chinizaca PN, Collaguazo Fiallo MA, et al. Evaluation of the efficacy of thermonebulization with glutaraldehyde in the disinfection of surfaces in the San Francisco market in the city of Riobamba, Ecuador. Salud, Ciencia y Tecnología. 2025; 5:1069. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251069>

Enviado: 30-03-2024

Revisado: 14-07-2024

Aceptado: 15-12-2024

Publicado: 01-01-2025

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Silvia Alexandra Reinoso Ortiz 

ABSTRACT

Introduction: thermal fogging with glutaraldehyde is an effective technique for disinfecting surfaces in crowded places such as markets. Glutaraldehyde is a biocide effective against bacteria, viruses and fungi, including resistant pathogens such as bacterial spores and mycobacteria. The use of glutaraldehyde by thermonebulization disperses the biocide in a fine mist, allowing access to hard-to-clean areas, which is essential in busy environments such as markets. The technique offers wide and efficient coverage, reaching areas that manual methods may miss.

Objective: to evaluate the efficacy of glutaraldehyde thermonebulization in surface disinfection.

Method: the methodology addresses the problem through a detailed evaluation of the reduction of pathogenic microorganisms on treated surfaces. Specific microbiological techniques are employed to isolate and quantify different types of microorganisms, including bacteria and fungi, using differentiated culture media: blood agar, eosin methylene blue agar (EMB) and Sabouraud agar. This approach allows a thorough understanding of the efficacy of glutaraldehyde by analyzing both the spectrum of microorganisms affected and the magnitude of the reduction in microbial load.

Results: microbial growth in surface tests and biological indicators will be evaluated in the survival of microorganisms. Absence of growth indicates effective disinfection. In the Adequate distribution it is confirmed that the chemical indicators show a uniform distribution of glutaraldehyde.

Keywords: Methylene Blue; Bacteria; Fungi; Glutaraldehyde; Thermonebulization.

RESUMEN

Introducción: la termonebulización con glutaraldehído es una técnica eficaz para desinfectar superficies en lugares concurridos, como mercados. El glutaraldehído es un biocida efectivo contra bacterias, virus y hongos, incluyendo patógenos resistentes como esporas bacterianas y micobacterias. El uso de glutaraldehído por termonebulización dispersa el biocida en una neblina fina, permitiendo su acceso a áreas difíciles de limpiar, algo esencial en entornos concurridos como los mercados. La técnica ofrece una cobertura amplia y eficiente, alcanzando áreas que métodos manuales pueden omitir.

Objetivo: evaluar la eficacia de la termonebulización con glutaraldehído en la desinfección de superficies.
Método: la metodología aborda el problema a través de una evaluación detallada de la reducción de microorganismos patógenos en superficies tratadas. Se emplean técnicas microbiológicas específicas para aislar y cuantificar diferentes tipos de microorganismos, incluyendo bacterias y hongos, utilizando medios de cultivo diferenciados: agar sangre, agar eosina azul de metileno (EMB) y agar Sabouraud. Este enfoque permite una comprensión profunda de la eficacia del glutaraldehído al analizar tanto el espectro de microorganismos afectados como la magnitud de la reducción de la carga microbiana.
Resultados: en la supervivencia de los microorganismos se evaluará el crecimiento microbiano en las pruebas de superficie y los indicadores biológicos. La ausencia de crecimiento indica una desinfección eficaz. En la distribución adecuada se confirma que los indicadores químicos muestran una distribución uniforme del glutaraldehído.

Palabras clave: Azul de Metileno; Bacterias; Hongos; Glutaraldehído; Termonebulización.

INTRODUCCIÓN

La termonebulización con glutaraldehído ha emergido como una técnica avanzada y eficaz para la desinfección de superficies, especialmente en áreas de alta concurrencia como los mercados públicos. El glutaraldehído es un potente biocida conocido por su capacidad para inactivar una amplia gama de microorganismos, incluyendo bacterias, virus y hongos, este compuesto se destaca por su efectividad contra patógenos resistentes, como esporas bacterianas y micobacterias, que suelen ser más difíciles de eliminar con desinfectantes convencionales.

La aplicación de glutaraldehído mediante termonebulización implica la dispersión del biocida en forma de una neblina fina y uniforme, que puede penetrar en áreas de difícil acceso, esto es crucial en entornos como los mercados, donde la alta densidad de personas y la variedad de superficies expuestas representan un desafío significativo para la limpieza y desinfección. La técnica asegura una cobertura amplia y eficiente, llegando a lugares que métodos de aplicación manual podrían pasar por alto.

En el caso específico del mercado de San Francisco en Riobamba, la implementación de esta metodología innovadora podría representar una mejora sustancial en los estándares de higiene y seguridad, los mercados, por su naturaleza, son puntos de alta interacción social y económica, donde la rotación constante de personas y productos puede facilitar la propagación de enfermedades transmitidas por superficies contaminadas, en este contexto, la termonebulización con glutaraldehído ofrece una solución práctica para reducir el riesgo de infecciones, protegiendo tanto a los comerciantes como a los visitantes.

La evaluación de la eficacia del glutaraldehído en este entorno es esencial para establecer protocolos de desinfección que sean no solo efectivos, sino también seguros, por ese motivo, es importante considerar que, aunque el glutaraldehído es altamente eficaz, su uso requiere precauciones estrictas debido a su toxicidad potencial. La inhalación o el contacto directo pueden ser peligrosos, por lo que es fundamental contar con equipos de protección personal adecuados y capacitar al personal en su manejo seguro.

Además, la implementación de esta técnica de desinfección implica una inversión inicial en equipos y capacitación del personal, aunque esto puede ser un obstáculo en mercados de economías emergentes, los beneficios potenciales en términos de salud pública justifican estos costos. La reducción en la incidencia de enfermedades transmisibles no solo mejora la salud y el bienestar de la comunidad, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía local al reducir las pérdidas asociadas con enfermedades y ausencias laborales.

Este estudio también contribuirá de manera significativa a la literatura científica existente sobre prácticas de desinfección en espacios públicos, los datos empíricos recopilados serán valiosos para los investigadores, las autoridades de salud pública y los administradores de instalaciones, proporcionando una base sólida para mejorar las estrategias de limpieza y desinfección. Además, se podrían desarrollar guías y recomendaciones para la aplicación segura y eficaz de termonebulización con glutaraldehído en otros mercados y espacios públicos similares.

MÉTODO

La investigación realizada es formativa dado que permite incorporar nuevos conocimientos al examinar acontecimientos de la eficacia de la termonebulización con glutaraldehído en la desinfección de superficies de trabajo del mercado de San Francisco, en la ciudad de Riobamba. Además de presentar un alcance descriptivo, ya que se recopila información sobre las variables presentadas y los resultados se presentan en un informe que detalla cada uno de los resultados obtenidos. La metodología evalúa la reducción de patógenos en superficies tratadas. Se utilizan técnicas microbiológicas para aislar y cuantificar microorganismos, como bacterias y hongos, con medios de cultivo como agar sangre, EMB y agar Sabouraud. Este enfoque permite entender la

eficacia del glutaraldehído al analizar los microorganismos afectados y la reducción de la carga microbiana.

La investigación es inductiva ya que se basa en observar patrones o regularidades en datos específicos y generalizarlos para formular teorías o hipótesis más amplias. Utilizando muestras de microorganismos y análisis de evidencias disponibles, se derivarán conclusiones sobre la eficacia del proceso de termonebulización. La evaluación de la eficacia de la termonebulización con glutaraldehído en la desinfección de superficies de trabajo del mercado de San Francisco, en la ciudad de Riobamba, se caracteriza por ser un diseño de investigación de tipo cuasiexperimental. Se seleccionaron aleatoriamente superficies de trabajo en el mercado y se recolectaron muestras microbiológicas utilizando hisopos estériles para recoger muestras de superficies, antes y después de la aplicación del tratamiento. Las muestras se cultivaron en medios de cultivo específicos: agar sangre, agar eosina azul de metileno (EMB) y agar Sabouraud. Las placas se incubaron a 37°C durante 24-48 horas para bacterias y a 25-30°C durante 3-7 días para hongos. Posteriormente, se cuantificaron las unidades formadoras de colonias (UFC) y se compararon los resultados pre y post-aplicación para determinar la reducción de microorganismos y la eficacia del tratamiento.

El estudio se clasifica como un estudio experimental con un diseño cuasi-experimental. Utiliza un diseño de comparación antes y después de la intervención, sin grupo de control paralelo, lo que permite observar el efecto directo de la termonebulización con glutaraldehído en la reducción de la carga microbiana en las superficies. La elección de este tipo de estudio permite una evaluación clara y directa de la eficacia del tratamiento aplicado en condiciones reales del mercado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo Bacteriano

Los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la Tierra desde hace mucho que por sus características biológicas se adaptaron a casi todos los ambientes de la Tierra, desde el suelo y el agua hasta el interior de otros organismos,⁽¹⁾ cumpliendo distintas acciones para el control y equilibrio de vida en el mundo. De manera general un microorganismo se encarga de:⁽²⁾

- Descomposición y mineralización de los desechos orgánicos
- Regulación de los ciclos biogeoquímicos (nitrógeno, fósforo, azufre)
- Generación, mantenimiento y renovación del suelo y su fertilidad.
- Regulación atmosférica de gases traza.
- Regulación de poblaciones de animales y plantas.
- Control de plagas agrícolas y urbanas.
- Síntesis de productos químicos y farmacéuticos, alimenticios, y control biológico.
- Generador de Patologías-Infecciones: algunos de los microorganismos se los puede clasificar según la simbiosis que presente con un organismo desarrollado, siendo así que se los considera, comensalitas, oportunistas, patológicos y mutualistas.^(2,3)

Según lo anteriormente mencionado los microorganismos se clasifican en varias categorías, incluyendo bacterias, virus, hongos, protozoos y algas, según dos categorías los procarióticos (bacterias, archaeas) y eucarióticos (hongos, algas y protozoarios).^(1,2)

Bacterias: organismos unicelulares que carecen de núcleo definido que tienen una gran diversidad en forma, tamaño y metabolismo. Donde algunas bacterias son patógenas y pueden causar enfermedades, mientras que otras son esenciales para procesos como la digestión, la descomposición de materia orgánica y la fijación de nitrógeno en el suelo. Como característica propia de las bacterias es su clasificación por el tipo de tinción que se usa para observarlas y diferenciarlas, entre Gram Negativas Gram Positivas y BAAR. A más de ello se recalca que la reproducción que estos microorganismos tienen es por fisión binaria.^(4,5)

Virus: pese a no considerarse un microorganismo vivo, por su tamaño y por su característica vírica y patológica al ser humano se lo considera en microbiología como entidades acelulares compuestas por solo un material genético (ADN o ARN) rodeado por una cápside de proteínas, la cual como reproducción no puede realizarlo por sí misma, por lo que, para la generación de viriones (virus maduros con capacidad proliferativa) necesita hacerlo dentro de una célula huésped usando sus organelos para aquello. Los virus pueden causar enfermedades en humanos, animales y plantas, pero también se utilizan en biotecnología y terapia génica.⁽⁵⁾

Hongos: los hongos pueden ser unicelulares (como las levaduras) o multicelulares (como los mohos y setas), según el tipo de formación y división celular que realicen, recalando que los hongos pueden pasar de un estado unicelular a multicelular, este proceso es llamado dimorfismo, lo cual lo logran según el tipo de cultivo, y la variación de temperatura, pH y agua que presenta en su entorno. A más de ello se los consideran organismo eucariontes, teniendo en su membrana celular ergosterol como diferenciación, a más de ellos tienen paredes celulares compuestas de quitina. Los hongos son descomponedores importantes en los ecosistemas y algunos son utilizados en la producción de alimentos (pan, cerveza, queso) y medicamentos (antibióticos como la penicilina).^(4,5)

Protozoos: o parásitos, son organismos unicelulares o multicelulares eucariotas que pueden ser móviles. Se clasifican en varios grupos según su modo de locomoción (flagelados, ciliados, ameboides), por su distinta morfología, según si ciclo biológico y el tipo de patología que genera en el cuerpo entre infección e infestación. A estos organismos se los puede ya diferenciar sin necesidad de un microscopio, ya con una organización celular más compleja. Algunos protozoos son patógenos (como el *Plasmodium*, causante de la malaria), mientras que otros son componentes clave de las cadenas alimenticias acuáticas.^(2,4)

Algas: organismos fotosintéticos que pueden ser unicelulares o multicelulares. Se encuentran principalmente en ambientes acuáticos. Las algas son fundamentales en la producción de oxígeno y como base de la cadena alimentaria en ecosistemas acuáticos. También se utilizan en la industria alimentaria y farmacéutica.⁽⁵⁾

Según ello, los microorganismos son fundamentales para la vida en la Tierra, con roles que van desde la salud humana hasta el mantenimiento de ecosistemas, por lo que su entendimiento es importante desde la perspectiva ambiental como de salud.^(1,4) En forma general los microorganismos se los puede estudiar con cultivos in vitro realizados según cada tipo de los microorganismos antes nombrados. Según eso un cultivo, se lo define como crecimiento de cualquier sistema biológico al aumento de la masa celular que implica su multiplicación. En organismos unicelulares que se dividen por fisión o por gemación, lo que ocurre es un aumento de la población. El crecimiento bacteriano se puede observar desde dos puntos de vista: a escala individual y a escala poblacional.⁽⁶⁾

A escala individual, incluye una serie de procesos que hacen referencia al ciclo celular, en los cuales se encuentran: inicio y transcurso de la replicación cromosómica y de los plásmidos; segregación del cromosoma y los plásmidos a las células hijas; síntesis de precursores de membranas y pared celular y señales que coordinan la replicación genómica con la división celular. Por su parte, el crecimiento a nivel poblacional incluye: la cinética de crecimiento; factores que afectan el tiempo de generación y los factores ambientales que limitan el crecimiento.⁽⁶⁾

Existen distintos tipos de medio de cultivo, que, en sí, son los sustratos para que un tipo de microorganismo específico pueda crecer fuera de su ciclo normal, estos son Agar Sabouraud, Agar Sangre y Agar Eosina.

- **Sangre Agar Base:** envase de 100 a 500 g, formado por 375 g/l de infusión de músculo de corazón, peptona 10 g/l, cloruro de sodio 5 g/l, y agar 15 g/l. Las instrucciones para su preparación son, suspender 40 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Dejar reposar 5 minutos y mezclar perfectamente hasta obtener una suspensión homogénea. Calentar con agitación frecuente y hervir 1 minuto para disolución total. Esterilizar a 121 °C durante 20 minutos y agregar 5-10 % de sangre ovina desfibrinada estéril (Britasheep) al medio esterilizado, fundido y enfriado a 45-50 °C. Homogeneizar. Usada para microorganismo nutricionalmente exigentes como *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus pneumoniae*.⁽⁷⁾

- **Sabouraud Glucosado Agar:** se presenta en 6 frascos de 50 ml, formado por peptona 5 g, tripteína 5 g, glucosa 40 g, cloranfenicol 0,05 g, agar 15 g, y agua purificada 1000 ml. Las instrucciones para su preparación son, colocar los frascos cerrados en baño maría y llevar a ebullición para fundir el medio de cultivo sólido contenido en los mismos. Una vez que se ha fundido el medio de cultivo, retirar cuidadosamente los frascos del baño maría y dejar enfriar. Cuando alcanzan temperatura 45-50 °C, abrirlos y distribuir aproximadamente 15 ml en placas de Petri estériles. Usada principalmente para hongos patógenos y saprófitos como *Aspergillus brasiliensis*, *Candida albicans*, *Trichophyton mentagrophytes*, y *Saccharomyces cerevisiae*.⁽⁸⁾

- **E.M.B. Agar (con Eosina y Azul de Metileno):** se presenta en envases de 100-500 g, formado por peptona 10 g/l, lactosa 5 g/l, sacarosa 5 g/l, fosfato dipotásico 2 g/l, eosina 0,4 g/l, azul de metileno 0,065 g/l, agar 13,5 g/l. Las instrucciones para su preparación son suspender 36 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Reposar 5 minutos. Calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición hasta su disolución total. Esterilizar en autoclave 121 °C durante 15 minutos. Distribuir en placas de Petri estériles. Usada principalmente para bacilos Gram negativos y para todas las especies de la familia Enterobacteriaceae. También para, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, y *Staphylococcus aureus*.⁽⁹⁾

Técnicas de siembra

La técnica más usada en el laboratorio de microbiología es probablemente la transferencia de microorganismos de un ambiente a otro con el propósito de cultivarlos. Para determinar los caracteres de cultivo de las bacterias, hongos y otros cultivables, es preciso obtenerlas en cultivo axénico (o cultivo puro).⁽³⁾

Existen varios métodos para aislar las bacterias en cultivo puro con el fin de evaluar sus características en estos medios.⁽¹²⁾

Se entiende por cultivo puro, una población de células las cuales todas proceden de una misma célula. Existe gran variedad de técnicas por medio de las cuales las diferentes especies en una muestra natural pueden ser

aisladas en cultivo puro.⁽¹²⁾

Técnicas de siembra en cajas petri

Siembra en cajas de Petri por la Técnica de agotamiento, aislamiento o de estría cruzada.

Es un buen método para el aislamiento de colonias (obtención de colonias aisladas); mediante esta técnica buscamos obtener colonias separadas a partir de un inóculo. Para su realización: se toma la caja de Petri en la palma de la mano y ligeramente inclinada; con la mano contraria, se manipula el asa de argolla previamente esterilizada y con ella se recoge el material de cultivo, para colocarlo en un área periférica de la caja haciendo movimientos circulares para homogeneizar el inóculo.⁽¹²⁾

El asa debe ser nuevamente flameada y enfriada en un lateral del agar (procurando no dañarlo); a continuación, se realiza una estría partiendo de la primera y arrastrando los microorganismos presentes en ella hacia el extremo contrario de la superficie del agar. Se debe procurar que, en cada sección de la caja, las estrías queden trazadas con mayor separación. Repita el paso, por tres veces (algunos autores reportan solo dos), recordando flamear y enfriar el asa cada vez que culmine una estría y solo tocar con el asa la estría inmediatamente anterior, con el objetivo de ir reduciendo la carga microbiana arrastrada por la argolla. Finalmente se esteriliza el asa antes de descartarla.⁽¹²⁾

Técnicas de siembra en medios contenidos en tubos

La siembra de medios contenidos en tubos requiere mayor cuidado, puesto que un solo organismo contaminante del aire puede superar en crecimiento al microorganismo de interés, por lo tanto, se deben tener las siguientes precauciones:

Mantener inclinado el tubo que contiene el cultivo que se va a transferir, de modo que los microorganismos del aire caigan en las paredes externas del tubo y no en la boca de este. ⁽¹²⁾

- Los tapones se deben mantener en la mano contraria a aquella que contiene el tubo, sosteniéndolos entre el dedo meñique, el anular y el dedo del corazón. Nunca deben colocarse sobre la mesa de trabajo o algún otro lugar.⁽¹²⁾
- Flamear la boca del tubo antes de cerrarlo después de la siembra o inoculación.⁽¹²⁾
- Esterilizar el asa adecuadamente (toda la porción que entra en contacto con el medio de cultivo).
- Sumergir el asa en el medio de cultivo, sin tocar las paredes del tubo.⁽¹²⁾
- Enfriar el asa en una parte del medio, sin deteriorar el mismo.⁽¹²⁾
- Después de realizar la siembra, esterilizar el asa y flamear nuevamente la boca del tubo. - Siempre trabaje con material abierto, en cámara de flujo laminar o en su defecto con mecheros Bunsen.⁽¹²⁾
- En las siembras por picadura y mixtas, evite romper el medio de cultivo, así como, utilice asas totalmente rectas.⁽¹²⁾

Bioseguridad Y Salud Ocupacional

Introducción a la Desinfección de Superficies

La desinfección de superficies es un proceso fundamental en el mantenimiento de ambientes seguros y libres de patógenos. Este procedimiento consiste en la aplicación de agentes químicos o físicos que eliminan o inactivan microorganismos presentes en superficies, reduciendo así el riesgo de infecciones y enfermedades. En entornos como hospitales, clínicas dentales y laboratorios, la desinfección adecuada de superficies es crucial para prevenir la transmisión de infecciones nosocomiales y garantizar la seguridad tanto de los pacientes como del personal.⁽¹⁵⁾

Los desinfectantes utilizados en la limpieza de superficies varían en su composición y efectividad. Algunos de los agentes más comunes incluyen el alcohol, los compuestos de amonio cuaternario, el hipoclorito de sodio y el peróxido de hidrógeno. Cada uno de estos desinfectantes tiene propiedades específicas que los hacen adecuados para diferentes tipos de superficies y niveles de contaminación. La elección del desinfectante adecuado depende de varios factores, como el tipo de microorganismos a eliminar, el material de la superficie y las posibles reacciones adversas.⁽¹⁵⁾

La correcta implementación de los procedimientos de desinfección requiere una formación adecuada del personal y el cumplimiento de protocolos establecidos. Es esencial seguir las instrucciones del fabricante respecto a la concentración y tiempo de contacto del desinfectante para asegurar su efectividad. Además, se debe tener en cuenta la limpieza previa de las superficies, ya que la materia orgánica puede interferir con la acción de los desinfectantes. La combinación de buenas prácticas de limpieza y desinfección contribuye significativamente a la reducción de la carga microbiana y a la prevención de brotes infecciosos.⁽¹⁵⁾

Química del Glutaraldehído

El glutaraldehído es un dialdehído de cinco carbonos, conocido por su potente acción desinfectante y esterilizante. Su fórmula química es $C_5H_8O_2$ y se presenta como un líquido incoloro y oleoso con un olor acre

característico. El glutaraldehído es ampliamente utilizado en entornos médicos y dentales debido a su capacidad para inactivar una amplia gama de microorganismos, incluidos bacterias, virus y esporas. Esta eficacia se debe a su capacidad para reaccionar con grupos funcionales de las proteínas y ácidos nucleicos de los microorganismos, alterando sus estructuras y funciones vitales.⁽¹⁶⁾

- El mecanismo de acción del glutaraldehído implica la formación de enlaces cruzados entre proteínas, lo que lleva a la coagulación y desnaturalización de estas moléculas. Este proceso de entrecruzamiento es esencial para la inactivación de microorganismos, ya que interfiere con la permeabilidad de la membrana celular y la actividad enzimática. Además, el glutaraldehído puede reaccionar con grupos amino en los ácidos nucleicos, afectando la replicación y transcripción del material genético de los microorganismos. Esta amplia reactividad hace que el glutaraldehído sea un desinfectante altamente efectivo en la destrucción de patógenos resistentes.⁽¹⁶⁾
- El uso de glutaraldehído requiere precauciones específicas debido a su naturaleza tóxica y potencial para causar irritación en la piel y las vías respiratorias. Es crucial que los profesionales que manejan este compuesto sigan estrictamente las instrucciones de seguridad, que incluyen el uso de equipo de protección personal (EPP) como guantes, mascarillas y gafas protectoras. Además, es importante asegurar una ventilación adecuada en las áreas donde se utiliza glutaraldehído para minimizar la exposición a sus vapores.^(15,16)
- El glutaraldehído también presenta ventajas en comparación con otros desinfectantes, como su estabilidad en solución y la ausencia de residuos tóxicos persistentes tras su uso. Sin embargo, su eficacia puede verse afectada por factores como la temperatura, el pH y la presencia de materia orgánica. Por lo tanto, es esencial seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto a la preparación, concentración y tiempo de contacto de las soluciones de glutaraldehído para asegurar su máxima efectividad.⁽¹⁶⁾

Tecnología de Termonebulización

La termonebulización es un método que utiliza un dispositivo llamado termonebulizador para dispersar una sustancia química en forma de niebla. Las partículas de esta niebla tienen un diámetro inferior a 20 micrómetros. Los termonebulizadores pueden generar esta niebla mediante procesos de termonebulización en frío o en caliente, dependiendo de la temperatura del químico empleado y del área que se necesita desinfectar.⁽¹⁷⁾

Ventajas:

- La niebla es claramente visible, lo que permite observar y controlar fácilmente su dispersión y penetración.
- En algunas situaciones, puede mejorar la percepción pública, ya que la gente puede ver que se están tomando medidas para resolver el problema.
- La mezcla pulverizada contiene una baja concentración del ingrediente activo, lo que reduce la exposición del operador.⁽¹⁸⁾

Desventajas

- Se requiere una gran cantidad de disolventes orgánicos como diluyentes, los cuales pueden tener un olor desagradable y causar manchas.
- El costo del diluyente y del proceso de pulverización es elevado.
- Los propietarios de las casas pueden oponerse y evitar que la niebla entre en sus hogares cerrando puertas y ventanas.
- Existe un riesgo de incendio debido a que la maquinaria opera a altas temperaturas con disolventes inflamables.
- Puede generar problemas de tráfico en áreas urbanas.⁽¹⁸⁾

Proceso de Nebulización

Primero, la energía térmica juega un papel crucial en la nebulización. Esta energía es esencial para proporcionar la fuerza necesaria que rompe las fuerzas de cohesión molecular del líquido. Sin esta energía, las moléculas del líquido seguirían unidas, impidiendo la formación de gotas pequeñas. La aplicación de calor aumenta la energía cinética de las moléculas del líquido, haciendo que se muevan más rápidamente y que sea más fácil separarlas.⁽¹⁹⁾

El proceso de termonebulización también implica la atomización, donde el líquido se rompe en diminutas gotas. Este paso es esencial para garantizar que el líquido se distribuya uniformemente en forma de niebla. Existen diferentes métodos para atomizar un líquido, como el uso de boquillas especiales, ultrasonido o aire comprimido, cada uno con sus propias ventajas y aplicaciones dependiendo del tipo de líquido y el uso final de la niebla.⁽¹⁹⁾

Una vez atomizado, el líquido en forma de gotas se dispersa en un medio gaseoso, generalmente aire. La

dispersión efectiva depende de varios factores, incluidos el tamaño y la velocidad de las gotas, así como las condiciones del entorno, como la temperatura y la humedad. Las gotas más pequeñas tienden a permanecer suspendidas en el aire por más tiempo, creando una niebla más persistente, mientras que las gotas más grandes pueden caer más rápidamente.⁽¹⁹⁾

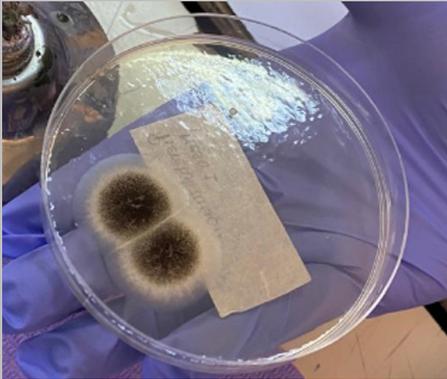
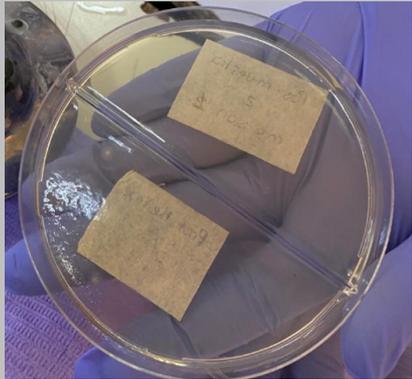
Resultados de las muestras en los diferentes tipos de cultivo

Medio de cultivo: agar Sabouraud

Tabla 1. Resultados de la muestra 1 del ambiente

Pre Termonebulización	Post Termonebulización
	
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar de Nebulización: mercado de San Francisco • Existe crecimiento Alto • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sabouraud • Zona de Obtención de Muestra: mesa 1 • Recuento de Levaduras: 53 UFC • Recuento de Filamentosos: 22 UFC 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar de Nebulización: mercado de San Francisco • Existe crecimiento Moderado • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sabouraud • Zona de Obtención de Muestra: mesa 1 • Recuento de Levaduras: 20 UFC • Recuento de Filamentosos: 14 UFC
<p>Interpretación - Análisis: se observa una disminución considerable de UFC de levaduras entre las muestras anteriores a la termonebulización (53 UFC) con las posteriores a la termonebulización (20 UFC). Por parte del recuento de hongos filamentosos, se denota que existe disminución de UFC, pero en muy poca eficacia, siendo una diferencia de 8 colonias desaparecidas.</p>	

Tabla 2. Resultados de la muestra 2 de la superficie

Pre Termonebulización	Post Termonebulización
	
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Existe crecimiento Moderado • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sabouraud • Recuento de Levaduras: 3 UFC • Recuento de Filamentosos: 2 UFC 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Existe crecimiento Escaso • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sabouraud • Recuento de Levaduras: 3 UFC • Recuento de Filamentosos: 0 UFC
<p>Interpretación - Análisis: se observa una disminución total de colonias de hongos filamentosos entre la muestra tomada antes de la termonebulización, donde se contaron 2 UFC, y la muestra tomada después, donde no se encontró ninguna colonia de hongos filamentosos. Por otro lado, no se observó ni una disminución ni un aumento de colonias de levaduras, ya que tanto en la muestra pre como en la post termonebulización se contaron 3 UFC.</p>	

En la tabla 1 se aprecia que la termonebulización mostró diferentes resultados en su eficacia. Se observó una disminución considerable en las unidades formadoras de colonias (UFC) de levaduras, pasando de 53 UFC en las muestras anteriores a la termonebulización a 20 UFC en las posteriores, lo que indica un impacto positivo en la reducción de levaduras. Sin embargo, en el recuento de hongos filamentosos, aunque hubo una disminución en el número de UFC, la eficacia fue mucho menor, con solo 8 colonias desaparecidas. Por lo tanto, mientras que la termonebulización fue efectiva en reducir la presencia de levaduras, su efecto sobre los hongos filamentosos fue limitado.

Como muestra la tabla 2, la termonebulización resultó ser altamente efectiva en la eliminación de colonias de hongos filamentosos, ya que se observó una disminución total de estas, pasando de 2 unidades formadoras de colonias (UFC) en la muestra tomada antes del proceso a ninguna colonia en la muestra posterior. Sin embargo, en el caso de las levaduras, la termonebulización no tuvo ningún efecto, ya que se contaron 3 UFC tanto en la muestra previa como en la posterior al tratamiento. En resumen, la termonebulización fue efectiva contra los hongos filamentosos, pero no tuvo impacto en las colonias de levaduras.

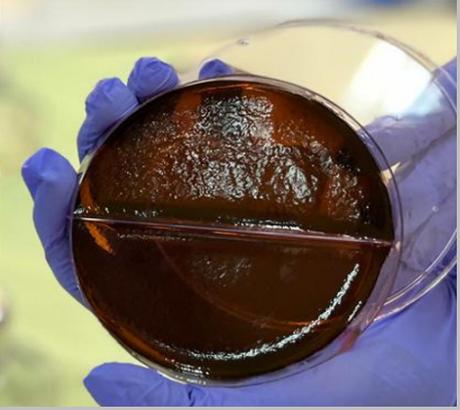
Medio de cultivo: agar sangre

Tabla 3. Resultados de la muestra 3 de superficies

Pre Termonebulización	Post Termonebulización
	
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Crecimiento: +++ • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sangre 	<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Crecimiento: ++ • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Sangre
<p>Interpretación - Análisis: al comparar ambos cultivos se observa una ligera disminución de colonias de bacterias; en el cultivo pre termonebulización se observó un crecimiento visible en ambas secciones de la placa, dichas colonias aparecen bien definidas, mientras que en el cultivo post termonebulización se observó una pequeña disminución de colonias debido al proceso de termonebulización.</p>	

Medio de cultivo: agar eosin

Tabla 4. Resultados de la muestra 4 de la superficie

Pre Termonebulización	Post Termonebulización
	

Descripción:	Descripción:
<ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Crecimiento: +++ • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Eosin 	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar: mercado de San Francisco • Crecimiento: • Tipo de Cultivo: hongos, Agar Eosin
<p>Interpretación - Análisis: al comparar ambos cultivos se observa una disminución total de colonias de bacterias; en el cultivo pre termonebulización se observó un crecimiento visible en ambas secciones de la placa, dichas colonias aparecen definidas, mientras que en el cultivo post termonebulización se observó una disminución de colonias debido al proceso de termonebulización.</p>	

La termonebulización fue efectiva, pero con una efectividad limitada. Antes de la termonebulización, se observó un crecimiento significativo de hongos en las superficies muestreadas. Después de la termonebulización, aunque hubo una reducción en la cantidad de colonias, el crecimiento seguía siendo considerable. Esta disminución indica que la termonebulización logró reducir la presencia de hongos, pero no eliminó completamente las colonias, sugiriendo que podría ser necesario un tratamiento adicional o más intensivo para lograr una desinfección más efectiva.

DISCUSIÓN

Agar Sabouraud

Los estudios realizados en el Mercado de San Francisco utilizando placas de agar Sabouraud para evaluar la eficacia de la termonebulización mostraron resultados positivos en la reducción de la carga microbiana en el ambiente estudiado. Se observó una reducción significativa en las muestras tomadas del ambiente: en la muestra 1, correspondiente a la mesa 1, se registró una disminución del 62 % en levaduras (de 53 a 20 ufc) y del 36 % en hongos filamentosos (de 22 a 14 ufc) después del tratamiento. Además, en la muestra 2, ubicada en la cocina del mercado, se evidenciaron reducciones del 38 % en levaduras (de 40 a 25 ufc) y del 59 % en hongos filamentosos (de 32 a 13 ufc). Por otra parte, se observó en la muestra 3, correspondiente a la cocina 2, una disminución del 17 % en levaduras (de 35 a 29 ufc) y del 33 % en hongos filamentosos (de 21 a 14 ufc). Así también se ve eficacia del tratamiento mediante la muestra 2 en la silla del mercado, que registró una disminución del 41 % en levaduras (de 44 a 26 ufc) y del 50 % en hongos filamentosos (de 30 a 15 ufc).

Agar sangre

Se observó un crecimiento abundante de colonias bacterianas en todas las premuestras de agar sangre (N° 1, 2, 3 y 4) antes de la aplicación de termonebulización. Tras la termonebulización, las postmuestras mostraron que el crecimiento bacteriano persistió sin cambios significativos en N° 1, 2 y 4, y solo una ligera disminución en N° 3. Esto sugiere que la termonebulización no fue efectiva en reducir las colonias bacterianas en el agar sangre, posiblemente debido a la resistencia de las bacterias y las condiciones altamente nutritivas del medio que las protegen del tratamiento. Estos hallazgos indican la necesidad de revisar y mejorar los procedimientos de desinfección, considerar medios de cultivo alternativos y ajustar las estrategias de control bacteriano basándose en la identificación específica de las bacterias presentes.

Agar eosina

Las investigaciones llevadas a cabo en el Mercado de San Francisco empleando placas de agar eosina para medir la eficacia de la termonebulización revelaron resultados favorables en la disminución de la carga microbiana en el entorno analizado. Se pudo constatar que en las premuestras N° 1, 2, y 4 de este tipo de agar hubo un crecimiento bacteriano significativo puesto que las colonias son numerosas y bien definidas, así constata que los microorganismos se han replicado en el medio de cultivo. Lo contrario a lo que sucedió en la premuestra N° 3 que hubo un crecimiento bacteriano leve y sus colonias no eran muy numerosas. En el caso de las postmuestras N° 1, 2, 3 y 4 no hay crecimiento bacteriano en las secciones de la placa, lo que significa que la aplicación de la termonebulización fue efectiva ya que se pudo observar que existe una disminución de colonias y los microorganismos disminuyeron gracias al proceso realizado.

Muestra de superficie

Los resultados obtenidos a través de las cuatro muestras de superficie evaluadas muestran consistentemente que la termonebulización ha sido efectiva para reducir significativamente la presencia de levaduras y hongos filamentosos. En todas las pruebas realizadas, se observaron reducciones significativas en las colonias de levaduras y hongos filamentosos, destacándose casos de reducción del 100 % en la presencia de levaduras y disminuciones de hasta un 65 % en las colonias de hongos filamentosos. Estos hallazgos respaldan la eficacia del método de termonebulización como medida para controlar la contaminación microbiana en superficies, mostrando una reducción media del crecimiento microbiano de aproximadamente un 50 %.

CONCLUSIONES

El estudio evaluó la eficacia de la termonebulización con glutaraldehído en la desinfección de superficies,

utilizando medios de cultivo selectivos para el aislamiento de hongos y levaduras, bacterias grampositivas, gramnegativas. Los resultados mostraron una disminución significativa en la contaminación microbiana post-tratamiento, demostrando la efectividad del glutaraldehído aplicado mediante termonebulización.

La capacidad del glutaraldehído para penetrar y desinfectar áreas difíciles de alcanzar, junto con su amplio espectro de actividad antimicrobiana, sugiere su potencial como una herramienta valiosa en protocolos de control de infecciones en entornos críticos. Sin embargo, se recomienda la realización de estudios adicionales para optimizar las condiciones de aplicación y evaluar la seguridad a largo plazo.

Estos hallazgos indican la importancia de ajustar las estrategias de desinfección según las propiedades específicas de los medios de cultivo y considerar alternativas para mejorar la eficacia de los métodos de control, por lo tanto, para superar estas limitaciones y mejorar el control de la contaminación microbiana, es importante aplicar técnicas complementarias de desinfección. El uso de desinfectantes químicos, como soluciones basadas en hipoclorito de sodio o amonio cuaternario, puede ser particularmente efectivo en la eliminación de bacterias en medios nutritivos. La integración de estas técnicas con la termonebulización y la adaptación de las estrategias de desinfección a las características específicas de los medios y microorganismos presentes permitirá lograr un control más completo y efectivo de la contaminación microbiana en entornos comerciales como el Mercado de San Francisco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Montañó A, Sandoval A, Camargo L, Sánchez J. Los microorganismos: pequeños gigantes. *Ciencia y cultura Elementos* [Internet]. 2010;17:15-23. Available from: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411989003>
2. Vargas FT, Villazante LG. CLASIFICACION DE LOS MICROORGANISMOS. *Revista de Actualización Clínica*.2014;44:309-13. http://revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682014000500002&lng=pt&nrm=iso
3. Ureña JL. *Microbiología oral*. 2nd ed. McGraw-Hill, editor. Vol. 2. España: Interamericana de España; 2002. 1-710 p. https://www.academia.edu/40281608/MICROBIOLOG%C3%8DA_ORAL
4. Contreras Á, Flores T, Ayora T, Martínez Z, López N. ¿Qué son los microbios? *ciencia*. 2017;68(2):1-8. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf
5. Negroni. *Microbiología Estomatológica* [Internet]. 3rd ed. Editorial Médica Panamericana, editor. Vol. 1. 2017. Available from: www.medicapanamericana.com
6. Vázquez A, Serrano S. Técnicas básicas de Microbiología. *Reduca (Biología) Serie Microbiología*. 2010 Jun 5;3(5):15-38. <https://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/819/834>
7. Britania Laboratorios S. A. Britania Lab. 2023. Sangre Agar Base. https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070906bed89d.pdf
8. Britania Laboratorios S.A. Britania Lab. 2023. Sabouraud Glucosado Agar.
9. Britania Laboratorio S. A. Britania Lab. 2023. E.M.B. Agar (con Eosina y Azul de Metileno). https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5af08a08a7afe.pdf
10. Díaz F, Crecimiento Bacteriano C. UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS. 2019. 1(1). <https://fca.uner.edu.ar/>
11. Caycedo Lozano L, Ramírez LCC, Suárez DMT, Caycedo Lozano L, Ramírez LCC, Suárez DMT. Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova* [Internet]. 2021 Sep 20 [cited 2024 Jul 23];19(36):49-94. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702021000100049&lng=en&nrm=iso&tlng=es
12. Molina A, Ruiz C. Densidad de siembra e inoculación con *Rhizobium* sp. en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) en La Molina. . 2020 Mar 21 [cited 2024 Jul 25];1:1-233. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6411>
13. Avilés E. DIRECCIÓN DE BROMATOLOGÍA DE NEUQUEN PROCEDIMIENTO ANALITICO PROCEDIMIENTOS DE

MICROBIOLOGIA GENERAL. 2021; <https://www.saludneuquen.gob.ar/wp-content/uploads/2021/08/ANAL-005-Microbiologia-general.pdf>

14. Ferreira A, Andrade D, Rigotti M, Almeida M, Guerra O. Evaluación de la desinfección de superficies. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2015 May 1 [cited 2024 Jul 25];23(3):466-74. Available from: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/zTbWrRD36PksLqLWVytPWh/?format=pdf&lang=es>

15. Silva J, Veliz Y. QUÍMICA Y EFICACIA DEL GLUTARALDEHIDO. Lima; 2018 Mar [cited 2024 Jul 25]. Available from: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/2373/ESPECIALIDAD%20-%20SILVA%20-%20VELIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

16. Bautista Cedeño J. Comparación del efecto desinfectante del glutaraldehído vs amonio cuaternario con termonebulización en procedimientos odontológicos. 2023. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10481/1/>

17. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Pulverización de insecticidas en el aire para la lucha contra los vectores y las plagas de la salud pública. 2019; <https://www.paho.org/es/documentos/guia-practica-pulverizacion-insecticidas-aire-para-lucha-contra-vectores-plagas-salud>

18. Castello, A. PREVENCIÓN BIO AMBIENTAL. AEROBAC TERMONEBULIZACIÓN DESINFECCIÓN TERMINAL DEL AMBIENTE Y DE LAS SUPERFICIESPOR VÍA AÉREA DESINFECTANTE, BACTERICIDA, FUNGICIDA FICHA TÉCNICA. 2021. https://pestnet-europe.es/wp-content/uploads/2018/02/PN-ES_Aerobac-Termonebulizaci%C3%B3n_SCHT_0218.pdf

19. Rocío A, Torres L, Viteri Moya J, Elizabeth A, Buchelli I. Efectividad de Lysol y Glutaraldehído al 2% en piezas de mano de alta velocidad después de ser sometidas a limpieza mecánica. 2019;21(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7050284>

FINANCIACIÓN

No existe financiación para el presente trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.

Investigación: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.

Metodología: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.

Administración del proyecto: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.

Redacción borrador original: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.

Redacción revisión y edición: Silvia Reinoso, Oscar Escobar, Sonia Mora, Alberto Díaz, Paola Paredes, Mishell Collaguazo, Vilma Moyano, Karina Yumiseba.