



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO E HISTOPATOLÓGICO

Informe final de investigación previo a la obtención del título de Licenciado en Ciencias de
la Salud en Laboratorio Clínico e Histopatológico

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título:

Determinación de microorganismos en superficies sólidas como método de validación de
procesos de desinfección no húmeda.

Autor: Ángel Stalin Ibarra Cando

Tutora: PhD. María Eugenia Lucena

Riobamba - Ecuador

2020-2021

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **“Determinación de microorganismos en superficies sólidas como método de validación de procesos de desinfección no húmeda”**. Presentado por Angel Stalin Ibarra Cando, dirigido por la PhD. María Eugenia Lucena De Ustariz, una vez escuchada la defensa oral y realizado el informe final del proyecto de revisión bibliográfica con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para el uso y custodia de la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH.

Para la constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Ximena Del Rocío Robalino Flores
Presidenta del tribunal



Firmado electrónicamente por:
**XIMENA DEL ROCIOROBALINO
FLORES**

Firma

Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez
Miembro del tribunal



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS IVAN
PENAFIEL MENDEZ**

Firma

Mgs. Eliana Elizabeth Martínez Durán
Miembro del tribunal



Firmado electrónicamente por:
**ELIANA ELIZABETH
MARTINEZ DURAN**

Firma

CERTIFICADO DEL TUTOR

Yo, **Ph.D. Maria Eugenia Lucena de Ustariz**, docente de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico en calidad de Tutora del Proyecto de Investigación titulado: **: Determinación de microorganismos en superficies sólidas como método de validación de procesos de desinfección no húmeda**, propuesto por el Sr, **Ibarra Cando Angel Stalin** egresado de la Carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico de la Facultad Ciencias de la Salud, luego de haber realizado las debidas correcciones, certifico que se encuentra apto para la defensa pública del proyecto.

Riobamba, 29 de junio de 2021

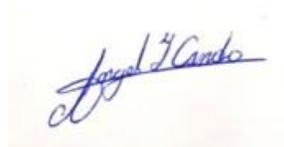


Ph.D. Maria Eugenia Lucena de Ustariz

Docente tutor de la carrera de Laboratorio Clínico e Histopatológico

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este trabajo de graduación, corresponde exclusivamente a su autora Angel Stalin Ibarra Cando con cédula de identidad 0250051778 y tutora PhD. María Eugenia Lucena De Ustariz y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink that reads "Angel Stalin Ibarra Cando". The signature is written in a cursive style and is centered on a light-colored rectangular background.

Angel Stalin Ibarra Cando

CI: 0250051778

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Chimborazo por ser el templo de enseñanza y formación para fortalecer principios y aprender conocimientos en el ámbito de salud.

A cada Docente digno de admiración y respeto cuyos conocimientos compartidos contribuyeron al desarrollo de mi aprendizaje.

A la honorable PhD. María Eugenia Lucena por su generosidad y voluntad para desarrollar el presente proyecto de investigación.

A mi amigo, compañero, hermano Edwin Pinta al brindarme su apoyo, perseverancia, respeto y lucha un gran honor el haber compartido días buenos y malos que se logró manejar con la complementariedad necesaria y humilde.

DEDICATORIA

A Dios al ser mi guía y fortaleza de vida en cada Bendición.

Mi abuelito Carlos Cando quien me cuida y es mi escudo de perseverancia en el camino de bien y concordancia.

Mi madre María Cando mi fortaleza, motivación y felicidad que agranda mis ganas de superación hacia cada objetivo fundamental con la finalidad de prosperidad.

Mi abuelita Teresita Ramos por su motivación, enseñanzas, alegrías apoyo incondicional en todo momento frutos que solo ella sabe demostrar y confiar en mí.

A mi padre Ángel Ibarra digno trabajador, cultivador de detalles importantes que me ayudan en mis pasos hacia cada meta con orden y disciplina.

A mis hermanos el regalo de mis padres fieles amigos y compañeros de aventuras dignas de confianza y apoyo en cada momento de lealtad y honestidad.

ÍNDICE

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT:	v
Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo II. METODOLOGÍA	16
Capítulo III. DESARROLLO	20
CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas y desventajas de desinfectantes húmedos usados como bajo nivel de desinfección.....	8
Tabla 2 Ventajas y desventajas de desinfectantes no húmedos.....	12
Tabla 3: Frecuencia de artículos encontrados en relación a cada método de desinfección ..	20
Tabla 4: Eficacia del Óxido de Etileno sobre tela de algodón de material histórico del museo de Oświęcim en Polonia	24
Tabla 5: Eficacia del Peróxido de hidrógeno con diferentes concentraciones y tiempos de acción.....	26
Tabla 6: Eficacia del UV en la desinfección de superficies	30
Tabla 7: Cuantificación del SARS-CoV-2 para respiradores N95 después de desinfección térmica	32

RESUMEN:

El presente trabajo de investigación bibliográfica tiene como objetivo determinar la existencia de microorganismos en superficies sólidas posterior a un proceso de desinfección no húmeda como método de validación de que dichos procesos resultan efectivos. Al basarse en artículos científicos, guías, manuales, libros y protocolos de bioseguridad, limpieza y desinfección de superficies. Ya que estos son de gran importancia en varios aspectos relacionados con el bienestar y la salud humana. El presente trabajo de titulación presenta un tipo de metodología cualitativo y descriptivo, pues de esta manera se han analizado documentos científicos especializados. Así mismo después de una clasificación mediante criterio de exclusión e inclusión, se pudo identificar y analizar diferentes documentos en donde como resultado se analiza y compara cuál de los compuestos como el Formaldehído, Peróxido de Hidrógeno vaporizado, Rayos U.V., Plasma de Oxígeno, Radio frecuencia, Rayos Gama, la experimentación con Aliinasa (producto que se obtiene del Ajo) o Hielo Seco (CO₂) tienen un mejor rendimiento en la eliminación de los microorganismos más comunes y de gran impacto en la salud humana. Con ello es posible determinar cuáles han sido más efectivos y en futuras investigaciones considerarlas como las más adecuadas. Se llega a concluir que el calor seco en una cámara esterilizadora es el método más efectivo para la eliminación de microorganismos.

Palabras clave: Desinfección, superficies, microorganismos.

ABSTRACT:

The present bibliographic research work aims to determine the existence of microorganisms on solid surfaces after a non-wet disinfection process as a validation method that said processes are effective. Based on scientific articles, guides, manuals, books, and protocols of biosafety, cleaning, and disinfection of surfaces. Since these are of great importance in various aspects related to human health and well-being. This degree work presents a type of qualitative and descriptive methodology since in this way specialized scientific documents have been analyzed. Likewise, after classification by means of exclusion and inclusion criteria, it was possible to identify and analyze different documents whereas a result it is analyzed and compared which of the compounds such as Formaldehyde, Vaporized Hydrogen Peroxide, UV Rays, Oxygen Plasma, Radiofrequency, Gamma rays, experimentation with Aliinase (a product obtained from Garlic) or Dry Ice (CO₂) have a better performance in the elimination of the most common microorganisms and of great impact on human health. With this, it is possible to determine which ones have been more effective and in future research consider them as the most appropriate. It is concluded that dry heat in a sterilizing chamber is the most effective method for the elimination of microorganisms.

Keywords: Desinfection, surfaces, microorganisms.

Reviewed by:

Lcda. Diana Carolina Chávez Guzmán

English Professor.

c.c. 0650037955

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

La desinfección es un proceso que consiste en limpiar diferentes superficies y objetos con la finalidad de prevenir posibles infecciones por agentes patógenos como los virus, bacterias, hongos o protozoos, impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes. Se ha categorizado en varios niveles: alto, intermedio y bajo. La de alto nivel, generalmente puede tener una eficacia próxima a la de la esterilización, mientras que formas de esporas pueden sobrevivir a la desinfección de nivel intermedio, y muchos microorganismos pueden seguir siendo viables cuando se exponen a una desinfección de bajo nivel. Existen varios tipos de desinfección: entre ellos la desinfección no húmeda, la cual trata de un procedimiento de desinfección de superficie a través de fumígenos. Se utiliza como tratamiento de desinfección en superficies difíciles de higienizar a través de tratamiento directo por pulverización. Este tipo de desinfección es idónea para ser utilizada en locales de manipulación de alimentos, bebidas, cosméticos y fármacos, donde no es deseable la presencia de humedad (1).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la existencia de microorganismos en superficies sólidas posterior a un proceso de desinfección no húmeda como método de validación de que dichos procesos resultan efectivos. Al basarse en revisiones bibliográficas de artículos científicos, guías, manuales, libros y protocolos de bioseguridad, limpieza y desinfección de superficies, podemos determinar cuáles han sido más efectivos y en futuras investigaciones considerarlas como las más efectivas (1).

En el 2016 el Ministerio de Salud Pública del Ecuador sacó a la luz el manual de bioseguridad para los establecimientos de salud en la cual se recalca que la desinfección es un gran tema de interés e importancia en el entorno social enfocando como primera línea la salud del ser humano (1). Como principio otorga la eliminación específica de diferentes microorganismos que se hallan en superficies internas como externas, lo que conlleva la contaminación al ser humano pudiendo ocasionar infecciones bacterianas, micóticas y virales.

Los tipos de desinfección que es posible son los húmedos, en los cuales el uso de agentes químicos es aplicado directamente sobre superficies para inactivar o destruir microorganismos

en superficies inertes. Los secos que tienen como principal acción la mínima participación de vapor de agua ya que en este caso estos residuos de líquido no vienen a formar parte del proceso de desinfección. Y, por último, la aérea que se utilizan equipos de nebulización en frío o sistemas de nebulización centralizada. Estos consiguen, a partir de un líquido, una niebla formada por gotas de un tamaño de partícula de aproximadamente 30 µm. (2)

Los desinfectantes utilizados en las instalaciones de atención médica son productos de un solo paso, lo que significa que limpian y desinfectan en un solo paso en lugar de requerir dos pasos independientes (es decir, limpieza, seguida de desinfección). En general, no es necesario realizar una limpieza previa a menos que se produzca un derrame o haya una gran contaminación, en cuyo caso la limpieza precede al uso de un desinfectante. Los desinfectantes están diseñados para usarse en superficies duras y no porosas; sin embargo, algunos productos están registrados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para su aplicación en superficies blandas, como las cortinas de privacidad de los hospitales. (3)

McDonnell; 2013 (4) menciona que los priones son proteínas infecciosas que plantean un desafío único para la salud pública. Causan enfermedades devastadoras conocidas como encefalopatías espongiformes transmisibles (EET), como la enfermedad de *Creutzfeldte Jakob* (CJD), la variante de la enfermedad de *Creutzfeldte Jakob* (CJD) y el síndrome de *Gerstmanne Strauslere Scheinker* (GSS). Las enfermedades priónicas se pueden transferir a través de varios tejidos y en las superficies de los dispositivos quirúrgicos. Los microorganismos (bacterias, hongos, virus y protozoos) se depositan en distintas superficies y pueden permanecer viables allí por un tiempo determinado, y de esta manera entrar al huésped y poder ocasionar una infección. Dentro de las bacterias *Escherichia coli*, es uno de los microorganismos más frecuentes en superficies, aferrándose a superficies no porosas en un tiempo de 1.5 horas a 16 meses. *Escherichia coli* es un bacilo Gram negativo, aerobio facultativo, que crece a una temperatura de 37°C (4).

Los mecanismos de inactivación microbiana no están relativamente bien establecidos en comparación con una gran base de datos sobre cinética, en parte porque las incidencias que desencadenan la muerte celular o inhiben el crecimiento adicional implican vías complejas y diversas incluso cuando se considera un solo microorganismo.

Desinfectantes químicos y la luz ultravioleta causan cambios letales o no letales en prácticamente todos los componentes de los microorganismos a medida que los microorganismos se inactivan, como lo demuestra un gran número de informes relevantes en la literatura. Además, los mecanismos también dependerían en gran medida del tipo de microorganismos y desinfectantes. (5)

Independientemente de la complejidad involucrada, el mecanismo de inactivación durante el proceso de desinfección diseñado generalmente se puede clasificar en dos vías fenomenológicas.

Primero, considerando que la estructura periférica de la célula (por ejemplo, la pared celular bacteriana y la capa de esporas) proporciona una barrera protectora primaria contra el estrés ambiental de los microorganismos, los daños en los componentes de la superficie celular serían el primer paso, y quizás el principal, para la inactivación microbiana. Por lo tanto, el cambio fisicoquímico en la superficie celular precedería a cualquier daño adicional en los componentes intracelulares y sus funciones. Estudios anteriores han reportado varias evidencias sobre la alteración de la superficie celular, en particular el cambio en la permeabilidad de membrana celular o estructura de la pared, durante la desinfección química. Por ejemplo, la inactivación de *E. coli* por el ozono fue provocada por un cambio en la permeabilidad de la membrana celular. También observaron daños en la membrana celular interna y el cambio en la permeabilidad celular cuando las esporas de *B. subtilis* fueron inactivadas por el cloro libre y el dióxido de cloro. (6)

Alternativamente, la muerte celular podría inducirse sin implicar daño en la estructura de la superficie. En tal caso, el deterioro directo de las funciones intracelulares sería la razón principal de la muerte celular y la inhibición del crecimiento. Un caso extremo en este escenario sería la irradiación ultravioleta, en la que la luz ultravioleta de onda corta (comúnmente utilizada en la desinfección del agua) ataca directamente al ADN, provocando la desactivación del ADN principalmente a través de la dimerización de pirimidina y, en consecuencia, la inhibición del crecimiento celular. Alguna evidencia en la literatura también sugiere que los desinfectantes químicos también podrían atacar directamente los componentes intracelulares sin involucrar una alteración significativa de la superficie. En el

estudio de Min Cho (6) se menciona sobre la interrupción de la síntesis de proteínas como el mecanismo principal de muerte de *Escherichia coli* bajo el tratamiento con dióxido de cloro.

Por otra parte, es posible encontrar en superficies a bacterias Gram positivas como lo son *Staphylococcus aureus*, aerobio facultativo, que habita en las mucosas del ser humano en un tiempo corto, y su tiempo de vida en las superficies es de 7 días a 7 meses. (7)

Hay estudios limitados sobre la efectividad de la desinfección y limpieza de otras alternativas supuestamente más seguras. Para la desinfección, se ha informado que el vinagre blanco destilado sin diluir logró una reducción de $> 5,00 \log_{10}$ ($> 99,999\%$) contra *Salmonella* spp. y *Pseudomonas aeruginosa*, pero una reducción $< 1,00 \log_{10}$ contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* O157: H7 con un tiempo de contacto de 30 s en solución (7).

Dentro de los hongos uno de los más abundante en las superficies es el *Aspergillus* el cual degrada materia orgánica y se localiza en el medio exterior e interior, son microorganismos heterótrofos debido a su dependencia de materia orgánica, es filamentoso saprofito, su inhalación produce severas enfermedades e infecciones superficiales. (8)

También se puede encontrar *Candida albicans* que morfológicamente se presenta en forma de células de levaduras ya sea redondas u ovals entre 4,6 μ m, y que su tiempo de vida en las superficies es de 1 a 120 días. En los virus se menciona su constitución por parte de material genético ADN o ARN, al mencionar los más importantes se hallan el Virus de Inmunodeficiencia Humana estableciéndose en un tiempo en superficies de 7 días, Hepatitis C con un tiempo de 3 a 6 semanas, y por último el Corona virus en un tiempo de hasta dos semanas, todos estos encontrados en las superficies (8).

Para poder valorar la desinfección de estos microorganismos se fomenta mediante métodos de comprobación de dicha desinfección tal es el caso del uso de la placa de contacto Petri film destinada para el muestreo de superficies ya que está compuesta por una lámina de polipropileno en la cual se halla el medio de cultivo para el crecimiento de bacterias y hongo. (9)

Para reconocer bacterias se usa el indicador y para reconocer levaduras se haría mediante su tamaño pequeño con un color rosa y sus bordes bien definidos. Como segundo método se aplicará el recuento de microorganismos mediante la filtración de membrana mismas que podrá medir la cantidad de microorganismo que están presentes en una muestra líquida mediante instrumentos como la caja Petri, matraz Erlenmeyer, embudo y el principal el instrumento de filtración y como último se conocerá la compresión de colonias. (10)

En otros estudios se ha demostrado una limpieza subóptima mediante el recuento de colonias aeróbicas y el uso de marcadores de bioluminiscencia y fluorescencia de ATP. Por ejemplo, la minuciosidad de la limpieza terminal en el entorno inmediato del paciente en hospitales de cuidados intensivos mediante el uso de una solución transparente y estable que emite fluorescencia cuando se expone a la luz ultravioleta portátil. (11)

Las formas de reconocer el rendimiento de los desinfectantes en condiciones que predecirían mejor el rendimiento en el campo contra un patógeno importante y robusto *Salmonella* por ejemplo que las pruebas de laboratorio estandarizadas, se han diseñado una prueba de suspensión húmeda, la otra una prueba de superficie seca. Ambos con materia orgánica para para representar las condiciones del campo. (12)

En un estudio comparativo de los 4 métodos para evaluar la limpieza, se encuentra que el marcador fluorescente era la herramienta más útil para determinar qué tan a fondo se limpiaba una superficie porque imitaba los datos microbiológicos mejores que el ATP. Por ejemplo, en comparación con los datos microbiológicos (cuando $<62,5$ UFC / Rodac define limpio), el 72% se clasificó como limpio con marcadores fluorescentes, en comparación con el 27% se clasificó como limpio en comparación con ATP.

En la actualidad las infecciones responden a un gran problema en el ámbito de salud ya que su índice de mortalidad y morbilidad. Es muy amplio a nivel mundial debido al incremento diario de contraer cierta tipo de infección ocasionada por no realizar la limpieza y desinfección de las superficies de trabajo exponiendo a la sociedad a tener graves consideraciones tanto económicas, ambientales al no haber una estructura y un régimen en el cumplimiento de la desinfección y esterilización para la eliminación de microorganismos

mediante el uso y disposición de guías, manuales y protocolos sanitarios claros y concisos mismos que harán referencia en el análisis de condiciones y estabilidad en el uso de desinfectantes frente a microorganismos que son estables a temperatura ambiente en diferentes superficies, y que pueden ser destruidos con temperaturas superiores y con desinfectantes de uso común

Esto se ha demostrado en estudios de laboratorio, pero más importante en la práctica clínica en la que se ha establecido que la contaminación inicial de los electrodos intracerebrales ocurrió en un paciente con ECJ esporádico con un inicio atípico de crisis epiléptica y, a pesar de la descontaminación inicial y posterior / esterilización, se transmitió a dos pacientes más jóvenes en los tres meses siguientes (ambos pacientes murieron aproximadamente 18 meses después del uso del dispositivo). (4)

Además, los mismos dispositivos fueron identificados y retirados del uso clínico tres años después y se demostró que transmitían la enfermedad a un chimpancé experimental después de la implantación. Otros estudios han sugerido que la transmisión puede haber ocurrido en al menos otros cuatro casos con instrumentos neuroquirúrgicos a pesar de múltiples ciclos de métodos normales de limpieza y esterilización usados en hospitales. (4)

Por otro lado, en la industria alimentaria para el consumidor moderno, la desinfección y limpieza son necesarios para mantener una dieta saludable, y su estado fresco y nutricional es ampliamente reconocido. Sin embargo, a pesar de la mayor conciencia sobre los problemas de seguridad alimentaria, la aparición de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos relacionados con estos productos aumenta constantemente con varias bacterias patógenas asociadas, tales como como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli O157: H7* y *Salmonella* spp., así como virus (*norovirus* y *hepatitis A*) y protozoos (*Cryptosporidium parvum*). Destacan *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Como los dos microorganismos relacionados con los brotes más grandes de transmisión alimentaria y las consiguientes infecciones humanas. (13)

“La limpieza y desinfección de superficies en el cuidado de la salud son estrategias para minimizar la aparición de infecciones asociadas a la atención médica” (14), así como el

control de patógenos entéricos zoonóticos ambientalmente robustos como *Salmonella* es un tema importante en las unidades avícolas y porcinas, con controles legales cada vez mayores sobre las pruebas y la presencia de *Salmonella* en gallinas ponedoras, pollos de engorde y pavos que se imponen en la Unión Europea. (12)

Más importante aún, la contaminación microbiana también puede conducir a la internalización de patógenos en el producto. Por ejemplo, tanto *Escherichia coli* como *S. Typhimurium* son capaces de penetrar las hojas de la lechuga, Seo y Frank (6) demostraron que *Escherichia coli O157: H7* puede penetrar de 20 a 100 μm . debajo de la superficie de las hojas de lechuga. Mediante procesos de quimiotaxis y motilidad flagelar, *Salmonella spp.* también puede penetrar las hojas de lechuga. (15) La internalización puede ocurrir en las estomas, vasculatura, bordes cortados, tejidos intercelulares, etc. En consecuencia, la eliminación de tales patógenos ya internalizados en el producto es bastante imposible, lo que hace que el procesamiento mínimo posterior sea totalmente ineficaz para garantizar la seguridad del producto alimenticio. (13)

Aunque el proceso de seleccionar un producto de cuidado de la salud óptimo o un desinfectante utilizado para la desinfección de bajo nivel de artículos no críticos es común en los establecimientos de salud, hay un número muy limitado de artículos en la literatura revisada por pares sobre este tema. El desinfectante o el producto, es uno de los 2 componentes esenciales para una desinfección eficaz. (3)

Los diferentes desinfectantes se verán afectados en diferentes grados por las características del agua de dilución, los desechos orgánicos, el estado fisiológico (incluido el estrés por nutrientes y humedad) de los patógenos y la naturaleza de las superficies involucradas. En general, se considera que todos los desinfectantes sufren en cierta medida un agotamiento local por reacción con desechos orgánicos o absorción por microorganismos no objetivo. (12)

En ambientes hospitalarios se usan compuestos, como amonio cuaternario, cloro o fenol. Los productos más nuevos que son eficaces contra los patógenos asociados a la atención médica incluyen el peróxido de hidrógeno mejorado (HP) y el ácido peracético (HP). (3)

Aunque la desinfección con cloro está muy extendida en las industrias, existe una preocupación mundial por desarrollar estrategias de desinfección alternativas para minimizar sus impactos ambientales y de salud pública. Ya se desarrollaron diferentes métodos para reducir y / o reemplazar el uso de cloro. Estos incluyen métodos biológicos, compuestos químicos alternativos y tecnologías físicas, o incluso la combinación de métodos. (13)

Algunas alternativas como la inmersión de dispositivos en NaOH que puede causar daños importantes en dispositivos y no es recomendada por los fabricantes de dispositivos electrónicos. Otra es la esterilización con vapor prolongada (134° C durante 18 min), pero el proceso de limpieza previo a esto puede afectar la eficacia de la esterilización con vapor.

Se sabe que el glutaraldehído y el formaldehído alquilan y crean enlaces cruzados dentro de las moléculas de proteínas y se unen a los peptidoglicanos de la pared celular bacteriana. El formaldehído también forma enlaces cruzados ADN-proteína. El glutaraldehído es más estable a pH ácido, pero más microbicida a pH alcalino. Actúa rápidamente, principalmente a través de daños en la envoltura celular, mientras que el formaldehído actúa más lentamente. Los aldehídos, especialmente el formaldehído, no son inhibidos fácilmente por material orgánico. (12)

Tabla 1: Ventajas y desventajas de desinfectantes húmedos usados como bajo nivel de desinfección (3)

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Alcohol	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, tuberculicida, fungicida, viricida • Actuación rápida • No corrosivo • No mancha • Se utiliza para desinfectar superficies pequeñas, como tapones de goma. 	<ul style="list-style-type: none"> • No esporicida • Afectado por materia orgánica • De acción lenta contra virus no envueltos (p. Ej., <i>Norovirus</i>) • Sin propiedades detergentes ni limpiadoras

	<p>en viales de medicación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sin residuos tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> • No registrado en la EPA • Daño a algunos instrumentos (p. Ej., Endurece la goma, deteriora el pegamento) • Inflamable (grandes cantidades requieren un almacenamiento especial) • Se evapora rápidamente, cumpliendo con el tiempo de contacto. <p>difícil</p> <ul style="list-style-type: none"> • No recomendado para uso en superficies grandes. • Brotes atribuidos a alcohol contaminado
<p>Hipoclorito de sodio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, tuberculicida, fungicida, viricida • Esporicida • Actuación rápida • Barato (en forma diluible) • No inflamable • No se ve afectado por la dureza del agua • Reduce las biopelículas en las superficies • Relativamente estable (p. Ej., 50% de reducción de cloro concentración en 30 d) 25 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de reacción con ácidos y amoniacos • Deja residuos de sal • Corrosivo para los metales (algunos productos listos para usar pueden ser formulado con inhibidores de corrosión) • Activo inestable (algunos productos listos para usar pueden ser formulado con estabilizadores para lograr una vida útil más larga)

	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado como desinfectante en el tratamiento del agua. • Registrado por la EPA 	<ul style="list-style-type: none"> • Afectado por materia orgánica • Decolora y mancha las telas • El peligro potencial es la producción de trihalometano • Olor (se pueden formular algunos productos listos para usar con inhibidores de olores); irritante a altas concentraciones
Peróxido de hidrógeno mejorado	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, tuberculicida, fungicida, viricida • Rápida eficacia • Fácil cumplimiento de los tiempos de contacto en húmedo • Seguro para los trabajadores (categoría de toxicidad EPA más baja, IV) • Benigno para el medio ambiente • Compatible con superficies • No mancha • Registrado por la EPA • No inflamable 	<ul style="list-style-type: none"> • Más caro que la mayoría de los demás desinfectantes activos • No esporicida a bajas concentraciones
Yodóforos	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, micobactericida, virucida • No inflamable • Se utiliza para desinfectar frascos de hemocultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • No esporicida • Se muestra para degradar los catéteres de silicona

		<ul style="list-style-type: none"> • Requiere contacto prolongado para matar hongos • Mancha las superficies • Se utiliza principalmente como antiséptico en lugar de desinfectante.
Fenólicos	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, tuberculicida, fungicida, viricida • Barato (en forma diluible) • No mancha • No inflamable • Registrado por la EPA 	<ul style="list-style-type: none"> • No esporicida • Absorbe por materiales porosos e irrita los tejidos • Despigmentación de la piel causada por ciertos fenólicos. • Hiperbilirrubinemia en bebés cuando el fenólico no está preparado como se recomienda
Amonio cuaternario	<p>compuestos (por ejemplo, bromuro de didecil dimetil amonio, bromuro de dioctil dimetil amonio)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, fungicida, virucida contra virus envueltos (p. Ej., VIH) • Buenos agentes limpiadores • Registrado por la EPA • Compatible con superficies • Actividad antimicrobiana persistente cuando no se le molesta 	<ul style="list-style-type: none"> • No esporicida • En general, no tuberculicida y viricida contra virus no envueltos • La alta dureza del agua y la gasa de algodón pueden producir menos microbicida • Algunos informes documentaron el asma como resultado de la exposición a cloruro de benzalconio

	<ul style="list-style-type: none"> • Barato (en forma diluible) 	<ul style="list-style-type: none"> • Afectado por materia orgánica • Múltiples brotes atribuidos a cloruro de benzalconio contaminado
Ácido peracético y peróxido de hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Bactericida, fungicida, virucida y esporicida (p. Ej., <i>Clostridium difficile</i>) • Activo en presencia de material orgánico • Subproductos ecológicos (ácido acético, O₂, H₂O) • Registrado por la EPA • Compatible con superficies 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estabilidad • Potencial de incompatibilidad de materiales (por ejemplo, latón, cobre) • Más caro que otros desinfectantes activos • Olor

En la guía de la Organización mundial de la salud (16), se recomienda que las técnicas de esterilización usando vapor presurizado o aire caliente son los más confiables y que deberían ser usadas lo más posible. Entre los cuales se pueden observar radiación ionizado o gases como el óxido de etileno o el formaldehido. En la tabla a continuación podemos encontrar ventajas y desventajas de estos métodos.

Tabla 2 Ventajas y desventajas de desinfectantes no húmedos

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Vapor de Formaldehido	<ul style="list-style-type: none"> • Económico • Antigripal • Bactericida • No se acumula en los organismos es de fácil metabolización 	<ul style="list-style-type: none"> • Cáncer nasofaríngeo (baja posibilidad) • Presencia de cefaleas post exposición (17)

	<ul style="list-style-type: none"> • Apto para uso en alimentos 	
Peróxido de Hidrógeno (vaporizador)	<ul style="list-style-type: none"> • Acción biocida con amplia gama de patógenos • Eficaz contra <i>Clostridium difficile</i> • Libre de residuos • Reduce infecciones asociadas al cuidado de la salud • Efectividad SARS-CoV-2 (18) 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de los equipos elevados • Largas exposiciones • Varios ciclos de uso
Exposición UV	<ul style="list-style-type: none"> • Acción Biocida para patógenos de origen alimentario (19) • Fácil de usar • No deja residuos químicos (20) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de los equipos • Cancerígena (21)
Desinfección Calor Seco	<ul style="list-style-type: none"> • No corrosivo para metales e instrumentos • Esterilización de sustancias en polvo y no acuosas, viscosas no volátiles • Efectividad SARS-CoV-2 (22) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria para objetos específicos • No puede ser aplicado a lugares • Alto tiempo de esterilización

En el Municipio colombiano de Tunja ubicado al noreste de Bogotá se realizó estudios de desinfección y esterilización de superficies en los centros de tatuado debido a que en la actualidad la sociedad tiene un grado de aprobación y aceptación de realizarse un tatuaje pero

se recalca que muchos desconocen el riesgo y la consecuencia que tiene a corto o largo plazo, dependiendo de la limpieza y desinfección de instrumentos que pueden ser el medio o la vía de transmisión de diferentes enfermedades severas producidas por microorganismos que se hallan y adaptan al medio ambiente. Se encontró que un 65,8% de estos centros de tatuado no cumplen con los procesos de desinfección y esterilización adecuados

En la provincia de Chimborazo se realizaron estudios en el Centro de Odontología de la Universidad Nacional de Chimborazo donde se hace referencia el manejo de calidad de bioseguridad de instrumentos de intervención hacia el paciente Odontológico, específicamente en la desinfección de la turbina en su superficie externa, es decir abarcó la importancia en la desinfección de los instrumentos para prevenir una contaminación cruzada en la sala Odontológica.

A la turbina se le considera como un instrumento crítico en Odontología ya que su uso es destinado para tallados en los tejidos blandos y cavidades en los tejidos duros, es por esta razón que se debe tener presente los protocolos de esterilización, bioseguridad y desinfección. Por lo que la característica primordial de este estudio se basó en que la turbina es un instrumento rotatorio de alta velocidad capaz de generar aerosoles, los cuales están conformados por fluidos como sangre y saliva, muestras biológicas que contienen gran cantidad de microorganismos tales como bacterias, hongos y virus.

La presencia de microorganismos patógenos y no patógenos primordialmente en superficies entorno al área de salud es frecuente, ya que pueden producir una contaminación cruzada entre el personal de salud y el paciente, debido al manejo de instrumentos que pueden estar contaminados, por lo que la importancia del presente estudio tratará de evaluar el tipo de desinfectante que se puede utilizar acorde al tipo de superficie es decir se trabajará mediante una clasificación acorde a él nivel ya sea alto, medio y bajo referentes hacia la eliminación total de microorganismos.

Cabe recalcar que muchas áreas de trabajo en salud son desinfectadas de manera aleatoria, por lo que se podrá determinar la efectividad de desinfección mediante métodos en los cuales las muestras analizarse en el laboratorio clínico deberán ser tratadas como patógenas

potencialmente peligrosas. Como método primordial se describe la placa de contacto pretrifilm la cual ayuda a un muestreo general de superficies, ya que está compuesta por una lámina conocida como polipropileno donde se halla el medio de cultivo para el crecimiento bacteriano y micótico, es decir las placas para microorganismos aerobios son aquellas que integran *tetrazolium* que actúa como un indicador el cual colorea a las bacterias.

En el presente estudio se trata la investigación de microorganismos en superficies sólidas como método de validación de procesos de desinfección no húmeda. En primer lugar, se realiza una búsqueda bibliográfica sistemática sobre los microorganismos más frecuentes en las superficies sólidas y las posibles infecciones por la presencia de estos microorganismos. Luego se elige bibliografía especializada sobre los diferentes métodos de desinfección utilizados para la limpieza de las superficies sólidas y destacar bibliografía sobre los diferentes métodos microbiológicos para la comprobación de la eficacia de desinfección.

Capítulo II. METODOLOGÍA

Criterios de inclusión y exclusión

Los artículos o libros utilizados en esta investigación estarán basados en el siguiente criterio:

El empleo de artículos científicos y libros de los últimos 10 años, que sean gratuitos y pertenezcan a revistas indexadas que denota alta calidad en información contenida.

Estrategias de búsqueda

- Utilización de términos apropiados como palabras claves referentes al tema.
- Se trabajó con lenguaje científico combinando términos para obtener una buena investigación.
- Se utilizaron diversas bases de datos.

Tipo de estudio

Investigación de tipo Bibliográfica, además es de modalidad cualitativa, esta se apoyará en fuentes secundarias, dando un análisis a varios artículos (Informes oficiales, artículos científicos, fuentes oficiales, estudios bibliográficos con temas afines) que poseen como denominador común la determinación de microorganismos en superficies sólidas como método de validación de procesos de desinfección no húmeda.

Se han utilizado sitios de búsqueda de información tales como: Google scholar, SciELO, Dial net entre otros. Para las referencias revisadas se utilizó normas Vancouver y fuentes oficiales.

Se decidió trabajar mediante artículos publicados en idioma español e inglés, de los cuales se recopilaron al menos 82 artículos comprendidos entre el año 2011 hasta el año 2020, escogidos por su título y lectura de resumen, seguidamente se definieron criterios de inclusión y exclusión tales como en la tabla a continuación, se realizó el análisis y se seleccionaron 55 artículos para el presente estudio.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA BÚSQUEDA

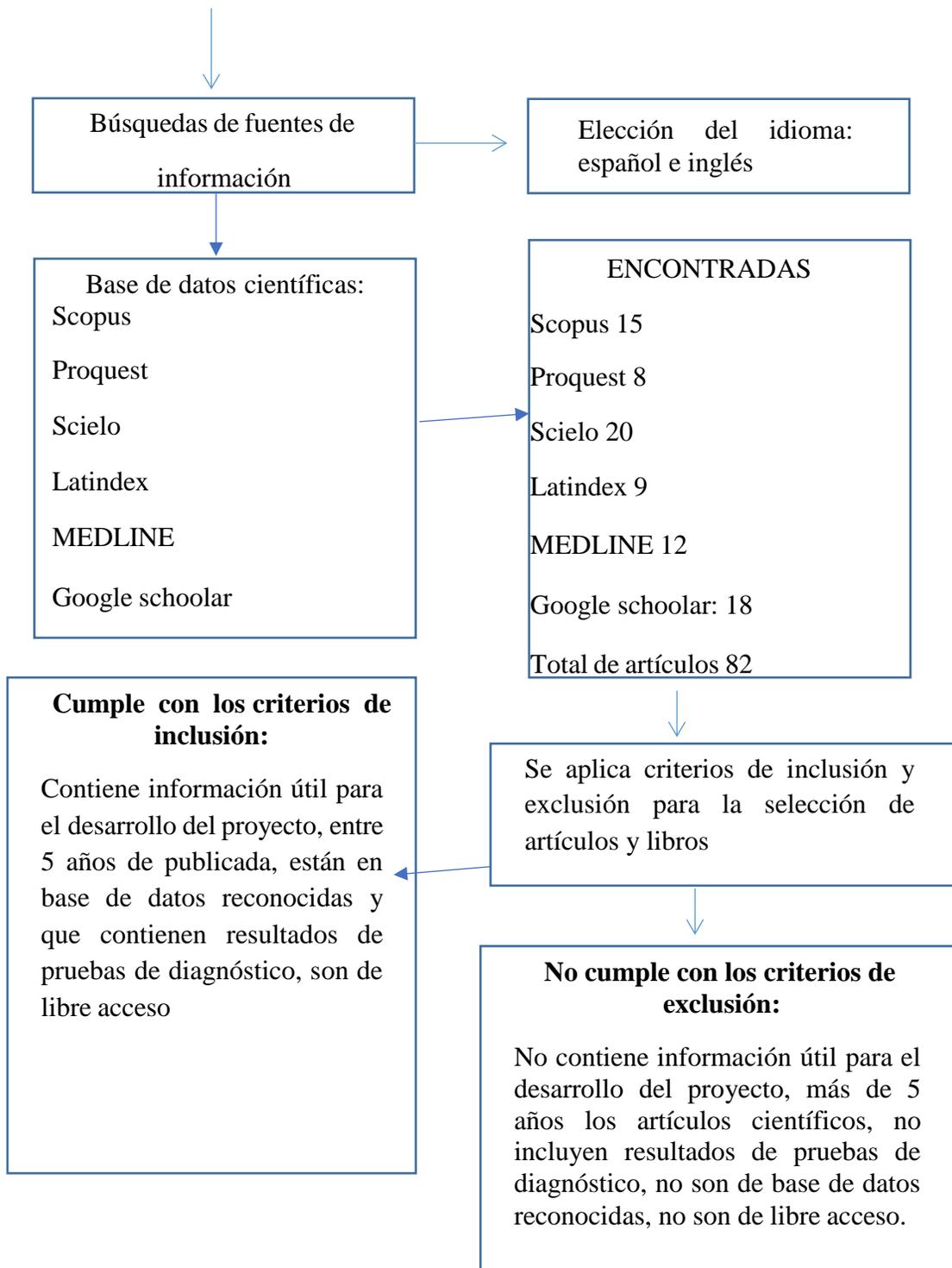
En la actualidad las infecciones responden a un gran problema en el ámbito de salud ya que su índice de mortalidad y morbilidad. Es muy amplio a nivel mundial debido al incremento diario de contraer cierta tipo de infección ocasionada por no realizar la limpieza y desinfección de las superficies de trabajo exponiendo a la sociedad a tener graves consideraciones tanto económicas, ambientales al no haber una estructura y un régimen en el cumplimiento de la desinfección y esterilización para la eliminación de microorganismos mediante el uso y disposición de guías, manuales y protocolos sanitarios claros y concisos mismos que harán referencia en el análisis de condiciones y estabilidad en el uso de desinfectantes frente a microorganismos que son estables a temperatura ambiente en diferentes superficies, y que pueden ser destruidos con temperaturas superiores y con desinfectantes de uso común

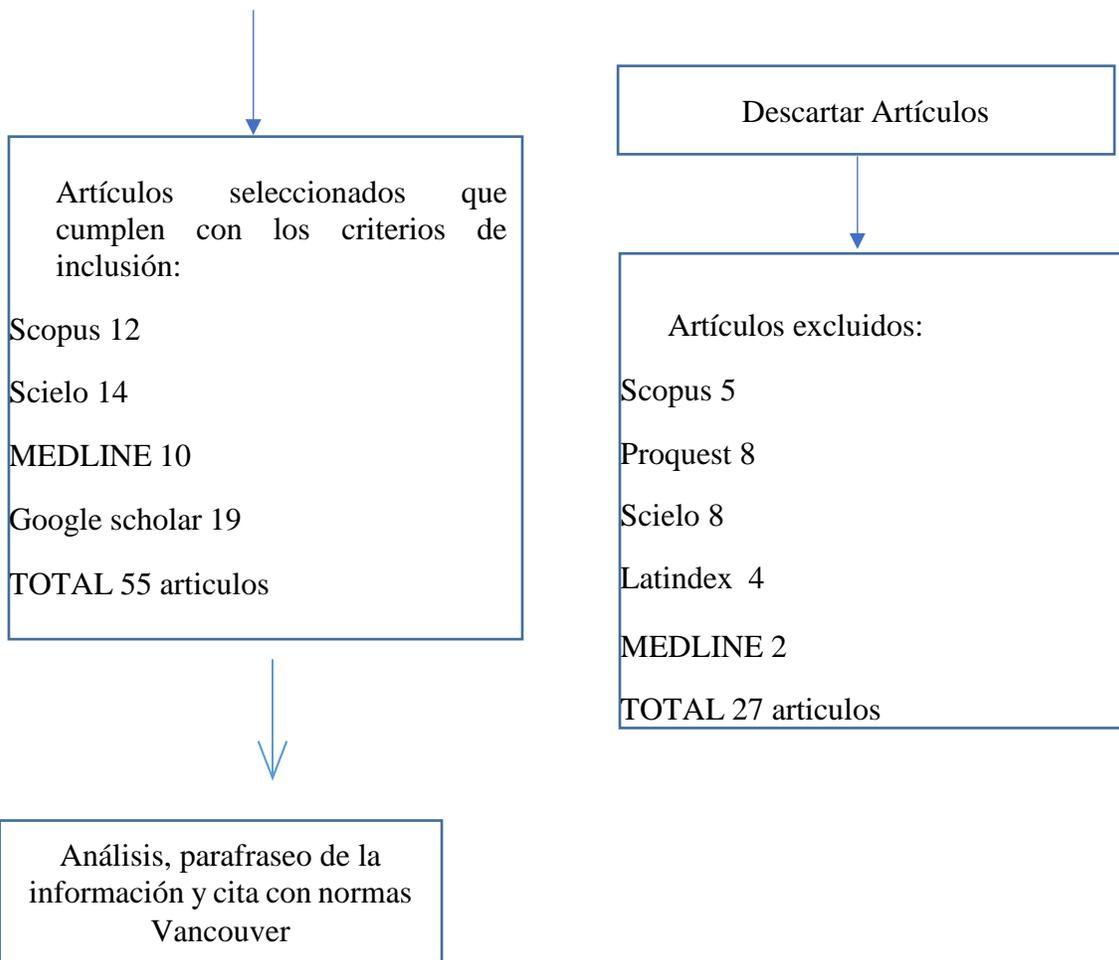
Objetivo planteado

Investigar microorganismos en superficies sólidas como método de validación de procesos de desinfección no húmeda

Identificación de conceptos

- Microorganismos en superficies sólidas
- Métodos de validación de procesos de desinfección no húmeda
- Procesos de desinfección
- Métodos de validación





Capítulo III. DESARROLLO

Métodos de desinfección más comunes

La Organización Mundial de la Salud (16) menciona que los métodos más recomendados y por la importancia de esta organización los que pueden ser los más usados, son los siguientes:

- La autoclave o esterilizador
- Exposición a radiación ionizante
- Esterilización por gas

La cepa bioindicadora propuesta para la validación de estos procesos de esterilización fue: esporas de *Bacillus stearothermophilus* que tuvo una reducción del 90% de la población.

Por otro lado, en el estudio de artículos científicos relacionados con el método de desinfección realizado en el presente trabajo nos demuestra los siguientes resultados

Tabla 3: Frecuencia de artículos encontrados en relación a cada método de desinfección

Método	Número	Porcentaje
Gas de Etileno	3	5,3%
Hielo Seco	2	3,6%
Formaldehido	20	35,7%
Vapor de peróxido de hidrógeno	6	10,7%
Luz UV	9	16%
Esterilizador de plasma de oxígeno	1	1,1%
Esterilizador por calor (Autoclave)	15	26,7%

Microrganismos Patógenos más comunes

Según el estudio realizado por Monté (23) en los pacientes ingresados en el hospital Salvador Allende de la Habana, el microorganismo más común fue el *E. coli* que no solo es el más común en los hospitales cubanos sino también a nivel mundial.

No es de extrañar este tipo de resultados pues estos microorganismos forman parte de la flora intestinal del ser humano que cuando se ve alterado sus defensas pierden protección contra estos organismos.

Le siguieron en frecuencia los BNF (bacilos no fermentadores), *Acinetobacter* spp. y *Staphylococcus aureus*. Los BNF son aquellos organismos oportunistas que se designa un grupo de microorganismos incapaces de fermentar diversos hidratos de carbono y que en muchos casos se comportan como oportunistas, por lo que tienden a causar infecciones graves. Entre estos tenemos *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Eikenella*, *Achromobacter*, *Acidovorax*, *Kingella*, *Moraxella*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Chryseomonas*, *Comamonas*, *Flavimonas*, *Flavobacterium* y *Sphingomonas* (24)

Las especies de *Acinetobacter* constituyeron el cuarto grupo de microorganismos más frecuentes en UCI y UCIM. Entre las características más importantes de *Acinetobacter baumannii* cuyos casos se han incrementado en la última década debido a que estos microorganismos tienden a generar resistencia a los antibióticos.

El *Staphylococcus aureus*, es un microorganismo muy relacionado con las infecciones intrahospitalarias, causó 50% de las infecciones de las cuales se tomaron muestras en el Servicio de Hemodiálisis. La frecuencia del estado de portador de *S. aureus* en las fosas nasales de pacientes no ingresados, varía de 10% a 40%; sin embargo, esta se incrementa en pacientes ingresados y en el personal que trabaja en el hospital, y es especialmente alta en pacientes sometidos al uso frecuente de agujas, como los diabéticos insulino dependientes, y los que requieren hemodiálisis. (23)

En la industria alimentaria según el Manual de Extensión Agrícola y Ganadera del Texas Tech University (25) los cuatro tipos de microorganismos patógenos más frecuentes son:

- *Salmonella* spp
- *Campylobacter* spp
- *Escherichia coli* 0157:H7
- *Staphylococcus aureus*

Como podemos ver ya hemos encontrados estos microorganismos antes a excepción del *Campylobacter* spp el cual puede ser encontrado en Carne de pollo cruda o deficientemente cocinada, leche no pasteurizada, y aguas que puede generar dolor abdominal severo, fiebre, náuseas y diarrea y lleva a enfermedades como Campilobacteriosis. Síndrome de Reiter y complicaciones neurológicas.

En museos los hongos más comunes encontrados en material documental o piezas históricas propensas a degradación son: *Aspergillus*, *Absidia*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Epicoccum*, *Phoma*, *Cunninghamella*, *Emericella*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*. Estas representan mas bien un peligro en la pérdida de integridad de documentación HISTÓRICA, aunque no necesariamente un problema en la salud humana.

Métodos de Validación

En los diferentes estudios se ha encontrado varios métodos de validación para verificar la efectividad de los desinfectantes. Wawrzyk (10) determina los cambios en la estructura molecular de los textiles después de la desinfección a través de la toma de muestras se examinando mediante espectroscopía de infrarrojos de Fourier (FTIR).

Gutarowska (26) nos menciona que mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) se puede analizar la morfología de las fibras de tejido como el algodón con un mayor aumento y con una profundidad de enfoque considerablemente mejor.

Ludwig-Begall (27) calcula virus utilizando el método de Reed y Muench mediante un GraphPad Prism 7. Por otro lado, Yang (28) examinó la descontaminación con UV-C (onda corta) de superficies en tres habitaciones de hospital que habían sido ocupadas y las muestras recolectadas de varias superficies ambientales antes y después de la irradiación con UV-C

estas se incubaron durante 24 h y 48 h con resultados del 100% a excepción de muestras tomadas de superficies de teléfonos.

Compuestos y tecnologías experimentales para desinfección no húmeda

Aliinasa

La aliinasa está presente en cantidades inusualmente altas en los dientes de ajo: al menos el 10% del contenido total de proteínas (10 mg / g de peso fresco). Sin embargo, al triturar o cortar los dientes de ajo, las barreras entre estos compartimentos se rompen y la aliinasa cataliza la eliminación beta de la aliína para producir piruvato, amoníaco y ácido alilsulfénico, dos moléculas de las cuales reaccionan espontáneamente para formar alicina. La alicina pura es una molécula volátil poco miscible en soluciones acuosas y que tiene el olor típico del ajo recién machacado. (29)

Según Copur (29) se intentó determinar la aplicabilidad práctica del extracto de ajo alicina para controlar el microbiota actividad que ocurre naturalmente en la cáscara de los huevos y para determinar sus efectos sobre los parámetros de eclosión. Sin embargo, dicho estudio no representó ninguna mejora significativa por lo que se descarta su usabilidad.

Hielo Seco

La limpieza con CO₂ sólido (limpieza criogénica) es un método respetuoso con el medio ambiente, rápido y sin residuos que se aplica en muchas áreas industriales. (30) Se investigó el potencial de desinfección de la limpieza criogénica y los parámetros que influyen en la eficacia de la limpieza. El método elimina las células bacterianas en una extensión similar de varias superficies y componentes del equipo de producción láctea, ocasionalmente con un ligero efecto abrasivo. La eficacia se ve afectada por la cantidad de hielo seco y la presión aplicada, pero no por el tamaño del sedimento ni por la cantidad inicial de células bacterianas en la superficie. Dado que la tasa de eliminación de bacterias es inferior a cinco unidades log₁₀, la limpieza criogénica no se puede recomendar como método de desinfección, pero demuestra una limpieza eficiente comparable a otros métodos convencionales. (31)

Aunque el hielo seco es muy eficiente para eliminar los residuos acumulados en todo tipo de superficies y han demostrado propiedades antibacterianas, no se consideran un método de esterilización eficaz para superficies que entran en contacto con productos alimenticios. Esto

se debe a que el proceso de voladura de superficies puede dispersar las bacterias a las superficies cercanas, lo que aumenta las posibilidades de recontaminación. La limpieza criogénica por sí sola puede ser más eficaz para eliminar la suciedad, la grasa y la mugre en las máquinas y superficies que no entran en contacto directo con los alimentos. Se ha tomado en cuenta por encontrarse en literatura su posible uso desinfectante, sin embargo, en una investigación más profunda se descarta su uso.

Gas de Óxido de Etileno

A temperatura ambiente, el óxido de etileno es un gas incoloro, inflamable y de olor dulce. Se usa principalmente para producir otras sustancias químicas, como anticongelantes. En cantidades pequeñas, el óxido de etileno se usa como agente para fumigación y esterilización. El poder del óxido de etileno para dañar el ADN lo convierte en un eficaz agente para esterilización, pero esa capacidad da cuenta de su actividad como causante de cáncer.

También afirmaron que la autoclave de vapor era un método adecuado si las impresiones se usaban para prótesis removibles. El uso de autoclave con gas de óxido de etileno de material de impresión de silicona de adición de cuerpo ligero y pesado en cubetas personalizadas mostró cambios estructurales significativos (cambio > 0.5%) debido a la distorsión de las cubetas o la incapacidad de evitando la expansión del material de impresión. (14)

Tabla 4: Eficacia del Óxido de Etileno sobre tela de algodón de material histórico del museo de Oświęcim en Polonia (10)

Microrganismo	Efectividad
<i>A. alternata</i>	99.99%
<i>A. flavus</i>	100%
<i>C. cladosporioides</i>	99.99%
<i>E. nigrum</i>	100%
<i>F. poae</i>	100%
<i>P. chrysogenum</i>	100%
<i>B. licheniformis</i>	100%

<i>L. fusiformis</i>	99.99%
<i>M. luteus</i>	100%
<i>P. psychrodurans</i>	99.98%
<i>S. epidermidis</i>	100%

Desinfección por Rayos Gamma

Desde el siglo pasado, la irradiación gamma se ha considerado el método más eficaz para la descontaminación del patrimonio cultural. (8) La irradiación gamma como tratamiento desinfectante puede dañar el ADN celular directa e indirectamente a través de la radiólisis del agua celular y la formación de radicales libres activos. Gracias a la ventaja de los rayos gamma, como efecto biocida garantizado; proceso de corta duración en unas pocas horas; alto grado de penetración para garantizar un tratamiento masivo sin dejar residuos; fácil manejo (el material se irradia en el paquete de transporte); aplicabilidad a materiales compuestos (papel, cartón, madera, cuero, textiles), esta tecnología se ha utilizado para la esterilización de alimentos y dispositivos médicos durante más de 50 años. (17)

Se ha aplicado a hongos de *dormant conidia*, *germinating conidia*, y *mycelia de C. cladosporioides* con un margen de supervivencia de menos del 20% de los casos bajo condiciones secas posterior a las 10 dosis de kGy. Un contratiempo del uso de Rayos gamma es que puede generar una despolimerización de partes de papel. (32)

Formaldehído

Este compuesto tiene una excelente acción Antimicrobial, sin embargo, tiene una influencia negativa en la salud y el medio ambiente, siendo un compuesto altamente cancerígeno (26). Así, de la exposición a estudiantes de Formaldehído, el 73% de la muestra presentó alguna muestra de molestia por la exposición a este compuesto, de esas personas el 83,6% tuvieron dolor de cabeza y el 60,7% irritación en los ojos (33).

Se han realizado desinfecciones en filtros N95 para aumentar la reutilización de estos equipos por la pandemia del Covid-19 (34). Así que para probar la eficiencia de filtración de

partículas para respiradores y determinar el número máximo de ciclos de desinfección independientemente del método de desinfección (35).

Vapor de Peróxido de Hidrógeno

La forma en la que el vapor de Peróxido de hidrógeno se esparce rápidamente, en 10 segundos entra en contacto con el suelo y se acumula en la pared (36). La mayor concentración de VHP alrededor de la ensenada, seguida por el suelo y la pared, mientras que en el otro lugar casi no hay VHP. Se inyecta VHP durante 240 segundos y 480 segundos. (37)

Uno de los problemas de este compuesto es su riesgo cancerígeno. Para examinar la actividad desinfectante del plasma de peróxido de hidrógeno, al inocularse cinco diluciones diferentes de SARS-CoV-2 (incluida la muestra clínica no diluida) en máscaras N95 para simular la contaminación "real" de las máscaras N95 en el personal de salud. Todas las diluciones de Los SARS-CoV-2 se detectaron mediante RT-PCR después de la inoculación en máscaras N95, por lo que la posible no detección de SARS-CoV-2 se debió al tratamiento con plasma de peróxido de hidrógeno. (38)

En la tabla a continuación vemos una comparativa de diferentes microorganismos en los cuales podremos apreciar la concentración del vapor de peróxido de hidrógeno en gramos por partes por millón, el tiempo de exposición y su efectividad.

Tabla 5: Eficacia del Peróxido de hidrógeno con diferentes concentraciones y tiempos de acción

Tipo de microorganismo	Superficie de acción	Concentración	Tiempos	Efectividad
<i>Bacillus atrophaeus</i> (9)	Cuartos de prueba	12g - 17,4g ppm	19 min	78,6%
<i>Bacillus atrophaeus</i> (9)	Garage A	3 ciclos de 36g ppm	29 min	100%

<i>Bacillus atrophaeus</i> (9)	Garage B	3 ciclos de 60g ppm	27 min	100%
<i>Micrococcus luteus</i> , <i>Psychrobacillus psychrodurans</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> (10)	Objetos históricos textiles	15g ppm	8h - 12h	64,3%
<i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>S. marcescens</i> <i>C. albicans</i> <i>F. keratoplasticum</i> <i>Fluorosilicone acrylate</i> <i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>S. marcescens</i> <i>C. albicans</i> <i>F. keratoplasticum</i> (7)	Lentes	30 ciclos de 5 a 20 ppm	6h	99.99%
SARS-CoV-2 (27)	Mascarillas quirúrgicas	750 ppm	19min 47s	100%
<i>Acinetobacter baumannii</i> (39)	Cortinas	240ppm	8 h	Del 7% al 0%

<i>Staphylococcus aureus</i> (39)	Cortinas	500000 – 60000 ppm	3-4 h	Del 25% al 19%
<i>Clostridium difficile</i> (39)	Cortinas	500000 – 60000 ppm	24 h	Del 19% al 0,2%

Como podemos analizar en la tabla anterior, la efectividad del Vapor de peróxido de hidrógeno el *Bacillus atrophaeus* requiere 3 ciclos de acción o mayor tiempo de exposición para ser efectivo. En el caso del *Micrococcus luteus*, *Psychrobacillus*, *psychrodurans*, *Staphylococcus epidermidis*, su efectividad fue del 63%, sin embargo, la concentración usada fue la menor de entre todos los estudios. Por otro lado, en *Acinetobacter baumannii*, la reducción fue significativa yendo del 7% de presencia de este microorganismo al 0%. El *Staphylococcus aureus*, *Clostridium difficile*, tuvo una mayor efectividad cuanto mayor es el tiempo de acción, aunque la rugosidad de la superficie pudo haber afectado su efectividad como podemos observar si comparamos los lentes y las cortinas donde en ambos esta presente el *Staphylococcus aureus*.

Luz UV

Las aplicaciones recientes de desinfección UV en entornos de atención médica se han centrado principalmente en las habitaciones de los pacientes (20). Aunque en gran medida son efectivas para reducir la contaminación de la superficie en estas aplicaciones, se han observado algunas deficiencias, incluida una fuerte caída en la intensidad de los rayos UV con la distancia de la fuente de lámpara central, efectos de sombra y tiempos de desinfección prolongados. La nueva tecnología de entrega sin sombras multivector ultravioleta (FMUV) enfocada (PurpleSun Inc, Nueva York, NY) fue diseñado para abordar estos problemas. (11) FMUV emplea paneles modulares de lámparas y reflectores que encierran una zona objetivo en la que los rayos UV convergen en superficies desde múltiples direcciones y las sombras se eliminan virtualmente. Dentro de la zona objetivo encerrada, el nivel de intensidad UV permanece alto y homogéneo, y los objetos colocados dentro de la zona objetivo se desinfectan rápida y completamente en todos los lados Dado que los paneles modulares

bloquean los rayos UV, el personal puede continuar ocupando la habitación y realizar sus actividades durante la operación. (11)

La efectividad de los rayos UV49 en la desinfección depende del tiempo, la intensidad, la humedad y el acceso al microorganismo (40). Dado que las prótesis dentales proporcionan varios sitios para albergar microorganismos, la luz ultravioleta debe reflejarse desde muchas direcciones. Se ha demostrado que la exposición a la luz ultravioleta se reduce drásticamente. *albicans* en comparación con la descarga luminiscente de corriente continua. (28)

Se ha observado que un tubo de luz ultravioleta de más vatios disminuye el recuento de colonias en menos tiempo.50,51 La máxima eficiencia de destrucción con exposición a la luz ultravioleta se ha obtenido con 24 vatios ($3750 \mu\text{w} / \text{cm}^2$). El vataje más alto requirió menos tiempo para disminuir el recuento de colonias de *C. albicans* a cero (14). Uno de los problemas fundamentales en la salud del ser humano son los cambios degenerativos en las células humanas y los vasos sanguíneos. (26)

Pulso UV de lámpara de Xenon

Es un dispositivo de desinfección de aire cerrado incorporado en un accesorio de ambulancia, donde se utiliza una lámpara UV de xenón pulsado como fuente de luz, que puede emitir un amplio espectro de 200 nm – 320 nm. La lámpara es alimentada por una fuente de energía pulsada. -El sistema PX-UV produce un destello pulsado a una frecuencia de 30 Hz con una salida aproximada de 270 J por pulso y una duración de menos de 360 ms. La lámpara UV de xenón pulsado en el centro de una cámara reflectante cubierta de aluminio para purificar continuamente el aire. El aire fluye a través de la cámara de procesamiento con un ventilador interno de flujo transversal con un caudal de $5,4 \text{ m}^3 / \text{min}$. En este caso, el ventilador de flujo cruzado tiene dos funciones: (21)

- Conducir el aire al dispositivo
- Enfriar la lámpara UV de xenón pulsada.

Se propone la reflectividad del aluminio para mejorar la eficacia de la reflexión de la luz y aumentar el tiempo que la luz pulsada está en contacto con el aire, mejorando así la actividad germicida del aparato. -La salida de aire se realizó en forma de persianas para bloquear la radiación UV (5).

Los resultados de este procedimiento experimental son eficaces pues en una suspensión de *E. coli* y *Saphylococcus albus* los resultados son del 100% para el primer caso y del 99,91% para el segundo patógeno (5).

Por lo cual una mayor investigación en este tipo de dispositivos puede mejorar la desinfección, sin embargo, como se ha visto anteriormente se deben seguir investigando en diferentes tipos de microorganismos (41).

Tabla 6: Eficacia del UV en la desinfección de superficies

Tipo de microorganismo	Tipo de superficie (11)	Tiempo	Reducción
Sin información	Dispositivo de advertencia (11)		97,8%
Sin información	Camilla (11)		96,3%
Sin información	Electrocardiograma (11)		98,1%
Sin información	Bomba intravenosa (11)		99,6%
Sin información	Monitor del paciente (11)		98,2%
<i>Acinetobacter baumannii</i> (18)	Ambiente controlado	90 s	4.32 log
<i>Enterococcus faecium</i> (18)	Ambiente controlado	90 s	3.75 log
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (18)	Ambiente controlado	90 s	3.69 log
<i>Escherichia coli</i> (18)	Ambiente controlado	90 s	3.27 log
<i>Candida auris</i> (18)	Ambiente controlado	180 s.	1.13 log

<i>Candida albicans</i> (18)	Ambiente controlado	180 s	1.13 log
<i>Clostridioides difficile</i> spores (18)	Ambiente controlado	180 s	1.05 log
<i>Sporas de Bacillus subtilis</i> (18)	Ambiente controlado	180 s	0.72 log
<i>Bacteriófago MS2</i> (26)	Ambiente controlado	10 min	7,93 log
<i>Bacteriófago Qβ</i> (26)	Ambiente controlado	10 min	6,85 log
<i>Bacteriófago ΦX174</i> (26)	Ambiente controlado	10 min	5,27 log

Los rayos UV fueron aplicados a sobre diferentes superficies o microorganismos en ambientes controlados. Como se puede apreciar su efectividad bordea del 95% promedio. En casos como bacteriófagos vemos que la efectividad es muy elevada.

Esterilizador de Plasma de oxígeno de Radio Frecuencia

Sakuda (42) menciona que los agentes de esterilización activos en el plasma por Radio Frecuencia de oxígeno son especies de oxígeno activo, que se observan en el espectro de emisión de plasma de oxígeno de la región del resplandor.

Su producción depende de la presión en la cámara y tienen una vida útil significativamente más larga a baja presión, del orden de μ s, que los iones y electrones en el plasma de oxígeno. El indicador químico (CI) muestra que se obtuvo una cantidad suficiente de oxígeno activo en la región de resplandor a varias decenas de cm del electrodo de descarga de radio frecuencia. (43)

A continuación, se enlista los patógenos resistentes a gas de plasma por radio frecuencia:

- Bacterias.- *Geobacillus, Clostridium*
- Protozoos.- *Cryptosporidium*

- Esporas bacterianas.- *Geobacillus, Clostridium*
- Protozoo oocisto.- *Cryptosporidium*
- Huevo de helminto.- *Ascaris, Enterobius*
- Mycobacterium.- *Mycobacterium tuberculosis*
- Virus pequeño no envuelto.- *Poliovirus, Parvovirus*
- Quiste de protozoos.- *Giardia, Acanthamoeba*
- Esporas de hongos.- *Aspergillus, Penicillium*
- Bacterias Gram negativas.- *Pseudomonas, Escherichia* (38)
- Aspergillus de células vegetativas fúngicas.- *Candida* (44)
- Helmintos y células vegetativas protozoarias.- *Ascaris, Cryptosporidium*
- Virus grandes no envueltos.- *Adenovirus, rotavirus*
- Bacterias grampositivas.- *Staphylococcus, Streptococcus, Enterococcus* (45)
- Virus envuelto.- *VIH, VHB, VHS*

Esterilización por calor seco (Autoclave)

Usar esterilizadores según Begall (27) para la desinfección y esterilización de mascarillas quirúrgicas deben ser tratadas a 102°C ($\pm 4^\circ\text{C}$) por 60 minutos (± 15 min) para los mejores resultados, con un enfriamiento y luego almacenadas de manera individual.

En el siguiente cuadro se puede identificar el modelo de mascarilla expuesta a calor seco así como la temperatura a la que fue expuesta, a una humedad relativa (RH) del 0% y 60 min de exposición con y sin los 5 minutos de enfriamiento. Con estos parámetros establecidos el virus del SARS-Cov2 no se puede detectar en las mascarillas. Sin embargo, el enfriamiento es obvio previo al uso, aunque no es necesario para el almacenamiento.

Tabla 7: Cuantificación del SARS-CoV-2 para respiradores N95 después de desinfección térmica (22)

Modelo de mascarilla	Grupo de control (log)	70°C/ 0% RH, 60 min	70° / 0% RH, 60 min con 5 min de enfriamiento
1860S	5,62	Indetectado	Indetectado
8110S	5,70	Indetectado	Indetectado

8210S	5,21	Indetectado	Indetectado
9105S	5,56	Indetectado	Indetectado

CONCLUSIONES

- Se han reconocido los microorganismos más comunes ya que en la mayoría de estudios estos son analizados por su incidencia en la salud humana, encontrando que pueden estar de manera activa actuando sobre diferentes superficies como; habitaciones, mobiliario, instrumental, vestimenta de protección, documentación hospitalaria o patrimonial y alimentación en general. De esta manera se han cubierto una alta gama de superficies y diferentes métodos de desinfección.
- Se ha encontrado que el vaporizador usado con el formaldehído tiene una alta efectividad con todo tipo de microorganismo, sin embargo, sus efectos adversos en la presencia de seres humanos representan molestias que pueden ser fácilmente superadas, ya que ninguna muestra un daño a largo plazo.
- El Vapor de Peróxido de Hidrógeno tiene cierta dificultad sobre *Bacillus atrophaeus*, *Micrococcus luteus*, *Psychrobacillus*, *psychrodurans*, *Staphylococcus epidermidis*. Por otro lado, ha tenido una gran efectividad sobre el *SARS-Cov-2*, aunque el número de ciclos o veces que debe ser aplicado incrementa su efectividad
- Los rayos U.V. tienen la facultad de desinfectar gran parte de superficies de manera efectiva pero su ineficacia se presenta en lugares con sombras de los haces de luz, pero su mayor problema aparte de sus altos costos de los equipos es los daños que puede causar en la piel, por lo que el uso de este debe ser exclusivo para mobiliario
- Métodos de desinfección con plasma de oxígeno, rayos gamma o incluso métodos experimentales como hielo seco tienen funciones específicas por lo que la aplicación de los mismos no puede ser incluidos dentro de protocolos de desinfección por la gran brecha que dejan con los demás microorganismos.
- El calor seco en una cámara esterilizadora es el método más efectivo para la eliminación de microorganismos. Debido al tamaño sirve únicamente para instrumental y prendas como mascarillas N95 y su reutilización es posible en el contexto de la pandemia Covid-19.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Salud Pública. Bioseguridad para los establecimientos de salud. En. Quito: Dirección Nacional de Calidad; 2016. p. 7-8.
2. Vassal S, Favennec L, Ballet JJ, Brasseur P. Hydrogen peroxide gas plasma sterilization is effective against *Cryptosporidium parvum* oocysts. *BRIEF REPORTS*. 1998; 25(2).
3. Rutala W, Weber D. Monitoring and improving the effectiveness of surface cleaning and disinfection. *American Journal of Infection Control*. 2016; 44(5).
4. McDonnell G, Dehen C, Perrin A, Thomas V, Igel-Egalon A, Burke P. Cleaning, disinfection and sterilization of surface prion. *Journal of Hospital Infection*. 2013; 85(4).
5. Villacís JE, Lopez M, Passey D, Manuel S. Efficacy of pulsed-xenon ultraviolet light for disinfection of high-touch surfaces in an Ecuadorian hospital. *BMC Infectious Diseases*. 2019; 19(575).
6. Min C, Jaeun K, Jee Yeon K, Jeyong Y, Jae-Hong K. Mechanisms of *Escherichia coli* inactivation by several disinfectants. *ScienceDirect*. 2010; 44(11).
7. Gabriel M, McAnally C, Chen H, Srinivasan S, Manoj V, Garofalo R. US National Library of Medicine National Institute of Health. [Online]; 2013. Acceso 10 de Abril de 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7813461/>.
8. Nguyen Thi TL. Application of gamma radiations and X-rays for disinfection of fungi in historical archives. *Opera*. 2020.
9. Andersen BM, Rasch M, Hochlin K, Jensen FH, Wismar P, Fredriksen JE. Decontamination of rooms, medical equipment and ambulances using an aerosol of hydrogen peroxide disinfectant. *Science Direct*. 2004;(62).
10. Wawrzyk A, Gutarowska B, Rybitwa D, Pietrzak K. Vapourised hydrogen peroxide (VHP) and ethylene oxide (EtO) methods for disinfecting historical cotton textiles from the Auschwitz-Birkenau State Museum in Oświęcim, Poland. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2018;(133).
11. Armellino D, Walsh T, Petraitis V, Kowalski W. Assessment of focused multivector ultraviolet disinfection with shadowless delivery using 5-point multisided sampling of patient care equipment without manual-chemical disinfection. *American Journal of Infection Control*. 2018;(196).

12. McLaren I, Wales A, Breslin M, Davies R. Evaluation of commonly-used farm disinfectants in wet and dry models of Salmonella farm contamination. *Avian Pathology*. 2011; 40(1).
13. Meireles A, Giaouris E, Simoes M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *Food Research International*. 2015; 85.
14. Chidambaranathan A, Balasubramaniam M. Comprehensive Review and Comparison of the Disinfection Techniques Currently Available in the Literature. *American College of Prosthodontists*. 2017;(00).
15. Møretrø T, Fanebustb H, Fagerlunda A, Langsruda S. Whole room disinfection with hydrogen peroxide mist to control *Listeria monocytogenes* in food industry related environments. *International Journal of Food Microbiology*. 2018;(292).
16. Organi WH. The International Pharmacopoeia. [Online]; 2019. Acceso 24 de Mayo de 2021. Disponible en: <https://apps.who.int/phint/pdf/b/7.5.9.5.8-Methods-of-sterilization.pdf>.
17. Ngabo D, Pottage T, Bennett A, Parks S. Liebertpub. [Online].; 2017. Acceso 10 de Abril de 2021. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1177/1535676017705644>.
18. Cadnum J, Li D, Redmond S, John A, Peralmutter B, Donskey C. US National Library of Medicine. [Online].; 2020. Acceso 10 de Abril de 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7192214/>.
19. ElHaddad L, Ghantaji S, Stibich M, Fleming J, Segal C, Ware K, et al. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms. *BMC Infectious Diseases*. 2017; 17(672).
20. Kim DK, Kang DH. UVC-LED Irradiation Effectively Inactivates Aerosolized Viruses, Bacteria, and Fungi in a Chamber-Type Air Disinfection System. *American Society for Microbiology*. 2018; 10(1128).
21. Song L, Li W, He J, Li L, Li T, Gu D, et al. Development of a Pulsed Xenon Ultraviolet Disinfection Device for Real-Time Air Disinfection in Ambulances. *Journal of Healthcare Engineering*. 2020; 2020.

22. Daeschler SC, Manson N, Joachim K, Chin AWH. Reprocessing N95 Respirators During the COVID-19 Pandemic: Moist Heat Reprocessing N95 Respirators During the COVID-19 Pandemic: Moist Heat. MedRxiv. 2020.
23. Monté L, Martínez R. Revista Scielo. [Online]; 2017. Acceso 24 de 05de 2021. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000400007#:~:text=Los%20microorganismos%20que%20con%20m%20C3%A1s%20frecuencia%20causan%20infecciones%20en%20el,\(BNF\)%20y%20las%20enterobacterias.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000400007#:~:text=Los%20microorganismos%20que%20con%20m%20C3%A1s%20frecuencia%20causan%20infecciones%20en%20el,(BNF)%20y%20las%20enterobacterias.)
24. Pérez B, González F. Scielo. [Online]; 2017. Acceso 23 de 05de 2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812017000400021.
25. Texas Tech University. texas Tech University. [Online]; 2020. Acceso 25 de 05de 2021. Disponible en: https://www.depts.ttu.edu/icfie/Countries_projects/LAC/Honduras/CAFOGAH/fs8.pdf.
26. Gutarowska B, Pietrzak K, Machnowski W, Milczarek J. Historical textiles – a review of microbial deterioration analysis and disinfection methods. Textile Research Journal. 2016.
27. Ludwig-Begall LF, Wielick C, Dams L, Nauwynck H, Demeuldre P, Napp A. The use of germicidal ultraviolet light, vaporized hydrogen peroxide and dry heat to decontaminate face masks and filtering respirators contaminated with a SARS-CoV-2 surrogate virus. Journal of Hospital Infection. 2020.
28. Yang JH, Wu UI, Tai HM, Sheng WH. Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare associated pathogens. Science Direct. 2017;(52).
29. Copur G, Arslan M, Baylan M, Canogullari S. Use of Allicin as an Alternative Hatching Egg Disinfectant Versus Formaldehyde Fumigation in Broiler Hatching Eggs. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 2014;(1072954).
30. Witte AK, Bobal M, David R, Blättler B, Schoder D, Rossmanith P. Investigation of the potential of dry ice blasting for cleaning and disinfection in the food production environment. LWT - Food Science and Technology. 2016;(24).
31. Wright A, Valenta A, Desormeaux E, Gonzales J, Dunn K, Tolbirt M, et al. Emerging Water and Energy-Saving Technologies For the Food Processing Industry. Manual de Water Energy Innovations.

32. Kitagawa H, Tadera K, Hara T, Kashiya S, Mori M, Ohge H. Efficacy of pulsed xenon ultraviolet disinfection of multidrug-resistant bacteria and *Clostridioides difficile* spores. *ScienceDirect*. 2020; 2468(0451).
33. Pouladkhay F, Abjar R, Bagheri F, Azarmehr T, Siamian H, Nasiri-Formi E. Evaluation of Awareness, Performance and Side Effects of Formaldehyde Exposure. *Universidad of Medica Sciences*. 2019; 30(190).
34. Miranda Slompo ND, Ribeiro da Silva GH. Disinfection of anaerobic/aerobic sanitary effluent using ozone: Formaldehyde formation. *Water Environment Federation*. 2019.
35. The Healthcare Infection Society. Disinfection of N95 respirators by ionized hydrogen peroxide during pandemic coronavirus disease 2019 (COVI-19) due to SARS-Cov-2. *Journal of Hospital Infection*. 2020; 195(6701).
36. Al-Shemery NJ, Kamaluddin ZN. EFFECT OF USING DIFFRENT CONCENTRATIONS OF HYDROGEN PEROXIDE AND FORMALIN COMPARED TO FORMALDEHYDE EVAPORATION IN STERILIZATION OF HATCHING EGGS OF BROILER. *Euphrates Journal of Agriculture Science*. 2018; 4(10).
37. Gu J, Kan Z, Liang T. Numerical Simulation of Vaporous Hydrogen Peroxide Flow Field for Space Disinfection. *International Conference on Intelligent Computing, Automation and Systems*. 2020.
38. Ibañez G, Bravata JC, Najera AS, Meneses S, Delgado L, Cruz C. Disinfection of N95 masks artificially contaminated with SARS-CoV-2 and ESKAPE bacteria using hydrogen peroxide plasma: impact on the reutilization of disposable devices. *American Journal of Infection Control*. 2020;(5637).
39. Totaro M, Casini B, Profeti S, Benedetta T, Privitera G, Angelo B. Role of Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) for the Disinfection of Hospital Surfaces Contaminated by Multiresistant Bacteria. *pathogens*. 2020; 9(408).
40. Milad R, Babak A. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID 19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics*. 2020.
41. Wolfe R. Ultraviolet disinfection of potable water. *Es&T Features*. 1990; 24(6).

42. Sakudo A, Yagyu Y, Onodera T. Disinfection and Sterilization Using Plasma Technology: Fundamentals and Future Perspectives for Biological Applications. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;(20).
43. Hayashi N, Goto M, Itarashiki T, Yonesu A, Sakudo A. Current Plasma Sterilization and Disinfection Studies. *Journal of Photopolymer Science and Technology*. 2018; 31(3).
44. Kumar J, Cadnum J, Jencson A, Donskey C. Efficacy of a multi-purpose high level disinfection cabinet against *Candida auris* and other health care-associated pathogen. *American Journal of Infection Control*. 2020; 48(196).
45. Jang HJ, Nde C, Toghrol F, Bentley W. Microarray analysis of toxicogenomic effects of Ortho-phenylphenol in *Staphylococcus aureus*. [Online]; 2008. Acceso 10 de Abril de 2021. Disponible en: <https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-9-411>.
46. Santos-Junior A, Ferreira A, Frota O, Rigotti M. Effectiveness of Surface Cleaning and Disinfection in a Brazilian Healthcare Facility. *Open Nurs*. 2018; 12.
47. Klemes JJ, Van Fan Y, Jiang P. The energy and environmental footprints of COVID-19 fighting measures e PPE, disinfection, supply chains. *Energy*. 2020; 211(118701).
48. Presterl E, Diab-El Schahawi M, Segagni Lusignani L, Paula H, Reilly J. Reprocessing: Cleansing, Disinfection, Sterilization. *Crossmark*. 2019.
49. Rubio-Romero JC, Pardo-Ferreira MdC, Torrecilla-García JA, Calero-Castro S. Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Safety Science*. 2020.
50. Sagira M, Tahirb MB, Rafiquec M, Shahid. Photocatalytic nanomaterials for CO₂ photoreduction and disinfection of bacteria. *Nanotechnology and Photocatalysis for Environmental Applications*. 2020.
51. Patil S, Mukhit Kazi M, Shidhore A, More P, Mohite M. COMPLIANCE OF STERILIZATION AND DISINFECTION PROTOCOLS IN DENTAL PRACTICE - A REVIEW TO RECONSIDER BASICS. *International Journal of Recent Scientific Research*. 2020; 11(04).

52. Sarada B , Vijay R, Johnson R, Narasinga Rao T, Padmanabham G. Fight Against COVID-19: ARCI's Technologies for Disinfection. Transactions of the Indian National Academy of Engineering. 2020.
53. Schinköthe J, Scheinemann HA, Diederich S, Freese H, Eschbaumer M, Teifke JP, et al. Airborne Disinfection by Dry Fogging Efficiently Inactivates Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS CoV-2), Mycobacteria, and Bacterial Spores and Shows Limitations of Commercial Spore Carriers. Applied and Environmental Microbiology. 2020; 87(3).
54. Jung S, Hemmatian T, Song E, Lee K, Seo D, Yi J, et al. SupplementaryMaterials: Disinfection Treatments of Disposable Respirators Influencing the Bactericidal/Bacteria Removal Efficiency, Filtration Performance, and Structural Integrity. Polymers. 2021; 13(45).
55. Jang JH, Park SH, Jang HJ, Lee SG, Park JH, Jeong JW, et al. A Case of Recurrent Urticaria Due to Formaldehyde Release from Root-Canal Disinfectant. CrossMark. 2015.