

Efecto residual de antisépticos y desinfectantes empleados en entornos de atención médica frente a *Enterococcus faecium*

Residual effect of antiseptics and disinfectants used in health care environments against *Enterococcus faecium*

Marcos Moises Gualpa Cox¹[0009-0002-4274-3614], Juan Fernando Lopez Salazar²[0009-0006-4682-6985],
Denisse Arteaga³[0000-0002-9734-9553]

¹ Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Unidad Académica de Salud y Bienestar, Carrera de Bioquímica y Farmacia. Av. de las Américas y Humboldt. 010150. Cuenca - Azuay - Ecuador

¹{marcos.gualpa.98, juan.lopez.21}@est.ucacue.edu.ec, ¹sarteagas@ucacue.edu.ec

CITA EN APA:

Gualpa Cox, M. M., Lopez Salazar, J. F., & Arteaga, D. (2024). Efecto residual de antisépticos y desinfectantes empleados en entornos de atención médica frente a *Enterococcus faecium*. *Tesla Revista Científica*, 4(1).
<https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e374>

Recibido: 2023-03-25

Revisado: 2024-04-05 al 2024-04-30

Corregido: 2024-05-08

Aceptado: 2024-05-15

Publicado: 2024-05-20

TESLA

Revista Científica

ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Resumen:

Introducción: El efecto residual de los antisépticos y desinfectantes en entornos de atención médica representan un aspecto crítico e importante para la prevención en la propagación de bacterias patógenas como *Enterococcus faecium* (*E. faecium*).

Objetivo: El propósito de este estudio fue evaluar el efecto residual de los desinfectantes y antisépticos utilizados en entornos de atención hospitalaria frente a *E. faecium*.

Metodología: Se utilizaron los antisépticos y desinfectantes de mayor uso en el Ecuador de acuerdo al Manual de Bioseguridad del Ministerio de Salud Pública (MSP) en diferentes intervalos de tiempo: 20 minutos, uno, tres, seis, 12 y 24 horas utilizando la técnica de Kirby Bauer para observar la formación de los halos de inhibición de la bacteria frente al producto químico.

Resultados: Los resultados permitieron observar que el etanol 70%, hipoclorito de sodio 0.5%, monopersulfato de potasio 1%, glutaraldehído 2%, yodopovidona 10%, no presentaron efecto residual, debido a que no generaron halo de inhibición. Sin embargo, *E. faecium*, demostró sensibilidad frente al amonio cuaternario 0.4%, seguido por la clorhexidina al 2%, en la cual, la bacteria presentó una alta sensibilidad. En cambio, el peróxido de hidrógeno 10 Vol., *E. faecium*, inicialmente demostró sensibilidad, pero a partir de las 12 horas se vuelve nula.

Conclusión: En conclusión, *E. faecium* demostró ser resistente para la mayoría de los desinfectantes hospitalarios evaluados, excepto clorhexidina y agua oxigenada, lo que sugiere un potencial riesgo para la resistencia antimicrobiana.

Palabras Clave: desinfectantes, antisépticos, *Enterococcus faecium*, efecto residual, halos de inhibición.

Abstract:

Introduction: The residual effect of antiseptics and disinfectants in healthcare environments represents a critical and important aspect of the prevention of the spread of pathogenic bacteria such as *Enterococcus faecium* (*E. faecium*).

Objective: This study aimed to evaluate the residual effect of disinfectants and antiseptics used in hospital care settings against *E. faecium*.

Methodology: The most widely used antiseptics and disinfectants in Ecuador were used according to the Biosafety Manual of the Ministry of Public Health (MSP by its Spanish acronym) in different time intervals: 20 minutes, one, three, six, twelve, and twenty-four hours using the Kirby Bauer technique to observe the formation of inhibition halos of the bacteria against the chemical product.

Results: The results allowed to observe that ethanol 70%, sodium hypochlorite 0.5%, potassium monopersulfate 1%, glutaraldehyde 2%, and povidone-iodine 10% did not present a residual effect because they did not generate a halo of inhibition. However, *E. faecium* demonstrated sensitivity to 0.4% quaternary ammonium, followed by 2% chlorhexidine, in which the bacteria showed high sensitivity. On the other hand, hydrogen peroxide 10 Vol., *E. faecium*, initially showed sensitivity, but after 12 hours, it became non-existent.

Conclusion: In conclusion, *E. faecium* proved to be resistant to most of the hospital disinfectants tested, except chlorhexidine and hydrogen peroxide, suggesting a potential risk

for antimicrobial resistance.

Keywords: Disinfectants, antiseptics, *Enterococcus faecium*, residual effect

1. INTRODUCCIÓN

Enterococcus faecium (*E. faecium*) es una bacteria Grampositiva, gamma o no hemolítica, que pertenece al género *Enterococcus* y se encuentra comúnmente en el tracto gastrointestinal. En pacientes inmunodeprimidos u hospitalizados, puede generar infecciones nosocomiales, comportándose como un microorganismo patógeno, con el potencial de causar enfermedades graves como la meningitis neonatal. Actualmente, estas bacterias son identificadas como patógenas en el medio hospitalario y representan una preocupación significativa en América Latina, siendo responsables de una proporción considerable de bacteriemias e infecciones del tracto urinario, según el Instituto de Programa de Vigilancia de Resistencia Antimicrobiana (SENTRY) (1). La resistencia de *E. faecium* a la vancomicina, mencionada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), presenta desafíos adicionales en el tratamiento de las infecciones nosocomiales, complicando los esquemas terapéuticos disponibles (2).

Por consiguiente, en los últimos años, se ha observado un preocupante incremento en la frecuencia de infecciones intrahospitalarias, lo que ha generado una creciente alarma en la comunidad médica. Este aumento en la incidencia de infecciones ha puesto en relieve el papel que poseen ciertas bacterias para sobrevivir en a nivel hospitalario, como *E. faecium*, dentro de los entornos hospitalarios. Aunque *E. faecium* se considera parte del microbiota intestinal, su presencia se ha vuelto cada vez más relevante en los hospitales, donde ha demostrado una prevalencia significativa (3). Este fenómeno se atribuye a su capacidad para desencadenar infecciones nosocomiales, adquiridas durante la atención médica. La propagación de estas infecciones representa un desafío considerable para los sistemas de salud, ya que pueden causar complicaciones graves en pacientes debilitados o inmunodeprimidos (4).

Así mismo, la incidencia y prevalencia de *E. faecium* a nivel internacional pueden variar según diversos factores según el área de atención médica y la resistencia a los antibióticos. Sin embargo, los datos actuales sobre su frecuencia y prevalencia a nivel mundial son limitados. A pesar de esto, *E. faecium* se reconoce como uno de los microorganismos patógenos más comunes en entornos hospitalarios, lo que aumenta la probabilidad de brotes contagiosos en hospitales y entornos similares. Estas situaciones pueden implicar complicaciones del tracto urinario, heridas quirúrgicas, infecciones sanguíneas y endocarditis, entre otros problemas de salud (5).

La importancia de estos productos radica principalmente en su capacidad para mantener una actividad antimicrobiana prolongada debido a su efecto residual, ya que es crucial que los desinfectantes y antisépticos utilizados en áreas sanitarias sean seguros para su aplicación en instrumental, equipos médicos, personal sanitario y el público en general. De esta manera, se garantiza la seguridad y eficacia en la prevención de enfermedades. Sin embargo, se reconoce que este efecto residual ha disminuido en las últimas décadas, presentando consecuencias significativas en la eficacia de la desinfección, comprometiendo la seguridad de los pacientes y personal médico, aumentando el riesgo de propagación de

enfermedades infecciosas (6).

Con base a lo anteriormente mencionado, se evidencian investigaciones relacionadas con la resistencia a desinfectantes y antisépticos como el estudio realizado por Pidot *et al.* (7), manifiesta que *E. faecium*, es susceptible a múltiples antibióticos, pero ha adquirido tolerancia a los alcoholes empleados en los procesos de desinfección y antisepsia de manos a nivel de centros hospitalarios, dificultando los mecanismos de desinfección y con ello, de control de infecciones. Con ello, se observa un desarrollo de resistencia tanto a fármacos como desinfectantes y productos que se utilizan en los espacios sanitarios para eliminar o reducir a la carga microbiana, principalmente a bacterias. Adicionalmente, esto explicaría que las infecciones causadas por esta bacteria proliferan a pesar del empleo de desinfectantes y antimicrobianos en general y actualmente representan una de las principales causas de infección adquirida a nivel hospitalario.

De acuerdo al MSP, los antisépticos y desinfectantes de mayor uso a nivel nacional comprenden el hipoclorito de sodio, etanol, monopersulfato de potasio, agua oxigenada, yodopovidona, glutaraldehído, clorhexidina, amonio cuaternario entre otros. Dichos productos químicos se emplean comúnmente en entornos clínicos y hospitalarios para la desinfección de superficies, equipos y material médico, así como para procesos de asepsia del paciente y personal de salud. La diversidad de productos con efecto biocida disponibles refleja la necesidad de eliminar microorganismos contaminantes y asegurar procedimientos médicos seguros (8). De igual manera, es fundamental que estos productos cumplan con las normativas y recomendaciones establecidas por las autoridades de salud para garantizar su efectividad en la prevención de infecciones nosocomiales y la protección de la salud pública (9).

Por consiguiente, la importancia en el efecto residual de los biocidas radica en su poder inhibitorio contra bacterias en tiempos posteriores a su aplicación. Sin embargo, la resistencia a antimicrobianos se manifiesta aun cuando no se verifique el efecto residual de los productos químicos usados en áreas hospitalarias. Como ejemplo se tiene, la investigación realizada en Dinamarca por Alotaibi *et al.* (10), para verificar la susceptibilidad de *E. faecium* resistente (VRE) y sensible (VSE) frente a la vancomicina, obtenido de hospitales daneses, frente al cloruro de benzalconio, clorhexidina y peróxido de hidrógeno. La investigación demostró que la bacteria VRE presentó una menor susceptibilidad frente al cloruro de benzalconio y clorhexidina en comparación con VSE *faecium*. La resistencia al peróxido de hidrógeno fue similar, pero el 75% de VRE mostró valores de concentración mínima bactericida (MBC) más altos en comparación con el 25% de VSE. Estos resultados indican diferencias significativas en la respuesta de la resistencia frente a los biocidas entre las cepas de *E. faecium* VRE y VSE.

En Chile, un estudio realizado por Aldunate y Cárdenas, ha revelado que el uso inadecuado de biocidas en diversas industrias, incluyendo la farmacéutica, cosmética, alimentaria y clínica, así como entre la población en general, ha provocado un aumento en la resistencia a alcoholes, amonio cuaternario, halofenoles, yodo, yodóforos, bisfenoles, biguanidas y compuestos a base de cloro. Esta situación, se observó principalmente por la pandemia de COVID-19 y ha generado una preocupante elevación en la

resistencia bacteriana en general por la capacidad de las bacterias para desarrollar resistencia a los antimicrobianos (11).

1. METODOLOGÍA O MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación de naturaleza descriptiva tuvo un enfoque longitudinal y cuantitativo, focalizándose en diferentes periodos de tiempo con la finalidad de verificar el efecto residual de los antisépticos y desinfectantes planteados por el MSP. La cepa que se utilizó fue *E. faecium* ATCC 19434 y se cultivó en agar Mueller Hinton, en donde se evaluó la susceptibilidad de la bacteria mediante la técnica de difusión Kirby Bauer frente a los desinfectantes y antisépticos, a través de la formación de halos de inhibición frente a los desinfectantes y antisépticos.

Para ello, se seleccionaron ocho productos químicos mayormente empleados para los procesos de desinfección y antiseptia en los entornos hospitalarios de acuerdo con el Manual de Bioseguridad del Ministerio de Salud Pública (MSP): amonio cuaternario 0,4% de primera generación, clorhexidina 2%, hipoclorito de sodio 0,5%, glutaraldehído 2%, monopersulfato de potasio 1%, yodopovidona 10%, peróxido de hidrógeno 10 Volúmenes y etanol 70°. De igual manera, las concentraciones planteadas fueron las establecidas por la misma entidad de salud y se prepararon con agua estéril.

El muestreo fue de tipo intencional y no probabilístico y se realizaron cinco réplicas con discos impregnados con los desinfectantes y antisépticos a lo largo de seis periodos de tiempo, los cuales se distribuyeron en 20 min, una, tres, seis, 12 y 24 horas, dando como resultado un total de 242 muestras, incluido un control positivo y negativo como control de la investigación. El control positivo consistió solamente en una siembra en agar Mueller Hinton con la cepa *E. faecium* ATCC 19434, mientras que el control negativo fue solamente al medio de cultivo sin la cepa bacteriana.

Para aplicar la técnica de Kirby Bauer, se realizó una suspensión bacteriana para lo cual se preparó con 10 mL de suero fisiológico y entre cuatro a cinco colonias de *E. faecium* ATCC 19434, hasta obtener una absorbancia en el espectrofotómetro entre 0.08-0.10 a 600nm. Adicionalmente con la suspensión bacteriana se realizó la siembra de determinadas colonias utilizando un hisopo estéril en agar Mueller Hinton. Posterior a ella se colocaron los discos impregnados previamente con los desinfectantes y antisépticos en los diferentes periodos de tiempo y se dejó en incubación a 37°C por 24 horas.

Por último, para la representación de los resultados, se calcularon las medias aritméticas obtenidas de la formación de halos de inhibición para cada desinfectante en su respectivo periodo de tiempo. De igual manera, se aplicó la escala de Duraffourd para determinar la sensibilidad de *E. faecium* frente a los desinfectantes y antisépticos, así como para también evaluar su efecto residual. La escala anteriormente mencionada se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1. Escala de sensibilidad según Duraffourd

	Sensibilidad nula $\leq 8\text{mm}$
Valor referencial	Sensible $\geq 9\text{mm} \leq 14\text{mm}$
	Muy sensible 15-20 mm

Sumamente sensible > 20mm

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados:

Los resultados obtenidos revelan variaciones considerables en el efecto residual de los desinfectantes y antisépticos en diferentes períodos de tiempo. Los valores obtenidos resultaron del promedio de las cinco repeticiones por cada disco. Estos hallazgos resaltan la importancia del efecto residual y con ello, una selección y uso adecuado de los agentes antimicrobianos en los protocolos de desinfección y antisepsia en entornos de atención médica, contribuyendo así a la efectividad en el control de la transmisión de microorganismos patógenos como *E. faecium*. A continuación, en la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de los diámetros de inhibición generados.

Tabla 2: Halos de inhibición generados por *E. faecium* frente a desinfectantes y antisépticos

Tiempo	Media de halos de inhibición (mm)					
	20 min	1 hora	3 horas	6 horas	12 horas	24 horas
Clorhexidina 2%	19,00	18,00	17,00	17,00	17,00	16,00
Hipoclorito de sodio 0,5%	8,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Etanol 70°	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Yodopovidona 10%	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00
Monopersulfato de potasio 1%	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Amonio cuaternario 0,4%	13,00	13,00	12,00	11,00	10,00	7,00
Agua Oxigenada 10 Vol	21,00	19,00	18,00	14,00	6,00	6,00
Glutaraldehído 2%	7,00	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00

Fuente: Elaborado por los autores.

Los resultados obtenidos a través del análisis del diámetro de los halos de inhibición impregnados con clorhexidina 2%, demostraron que, el producto químico empleado en los entornos hospitalarios, presenta un tamaño promedio inhibitorio inicial a los 20 minutos de 19,0 mm, por lo cual, al compararlo con la escala de Duraffourd se observa que la bacteria presenta alta sensibilidad frente al mismo en dicho periodo de tiempo. Sin embargo, este efecto residual disminuye lentamente con las horas, hasta llegar a 16,0 mm, lo cual permite considerar que la bacteria sigue siendo muy sensible a lo largo de 24 horas, demostrando un excelente efecto residual, considerándose como un producto con buena actividad antimicrobiana.

Por otro lado, los análisis de los discos impregnados con hipoclorito de sodio al 0,5% revelan un tamaño promedio de halos de inhibición inicial de 8,0 mm a los 20 minutos, lo cual evidencia baja susceptibilidad por parte de la bacteria de acuerdo con la escala de Duraffourd. Sin embargo, con el transcurso del tiempo se observa una reducción gradual del efecto residual hasta llegar a un diámetro de inhibición final de 6,0 mm, lo que señala una pérdida total de sensibilidad por parte de la bacteria. Estos hallazgos demuestran poca o nula efectividad antimicrobiana del hipoclorito de sodio en la concentración

establecida a lo largo del tiempo.

De igual manera, el etanol al 70°, se observa un tamaño promedio inicial de 7,0 mm, indicando una baja o nula susceptibilidad bacteriana de acuerdo a la escala de Duraffourd. Al igual que el hipoclorito de sodio se observa que, conforme transcurre el tiempo, este efecto residual disminuye rápidamente hasta obtener un diámetro final en el halo de inhibición de 6,0 mm, lo que sugiere resistencia bacteriana, ya que el tamaño del disco es de 6,00mm de diámetro. Estos resultados resaltan la nula efectividad antimicrobiana del etanol al 70°, incluso desde el inicio de los periodos de tiempo planteados en la investigación, es decir a los 20 minutos, siendo uno de los desinfectantes más ineficaces a lo largo del estudio.

En ese mismo sentido, el análisis de los discos impregnados con yodopovidona al 10%, permiten verificar que el tamaño promedio de los halos de inhibición desde el periodo de tiempo inicial es de 8,0 mm demostrando sensibilidad nula de acuerdo a la escala de Duraffourd. Dichos datos se mantienen, con las horas y al final se observa una ligera disminución en el diámetro de los halos de inhibición en el periodo de tiempo final de 7,0 mm frente a *E. faecium*. Estos resultados destacan la nula efectividad antimicrobiana de la yodopovidona, indicando la resistencia de *E. faecium* al antiséptico los periodos de tiempo, lo cual demuestra también nulo efecto residual.

Así mismo, los resultados del análisis de los discos impregnados de monopersulfato de potasio al 1% demuestran su efectividad como desinfectante en entornos hospitalarios. Se observa que el tamaño promedio de inhibición inicial y final es de 6,0 mm a lo largo de todos los periodos de tiempo de la investigación, lo que indica de acuerdo a la escala de Duraffourd una resistencia total por parte de la bacteria y con ello, falta de efecto antimicrobiano contra *E. faecium*. Estos datos plantean serias incertidumbres sobre su eficacia como desinfectante en entornos hospitalarios donde se busca una protección efectiva contra la propagación de bacterias.

Por el contrario, los resultados obtenidos del amonio cuaternario 0,4% presentaron un diámetro inicial de 13,0 mm a los 20 minutos, evidenciando sensibilidad bacteriana según la escala de Duraffourd. Sin embargo, en los siguientes periodos de tiempo de la investigación, se observa una disminución gradual del efecto residual hasta llegar a un diámetro de inhibición de 7,0 mm a las 24 horas, lo que señala una pérdida significativa de sensibilidad bacteriana. Esto evidencia una reducción en la efectividad del amonio cuaternario en dicha concentración.

En contraparte, los resultados del agua oxigenada o peróxido de hidrógeno 10 Vol, demostraron un tamaño promedio de los halos de inhibición de 21,0 mm a los 20 minutos de su aplicación, indicando alta sensibilidad bacteriana de acuerdo la escala de Duraffourd. Sin embargo, su efecto reduce con el paso del tiempo hasta observarse una disminución drástica del efecto residual a las doce horas, con un diámetro de inhibición de 6,0 mm incluso en la última aplicación de 24 horas. Esto podría sugerir que la reducción del efecto del peróxido de hidrógeno varía con las horas de su aplicación, hasta observar resistencia bacteriana y una pérdida total de la efectividad antimicrobiana.

Por otra parte, los análisis de los discos impregnados con glutaraldehído al 2% indicaron un diámetro

inhibitorio inicial de 7,0 mm, el cual se mantiene durante varios periodos de tiempo hasta las seis horas. De acuerdo a la escala Duraffourd se evidencia que *E. faecium* presenta una sensibilidad nula. Con el transcurso del tiempo, se observa una reducción completa del efecto residual, alcanzando finalmente un diámetro en el halo de inhibición de 6,0 mm, tamaño que corresponde al diámetro normal del disco con el que se trabajó durante la investigación, como se menciona anteriormente. Esto sugiere que la bacteria pierde por completo su sensibilidad y que el glutaraldehído al 2% pierde su efectividad antimicrobiana durante su transcurso de prueba.

Discusiones:

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto residual de los desinfectantes y antisépticos utilizados en entornos de atención hospitalaria sobre *E. faecium*, en comparación con la escala de Duraffourd, y se evidenció que la mayoría de los biocidas aplicados, presentan un efecto residual nulo o poco eficaz para lograr una adecuada inhibición en la actividad antimicrobiana a través de los diferentes periodos de tiempo. Dichos resultados pueden ser analizados en conjunto con otras investigaciones a nivel nacional e internacional, corroborando la importancia de revisar y mejorar continuamente la desinfección, para garantizar la seguridad y eficacia en la prevención de la propagación de enfermedades.

De tal manera, en Europa, se tiene el estudio de tipo descriptivo y prospectivo, realizado por Pidot *et al.* (7), en donde resalta un aumento en la tolerancia de *E. faecium* a nivel hospitalario frente a los alcoholes que se usan para el lavado de manos, demostrando resistencia bacteriana hacia el etanol 70° de 139 muestras aisladas a nivel hospitalario de *E. faecium* obtenidos entre los años 1997 y 2015. Se descubrió que los aislados de *E. faecium* posteriores al 2010 eran 10 veces más tolerantes a la muerte por alcohol que los aislados más antiguos. Aunque la investigación no menciona la sensibilidad del efecto residual del etanol, nuestro estudio reveló que al etanol al 70° no genera un efecto alguno frente *E. faecium*. Cabe recalcar que la concentración usada es igual en comparación con la investigación de Pidot *et al.* el cual presenta una susceptibilidad nula. Además, los resultados de los autores mencionados anteriormente indican la resistencia de la bacteria frente al desinfectante, complicando las recomendaciones para el control de infecciones.

Por otro lado, en Alemania, un estudio realizado de manera descriptiva, por Wieland *et al.* (12), sobre la susceptibilidad a los desinfectantes y su asociación con la susceptibilidad a los antimicrobianos de *E. coli*, *E. faecalis* y *E. faecium* aisladas en granjas avícolas determinaron que un derivado del amonio cuaternario de segunda o tercera generación (cloruro de didecil dimetil amonio) mediante macrodilución demostró que el desinfectante analizado tuvo la capacidad de seleccionar a los *Enterococcus* (entre ellos *E. faecium*) que resultan ser resistentes a determinados antimicrobianos, excluyendo a *E. coli* productora de BLEE/AmpC en altas concentraciones en las aves de corral. La investigación permite verificar la importancia del amonio cuaternario de segunda o tercera generación a diferencia del de primera generación con el que se trabajó en nuestra investigación, a pesar de que los resultados evidencian la formación de de inhibición. Sin embargo, se demuestra la importancia en el uso de moléculas con mayor poder inhibitorio

y efecto residual dentro de la clasificación del grupo del amonio cuaternario.

Por otra parte, en Australia, una investigación realizada de manera descriptiva, por Suchomel *et al.* (13), sobre *E. faecium* y diferentes sensibilidades a los agentes biocidas típicos utilizados para la desinfección. Encontraron poca tolerancia de *E. faecium* cuando se expuso durante 1 min, 5 min y 15 min al 3 % en una solución madre de NaOCl, (hipoclorito de sodio) que contiene entre un 6 % a 14 % de cloro activo. Resultados similares se obtuvieron en nuestra investigación, ya que los halos de inhibición obtenidos no superan 8,00mm, demostrando el poco efecto residual del compuesto químico frente a la bacteria, aún cuando la concentración con la que se trabajó fue diferente.

Por otro lado, en el caso de la clorhexidina, Duarte *et al.* (14), en su análisis de tipo descriptivo, acerca de la tolerancia de *E. faecium*, realizada en Portugal, destaca que este desinfectante resultó ser ineficaz para reducir la proliferación bacteriana debido al predominante uso en el ámbito hospitalario donde el extenso empleo de la clorhexidina podría estar contribuyendo a su desarrollo a la tolerancia a este antiséptico, como sucedió en el caso de *Staphylococcus spp.* resistente al alcohol causando infecciones humanas de tipo nosocomiales, debido a su resistencia múltiple para la mayoría de antisépticos y desinfectantes. Los resultados de los autores mencionados anteriormente señalan que la clorhexidina es poco productiva en relación a los microorganismos patógenos, sin embargo, en nuestra investigación se logró evidenciar que *E. faecium* si presenta efecto residual en los diferentes periodos de tiempo.

En otro caso, en Turquía, una investigación realizada de manera descriptiva, por Eryilmaz *et al.* (15), sobre los desinfectantes como el glutaraldehído, gluconato de clorhexidina, povidona yodada empleados en la mayor parte del mundo, lograron identificar la susceptibilidad con aislados de *S. aureus* y *Enterococcus spp.*, probando que se puede utilizar estos desinfectantes contra microorganismos resistentes o comúnmente conocidos como los intrahospitalarios resistentes. En contraparte, dichos resultados no contrastan con nuestra investigación debido a que se logró evidenciar que el microorganismo aislado que en este caso fue *E. faecium* presenta resistencia tanto para el glutaraldehído como la povidona yodada por la ausencia de halos de susceptibilidad en los cultivos analizados. Estos hallazgos plantean dudas sobre la efectividad de los productos químicos mencionados anteriormente, debido a que se emplean en áreas de hospitalización sobre todo en las zonas más críticas donde el desinfectante es fundamental para evitar infecciones de cualquier tipo que afecten a la salud.

En cuanto, en Colombia, otra investigación realizada de tipo descriptiva, por Cuy *et al.* (16), de igual manera acentuándose en los desinfectantes indica la susceptibilidad de aislados de *E. faecium* y esporas de *Bacillus* frente al peróxido de hidrógeno debido a que no pueden ser desinfectadas de manera convencional puesto que la actividad antimicrobiana disminuye con el tiempo. Además, cabe mencionar que este agente químico dependiendo de su concentración puede actuar como bacteriostático al 2-3%, bactericida al 5-6% y en ciertas ocasiones como esporicida. Sin embargo, a concentraciones altas y por diferentes periodos de tiempo, sobre todo la exposición frente a la bacteria, se puede llegar a erradicar por completo al patógeno contaminante. Los resultados obtenidos en esta investigación presentan similitud con

nuestro estudio, aunque no presentan la misma concentración. Sin embargo, se logró evidenciar que el microorganismo es altamente sensible al peróxido de hidrógeno, demostrando ser el desinfectante con mayor diámetro de efecto residual, pero su prevalencia disminuye con el tiempo hasta llegar a nulo, lo cual sugiere su empleo en entornos a nivel hospitalario para la prevención de enfermedades.

Por otro lado, una revisión sistemática realizada por Maimone, analizaron la eficacia del monopersulfato de potasio contra patógenos resistentes a nivel hospitalario, revelando una efectividad intermedia. Este agente químico puede actuar de manera polifuncional al igual que la mayoría de desinfectantes, es decir, posee actividad fungicida, bactericida, esporicida y virucida. Durante el análisis se emplearon concentraciones del 1% de monopersulfato de potasio evidenciando su actividad bactericida contra *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, *E. hirae* y *M. smegmatis*. Sin embargo, estos resultados no presentan similitud con nuestro estudio, debido a que se logró evidenciar que *E. faecium* presenta una sensibilidad nula frente al desinfectante por lo cual es incapaz de generar algún efecto residual (17). Si bien es cierto, las bacterias mencionadas en esta investigación son diferentes, pero se pone en evidencia la variación de la sensibilidad y resistencia de los diferentes microorganismos frente a los productos desinfectantes.

Finalmente, un estudio realizado en Cuenca, Ecuador por Llanga *et al.* (18), sobre el efecto residual de desinfectantes de uso hospitalario frente a *A. baumannii*, examinaron en diferentes periodos de tiempo, la formación mínima de halos de inhibición inferior a 9,00 mm a los 20 min, sin embargo, a las 6 horas demostró ser resistente para el glutaraldehído al 2%. Por otro lado, en el caso del monopersulfato de potasio 1%, no generó ningún halo de inhibición de principio a fin, indicando como resistente a la bacteria. Dichos resultados concuerdan con nuestra investigación, donde demostramos la nula efectividad del glutaraldehído al 2% y monopersulfato de potasio 1% frente a *E. faecium*. Estos hallazgos, demuestran la poca efectividad de estos desinfectantes frente a otras bacterias.

Por otro lado, no se consideraron el efecto que el pH de los desinfectantes y su relación con el medio de cultivo puedan afectar al desarrollo de los microorganismos. Tampoco se consideró la volatilidad de los desinfectantes y la compatibilidad entre medio de cultivo y desinfectantes o antisépticos empleados en la investigación. A pesar de ello, los hallazgos de este estudio proporcionan información valiosa sobre el efecto residual de los compuestos desinfectantes en la resistencia bacteriana en entornos de atención médica. Estos resultados destacan la necesidad de investigaciones adicionales que permitan abordar, no sólo las limitaciones identificadas sino la combinación de compuestos químicos que permitan potenciar su efecto inhibitorio y residual y que podrían facilitar los procesos de desinfección necesarios en áreas hospitalarias para evitar la propagación de bacterias potencialmente peligrosas para la salud.

Por último, el propósito de este estudio permitió la evaluación del efecto residual de los desinfectantes y antisépticos empleados en entornos médicos frente a *E. faecium*, en comparación con la escala de Duraffourd. Recalcando, que la mayoría de los biocidas aplicados mostraban una durabilidad en su efecto residual insuficiente para mantener una actividad antimicrobiana efectiva a lo largo del tiempo.

Estos resultados pueden ser contrastados con investigaciones previas, destacando, en particular, la notable influencia del tipo de desinfectante en su capacidad para controlar la resistencia bacteriana.

CONCLUSIONES

Se evaluó el efecto residual de hipoclorito de sodio 0.5%, amonio cuaternario 0.4%, glutaraldehído 2%, agua oxigenada 10 Vol, clorhexidina 2%, yodopovidona 10%, monopersulfato de potasio 1% y etanol 70° utilizados en los entornos hospitalarios, destacando a la clorhexidina 2% como producto químico con efecto desinfectante de mayor efecto residual de acuerdo al tamaño de los halos de inhibición obtenidos. Estos resultados se compararon con la escala de Duraffourd, siendo la clorhexidina 2% el biocida que presentó mayor efecto residual y prevalencia frente a *E. faecium*, ya que el tamaño del halo de inhibición obtenido lo clasifica como muy sensible.

Por otro lado, los biocidas con menor efecto residual, a causa de la resistencia bacteriana generada por *E. faecium*, resultó ser hipoclorito de sodio 0.5%, etanol 70°, yodopovidona 10%, monopersulfato de potasio 1% y glutaraldehído 2%, demostrando una susceptibilidad nula de acuerdo a la escala de Duraffourd. Sin embargo, la bacteria frente al agua oxigenada 10 Vol, empezó demostrando alta sensibilidad, pero finalizó siendo nula en el transcurso del tiempo, presentando de dicha manera menor efecto residual en comparación con los otros biocidas.

FINANCIACIÓN

Los autores declaran no haber recibido financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

Participar activamente en:

	Marcos Gualpa	Juan Lopez	Denisse Arteaga
Conceptualización	X	X	
Análisis formal	X	X	
Adquisición de fondos	X	X	
Investigación	X	X	X
Metodología	X	X	X
Administración del proyecto	X	X	
Recursos	X	X	
Redacción –borrador original	X	X	
Redacción –revisión y edición	X	X	X
La discusión de los resultados	X	X	
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X	X

REFERENCIAS

- Hirose R, Itoh Y, Ikegaya H, Miyazaki H, Watanabe N, Yoshida T, et al. Evaluation of the residual disinfection effects of commonly used skin disinfectants against viruses: An innovative contact transmission control method. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2021;55(23):16044–55. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.1c05296>
- Saavedra SY, Bernal JF, Montilla-Escudero E, Torres G, Rodríguez MK, Hidalgo AM, et al. Vigilancia

- nacional de aislamientos clínicos de *Enterococcus faecalis* resistentes al linezolid portadores del gen *optrA* en Colombia, 2014-2019. *Rev Panam Salud Publica* [Internet]. 2020 [citado el 29 de marzo de 2024];44:1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26633/rpsp.2020.104>
3. Monsalve A NG, Moscoso Gama JM. Resistencia Bacteriana a Desinfectantes en áreas comunes de oficinas. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* [Internet]. 2021;60–74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.47499/revistaacsb.v1i33.225>
 4. Chacón-Jiménez L, Rojas-Jiménez K. Resistencia a desinfectantes y su relación con la resistencia a los antibióticos. *Acta méd costarric* [Internet]. 2020 [citado el 29 de marzo de 2024];62(1):7–12. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022020000100007
 5. Rogers LA, Strong K, Cork SC, McAllister TA, Liljebjelke K, Zaheer R, et al. The role of whole genome sequencing in the surveillance of antimicrobial resistant *Enterococcus* spp.: A scoping review. *Front Public Health* [Internet]. 2021;9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2021.599285>
 6. Azabache JCB, Navarrete-Mejía PJ. En época de pandemia: eficacia de los desinfectantes de uso hospitalario en áreas críticas. *Rev habanera cienc médicas* [Internet]. 2023 [citado el 29 de marzo de 2024];22(2):4474. Disponible en: <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4474>
 7. Pidot SJ, Gao W, Bultjens AH, Monk IR, Guerillot R, Carter GP, et al. Increasing tolerance of hospital *Enterococcus faecium* to handwash alcohols. *Sci Transl Med* [Internet]. 2018;10(452). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1126/scitranslmed.aar6115>
 8. Cobos Valdes D. Bioseguridad en el contexto actual. *Rev Cuba Hig Epidemiol* [Internet]. 2021 [citado el 30 de marzo de 2024];58. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032021000100015
 9. Gold NA, Mirza TM, Avva U. Alcohol Sanitizer. 2024 [citado el 30 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30020626/>
 10. Alotaibi SMI, Ayibiekea A, Pedersen AF, Jakobsen L, Pinholt M, Gumpert H, et al. Susceptibility of vancomycin-resistant and -sensitive *Enterococcus faecium* obtained from Danish hospitals to benzalkonium chloride, chlorhexidine and hydrogen peroxide biocides. *J Med Microbiol* [Internet]. 2017;66(12):1744–51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1099/jmm.0.000642>
 11. Aldunate MF, Cárdenas J. Uso de antisépticos y potencial riesgo de resistencia antimicrobiana [Internet]. *Ispch.cl*. 2021 [citado el 26 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.ispch.cl/newsfarmacovigilancia/19/images/parte06.pdf>
 12. Wieland N, Boss J, Lettmann S, Fritz B, Schwaiger K, Bauer J, et al. Susceptibility to disinfectants in antimicrobial-resistant and -susceptible isolates of *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* from poultry-ESBL/AmpC-phenotype of *E. coli* is not associated with resistance to a quaternary ammonium. *J Appl Microbiol* [Internet]. 2017;122(6):1508–17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jam.13440>
 13. Suchomel M, Lenhardt A, Kampf G, Grisold A. *Enterococcus hirae*, *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* show different sensitivities to typical biocidal agents used for disinfection. *J Hosp Infect* [Internet]. 2019;103(4):435–40. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2019.08.014>
 14. Duarte B, Pereira AP, Freitas AR, Coque TM, Hammerum AM, Hasman H, et al. 2CS-CHX T operon signature of chlorhexidine tolerance among *Enterococcus faecium* isolates. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2019;85(23). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1128/aem.01589-19>
 15. Eryilmaz M, Akın A, Arıkan Akan O. Investigación de la eficacia de algunos desinfectantes contra *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus* spp. nosocomiales. aislados. 2019; Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/21935778>
 16. Cuy Calderón Wendy Daniela, Gallego García Angélica Valeria, Figueroa García, Yulliet. Efecto de protocolos de desinfección en pruebas microbiológicas y en la resistencia mecánica de los conos de gutapercha [Internet]. *Handle.net*. 2019 [citado el 30 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/12906>
 17. Maimone S. Desinfectantes de Hospital: Monopersulfato de Postasio [Internet]. CODEINEP. 2018 [citado el 30 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://codeinep.org/desinfectantes-de-hospital-monopersulfato-de-potasio/>
 18. Llanga Ayol KE, Tapia Vallejo VE, Arteaga Sarmiento SD. Efecto residual de desinfectantes de uso hospitalario frente a *Acinetobacter baumannii*. *AD* [Internet]. 6 de febrero de 2024 [citado 24 de abril de 2024];7(1.1):58-2. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/article/view/2884>