



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

EFICACIA DE DOS DESINFECTANTES EN LA REDUCCIÓN DE *Salmonella typhimurium*, COLIFORMES TOTALES Y AEROBIOS MESÓFILOS EN SUPERFICIES INERTES INOCULADAS DE FAENADO AVÍCOLA

Línea de investigación:

Microbiología, parasitología e inmunología

Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Biología

Autora:

Uscamaita Rojas, Jackeline

Asesora:

Yupanqui Siccha, Gisela Francisca

ORCID: 0000-0003-3950-3943

Jurado:

Sáez Flores, Gloria María

Murrugarra Bringas, Victoria Ysabel

Tumi Calisaya, Milagros Liscely

Lima - Perú

2024



EFICACIA DE DOS DESINFECTANTES EN LA REDUCCIÓN DE Salmonella typhimurium, COLIFORMES TOTALES Y AEROBIOS MESÓFILOS EN SUPERFICIES INERTES INOCULADAS DE FAENADO AVÍCOLA

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	1%
7	www.tandfonline.com Fuente de Internet	1%
8	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

EFICACIA DE DOS DESINFECTANTES EN LA REDUCCIÓN DE *Salmonella typhimurium*,
COLIFORMES TOTALES Y AEROBIOS MESÓFILOS EN SUPERFICIES INERTES
INOCULADAS DE FAENADO AVÍCOLA

Línea de Investigación:

Microbiología, parasitología e inmunología

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora:

Uscamaita Rojas, Jackeline

Asesora:

Yupanqui Siccha, Gisela Francisca
(ORCID: 0000-0003-3950-3943)

Jurado:

Sáez Flores, Gloria María
Murrugarra Bringas, Victoria Ysabel
Tumi Calisaya, Milagros Liscely

Lima - Perú

2024

Dedicatoria

A mis padres con todo mi ser, Gregoria e Hipólito, porque todo lo que soy es gracias a ustedes. Mil gracias por todo su amor, dedicación, confianza, aliento y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por ser el motor y motivo de superación en todos los aspectos. ¡Los amo!

Agradecimientos

A Dios, por culminar con éxito esta etapa a pesar de las dificultades.

A mis padres, por siempre estar ahí cuando las fuerzas flaqueaban.

Gracias infinitas por ser el ejemplo de perseverancia y esfuerzo en mi vida, por todo su amor y por siempre creer en mí.

A toda mi familia, por su cariño y aliento. En especial a ti, querido tío Fidel, gracias por haber apoyado mi carrera. Siempre te recordaré.

A la Blga. Sara Gonzales, ex jefa de FOOD ALS, por haber creído en mí para realizar este trabajo. Así como a ALS LS PERU S.A.C. por el apoyo y por abrirme las puertas para crecer profesionalmente.

A mis amigas y colegas, Cinthia Ramos y Melissa Ávalos, por orientarme en la ejecución experimental de la tesis. Asimismo, a Anaís Chamochumbi y Claudia Pazce, por alentarme a hacer la tesis.

A mi asesora, Mg. Gisela Yupanqui, por sus correcciones, sugerencias y por siempre inculcarme el amor por la microbiología.

Al equipo de Micro FOOD ALS (Anaís, Claudia, Carlos, Jennifer y Marimar) por todo su aporte en la parte experimental. Gracias porque con sus ocurrencias y alegría hicieron divertida esta experiencia.

Finalmente, a todos los docentes y amigos de los que aprendí y que fueron parte de mi formación profesional, muy en especial al Mg. Fernando Merino y a la Dra. Susana Gutiérrez.

ÍNDICE

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción y Formulación del Problema.....	4
1.2 Antecedentes.....	6
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificación.....	16
1.5 Hipótesis.....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Industria Avícola en el Perú.....	20
2.2 Valor Nutritivo de la Carne de Pollo.....	21
2.3 Consumo de Pollo en Perú.....	22
2.4 Centros de Faenamiento Avícola en Perú.....	22
2.5 Proceso de Beneficio de Aves.....	23
2.5.1 Ayuno.....	23
2.5.2 Captura.....	24
2.5.3 Recepción y Acondicionamiento de Aves.....	24
2.5.4 Aturdimiento.....	24
2.5.5 Sacrificio o Degolle.....	25
2.5.6 Desangrado.....	25
2.5.7 Escaldado.....	25
2.5.8 Desplumado.....	26
2.5.9 Eviscerado.....	27
2.5.10 Lavado de Canales.....	27
2.5.11 Enfriado de Canales.....	28
2.5.12 Envasado.....	28
2.6 Peligros Microbiológicos en el Faenamiento Avícola.....	29
2.6.1 <i>Salmonella</i> spp.....	30
2.6.2 <i>Campylobacter</i> spp.....	32

2.6.3 <i>Listeria monocytogenes</i>	33
2.6.4 Biofilm o Biopelícula	34
2.7 Inocuidad en el Faenamiento de Aves.....	35
2.7.1 Programas Prerrequisitos del Sistema HACCP en el Faenamiento.....	35
2.7.2 Sistema HACCP en el Faenamiento.....	42
2.7.3 Validación, Vigilancia y Verificación	43
2.8 Limpieza.....	43
2.8.1 Tipos de Limpieza	46
2.8.2 Detergentes	46
2.9 Desinfección.....	49
2.9.1 Tipos de Desinfección	49
2.9.2 Niveles de Desinfección	50
2.9.3 Desinfectantes.....	51
III. MÉTODO	71
3.1 Tipo de Investigación	71
3.2 Ámbito Temporal y Espacial.....	71
3.3 Variables.....	71
3.4 Población y Muestra.....	72
3.5 Instrumentos	72
3.6 Procedimientos	77
3.6.1 Preparación de los Inóculos Bacterianos	77
3.6.2 Preparación de las Superficies a Contaminar	78
3.6.3 Inoculación de las Superficies a Evaluar	79
3.6.4 Verificación Microbiológica para la Concentración de los Inóculos	80
3.6.5 Determinación de la Carga Inicial de Microorganismos (Antes del Tratamiento).....	80
3.6.6 Limpieza de Superficies	81
3.6.7 Preparación de las Soluciones Desinfectantes.....	82
3.6.8 Desinfección de Superficies	82
3.6.9 Determinación de la Carga Final de Microorganismos (Después del Tratamiento)	83
3.7 Análisis de Datos.....	83
IV. RESULTADOS	85
4.1 Determinación de la Concentración Teórica de los Inóculos Bacterianos.....	85
4.2 Confirmación Microbiológica de la Concentración del Inóculo en la Inoculación	85
4.3 Determinación del pH de las Soluciones Desinfectantes	86

4.4 Resultados de la Carga Inicial y Final de Microorganismos.....	86
4.4.1 Valores de los Recuentos de <i>Salmonella typhimurium</i>	86
4.4.2 Valores de los Recuentos de Coliformes Totales	88
4.4.3 Valores de los Recuentos de Aerobios Mesófilos	91
4.5 Análisis de la Eficacia de los Tratamientos	93
4.5.1 Eficacia de la Reducción Ante <i>Salmonella typhimurium</i>	93
4.5.2 Eficacia de la Reducción Ante Coliformes Totales.....	97
4.5.3 Eficacia de la Reducción Ante Aerobios Mesófilos.....	101
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
VI. CONCLUSIONES.....	112
VII.RECOMENDACIONES	114
VIII. REFERENCIAS	115
IX. ANEXOS	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de suciedad en la industria alimentaria, características de su solubilidad, facilidad de remoción y cambios producto del calentamiento de las superficies.....</i>	44
Tabla 2 <i>La facilidad de la operación de limpieza depende del tipo de material utilizado.....</i>	45
Tabla 3 <i>Mecanismos de acción de los principales desinfectantes autorizados para su uso en el sector alimentario.</i>	56
Tabla 4 <i>Fases o etapas de la evaluación de desinfectantes según el Comité Europeo de Normalización (CEN).</i>	68
Tabla 5 <i>Valores obtenidos de los recuentos en UFC/ml de los inóculos en la etapa de preparación.</i>	85
Tabla 6 <i>Valores obtenidos de los recuentos en UFC/ml de los inóculos empleados en la inoculación.....</i>	85
Tabla 7 <i>pH promedio de las soluciones desinfectantes de ácido peracético y amonio cuaternario.</i>	86
Tabla 8 <i>Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de S. typhimurium (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.....</i>	87
Tabla 9 <i>Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de S. typhimurium (\log_{10} UFC/cm²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.</i>	88
Tabla 10 <i>Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de coliformes totales (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.....</i>	89
Tabla 11 <i>Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de coliformes totales (\log_{10} UFC/cm²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.</i>	90

Tabla 12 Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de aerobios mesófilos (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.....	91
Tabla 13 Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de aerobios mesófilos (\log_{10} UFC/cm ²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.	92
Tabla 14 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de <i>Salmonella typhimurium</i> de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.	93
Tabla 15 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de <i>Salmonella typhimurium</i> de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.	95
Tabla 16 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de coliformes totales de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.	97
Tabla 17 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de coliformes totales de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.....	99
Tabla 18 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de aerobios mesófilos de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.....	101
Tabla 19 Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de aerobios mesófilos de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Producción de carne de pollo en Perú, periodo enero 2020 – diciembre 2021.</i>	21
Figura 2	<i>Equipo de desplumado con dedos de goma de la planta de faenamiento avícola.</i>	26
Figura 3	<i>Aporte de cada etapa o fase del proceso de beneficio a la contaminación bacteriana.</i>	30
Figura 4	<i>Zonificación para la toma de muestras según la ICMSF.</i>	38
Figura 5	<i>Comportamiento anfipático de un detergente.</i>	46
Figura 6	<i>Mecanismo de acción de un detergente.</i>	47
Figura 7	<i>Esquema de resistencia de los microorganismos por orden decreciente.</i>	53
Figura 8	<i>Diagrama de mecanismo de acción de los desinfectantes en los microorganismos.</i>	55
Figura 9	<i>Mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno.</i>	59
Figura 10	<i>Formación de ácido peracético o también llamado ácido peroxiacético.</i>	60
Figura 11	<i>Mecanismo de acción del ácido peracético (PAA).</i>	61
Figura 12	<i>Superficies inertes a contaminar en el presente estudio.</i>	78
Figura 13	<i>Porcentajes de eficacia de reducción de Salmonella typhimurium (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.</i>	94
Figura 14	<i>Porcentajes de eficacia de reducción de Salmonella typhimurium (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.</i>	96
Figura 15	<i>Porcentajes de eficacia de reducción de coliformes totales (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.</i>	98
Figura 16	<i>Porcentajes de eficacia de reducción de coliformes totales (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.</i>	100
Figura 17	<i>Porcentajes de eficacia de reducción de aerobios mesófilos (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.</i>	102

Figura 18 *Porcentajes de eficacia de reducción de aerobios mesófilos (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable..... 104*

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A <i>Ficha de recolección de datos</i>	138
Anexo B <i>Ficha técnica del desinfectante SUPOROXID 15</i>	139
Anexo C <i>Ficha técnica del desinfectante DMQ</i>	140
Anexo D <i>Diagrama operativo de procedimiento para la toma de muestra mediante el Método del hisopo (RM N° 461-2007 MINSA)</i>	142
Anexo E <i>Diagrama operativo de Enumeración de Salmonella spp. - ISO 11290-2:1998/Amd1:2004/RM N° 461-2007 MINSA</i>	143
Anexo F <i>Diagrama operativo de Enumeración de coliformes totales - ISO 4832:2006/RM N° 461-2007 MINSA</i>	144
Anexo G <i>Diagrama operativo de Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos a 30 °C - ISO 4833-1:2013/RM N° 461-2007 MINSA</i>	145
Anexo H <i>Flujograma de Protocolo de limpieza y desinfección en superficies inertes</i>	146

RESUMEN

La limpieza y desinfección son elementos cruciales para disminuir la carga microbiana en las superficies, ambientes, etc. Por ende, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de dos desinfectantes en la reducción de *Salmonella typhimurium* (ST), coliformes totales (CT) y aerobios mesófilos (AM) en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú - 2021. Para ello, se planteó una metodología con enfoque cuantitativo y un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el que cada desinfectante y su combinación concernían a un tratamiento de desinfección (T1, T2 y T3) sobre dos superficies inoculadas: dedos de goma y mesas de acero inoxidable. Así, se empleó el método del hisopo para la toma de muestra, el recuento en placa para la siembra de los microorganismos y el programa InfoStat para el análisis estadístico. Finalmente, los resultados mostraron que el ácido peracético a 200 ppm (T1) obtuvo eficacias del 99.97 % en dedos y 99.69 % en mesas ante ST; 100.00 % en dedos y 99.97 % en mesas ante CT y 99.99 % y 99.97 % en dedos y mesas, respectivamente, ante AM. Mientras, el amonio cuaternario a 250 ppm (T3) consiguió eficacias del 99.97 % en dedos y 99.68 % en mesas ante ST; 99.67 % en dedos y 99.72 % en mesas ante CT y 99.64 % y 99.63 % en dedos y mesas, respectivamente, ante AM. Por ende, se puede concluir que ambos son eficaces en la reducción de ST, CT y AM en superficies.

Palabras clave: eficacia, ácido peracético, amonio cuaternario, *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos.

ABSTRACT

Cleaning and disinfection are crucial elements to reduce the microbial load on surfaces, environments, etc. Therefore, the objective of this study was to evaluate the efficacy of two disinfectants in the reduction of *Salmonella typhimurium* (ST), total coliforms (TC) and mesophilic aerobes (MA) on inoculated inert surfaces of poultry slaughter in Lima, Peru - 2021. For this purpose, a methodology with a quantitative approach and a completely randomized experimental design (CRD) was used, in which each disinfectant and its combination concerned a disinfection treatment (T1, T2 and T3) on two inoculated surfaces: rubber fingers and stainless-steel tables. On the other hand, the swab method was used for sample collection, the plate count for microorganism seeding and the InfoStat program for statistical analysis. Finally, the results showed that peracetic acid at 200 ppm (T1) obtained efficacies of 99.97 % on fingers and 99.69 % on tables before ST; 100.00 % on fingers and 99.97 % on tables before TC and 99.99 % and 99.97 % on fingers and tables, respectively, before MA. Meanwhile, quaternary ammonium at 250 ppm (T3) achieved efficacies of 99.97 % on fingers and 99.68 % on tables before ST; 99.67 % on fingers and 99.72 % on tables before TC and 99.64 % and 99.63 % on fingers and tables, respectively, before MA. Therefore, it can be concluded that both are effective in the reduction of ST, TC and MA on surfaces.

Keywords: efficacy, peracetic acid, quaternary ammonium, *Salmonella typhimurium*, total coliforms and mesophilic aerobes.

I. INTRODUCCIÓN

América Latina es la segunda región más significativa en el sector de la avicultura gracias a su excelente producción de pollos, huevos y pavos que se envían a mercados de todo el mundo (Agencia Agraria de Noticias, 2019, como se citó en Revista Industria Alimentaria, 2019). De hecho, durante los últimos tiempos, el consumo de carne de pollo ha venido incrementándose a nivel mundial (Göksoy et al., 2004). Así, en el año 2019, el promedio latinoamericano de consumo de pollo fue de 32.7 kg/hab/año; sin embargo, en países como México, Colombia, República Dominicana, Panamá, Brasil, Bolivia, Argentina y Perú la cifra se encontró por encima. Siendo nuestro país, el que presentó mayor consumo per cápita de pollo con 71.1 kg/hab/año, es decir, un 56 % más que el promedio latinoamericano (Ruiz, 2020b). A ello se suma que de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (s.f., como se citó en Betelgeux-Christeyns, 2006), se espera que en el año 2030 la población global supere los ocho mil millones de habitantes, por lo que se predice que el consumo medio anual de carne por persona aumente un 26 %, principalmente el de carne de pollo, dado que los ingresos aumentarán una media del 32 % con respecto a los niveles del 2006. Por lo tanto, para atender la demanda de los consumidores se requiere de una alta tasa de rendimiento del procesamiento moderno, por lo que los procedimientos deben automatizarse y mecanizarse, generando con ello que se facilite la difusión de microorganismos patógenos como *Salmonella* sp. (Göksoy et al., 2004). Al respecto, las fases del procesamiento del escaldado, desplumado, evisceración y enfriamiento de las canales son los procesos de transformación que ofrecen el mayor peligro de contaminación con *Salmonella* sp. Además, es crucial darse cuenta de que los pollos portan en la piel y las plumas una gran cantidad de microorganismos ambientales, adicionalmente de otras bacterias gastrointestinales que quedan expuestas tras ciertas defecaciones involuntarias durante el proceso de aturdimiento. Así pues, en

cuanto se recoge al animal, esta carga de microbios entra en la planta (Mead et al., 2010). Por tanto, si bien los consumidores se encuentran cada vez más preocupados por temas como el bienestar animal y el impacto ambiental asociado a la producción avícola; su principal inquietud radica en la contaminación patógena de los alimentos (Betelgeux-Christeyns, 2006), puesto que los microorganismos patógenos son capaces de desarrollarse en los alimentos y generar enfermedades en los consumidores denominadas Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) (Betelgeux-Christeyns, 2006; Remache, 2020). Así, según Eberle y Kiess (2012) las 5 bacterias más comunes relacionadas con ETA son: *Campylobacter* spp., *Salmonella* (no tifoidea), *Escherichia coli* O157: H7, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*. Siendo para *Salmonella*, de acuerdo con reportes científicos, 6 los serotipos que se identifican con mayor frecuencia en las personas: *Salmonella typhimurium* (19.2 %), *Salmonella enteritidis* (14.1 %), *Salmonella newport* (9.3 %), *Salmonella javiana* (5 %), *Salmonella heidelberg* (4.9 %) y *Salmonella montevideo* (2.4 %) (Anderson, 2004, como se citó en Castañeda et al., 2013). En efecto, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS) (2005, como se citó en P. Gutiérrez y Dueñas, 2012), la presencia frecuente de brotes de ETA ha llevado a la industria cárnica a adoptar estrictos procedimientos de limpieza y desinfección en sus instalaciones y equipos con el fin de elaborar productos cárnicos que sean adecuados para el consumo e inocuos para el público en general. Por otra parte, la inocuidad alimentaria, en los últimos años, se ha convertido en una preocupación pública y una alta prioridad para los gobiernos, por lo que se están estableciendo normas cada vez más rigurosas para asegurar e incrementar la confianza de los consumidores en los alimentos de origen animal (FAO/OMS, 2003; Marín et al., 2011). Así tenemos que en nuestro país uno de los organismos encargados de fiscalizar, inspeccionar y velar por el cumplimiento de la normatividad vigente es el Servicio

Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), entre cuyas normas se encuentra el DS N° 029-2007-AG "Reglamento Del Sistema Sanitario Avícola" (2007) y su modificatoria el DS N° 020-2009-AG (2009). Los cuales establecen que los centros de faenado avícola deben seguir Buenas Prácticas de Faenado (BPF) e Higiene (BPH) así como Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) para poder comercializar la carne de aves y con ello evitar riesgos a la salud pública (Decreto Supremo N° 020-2009-AG. Modificatoria Del Reglamento Del Sistema Sanitario Avícola, 2009; Gonzales, 2019). En este sentido, es fundamental garantizar los más altos niveles de limpieza e higiene, sobre todo en los centros de faenamiento y las instalaciones de despiece de aves de corral (Betelgeux-Christeyns, 2006). De ahí que, el propósito del proceso de desinfección en las plantas procesadoras de aves es reducir la contaminación durante el procesamiento (Moncada, 2012). A través del uso de artículos como detergentes y desinfectantes, que, cuando se utilizan junto con procedimientos de higienización apropiados, contribuyen a evitar y minimizar la contaminación microbiana (López et al., 2002). Entonces, si se emplea un desinfectante eficaz, no se producirá contaminación cruzada entre las superficies de un equipo y los alimentos que manipula (Burguet et al., 2013). Por tal motivo, el presente trabajo pretende evaluar la eficacia de dos desinfectantes (uno de los cuales tiene como principio activo al amonio cuaternario y otro al ácido peracético) en la reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú - 2021; con la finalidad, a su vez, de obtener información confiable para la validación *in vitro* de la efectividad del procedimiento de limpieza y desinfección en superficies inertes en contacto de una planta industrial de faenamiento avícola en Lima, Perú. Asegurando así la calidad e inocuidad de los productos terminados en planta, además de permitirle el cumplimiento de la normativa válida y el de brindar a sus clientes productos óptimos y con un prolongado período de vida útil.

1.1 Descripción y Formulación del Problema

La industria avícola continúa expandiéndose e industrializándose en todo el mundo, impulsada por el rápido crecimiento demográfico, el incremento del poder de adquisición y la urbanización. Así, para atender la creciente demanda, entre los años 1961 y 2020, la producción mundial de carne de ave aumentó de 9 a 133 millones de toneladas, siendo en el 2020 aproximadamente el 40 % de toda la carne producida en el mundo (FAO, 2021). A ello se suma que la carne avícola es una carne rica en proteínas y nutrientes, de bajo contenido graso y pH levemente ácido, por lo que se vuelve también un ambiente ideal para el crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes (Farrell, 2013a; P. Gutiérrez y Dueñas, 2012). Por tanto, al ser un alimento muy consumido se incrementa el peligro de contaminación y con ello el riesgo del consumo de carne contaminada (Remache, 2020). Así pues, según I. Pérez (2015) numerosos estudios han demostrado que la carne de pollo tiene una prevalencia relativamente alta de *Salmonella* y *Campylobacter*.

Por otro lado, si bien, los tejidos internos de la carne fresca no están contaminados por microorganismos, su carga microbiana aumenta a medida que la carne se procesa, se expone al medio ambiente y entra en contacto con las superficies (P. Gutiérrez y Dueñas, 2012). Así, el procesamiento moderno del pollo corre el riesgo de propagar microorganismos como la *Salmonella*, un patógeno zoonótico con graves consecuencias para la salud humana y la economía en todo el mundo, a través de la mecanización y automatización de algunos procesos (Rivera, 2012). De hecho, durante el proceso de faenamiento los puntos críticos de contaminación ocurren principalmente en las fases de escaldado, desplumado, evisceración y enfriamiento de canales. Por ejemplo, los dedos de goma utilizados durante el desplumado pueden provocar un alto nivel de contaminación cruzada (Betelgeux-Christeyns, 2006). Incluso antes de que se deterioren, los

microorganismos pueden penetrar fácilmente bajo la superficie del caucho por lo que son difíciles de mantener limpios y están expuestos al desgaste y a las grietas (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos [ICMSF], 1998). De ahí que la supervivencia de microorganismos patógenos o de descomposición como resultado de una limpieza y desinfección inadecuadas de las superficies y equipos en contacto con los alimentos es, por tanto, uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la industria alimentaria (P. Gutiérrez y Dueñas, 2012). En consecuencia, una respuesta rápida y minuciosa a las bacterias de control es esencial en el saneamiento. Así, a mayor medida que se eliminen las bacterias, mayores serán las probabilidades de prevenir la contaminación y la acumulación de biopelículas, lo cual reduce el riesgo de contaminación y enfermedades (Arias, 2018). Por esta razón, las industrias alimentarias, en especial la industria cárnica, buscan inhibir la carga microbiana de los alimentos dirigidos al consumo de las personas mediante el empleo de desinfectantes en su proceso de sanitización de las superficies en contacto y obtener de esta manera superficies inertes con un riesgo reducido de contaminación a través de la búsqueda de detergentes y desinfectantes que consigan una eficacia elevada en la sanitización (Arias, 2018; Remache, 2020). Por ende, la problemática que se pretende abordar en este estudio es: ¿Qué eficacia tienen dos desinfectantes comerciales (uno de los cuales tiene como principio activo al amonio cuaternario y otro al ácido peracético) en la reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú - 2021? Contribuyendo con ello a la obtención de productos inocuos y con un mayor tiempo de vida útil para la planta de faenamiento avícola en estudio.

1.2 Antecedentes

Marín et al. (2000) se propusieron probar *in vitro* la eficacia de tres desinfectantes con base en diversos ingredientes activos (glutaraldehído, formaldehído y ácidos orgánicos con agentes oxidantes) contra los cinco serotipos de *Salmonella* más significativos en Salud Pública, tanto con capacidad para formar biopelículas como sin ella, y posteriormente evaluar su efectividad en campo. Para ello, primero aislaron los serotipos de *Salmonella* presentes a nivel de campo (*S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. hadar*, *S. virchow* y *S. infantis*), los cultivaron y luego los expusieron a los desinfectantes a diferentes concentraciones (0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % y 4 %). Seguidamente, prepararon dos cultivos a partir de diez cepas aisladas de cada serotipo (el primer cultivo incluía serotipos capaces de crear biopelículas y el segundo contenía serotipos incapaces de producir biopelículas) y contaminaron el suelo de cemento de la granja experimental (previamente determinada como libre de *Salmonella*) del Centro de Tecnología Animal (España) para después de tres días ensayar cada desinfectante (por 60 min) y tomar muestras de las superficies con paños estériles empapados en neutralizante. Así, de la evaluación *in vitro* se obtuvo que tanto el formaldehído como el glutaraldehído, a partir del 2 %, y el ácido orgánico con agentes oxidantes, a partir del 0,5 %, producían la eliminación de todas las *Salmonellas* con independencia del serotipo. Mientras que de la contaminación experimental se obtuvo que los tres desinfectantes eliminaron por completo todos los serotipos. Concluyendo que la aplicación del desinfectante en la concentración correcta posibilitaba una inactivación completa de las bacterias sin importar el principio activo utilizado y la capacidad o no de generar biopelículas por la bacteria.

Kunigk y Almeida (2001) evaluaron la eficacia de un desinfectante comercial, con principio activo de ácido peracético 15 % y un 30 % de peróxido de hidrógeno, para eliminar *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* usando dos métodos distintos (Brasil). El primer método

fue la prueba de suspensión AOAC y el segundo, un método propuesto por uno de los autores en el que 6 ml de un inóculo de *S. aureus* (10^8 UFC/ml) era depositado por 30 min sobre una superficie de acero inoxidable (especialmente diseñado para el estudio), luego se retiraba el inóculo y se añadía el desinfectante de 2 a 35 min (tiempo de contacto), para después removerlo y agregar una solución neutralizante (tiosulfato de sodio) por 5 min. Así pues, los resultados para el primer método mostraron que cuando se trató *E. coli* con ácido peracético a 60 mg/L (a 25 °C) se redujo 8 ciclos logarítmicos en 3.1 min, mientras que a 40 mg/L (a 25 °C) fueron necesarios 4 min para alcanzar el mismo nivel de destrucción. En tanto, para *S. aureus* con ácido peracético a 40 mg/L se logró una reducción de 6.2 en 10 min. Concluyendo entonces que en suspensión *S. aureus* era más resistente al desinfectante que *E. coli*. Por otro lado, los resultados para el segundo método mostraron que la eficiencia del desinfectante fue constante de los 2 a los 25 min, provocando una reducción de 4.3 ciclos logarítmicos y que de 25 a 35 min se logró una reducción logarítmica de 6.5 por lo que se concluyó que se necesitó un tiempo de contacto tres veces mayor que cuando las células estaban en suspensión. En consecuencia, la tasa de destrucción cuando las células estaban en suspensión fue mayor que cuando se depositaban en una superficie.

López et al. (2002) evaluaron *in vitro* la eficacia germicida (%) del extracto de semilla de toronja (400 ppm), el ácido peracético (2000 ppm) y el ácido láctico (20000 ppm) con la Prueba de suspensión AOAC con *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis* y *Pseudomonas aeruginosa* en los tiempos establecidos por el productor y tiempos adicionales. Como resultados se halló que el ácido peracético a 2000 ppm durante 1 min (condición recomendada) fue la condición que presentó los tiempos de reducción decimal más cortos para los microorganismos sometidos a la prueba. Por otro lado, se obtuvo que los microorganismos Gram positivos eran más sensibles a los efectos de los productos evaluados. De hecho, en la investigación

se señaló que los productos ya eran utilizados en diversas áreas de la industria alimentaria, a menudo sin una confirmación experimental adecuada del resultado previsto y teniendo en cuenta únicamente la información técnica facilitada por sus distribuidores.

Ramesh et al. (2002) tuvieron por objetivo identificar un desinfectante que fuera efectivo para reducir o, de manera optimista, eliminar las poblaciones de *Salmonella* incorporadas en una suspensión orgánica o en biofilms, o ambas, de contenedores de transporte de aves de corral, en Estados Unidos. Para ello, los autores evaluaron 13 desinfectantes con diversos principios activos (hipoclorito de sodio, enzimas, clorito de sodio, amonio cuaternario, yodo, fenol, etc.) sobre círculos en el centro de placas de acero galvanizado (material representativo de los contenedores) contaminadas artificialmente con 0.5 ml de una suspensión orgánica de 5×10^8 UFC/ml (mezcla de una suspensión fecal de pollo con un inóculo de *Salmonella* spp.) y obtuvieron como resultado principal que los compuestos halogenados fueron efectivos en la reducción. Seguidamente, los desinfectantes fueron probados ante biofilms de *Salmonella* spp. que recubrían también láminas de acero galvanizado de $1,9 \text{ cm}^2$, por lo que seleccionaron aquellos que lograron al menos un 85 % de reducción en las placas y los enfrentaron a láminas con biopelículas de 3 días. Luego, para probarlos más rigurosamente, escogieron a los que lograron reducciones del 99 % y los enfrentaron a biopelículas de 4 días. Finalmente, aquellos que redujeron en un 100 % en el paso anterior fueron evaluados a diferentes concentraciones y tiempos de contacto. Determinando como resultados que dos de los desinfectantes fueron efectivos en la reducción de *Salmonella* en presencia de carga orgánica y en la eliminación de biofilms. Así, uno de ellos contenía hipoclorito de sodio (500 ppm) y era eficaz al 0,05 % (v/v) porque produjo reducciones logarítmicas de hasta 7,18 en 2 min, mientras el otro era un compuesto de clorito de sodio con peróxido alcalino y fue eficaz al 1 % (w/v), ya que redujo 7,12 en 2 min. Concluyendo así que la evaluación de los dos desinfectantes

bajo condiciones simuladas sugería que la aplicación bajo el régimen prescrito podía lograr la eliminación efectiva de *Salmonella* de los contenedores dentro de un período limitado.

Troya (2007) determinó la efectividad y el mejor tiempo de acción de los desinfectantes Divosan Forte y MH (ambos con ácido peracético como ingrediente activo) en las áreas de trabajo y maquinaria de una planta productora de helados en Bogotá. Para tal fin, evaluó los desinfectantes con la técnica de dilución en tubo a tres diferentes concentraciones (0.4 % v/v, 0.2 % v/v, recomendada por la casa comercial, y 0.1 % v/v) y en tres tiempos de contacto (5, 10, y 15 minutos) mediante el método del escobillón para el muestreo y el procedimiento de siembra en estría sobre agar selectivo para la siembra de los distintos microorganismos hallados con mayor abundancia en la planta. Así, del estudio obtuvo que los desinfectantes al 0.2 y 0.4 % v/v en los tiempos evaluados eran 100 % eficaces contra bacilos Gram positivos y Gram negativos, hongos y levaduras. Mientras que al 0.1 % v/v demostraron ineffectividad porque a los 5 min de exposición el porcentaje de inhibición era del 0 %, a los 10 min era del 75 % y recién a los 15 min era del 100 %, lo cual significó que a esa concentración se necesitaba un mayor tiempo de exposición para alcanzar una inhibición del 100 % del crecimiento microbiano. Por último, el autor llevó a cabo una evaluación *in situ* de ambos desinfectantes al 0.2 % v/v (concentración sugerida por el productor) a los 5, 10 y 15 min después del proceso de desinfección y obtuvo como resultado un 100 % de inhibición en todos los tiempos, por tanto, del estudio se determinó que los dos productos eran estables ante factores medioambientales.

Baca (2012) evaluó la eficacia de un desinfectante con principio activo de ácido peracético en las concentraciones de 60, 80 y 100 ppm (debido a que es un desinfectante de alta calidad a concentraciones bajas) sobre dos tipos de superficies inertes (mayólica y madera) contaminadas en laboratorio por inmersión con inóculos de 3.0×10^8 bacterias/ml de *Listeria monocytogenes* y

Escherichia coli en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Luego, llevó a cabo la desinfección empleando un paño estéril; después, el enjuague usando un paño estéril embebido en Solución Salina Fisiológica (SSF) y por último, el monitoreo de las superficies a través de la técnica del hisopo a razón de 2 h por un período de 12 h. Seguidamente, como resultados encontró que para las superficies de mayólica contaminadas con *L. monocytogenes* se dio una reducción logarítmica de 10^8 a 10^2 para 60 y 80 ppm, mientras que en aquellas inoculadas con *E. coli* hubo una reducción de 10^8 a 10^1 a 60 ppm y un 100 % de inhibición a 80 ppm. Por otra parte, para las superficies de madera contaminadas con *L. monocytogenes* se consiguió una reducción de 10^8 a 10^3 a 60 ppm y de 10^8 a 10^2 a 80 ppm, en tanto que para las inoculadas con *E. coli* se dio una reducción de 10^8 a 10^2 para 60 y 80 ppm. Además, fue a la concentración de 100 ppm que se logró el 100 % de inhibición de ambos inóculos en las dos superficies. Por lo que se concluyó que el ácido peracético a 100 ppm logró el 100 % de inhibición sobre ambas cepas, mientras que a 60 y 80 ppm solo se obtuvo una reducción logarítmica de las colonias, dependiendo del tipo de superficie.

P. Gutiérrez y Dueñas (2012) se enfocaron en estudiar *in situ* el efecto antimicrobiano y la actividad residual de varios desinfectantes (con principios activos de cloruro de amonio cuaternario (200 ppm), citrato dihidrógeno de plata, ácido acético al 2 % e hipoclorito de calcio (200 ppm)) contra coliformes totales y aerobios mesófilos totales en superficies de contacto (mesa y rebanadora) de acero inoxidable de calidad alimentaria en el área de empaque de la planta cárnica Zamorano en Honduras. Para ello tomaron muestras mediante la técnica del hisopado previo a la aplicación del POES (inicio), posterior a la aplicación del POES (desinfectado) y tras un ciclo de tratamiento. Luego, para la siembra de las muestras emplearon la técnica del vertido en placa para la enumeración de aerobios mesófilos totales y de coliformes totales. Así, de la investigación se

determinó que tras la desinfección todos los tratamientos fueron igualmente efectivos para reducir la carga microbiana de aerobios mesófilos y coliformes totales en ambas superficies, mientras que tras un ciclo de procesamiento hubo diferencias relevantes ($p < 0,05$) en la reducción de aerobios mesófilos en la mesa y la rebanadora entre tratamientos, pero no en la disminución de coliformes totales entre tratamientos en ambas superficies. Por ende, los autores concluyeron que las cuatro soluciones de desinfección tuvieron el mismo efecto antimicrobiano y que solo la solución de cloruro de amonio cuaternario (200 ppm) fue la que obtuvo mayor actividad residual en las superficies, dado que no se usó caldo neutralizante para impedir que la actividad antimicrobiana y residual del amonio cuaternario continúe funcionando. Por último, se realizó un análisis de costos variables de las soluciones y se obtuvo que la solución desinfectante de ácido acético era la más rentable. Además, cabe destacar que entre las recomendaciones del estudio se mencionó el investigar más sobre el efecto de la combinación de desinfectantes.

Torres (2012) tuvo como objetivos fortalecer el sistema de documentación de prerequisites del plan HACCP y validar (*in vitro*) prácticas de limpieza y desinfección para superficies en contacto directo con alimentos en la Compañía Agropecuaria Las Brisas, en Costa Rica. De hecho, para la validación el autor primero seleccionó aquellas superficies que tenían más suciedad tras la limpieza en planta (rodillo de PVC y rampa de acero inoxidable), después trasladó dichas superficies a un laboratorio y las contaminó con un inóculo de 1×10^8 UFC/ml de *Escherichia coli* ATCC 25922. Finalmente, en las concentraciones y condiciones de aplicación aconsejadas por los proveedores, probó la efectividad de tres productos comerciales de desinfección a base de amonio cuaternario, ácido peracético y aldehídos - amonio cuaternario en las superficies inoculadas y determinó como resultados del estudio que los tres tratamientos de desinfección alcanzaron la meta de reducción de *E. coli* ($2 \log_{10}$ UFC/cm²) en ambas superficies y

que además no existió variaciones significativas ($p = 0,1784$) en las reducciones entre los tratamientos en las superficies de PVC en tanto que para las superficies de acero inoxidable si hubo diferencias notables ($p < 0,05$) en las reducciones entre los tratamientos.

Gargallo et al. (2015) evaluaron la efectividad de un sistema de limpieza y desinfección que utilizaba múltiples desinfectantes a base de amonio cuaternario, una combinación de estos con glutaraldehído, y ácido glicólico en una planta comercial de incubación de pollos de engorde en España. Para ello, se procedió a la recolección de muestras significativas en dos tandas de diferentes áreas de la planta de incubación (recepción de huevos, clasificación/cámara, fumigación, incubadoras, nacedoras, sala de vacunación, expedición, camión de transporte y 10 huevos de un lote aleatorio) empleando placas RODAC en superficies, placas de 90 mm en ambientes y paños en superficies de huevos para el análisis de mohos, mientras que para analizar *Salmonella* spp. en superficies solo se empleó paños. Así, los investigadores examinaron 60 muestras de la primera tanda recogidas antes de la desinfección y 60 muestras de la segunda tanda recogidas dos meses después del uso continuo de los desinfectantes. Determinando que previo a la aplicación de los desinfectantes, el 26,7% de las muestras de ambientes y el 50% de las muestras de superficies superaban los estándares de moho establecidos, pero que tras su aplicación, esas cifras descendieron al 13,3% y al 7,1%, respectivamente; así mismo en las superficies de los huevos, también comprobaron que se había logrado una reducción del 87,9% de los mohos. Por otra parte, dado que no se aisló *Salmonella* spp. de las muestras, solo fue posible extraer la conclusión de que la administración de los desinfectantes redujo la cantidad de mohos en la incubadora, pero que ante *Salmonella* spp. no era posible valorar su eficacia.

Mora (2015) diseñó y creó documentación para respaldar el sistema de gestión de inocuidad del salchichón criollo y además validó procedimientos de limpieza y desinfección *in*

vitro para superficies en contacto directo con alimentos en la empresa cárnica costarricense “La Feria del Cerdo LTDA”. Por tanto, evaluó la eficacia de tres productos comerciales con principios activos de amonio cuaternario, ácido peracético e hipoclorito de sodio en las condiciones y concentraciones aconsejadas por el proveedor (amonio cuaternario y ácido peracético a 200 ppm e hipoclorito de sodio a 150 ppm) en la desinfección del dado de calibre 18 mm del molino de carne (superficie seleccionada por su dificultad en la desinfección) inoculado con *Escherichia coli* ATCC 25922. Finalmente, como resultados se obtuvo que la totalidad de los tratamientos lograron la reducción meta de $5 \log_{10}$ UFC/cm² de *E. coli* en las superficies y que el desinfectante con principio activo de cloro fue el mejor agente desinfectante para las necesidades de la empresa.

Carchi y Serrano (2016) tuvieron por objetivo determinar la eficacia del amonio cuaternario al 0,6 % y el ácido peracético al 1 % contra coliformes totales y *Escherichia coli* en superficies inertes de acero inoxidable grado alimenticio en contacto con alimentos en el área de empaques al vacío de la planta ecuatoriana de Embutidos PIGGIS y así, a su vez, confirmar la efectividad del plan de limpieza y desinfección en planta. Para ello se tomaron muestras *in situ* mediante la técnica de la esponja y por dos veces sobre 27 superficies inertes diferentes en el transcurso de doce semanas (cada tres semanas se alternó el uso de los desinfectantes) y para el análisis microbiológico se llevó a cabo el método del Petrifilm. Por otro lado, como resultados se obtuvo que el amonio cuaternario al 0,6 % y el ácido peracético al 1 % tenían la misma capacidad inhibidora contra el grupo coliformes totales y *E. coli* en superficies. Por tanto, de la investigación se concluyó que ambos desinfectantes lograron reducir los microorganismos en estudio y que el programa de limpieza y desinfección de las superficies inertes en contacto con alimentos fue efectivo, comprobando de ese modo la inocuidad de los productos elaborados en planta.

Arias (2018) evaluó las concentraciones ideales de los detergentes industriales Multiclean (detergente neutro), CF 315 (detergente alcalino) y Poly - Safe (detergente alcalino clorado) así como también ensayó el desinfectante Sterizid Forte 15 (principio activo de ácido peracético) al 0.2 % con el fin de examinar la calidad microbiológica de los envases de policarbonato durante el proceso de limpieza y desinfección de agua embotellada para consumo humano en la planta peruana embotelladora de agua BLUE WATER SAC. Así, para la evaluación realizó dos tipos de métodos. El primero consistió únicamente en el uso de detergentes al 0.1 %, 0.25 %, 0.50 %, 0.75 % y 1 % en tanto que el segundo combinó el uso de los detergentes (a las mismas concentraciones) y el desinfectante al 0.2 %. Por otra parte, se empleó el procedimiento de enjuague para el muestreo de las superficies y para el recuento de la concentración microbiana inicial y final de las bacterias heterótrofas y coliformes totales en los envases se usó la metodología de recuento en placa. Los resultados demostraron que la carga microbiana final de las bacterias evaluadas se reducía logarítmicamente con las diferentes concentraciones de detergente, mientras mayor era la concentración de detergente utilizado. Asimismo, se obtuvo que los porcentajes de eficacia de los detergentes CF 315 y Multiclean al 1 % ante bacterias heterótrofas y coliformes totales fue del 100 % y 99 %, respectivamente; mientras que para el detergente Poly - Safe al 1 % fue de 36 % ante bacterias heterótrofas y 91 % ante coliformes totales. Por ende, se demostró que entre los tres detergentes hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), excepto entre el CF 315 y el Multiclean ($P > 0.05$). Por otro lado, para el desinfectante al 0.2 % y mediante un lapso de contacto entre 2 y 5 minutos por botella se halló una eficiencia del 100 % en los microorganismos evaluados. Finalmente, se concluyó que la combinación del detergente CF 315 al 0.5 % y el desinfectante al 0.2 % durante un periodo de contacto de 2 minutos por recipiente fueron las concentraciones perfectas para el proceso de limpieza y desinfección de los envases.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar la eficacia de dos desinfectantes (uno de los cuales tiene como principio activo al amonio cuaternario y otro al ácido peracético) en la reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú - 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Demostrar una reducción del inóculo de *Salmonella typhimurium* mayor al 50 % que permita validar la eficacia de los desinfectantes evaluados en las superficies inertes inoculadas en Lima, Perú - 2021.
- Demostrar una reducción del inóculo de coliformes totales mayor al 50 % que permita validar la eficacia de los desinfectantes evaluados en las superficies inertes inoculadas en Lima, Perú - 2021.
- Demostrar una reducción del inóculo de aerobios mesófilos mayor al 50 % que permita validar la eficacia de los desinfectantes evaluados en las superficies inertes inoculadas en Lima, Perú - 2021.
- Comparar los porcentajes de eficacia de reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos de los tratamientos de desinfección empleados en las superficies inertes inoculadas mediante un análisis estadístico en Lima, Perú - 2021.

1.4 Justificación

La OMS sostiene que debido a la creciente demanda de carne y productos cárnicos en el mundo, se deben tomar medidas para prevenir el riesgo de consumir carne contaminada y así garantizar su inocuidad a los consumidores (OMS, 2017, como se citó en Gonzales, 2019). Asimismo, en la industria alimentaria debe darse la máxima importancia a la inocuidad de los productos, ya que es una parte crucial de la calidad total. La inocuidad no es negociable y las empresas están obligadas por ley y por moralidad a garantizarla, a diferencia de otras cualidades del producto como el sabor, el aspecto o el costo (Arispe y Tapia, 2007). Por tanto, los procedimientos de limpieza y desinfección en el beneficio avícola son elementos vitales para disminuir la carga microbiana que se encuentra en las superficies de los equipos, mesas de trabajo, ambiente, etc. y asegurar con ello una mayor calidad en el producto terminado. Así, Troya (2007) expone que para que las industrias procesadoras de alimentos puedan competir mejor en el mercado y crear valor añadido para los consumidores, así como credibilidad que haga que el consumidor se sienta respaldado y seguro en la compra de un producto con los mayores estándares de calidad posibles, es necesario tener en cuenta la importancia de los protocolos de limpieza y el uso adecuado de los desinfectantes. En consecuencia, es sumamente importante evaluar la selección y el uso correcto de las sustancias desinfectantes para poder conocer si son viables antes de su implementación real en planta, pues un exceso, uso indebido o baja tasa de efectividad no podrá asegurar la calidad del proceso de desinfección generando con ello una ineficacia a largo plazo, porque los microorganismos pueden volverse resistentes a los medios utilizados en la desinfección. Por ende, si se emplea un desinfectante que sea efectivo, no existirá contaminación cruzada entre las superficies de los equipos y los alimentos que son procesados con los mismos (Burguet et al., 2013). Así, precisamente el presente trabajo se originó de la necesidad de adquirir

conocimiento acerca de la eficacia de dos desinfectantes comerciales (solos o en combinación) planteados en el procedimiento de limpieza y desinfección en superficies inertes en contacto de una planta industrial de faenamiento avícola en Lima y obtener así, a su vez, información confiable y de respaldo que permita la validación de la efectividad de su procedimiento de saneamiento. Recordemos que el objetivo de validar los procedimientos es demostrar que, una vez implantados, se controlan eficazmente los peligros que podrían afectar la inocuidad alimentaria, y que comparar diversos desinfectantes permitirá determinar cuál es el mejor para la empresa en función de factores como el costo, la eficacia y la seguridad, siendo la inocuidad la máxima prioridad (Torres, 2012). Por otra parte, como parte de su política de calidad y de mejora continua, la empresa pretende proporcionar a sus clientes los productos más eficientes (sin microorganismos patógenos) asegurando el cumplimiento de BPF, BPH, POES, etc. Así como el cumplimiento de la regulación vigente, DS N° 029-2007-AG "Reglamento Del Sistema Sanitario Avícola" (2007) y RM N° 461-2007/MINSA "Guía Técnica Para El Análisis Microbiológico de Superficies En Contacto Con Alimentos y Bebidas" (2007). Por lo tanto, el presente estudio permitirá hacer una evaluación de la eficacia de cada uno de los desinfectantes (uno de los cuales tiene como principio activo al amonio cuaternario y otro al ácido peracético) en la reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú – 2021; brindando así una pauta de cuan efectivo es el procedimiento de saneamiento planteado y que se debe mejorar antes de su implementación real en planta.

1.5 Hipótesis

- **H_A:** Por lo menos uno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de *Salmonella typhimurium*, lo que permite validar su eficacia en la reducción de *S. typhimurium* en las superficies inertes inoculadas.
- **H₀:** Ninguno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de *Salmonella typhimurium* en las superficies inertes inoculadas.
- **H_A:** Por lo menos uno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de coliformes totales, lo que permite validar su eficacia en la reducción de coliformes totales en las superficies inertes inoculadas.
- **H₀:** Ninguno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de coliformes totales en las superficies inertes inoculadas.
- **H_A:** Por lo menos uno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de aerobios mesófilos, lo que permite validar su eficacia en la reducción de aerobios mesófilos en las superficies inertes inoculadas.
- **H₀:** Ninguno de los desinfectantes evaluados es eficaz en la reducción mayor al 50 % del inóculo de aerobios mesófilos en las superficies inertes inoculadas.
- **H_A:** Existen diferencias significativas en los porcentajes de eficacia de reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos entre los tratamientos de desinfección en las superficies inertes inoculadas.

- **H₀:** No existe diferencias significativas en los porcentajes de eficacia de reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos entre los tratamientos de desinfección en las superficies inertes inoculadas.

II. MARCO TEÓRICO

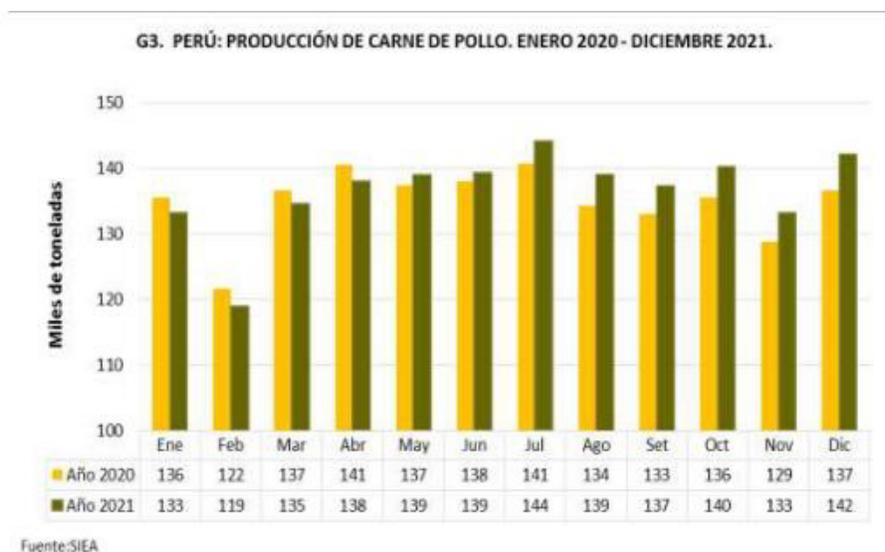
2.1 Industria Avícola en el Perú

El sector avícola es una actividad de carácter empresarial y de alta tecnología que incluye las etapas de control genético, producción de aves reproductoras y progenitores, producción de alimentos balanceados, incubación, cría, beneficio de aves y comercialización del producto final: pollos y huevos de gallina (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021).

De hecho, la avicultura peruana, centrada en la producción de carne de ave y huevos comerciales, se encuentra destacada como una actividad económica importante para la nación y contribuye a la estructura del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (VBPA) (M. Gutiérrez, 2019). Así, en el año 2019 la actividad avícola tuvo un crecimiento del 5,0 % con relación al año 2018 (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2020). En tanto, para el primer cuatrimestre del 2020 se evidenció un crecimiento del 2,77 % en la producción de carne de ave (AviNews, 2020). Sin embargo, debido a la pandemia por COVID-19 y sus restricciones, se mostró una reducción del 2 % respecto al año 2019 (León, 2021). A ello se suma que la producción de carne de pollo del primer cuatrimestre del 2021 fue 1,8 % inferior en comparación al mismo periodo del año 2020 (**ver Figura 1**) (M. Gutiérrez, 2021). No obstante, en el mismo año la Asociación Latinoamericana de Avicultura (ALA) señaló que el sector avícola represento alrededor del 2 % del PBI peruano y que un 69 % del total de proteínas per cápita que se consumieron en nuestro país provino de la avicultura (ave y huevo) (Asociación Peruana de Avicultura [APA], 2021). Por otra parte, cabe resaltar también que la avicultura nacional se concentra sobre todo en las zonas costeras y cerca a los principales centros de consumo del país (MIDAGRI, 2021).

Figura 1

Producción de carne de pollo en Perú, periodo enero 2020 – diciembre 2021.



Nota. El gráfico ilustra la inferior producción de carne de pollo del primer cuatrimestre del año 2021 respecto al mismo periodo del año 2020. Tomado de “G3. Perú: Producción de carne de pollo, enero 2020 - diciembre 2021” (p.9), por Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA], 2022, *Boletín estadístico mensual de la "Producción y comercialización de productos avícolas"* Mes: diciembre 2021.

2.2 Valor Nutritivo de la Carne de Pollo

La carne de pollo contiene una media de un 20 % de proteínas, pocos carbohidratos y alrededor de un 9 % de grasas (menos que otras carnes) (Pereira y Vicente, 2013). Al respecto, Farrell (2013a) señaló que “la carne de pollo no contiene grasas trans, uno de los posibles factores causantes de enfermedades coronarias, que están presentes, sin embargo, en grandes cantidades en la carne de vacuno y cordero” (p.4).

Por otro lado, la carne de pollo es una magnífica fuente de diversos minerales (hierro, zinc, fósforo y potasio), vitaminas (como la B3) y ácido fólico (Pereira y Vicente, 2013). De ahí que Farrell (2013b) señalo que “la carne de pollo no solo se considera una carne saludable, sino que es también la más barata de todas las carnes de ganado” (p.3).

2.3 Consumo de Pollo en Perú

La APA informó en el 2014 que el consumo per cápita de carne de pollo en el país se había duplicado en los últimos diez años, pasando de 21 kg en el 2004 a 42 kg en el 2014 (El Comercio, 2014, como se citó en Lavado, 2017). Así mismo, para el año 2018 se alcanzó los 49.45 kg/hab/año (M. Gutiérrez, 2019), para el 2019 los 51.10 kg/hab/año (Ruiz, 2020a) y para el 2020 un promedio anual de más de 50 kg por persona, ubicando así al Perú como el mayor consumidor de pollo per cápita en Latinoamérica por tercer año consecutivo (APA, 2021). En tanto, para el 2021 el consumo per cápita nacional de carne de pollo fue de 50.96 kg/hab/año, mientras que en el ámbito de Lima Metropolitana fue de 81.08 kg/hab/año (MIDAGRI, 2022). De modo que se puede afirmar que la carne de pollo es un alimento muy solicitado y con un consumo que va en aumento en nuestra nación.

2.4 Centros de Faenamiento Avícola en Perú

De acuerdo al DS N° 029-2007-AG "Reglamento Del Sistema Sanitario Avícola" (2007) y su modificatoria el DS N° 020-2009-AG (2009) el faenamiento de aves debe realizarse en establecimientos que cuenten con autorización sanitaria de apertura y funcionamiento otorgada por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) así como con ciertas normas o condiciones que deben aplicarse en todo proceso avícola a fin de garantizar la inocuidad del producto final.

De hecho, el Reglamento del Sistema Sanitario Avícola sirvió de apoyo a la RM N° 282-2003-SA/DM "Reglamento Sanitario de Funcionamiento de Mercados de Abasto" (2003). Así, en esta resolución se prohíbe el procesamiento de aves vivas en centros de acopio o mercados de abastecimiento, lo que implica que las operaciones de procesamiento deben realizarse en centros de faenamiento oficial y cumpliendo a su vez las condiciones exigidas en las normas vigentes. Sin embargo, los expertos prevén que la proporción de aves procesadas en centros de faenamiento formal en el país solo alcanzaría el 25% o el 30% (en el mejor de los casos), a pesar de la falta de estadísticas oficiales al respecto. Por ende, estas estimaciones evidencian el escaso progreso que ha experimentado nuestro sector en este ámbito. En este sentido, cerca del 70% del pollo producido en nuestro país se vende vivo; en otras palabras, lo compran pequeños comerciantes que carecen de la infraestructura necesaria para transportar, sacrificar y almacenar las aves (Lavado, 2017) por tanto, es necesario exigir el cumplimiento de la normatividad ya vigente.

2.5 Proceso de Beneficio de Aves

El proceso de beneficio es el paso final en la cadena de producción avícola y tiene la responsabilidad principal de convertir todas las aves en carne y productos comestibles seguros una vez que llegan al centro de faenamiento (Meleán et al., 2008).

2.5.1 Ayuno

Para garantizar que las aves estén visiblemente vacías y sus excrementos secos, se debe suspender la alimentación durante al menos 4 horas antes de que ingresen a la planta de beneficio. Por el contrario, si el tiempo supera las 8 horas, las heces se vuelven más líquidas y hay más posibilidades de infección cruzada entre aves durante el transporte (Silverside y Jones, 1992).

2.5.2 Captura

Las aves deben recogerse delicadamente a mano para cargarse cautelosamente en jaulas de transporte y así evitar magulladuras en la piel y fracturas de huesos (Silverside y Jones, 1992).

2.5.3 Recepción y Acondicionamiento de Aves

Cuando las jaulas llenas de aves vivas ingresan a la instalación de procesamiento, se llevan a la zona de descarga, donde se sacan de las jaulas y se cuelgan de las patas en una línea de producción equipada con ganchos (López y Casp, 2004, como se citó en Rivera, 2012). Cabe mencionar que esta área cuenta con aire acondicionado para garantizar una humedad, temperatura y aireación adecuadas, así como una oscuridad total gracias a la “luz negra” (I. Pérez, 2015).

Por otra parte, para que las aves puedan descansar plenamente y comenzar el proceso de sacrificio en buenas condiciones fisiológicas, el tiempo de permanencia recomendado es de unas 2,5 horas, así como un tiempo máximo de 10 horas para el beneficio tras el comienzo del ayuno (I. Pérez, 2015). Finalmente, es necesario recalcar que cuando las jaulas están vacías, pasan a una instalación de limpieza y desinfección (López y Casp, 2004, como se citó en Rivera, 2012).

2.5.4 Aturdimiento

Para conseguir un sangrado adecuado, el primer paso del proceso de transformación es aturdir al animal antes del sacrificio (Cervantes, 2010). De esta manera, el aturdido de las aves se puede llevar a cabo mediante un proceso de electrocución, que consiste en someter al ave a una corriente eléctrica, y el aturdimiento por gas, que consiste en utilizar un gas (como el CO₂) en un túnel (I. Pérez, 2015).

En el proceso de electrocución, una corriente eléctrica fluye desde la cabeza hasta los anzuelos, induciendo la relajación e insensibilización de los esfínteres, lo que provoca la expulsión

de excrementos con microorganismos que contaminan la superficie corporal del ave (Silverside y Jones, 1992).

2.5.5 Sacrificio o Degolle

El sacrificio se realiza a través de una incisión dorsolateral en el cuello, cortando la arteria carótida externa y la vena yugular (Cervantes, 2010).

2.5.6 Desangrado

Las aves se desangran inmediatamente después del sacrificio, para que las canales entren en el proceso de escaldado con la menor cantidad de sangre posible (Cervantes, 2010). Así, el procedimiento de desangramiento más adecuado se basa en una caída brusca de la presión arterial, dado que la mayoría de los nervios que controlan la circulación aún se encuentran en los órganos donde se produce el proceso de desangrado. Por tanto, cuando el volumen de sangre desciende, las arterias son incapaces de contraerse, provocando que el ave se sacuda violentamente y genere una efusión de sangre casi total, lo que prolonga la conservación de la carne (Aguilera, 2014).

2.5.7 Escaldado

Durante esta fase, las aves se depositan en un tanque con agua caliente (51,5 °C) en el transcurso de 3 minutos para facilitar la eliminación de las plumas en el siguiente paso. Esto se debe a que el choque térmico ayuda a reducir la carga microbiana y dilata los folículos, lo que facilita el proceso de eliminación de las plumas (Aguilera, 2014). Precisamente una gran parte del éxito del desplumado depende de un escaldado adecuado (Cervantes, 2010).

Por otro lado, si el ave sigue viva cuando entra en el tanque de escaldado, el agua contaminará sus pulmones, tráquea, esófago, molleja y sacos aéreos (Silverside y Jones, 1992). Esto a razón de que el agua de escaldado puede contener microorganismos como la *Salmonella*

spp., *Staphylococcus* spp. y otros, ya que en esta fase se liberan heces y plumas, lo que provoca una infección cruzada de la canal (Castañeda et al., 2013).

2.5.8 Desplumado

En esta fase la idea es extraer la mayor cantidad de plumas en el menor tiempo posible y someter al ave a una serie de rodillos continuos con dedos de goma (**ver Figura 2**) que atrapan mecánicamente las plumas para evitar cualquier daño a la carne (Cervantes, 2010). Por ende, se debe tener en cuenta la temperatura y los tiempos en esta etapa para no afectar la ternez de las aves (Aguilera, 2014). De ahí que el desplumado como máximo dura 2 min (Silverside y Jones, 1992).

Figura 2

Equipo de desplumado con dedos de goma de la planta de faenamiento avícola.



Nota. Fotografía tomada en la planta de beneficio de la empresa en estudio.

No obstante, una presión excesiva de los dedos de goma puede hacer que las bacterias fecales salgan del tubo digestivo, lo que aumenta el riesgo de contaminación fecal por un exceso innecesario de desplume (Berrang et al., 2001). Además, el calor y la humedad que transmiten las canales a los dedos favorecen la difusión de las bacterias (Castañeda et al., 2013). De manera que

puede haber un aumento notable de *Campylobacter* y *Salmonella* durante el desplume (Berrang et al., 2011).

2.5.9 Eviscerado

El procedimiento de evisceración comienza cuando se retiran las estructuras exteriores de la canal: las plumas, la cabeza y las patas. Esto incluye la extracción de las vísceras para permitir una mejor y más prolongada conservación (Meleán et al., 2008; López y Casp, 2004, como se citó en Rivera, 2012). Por ello, se efectúa en una zona aislada de otras zonas de la planta y empieza con el corte de las cloacas a través de una cuchilla giratoria, mientras se abre la cavidad abdominal para lograr la extracción de toda la masa visceral (Aguilera, 2014). Cabe resaltar que en esta etapa es fundamental preservar la integridad de los órganos extraídos. Por tanto, es imperativo prevenir el escape del contenido digestivo por medio de la cloaca o por un corte accidental que pudiera contaminar la canal (Meleán et al., 2008; López y Casp, 2004, como se citó en Rivera, 2012). Así pues, la evisceración es una de las etapas de mayor peligro en el proceso, ya que los microorganismos pueden transferirse a las canales por la ruptura del tracto gastrointestinal, por las máquinas de evisceración o por los operadores (Castañeda et al., 2013).

2.5.10 Lavado de Canales

Tras la evisceración, el lavado se realiza por aspersión, y por lo general solo se realiza un lavado. Sin embargo, para evitar contaminaciones adicionales, es más efectivo realizar múltiples lavados a lo largo del proceso. Así, el lavado es el primer paso encaminado a minimizar la contaminación de la canal, aunque solo se basa en una disminución cualitativa, ya que utiliza el criterio de ausencia de materia fecal en la superficie de la canal (Castañeda et al., 2013). En consecuencia, es imperativo que las canales se laven tanto por dentro como por fuera para evitar que entren en el sistema de refrigeración con residuos fecales y agua ensangrentada en su interior,

lo que resulta en un aumento de la carga orgánica y la necesidad de agregar más agua durante el proceso o un aumento en la administración de bactericidas (Cervantes, 2010).

2.5.11 Enfriado de Canales

El enfriamiento de la canal es un paso esencial del proceso que puede mejorar la seguridad y la vida útil de la canal al prevenir el crecimiento microbiano. Este procedimiento puede llevarse a cabo mediante inmersión en tanques de agua con o sin hielo, aspersión de agua fría o circulación de aire frío (Castañeda et al., 2013). Este último enfoque, sin embargo, tiene la desventaja de dejar la piel de la canal con defectos que incluyen la resequedad y pérdida de brillo (López y Casp, 2004, como se citó en Rivera, 2012).

Por otra parte, el enfriamiento por inmersión ha sido históricamente el método más popular debido a su eficiencia y economía. No obstante, este método también aumenta el potencial de contaminación microbiana, lo que requiere un control de la ingesta de agua con altas cargas orgánicas (Northcutt et al., 2006).

2.5.12 Envasado

Las canales se preparan para su distribución o almacenamiento como producto para el consumo humano tras el proceso de enfriamiento. De hecho, las canales de pollo que se procesan en partes o se utilizan como subproductos pueden tener niveles más altos de *Salmonella* sp. debido al potencial de contaminación cruzada durante el procesamiento, por lo que es muy importante garantizar la inocuidad de la canal para reducir la posibilidad de una mayor contaminación durante el procesado posterior (Chaves et al., 2011).

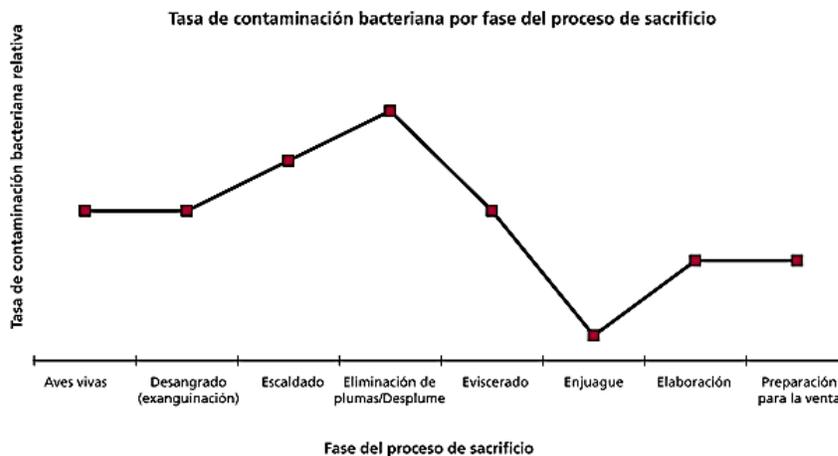
2.6 Peligros Microbiológicos en el Faenamiento Avícola

Es fundamental darse cuenta de que, además de otras bacterias gastrointestinales que se revelan tras cierto grado de defecación forzada que tiene lugar durante el proceso de aturdimiento, los pollos portan un número significativo de microbios ambientales en la piel y las plumas. Como resultado, estos microorganismos penetran en la planta desde el momento en que empieza la recolección del animal (**ver Figura 3**) (Mead et al., 2010). Cabe resaltar, que los alimentos derivados de animales son susceptibles de contaminación microbiana; por tanto, al final del procesamiento, los tipos de microbios que contaminan los productos cárnicos y avícolas pueden tener efectos significativos sobre la calidad y el deterioro (Geornaras y Sofos, 2010, como se citó en I. Pérez, 2015). Así pues, se han descubierto numerosos cientos de tipos de microbios en la carne de ave, que pueden clasificarse a grandes rasgos en dos grupos: los patógenos, que pueden infectar al ser humano, y los alterantes, que modifican la carne (Matthews et al., 2017).

Por otro lado, durante el proceso de producción – conservación (**ver Figura 3**), los microorganismos patógenos pueden introducirse en los alimentos y dar lugar a enfermedades conocidas como ETA (Castañeda et al., 2013). Así, en el caso de carne de aves recientes estudios demuestran que *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. son las fuentes más frecuentes de ETA, en tanto que *Listeria monocytogenes* es un problema importante relacionado con productos avícolas transformados (Keklik et al., 2010).

Figura 3

Aporte de cada etapa o fase del proceso de beneficio a la contaminación bacteriana.



Nota. Tomado de “Aves de corral y productos avícolas: riesgos para la salud humana - Sacrificio y elaboración” (p.3), por Ventura, 2013, *Revisión del desarrollo avícola (FAO)*. p. 1 - 4. Todos los derechos reservados (2013) por la FAO.

2.6.1 *Salmonella* spp.

Es un bacilo Gram negativo que puede crecer hasta 3 μm de longitud, pertenece a la familia de las Enterobacteriaceae, fermenta la glucosa y otros carbohidratos y es catalasa positivo y oxidasa negativo (Quinn et al., 2002, como se citó en Rivera, 2012). Además, es anaerobia facultativa, por lo que se distribuye por todo el mundo y puede ser encontrada en el agua, el suelo, las plantas y los animales (Famiglietti et al., 2005). Por otro lado, se ha documentado que su crecimiento se produce entre 5 °C y 47 °C, con una temperatura óptima de 37 °C; sin embargo, es sensible al calor y no forma esporas, por lo que se destruye fácilmente a temperaturas de pasteurización (Adams y Moss, 2008).

2.6.1.1 Serotipificación. *Salmonella* es un género que presenta muchos serotipos diferentes, así la capa de azúcares y proteínas flagelares que envuelve a la bacteria determina las características de cada serovar en particular (Callaway et al., 2008). De hecho, hoy en día, el método de Kauffmann – White sirve de base para la categorización antigénica o serotipificación (Terzolo, 2011). Así, por lo general, los antígenos de superficie pueden clasificarse en tres categorías: antígenos somáticos O, antígenos flagelares H y antígenos capsulares Vi (Chiu et al., 2004). Además, se han identificado unos 59 antígenos somáticos y 87 antígenos flagelares (Duarte et al, 2010, como se citó en Rivera, 2012).

Por otra parte, Back (2012) clasifica los serotipos de este género en dos grandes grupos: serotipos paratíficos y serotipos tifoideos.

A. Serotipos Paratíficos. Estos serotipos en su mayoría colonizan el intestino y producen enteritis. Aquí se incluyen *Salmonella dublin*, *Salmonella abortusovis*, *Salmonella abortusequi*, *Salmonella pullorum* y la mayor parte de serotipos restantes (Gyles et al, 2010, como se citó en Rivera, 2012).

B. Serotipos Tifoideos. Tienen como rasgo principal el provocar una enfermedad sistémica grave (fiebre tifoidea) y están relacionados con *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella gallinarum* y *Salmonella choleraesuis* (Gyles et al, 2010, como se citó en Rivera, 2012).

Hay que mencionar, además, que la infección humana y animal causada por *Salmonella* se denomina Salmonelosis y está provocada principalmente por los huevos y la carne cruda de cerdo, pavo y pollo (I. Pérez, 2015). Así mismo, presenta un periodo de incubación de 12 a 24 horas con síntomas primarios como náuseas, dolor abdominal, somnolencia, diarrea y fiebre y una tasa de

letalidad inferior al 1 % en los grupos más vulnerables, que incluyen ancianos, niños y enfermos (Russell, 2012). Así, según Le Bouquin et al. (2010) los serotipos *S. enteritidis* y *S. typhimurium* son los que se asocian con mayor frecuencia a la enfermedad en el hombre.

2.6.1.2 *Salmonella* Como Riesgo en la Industria Avícola. La avicultura tiene un gran peligro de *Salmonella* cuando hay un saneamiento inadecuado en los alojamientos, mala salud de las aves, mala calidad de los piensos, el agua y el material de cama, así como cuando hay presencia de fauna peligrosa y se introducen vehículos contaminados. Por ende, cuando *Salmonella* se incorpora en una granja, se propaga rápidamente a través del desarrollo de biopelículas en las superficies de los cobertizos, la contaminación del agua, los excrementos transportados por los trabajadores dentro de la granja y el polvo (Castañeda et al., 2013). En suma, *Salmonella* spp. supone un riesgo importante para la Industria avícola por su capacidad de propagación, lo que pone en peligro la inocuidad de los productos obtenidos en este sector (Callaway et al., 2008). Así, durante el beneficio, las etapas que conllevan un mayor riesgo de contaminación con *Salmonella* spp. son el escaldado, el desplumado, el eviscerado y el enfriamiento de las canales (Mead et al., 2010). A esto se suma que el procesamiento moderno necesita altas tasas de rendimiento para responder la demanda de los consumidores, lo que requiere la adopción de mecanización y automatización de los procesos (Goksoy et al., 2004).

2.6.2 *Campylobacter* spp.

Se trata de un bacilo Gram negativo, curvo, termófilo, con una temperatura óptima de 42 °C a 43 °C, y microaerófilo (es decir, que la atmósfera debe tener una concentración de oxígeno de 5 % y 10 % de dióxido de carbono) (Canals y Rosell, 2005; Fernández y Pérez-Pérez, 2016). Además, comprende 17 especies y 6 subespecies, siendo el desarrollo de cepas S en algunas especies y la liberación de una enterotoxina en otras sus principales factores de virulencia (Bell y

Kyriakides, 2009, como se citó en I. Pérez, 2015). Por otra parte, está muy disperso en la naturaleza y reconoce como reservorios naturales a una amplia gama de animales domésticos y salvajes; sin embargo, el principal depósito y fuente de infección humana lo constituyen las aves de corral y sus subproductos (Vandamme y De Ley, 1991). Es más, la investigación epidemiológica ha demostrado que el consumo de productos avícolas contribuye al 50 - 70 % de los casos humanos de campilobacteriosis, ya que la enfermedad está ligada a la piel, plumas y, sobre todo, al sistema gastrointestinal (ciego y buche) de las aves de corral, donde es saprofita (Castañeda et al., 2013). Así, *Campylobacter jejuni* (origina el 90 - 95 % de campilobacteriosis), *Campylobacter lari* y *Campylobacter coli* son las especies causantes de gastroenteritis (Canals y Rosell, 2005; Fernández y Pérez-Pérez, 2016).

2.6.3 *Listeria monocytogenes*

Es una bacteria Gram positiva, pequeña (con una longitud de 0,4 a 0,5 μm), aerobia - anaerobia facultativa, no forma cápsulas ni esporas, es psicrótrofa, lo que significa que puede crecer a temperaturas tan bajas como $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tan altas como $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. También, favorece la producción de hemólisis, tolera altas concentraciones de cloruro de sodio (10 %) y es móvil a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero no a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, puede presentar una morfología cocoide a partir de tejidos animales o de cultivos muy recientes, mientras que pueden observarse cadenas cortas o estructuras en empalizada a partir de cultivos más antiguos (Wesley et al., 2002). Además, es catalasa positiva, tiene un alto índice de colonización animal y se encuentra ampliamente en el suelo, el polvo y otros entornos naturales (I. Pérez, 2015). Otro punto importante a mencionar es que *L. monocytogenes* puede causar la enfermedad llamada Listeriosis, enfermedad que constituye una amenaza para la salud pública debido a las importantes implicaciones que puede generar, como septicemia, aborto y meningitis o meningoencefalitis (Melero et al., 2013). Así como también

puede producir biopelículas o una capa viscosa invisible en las superficies, debido a que el hábitat preferido de esta cepa son las zonas donde hay restos de comida y/o agua (Colegio de Ciencias de Agricultura de Penn State, 2006).

2.6.4 Biofilm o Biopelícula

Se trata de una matriz formada por microorganismos que se adhieren a las superficies y crean películas, o bioincrustaciones, que los bactericidas son incapaces de penetrar (Michanie, 2015). Así pues, la especie bacteriana, el ciclo de vida y las interacciones con el medio en el que se desarrollan son los principales determinantes del proceso de desarrollo de una biopelícula. En consecuencia, el ciclo vital de un biofilm sobre una superficie abiótica puede dividirse en varios procesos dinámicos, como el acondicionamiento para su desarrollo, adhesión celular, formación de microcolonias, formación del biofilm y desprendimiento y dispersión de los biofilms (Sauer, 2003).

Por otra parte, cabe señalar que los microorganismos patógenos que pueden formar biofilm son *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium*, *C. jejuni*, *S. aureus* y *Yersinia enterocolitica* y que la adherencia de un biofilm depende del pH, la temperatura y otras variables, así como de los polímeros extracelulares, polisacáridos y glicoproteínas de los microorganismos. Así, los biofilms se pueden formar en superficies de acero, vidrio, fórmica, polipropileno, etc. y causar contaminación permanente o a largo plazo en las plantas procesadoras de alimentos (Michanie, 2015). Por tanto, los medios para removerlos incluyen potentes tratamientos químicos, aplicación de enzimas, detergentes, desinfectantes, tensioactivos, etc. (Copes et al., 2000).

2.7 Inocuidad en el Faenamiento de Aves

Es esencial que las ideas de inocuidad y calidad se apliquen en todas las fases de la cadena de producción de la carne de pollo, desde la producción inicial hasta el consumo final, para ofrecer una protección óptima al consumidor (Marín et al., 2011). Por tanto, el Capítulo V del Reglamento del Sistema Sanitario Avícola habla sobre la inocuidad en el faenamiento de las aves de corral y enfatiza que los centros de faenado avícola deben seguir Buenas Prácticas de Faenado (BPF) e Higiene (BPH) y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) para evitar riesgos a la salud pública.

2.7.1 Programas Prerrequisitos del Sistema HACCP en el Faenamiento

Los programas de condiciones previas o prerrequisitos son componentes esenciales de la inocuidad alimentaria y el saneamiento que deben establecerse firmemente antes de instaurar el sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) (Anzueto, 2000, como se citó en Torres, 2012). Así, estos programas están diseñados para evitar que peligros potenciales de bajo riesgo se conviertan en peligros de alto riesgo que podrían afectar negativamente la inocuidad alimentaria. Por ello, el desarrollo e implementación de estos programas es un paso crítico en el desarrollo de un HACCP eficaz y de uso fácil (Sociedad Chilena de Microbiología e Higiene de los Alimentos [SOCHMHA], 2004).

2.7.1.1 Buenas Prácticas de Faenamiento (BPF). Son todas las acciones involucradas en el proceso de faenado que se enfocan en prevenir el riesgo o, en caso de que surja, controlarlo para que los productos y subproductos sean inocuos (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA], s.f.).

2.7.1.2 Procedimientos Operativos Estandarizados (POE). También llamados SOP por sus siglas en inglés, Standard Operating Procedure. Son instrucciones escritas para diferentes operaciones particulares o generales y aplicables a diversos productos o insumos que describen de manera detallada los pasos y acciones de determinadas rutinas de trabajo. Por tanto, tienen como propósito suministrar un registro que demuestre el control del proceso, minimizar o eliminar desviaciones o errores y riesgos en la inocuidad alimentaria, asegurando así que las tareas se realizan de manera segura y uniforme, y a su vez contribuyendo a garantizar el mantenimiento de los niveles de calidad y servicio (Instituto Nacional de Alimentos [INAL] y Organización Panamericana de la Salud [OPS], s.f.).

2.7.1.3 Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). Conocidos también como SSOP por sus siglas en inglés (Sanitation Standard Operating Procedures). Son documentos que se encuentran dentro de los POE e involucran una serie de procedimientos cruciales para el mantenimiento de la higiene que deben seguirse antes, durante y después de las operaciones para garantizar la inocuidad de los productos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Precisamente en ellos se define el método y productos de limpieza, la desinfección que debe utilizarse, la temperatura del agua, la frecuencia de la limpieza (para evitar la contaminación directa o indirecta), las personas encargadas de realizar la tarea y los registros o listas de verificación preoperacionales y operacionales para evaluar la tarea. Además, se incluyen las acciones correctivas que deben aplicarse en caso de desviaciones o deficiencias. De ahí que su implementación es la forma más eficaz para llevar a cabo un programa de higiene en un establecimiento (INAL y OPS, s.f.). Así, según Huss et al. (2003), se debe contar con los siguientes POES básicos en los procesos productivos:

1. Vigilancia de la inocuidad del agua.

2. Limpieza y desinfección de superficies en contacto directo con los alimentos.
3. Prevención de la contaminación cruzada.
4. Mantenimiento sanitario de estaciones de limpieza y servicios sanitarios.
5. Gestión de materiales tóxicos.
6. Control higiénico y sanitario de los trabajadores.
7. Control de plagas.

2.7.1.4 Programas de Limpieza y Desinfección. Un programa de limpieza y desinfección es un conjunto de actividades utilizadas en cada área de proceso para eliminar o minimizar la cantidad de carga microbiológica en la planta física, los trabajadores, los equipos, los utensilios y el entorno en el que se desarrolla el proceso. A su vez, abarca a todas las personas de la empresa, incluidos visitantes y operarios (Albarracín y Carrascal, 2005, como se citó en Carchi y Serrano, 2016).

Así, como prerrequisito del sistema HACCP, las plantas de alimento deben contar con un programa de limpieza y desinfección debidamente validado, esto es, donde se describa equipos, técnicas, materiales, factores que deben controlarse y supervisarse, y las formas de determinar su efectividad (Hui et al., 2003). Cabe mencionar, que estos programas deben actualizarse, sobre todo si las condiciones de las instalaciones han cambiado después de la creación del programa (Mayoralas et al., 2001).

A. Variables que se Debe Tener en Cuenta.

- La naturaleza del material a limpiar, el cual depende del tipo de producto a procesar, de su composición química y microbiológica.

- Composición y características de las soluciones de limpieza y desinfección, así como técnicas y herramientas de limpieza.
- Establecimientos e infraestructura de la empresa.
- Los materiales y el diseño de los equipos.
- Las superficies de los equipos que entran en contacto con los alimentos, así como las superficies que entran en contacto con las soluciones de limpieza pero no con los productos.
- Recursos disponibles (equipos de trabajo, productos químicos y agua).
- Gastos (Alzate, 2011).

B. Sitios de Muestreo. Se trata de lugares que podrían contaminar el producto y que tienen muchas posibilidades de convertirse en un nicho o, con el tiempo, en un biofilm. Así pues, las zonas de los equipos con más probabilidades de contaminarse son las juntas de sellado, las fisuras y las grietas (Michanie, 2015).

Por tanto, con el fin de ilustrar de manera clara la relevancia de los lugares de toma de muestras del ambiente, se emplea el concepto de zonificación de la ICMSF (ICMSF, 2002) (**ver Figura 4**).

Figura 4

Zonificación para la toma de muestras según la ICMSF.



Nota. Tomado de “Monitoreo de la higiene de superficies” (p.11), por Michanie, 2015, *Apuntes de laboratorio*, 2. Todos los derechos reservados (2015) por Britania.

C. Frecuencia de Muestreo. Debe desarrollarse con base en las características del alimento, el proceso, la posibilidad o no de recontaminación, las condiciones higiénicas generales del establecimiento y el historial de presencia de microorganismos en el ambiente y en los equipos. Por otra parte, para obtener información detallada de la planta y poder determinar frecuencias por sector o zona, primero se deben generar datos suficientes mediante muestreos intensivos. Así mismo, los días y las horas de estos muestreos deben elegirse al azar para reflejar las variaciones que se producen en la planta (Michanie, 2015).

D. Métodos de Muestreo. Se pueden utilizar para buscar microorganismos indicadores o buscar géneros específicos a la hora de resolver un problema determinado (Michanie, 2015). Así, según la RM N° 461-2007/MINSA "Guía Técnica Para El Análisis Microbiológico de Superficies En Contacto Con Alimentos y Bebidas" (2007) los métodos de muestreo deben estar en función de las características de la superficie a muestrear por ende se tiene:

a. Método de la Esponja. Se utiliza principalmente para muestrear áreas de superficie más grandes.

b. Método del Hisopo. Se emplea sobre superficies inertes, regulares e irregulares, como tablas de picar, bandejas, mesas de trabajo, utensilios, cuchillas de equipos, cortadora de embutidos, cortadora de pan de molde, tolvas, cintas transportadoras, mezcladoras, pisos, paredes, etc.

c. Método del Enjuague. Se aplica para muestrear superficies vivas (manos), objetos pequeños y superficies interiores de botellas, contenedores, bolsas de plástico, etc.

E. Microorganismos Indicadores de Higiene. Dado que su presencia sugiere la existencia de normas higiénicas inadecuadas en la manipulación de los alimentos y la limpieza de los equipos; los coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos y determinados patógenos (*Salmonella* y *Staphylococcus*) se utilizan como “indicadores sanitarios” en la industria (Castañeda et al., 2013). Por otro lado, cabe resaltar que el sector alimentario utiliza con mayor frecuencia al grupo de los Coliformes y la familia Enterobacteriaceae como indicadores de higiene (Michanie, 2015).

a. Coliformes Totales. Comprenden una amplia gama de bacilos anaerobios facultativos y aerobios, Gram negativos, no esporulantes, que pueden multiplicarse en concentraciones relativamente altas de sales biliares, fermentan la lactosa (por acción de la enzima β -galactosidasa) y generan ácido o aldehído en un periodo de 24 horas a 35 - 37 °C (Ashbolt et al., 2001). Además, pueden encontrarse en el agua, el suelo y los vegetales porque están muy dispersos por la naturaleza. Así, tanto los animales de sangre caliente como los de sangre fría y los seres humanos los tienen como parte de su flora intestinal (Freeman, 1985, como se citó en Vázquez et al., 2013). Por otra parte, cabe resaltar que tradicionalmente estas bacterias se clasificaban bajo los géneros

Escherichia, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*; sin embargo, el grupo es más diverso e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia* (Ashbolt et al., 2001).

b. Coliformes Fecales. Aunque presentan los mismos rasgos que los coliformes totales, este grupo es único porque fermentan la lactosa a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que da lugar a la producción de gas y ácido durante las primeras 48 horas de incubación. Así mismo, también se incluyen en esta categoría las bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Escherichia* (el indicador más útil de la calidad de los alimentos) (Saucedo, 2010).

- ***Escherichia coli.*** Este microbio es un bacilo anaerobio facultativo, pequeño, móvil, Gram negativo y no forma esporas. Por otro lado, fermenta la lactosa con producción de gas (algunos de estos microorganismos lo hacen muy lentamente, otros no), y es indol positivo. A su vez, puede crecer en el rango de 10 a 42 °C y puede destruirse en 1 a 3 minutos a 60 °C (Molina y Eslava, 2015, como se citó en Carchi y Serrano, 2016). Por otra parte, esta bacteria es un indicador ideal de contaminación fecal por su presencia generalizada en las aguas residuales (no puede crecer en aguas naturales) y las heces (Environment Agency, 2002). En consecuencia, es una de las bacterias más representativas de la microbiota tanto en el intestino humano como en el animal (Puig et al., 2011).

c. Aerobios Mesófilos. Este grupo incluye todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de crecer en incubación aeróbica a 30 °C durante 48 horas. Por tanto, se hace una estimación de la microflora total sin mencionar los tipos específicos de microorganismos. Así, un recuento elevado podría indicar contaminación excesiva de la materia prima, mal manejo durante la producción, posible presencia de patógenos, pues son mesófilos, o cambios inmediatos en el producto (Adams y Moss, 2008). Cabe mencionar, que la determinación de microorganismos aerobios mesófilos es

la enumeración más utilizada para evaluar el estado higiénico de una superficie e incluso de la mayoría de los productos alimenticios. Por lo tanto, es un procedimiento estándar en las plantas para evaluar la higiene de las superficies (Michanie, 2015).

2.7.2 Sistema HACCP en el Faenamiento

El sistema HACCP o también conocido, en español, como APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control). Es un instrumento para la evaluación de peligros y el establecimiento de sistemas de control que se enfocan en las medidas para prevenir, eliminar o minimizar a un nivel aceptable los peligros importantes en la cadena alimentaria, en lugar de depender de pruebas sobre el producto final. Por otro lado, cabe resaltar que cualquier sistema HACCP debe ser capaz de ajustarse a los cambios derivados de los avances en el diseño de los equipos, los procedimientos de elaboración o el tipo de tecnología (Codex Alimentarius, 2020).

Así, en la industria avícola se han determinado como sitios de contaminación a los pisos, desagües, mangueras, equipos de acero inoxidable, etc. porque pueden contaminar a los pollos durante el proceso de beneficio y despiece (C. Pérez et al., 2008). Por ello, se recomiendan tecnologías de barrera que reduzcan la carga microbiana inicial de las aves de corral durante todo el procesamiento de las aves, reduciendo así el riesgo inherente de que el producto pueda ser una fuente de contaminación de microorganismos asociados al sacrificio, como *Salmonella* spp. o *Campylobacter jejuni* (Mead, 2009). Por tanto, estas tecnologías pueden abarcar sistemas de refrigeración, aislamiento espacial de zonas, higienización durante la jornada y en especial de todas las superficies por las que pasa el producto para evitar de ese modo la transferencia de cualquier tipo de microorganismo, etc. (Betelgeux-Christeyns, 2006).

2.7.3 Validación, Vigilancia y Verificación

2.7.3.1 Validación. Presenta como objetivo principal determinar si las medidas de control pueden controlar eficazmente los peligros identificados en el grado deseado mediante la recolección y el análisis de datos científicos, técnicos y de observación. Por lo que implica evaluar el rendimiento frente a un resultado u objetivo previsto de inocuidad de los alimentos en relación con un punto determinado del control del peligro (Codex Alimentarius, 2008). Por otra parte, es importante entender que la revalidación de una medida de control o una combinación de medidas de control es necesaria en caso de un fallo del sistema, modificaciones en el proceso, descubrimiento de nuevos datos científicos o reglamentarios, etc. (INAL y OPS, s.f.).

2.7.3.2 Vigilancia. Es el proceso continuo y en “tiempo real” de recopilación de datos relativos a una medida de control durante la fase en que se aplica. Así, la información permite establecer si la medida de control (por lo general específica) funciona o no dentro de los límites definidos (Codex Alimentarius, 2008).

2.7.3.3 Verificación. Es una actividad continua que determina si las medidas de control han sido debidamente implementadas y se efectúan según lo planeado. En otras palabras, este proceso tiene lugar durante o después de la aplicación de una medida de control a lo largo de una variedad de actividades, como la observación de actividades de seguimiento y la revisión de registros (Codex Alimentarius, 2008).

2.8 Limpieza

Es la eliminación de tierra, restos de alimentos, suciedad, grasa u otras materias no deseadas (Codex Alimentarius, 2020).

De hecho, en la industria alimentaria la suciedad se ve involucrada en cualquier lugar donde se manipulen o procesen alimentos, por lo que la suciedad se puede clasificar según la interacción que presente con una superficie como: libre, adherente e incrustada (López y Berga, 2007, como se citó en Bustamante, 2015). Así mismo, según el tipo de alimento a tratar o procesar, se puede caracterizar el tipo de suciedad presente, su solubilidad en agua, el grado de dificultad de remoción, entre otros, como se expone en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Tipos de suciedad en la industria alimentaria, características de su solubilidad, facilidad de remoción y cambios producto del calentamiento de las superficies.

Tipo de suciedad	Características de solubilidad	Facilidad de remoción	Cambios inducidos por el calentamiento de las superficies
Azúcar	Soluble en agua	Fácil	Caramelización, dificulta la limpieza
Grasa	Soluble en agua, soluble en álcalis	Difícil	Polimerización
Proteínas	Soluble en agua, soluble en álcalis, ligeramente soluble en ácidos	Muy difícil	Desnaturalización, dificulta la limpieza
Sales monovalentes	Soluble en agua, soluble en ácidos	Fácil	Ninguna
Sales polivalentes	Insoluble en agua, soluble en ácidos	Difícil	Interacciones con otros constituyentes, dificulta la limpieza

Nota. Tomado de *Relación entre el tipo de suciedad, su solubilidad, facilidad de remoción y efectos del calentamiento de la superficie sobre la que se deposita*, por Heldman y Lund, 2007, como se citó en Bustamante, 2015, Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Por otra parte, para una limpieza satisfactoria se deben tener en cuenta los siguientes factores: el modo de acción del agente utilizado (remoción mecánica, disolución o detergente), las condiciones requeridas para el uso de la solución limpiadora y el tiempo que debe estar en contacto para que surta efecto (Caballero et al., 2002). Así también, la facilidad para la operación de limpieza varía según el tipo de material sobre el que se aplican los productos químicos, como se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 2

La facilidad de la operación de limpieza depende del tipo de material utilizado.

Tipo de Material	Facilidad de Limpieza
Vidrio	100
Acero Inoxidable	80
Aluminio	70
Goma	30
Plástico	20

Nota. Según una escala de evaluación del 0 al 100. Tomado de *Facilidad de la limpieza según materiales*, por Hyginov, 2001, como se citó en Ríos, 2013, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).

Por tanto, aunque el propósito de la limpieza es minimizar los riesgos físicos, un proceso de limpieza a fondo reducirá en gran medida la presencia de microorganismos existentes y potenciales en los alimentos al reducir su principal fuente de alimentación (Bustamante, 2015). En consecuencia, el 80% de la carga microbiana puede eliminarse mediante la limpieza (E. Pérez et al., 2017).

2.8.1 Tipos de Limpieza

2.8.1.1 Limpieza en Seco. Se realiza aspirando los residuos que se han removido con cepillos o raspadores en equipos y superficies que no se pueden humedecer porque al hacerlo se alteraría el producto que se va a procesar (Mayoralas et al., 2001).

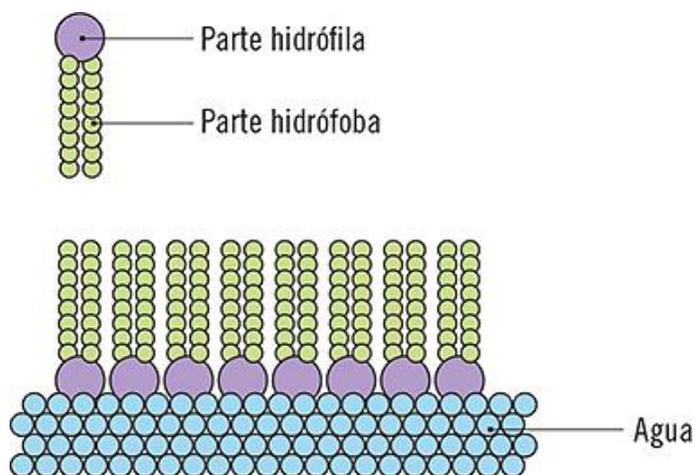
2.8.1.2 Limpieza Húmeda. Es aquella que utiliza una solución limpiadora, a menudo compuesta por detergente y agua (Mayoralas et al., 2001).

2.8.2 Detergentes

Son sustancias tensioactivas y anfipáticas que tienen la capacidad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin provocar corrosión (Arias, 2018). Así, los detergentes sintéticos, como los jabones, contienen una parte hidrófoba (generalmente una larga cadena lipófila) y una parte hidrófila (un grupo polar) que les permite producir micelas en soluciones acuosas, así como capas que envuelven y solubilizan moléculas hidrófobas (Guevara, 1999, como se citó en Troya, 2007) (ver Figura 5).

Figura 5

Comportamiento anfipático de un detergente.



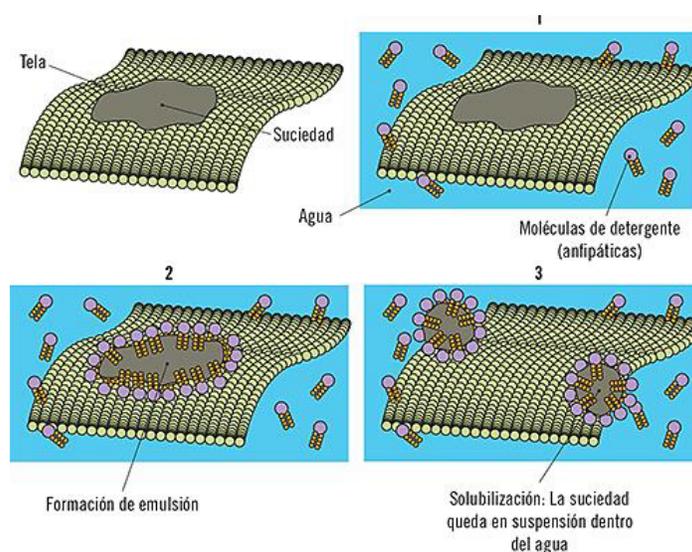
Nota. La parte hidrófila (cabeza) presenta afinidad por el agua y la parte hidrófoba (cola) huye de ella. Tomado de *Comportamiento anfipático* (Figura), por Caparrós, 2013, IC Editorial (<https://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/30408/book/OEBPS/Text/chapter1.html>).

Todos los derechos reservados (2013) por IC Editorial.

2.8.2.1 Mecanismos de Acción de los Detergentes. Corresponden a las características fisicoquímicas que poseen, tales como: **capacidad de humectación o penetración**, de modo que se reduce la tensión superficial del agua y la solución limpiadora pueda penetrar en la suciedad para eliminarla con mayor facilidad (tensoactiva); **capacidad emulsionante** de grasas y aceites, descomponiéndolos en pequeños glóbulos que se mantienen en solución sin precipitar; **capacidad de dispersión**, que consiste en disgregar las partículas de suciedad para impedir que se formen agregados; **poder secuestrante** de las sales de calcio y magnesio en aguas duras de manera que no disminuya la eficiencia de la limpieza y por último, **facilidad de enjuague** (Beltrán y Valenzuela, 2009), como se puede observar en la **Figura 6**.

Figura 6

Mecanismo de acción de un detergente.



Nota. Tomado de *Mecanismo de detergencia* (Figura), por Caparrós, 2013, IC Editorial (<https://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/30408/book/OEBPS/Text/chapter1.html>).

Todos los derechos reservados (2013) por IC Editorial.

2.8.2.2 Tipos de Detergentes. Según su pH, los detergentes se clasifican en: ácidos, neutros y alcalinos o básicos (Bonilla, 2016).

A. Detergentes Ácidos. Presentan un pH inferior a 6, es decir, un alto contenido de iones hidronio y son usados para eliminar la suciedad inorgánica, como las películas minerales de calcio, magnesio y hierro (Beltrán y Valenzuela, 2009). Cabe indicar, que para potenciar el efecto limpiador, estos detergentes suelen contener en su composición agentes humectantes e inhibidores de la corrosión (Forsythe y Hayes, 2002). De hecho, lo que los hace eficaces es que convierten las sales insolubles en agua en formas solubles en agua (Kiermeier et al., 2000).

B. Detergentes Neutros. Cuentan con un pH entre 6 y 8 y se utilizan ampliamente para la limpieza manual debido a su mínima peligrosidad. Por otro lado, generalmente son detergentes multiusos y se emplean en superficies de baja porosidad que no se pretenden dañar dado que cumplen una función mecánica, principalmente. En consecuencia, estos detergentes se aplican en procedimientos en los que la suciedad no está muy incrustada, se tiene una buena acción mecánica durante largos tiempos de inmersión o cuando la suciedad se emulsiona fácilmente (Morán, 2017).

C. Detergentes Alcalinos o Básicos. Presentan un pH superior a 8 (principalmente iones oxidrilo) y se utilizan para remover impurezas orgánicas como grasas, aceites, proteínas e hidratos de carbono. A su vez, estos detergentes pueden ser cáusticos o no cáusticos. Así, el más conocido es el hidróxido de sodio (NaOH) o soda cáustica, el cual es fuertemente alcalino, muy soluble en agua, bactericida, asequible y muy empleado para eliminar la suciedad intensa. Por otra parte, es

corrosivo y peligroso de manipular porque puede producir quemaduras en la piel, por lo que se suele mezclar con metasilicato sódico, un álcali no cáustico que reduce el efecto corrosivo del hidróxido y permite que pueda ser utilizado en equipos de acero inoxidable (Beltrán y Valenzuela, 2009).

2.9 Desinfección

Es el proceso de reducir la cantidad de microorganismos viables en las superficies, en el agua o en el aire hasta un nivel que no perjudique la inocuidad o la idoneidad de los alimentos mediante agentes físicos, químicos o biológicos (Codex Alimentarius, 2020).

Así, la desinfección de superficies y ambientes es crucial en el sector alimentario para garantizar la seguridad de los alimentos, evitar enfermedades alimentarias y prolongar la vida útil de los productos. Por tanto, cabe mencionar que la desinfección de superficies debe ser capaz de reducir la contaminación microbiana en aproximadamente el 95 % y no debe ser confundida con la esterilización (reducciones del 99,999 %) (Betelgeux, 2010).

2.9.1 Tipos de Desinfección

2.9.1.1 Desinfección Física. Utiliza las características físicas del medio y del agente desinfectante en lugar de productos químicos (Bustamante, 2015). Así se tiene:

A. Desinfección por Calor. Uno de los métodos de desinfección más populares y eficaces es el uso de calor húmedo para incrementar la temperatura de la superficie a por lo menos 80 °C. No obstante, hay que tener en cuenta que las altas temperaturas hacen que los residuos de proteínas se desnaturalicen y se endurezcan en la superficie del equipo (E. Pérez et al., 2017).

B. Desinfección con Agua Caliente. Adecuado para piezas extraíbles de máquinas y piezas pequeñas de equipos que se pueden remojar durante un tiempo adecuado en un recipiente lleno de agua a alta temperatura. Por ejemplo, a 80 °C durante dos minutos (E. Pérez et al., 2017).

2.9.1.2 Desinfección Química. Se basa en el efecto biocida de los desinfectantes sobre las superficies utilizadas en el sector alimentario (E. Pérez et al., 2017). En este sentido, para lograr una buena desinfección se debe asegurar previamente el contacto directo entre el desinfectante y los microorganismos, limpiando a fondo el equipo o las superficies a desinfectar (Marriott, 2003, como se citó en Troya, 2007; Wildbrett, 2000).

2.9.2 Niveles de Desinfección

Según la resistencia intrínseca de los microorganismos a los desinfectantes químicos, se puede dividir en las siguientes categorías:

2.9.2.1 Desinfección de Alto Nivel. Elimina virus, hongos, micobacterias y formas vegetativas bacterianas; sin embargo, sobreviven ciertas endosporas bacterianas que son justamente el aspecto que las diferencia de la esterilización. Así se tiene al glutaraldehído alcalino al 2 %, peróxido de hidrógeno al 6 - 8 % y diferentes formas de ácido peracético (Wildbrett, 2000).

2.9.2.2 Desinfección de Nivel Intermedio. Incluye la destrucción de formas bacterianas vegetativas, virus lipídicos y hongos, pero sobreviven virus no lipídicos, micobacterias y esporas bacterianas. Así mismo, en esta categoría se encuentran los alcoholes al 70 - 90 % y diversas formulaciones y concentraciones de productos químicos fenólicos y clorados (Wildbrett, 2000).

2.9.2.3 Desinfección de Bajo Nivel. Destruye los virus lipídicos y las formas bacterianas vegetativas, mas no elimina a los hongos, las micobacterias, los virus no lipídicos ni las esporas

bacterianas durante su uso práctico. Por tanto, los derivados de amonio cuaternario entran dentro de este grupo (Wildbrett, 2000).

2.9.3 Desinfectantes

Son agentes químicos con acción germicida sobre microorganismos patógenos que se administran a objetos no animados, como equipos y superficies, para tratar y evitar infecciones (Wildbrett, 2000). Así también, tienen la capacidad de reducir la cantidad de microorganismos para que los que sobrevivan (ciertas esporas bacterianas y quizá algunas formas vegetativas extremadamente resistentes) no afecten la calidad del alimento que entra en contacto con la superficie (Astudillo, 2007, como se citó en Carchi y Serrano, 2016).

2.9.3.1 Propiedades de un Buen Desinfectante. Los desinfectantes deben tener cualidades específicas para poder utilizarse con seguridad y eficacia, debido a la variedad de superficies sobre las que deben actuar, así como a la variedad de microorganismos que hay que erradicar (Wildbrett, 2000). Así, según Forsythe y Hayes (2002) son propiedades deseables de un buen desinfectante:

- Elimina de forma rápida los microorganismos, funcionando igual de bien contra Bacterias Gram positivas y Gram negativas. Además, deberían eliminar la mayoría de las esporas bacterianas y fúngicas.

- Mantener una estabilidad adecuada cuando se exponga a residuos orgánicos y, en caso necesario, a aguas duras.

- No corroe ni da coloración a ninguna superficie de la industria.

- No desprende olores y no emite olores ofensivos.

- No es tóxico y no irrita la piel ni los ojos.

- Tener una alta solubilidad en agua y facilidad de enjuague.
 - Tener una semivida larga en forma concentrada y una semivida breve en forma diluida.
 - Ser rentable para mantener la competitividad económica.
 - Tener capacidad de detergencia, lo que implica alcanzar tanto los objetivos de limpieza como de desinfección, porque el efecto de limpieza aumenta la eficacia del desinfectante (Pedrique et al., 2008).
- Actuar con rapidez (Pedrique et al., 2008).

Por consiguiente, un desinfectante debe poseer varias propiedades, aunque ninguno de ellos presente todas estas cualidades al mismo tiempo (E. Pérez et al., 2017).

2.9.3.2 Factores que Influyen en la Eficacia de los Desinfectantes. Hay varios factores que pueden influenciar en la eficacia de los desinfectantes, entre ellos:

A. Naturaleza del Objeto a Desinfectar. Ciertos desinfectantes pueden corroer el metal y dañar las lentes o la goma de algunos instrumentos. Por lo que se debe considerar la compatibilidad del desinfectante con los objetos a desinfectar (Alcamo, 2001).

B. Sustancias Interferentes. La presencia o ausencia de sustancias orgánicas e inorgánicas está ligada con la eficacia de los productos desinfectantes, debido fundamentalmente a reacciones químicas inespecíficas. Así, la materia orgánica puede interactuar con el desinfectante de forma inespecífica, consumiendo parte del producto administrado, de tal manera que disminuye la concentración efectiva del producto y se produce una notable reducción de su eficacia biocida (Galán, 2003).

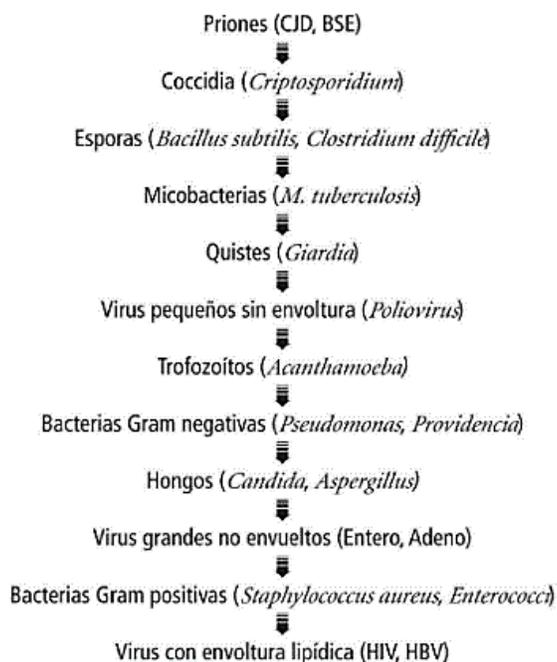
C. Estabilidad. La mezcla de desinfectantes con detergentes u otros desinfectantes inadecuados puede provocar su inactividad. Así mismo, todas las soluciones desinfectantes deben

ser de preparación reciente y con utensilios limpios, puesto que el almacenamiento prolongado de soluciones diluidas listas para usar puede mermar la eficacia o quizás establecer un reservorio de microorganismos resistentes (Martínez, 2007, como se citó en Callejas e Izquierdo, 2009).

D. Tipo de Microorganismo y Condiciones de Crecimiento. El mayor espectro de protección contra bacterias, hongos, virus y esporas debe estar presente en los desinfectantes. Además, deben ser biocidas contra los microorganismos en diversas condiciones y fases de desarrollo (Alcamo, 2001; Wildbrett, 2000). Sin embargo, no funcionan igual de bien contra todos los tipos de microbios. Por ejemplo, las células en esporas o en biopelículas muestran más resistencia que las células en estado vegetativo libre (Melrose Chemicals, s.f.) (ver Figura 7).

Figura 7

Esquema de resistencia de los microorganismos por orden decreciente.



Nota. Tomado de *Resistencia según tipo de microorganismo*, por Ríos, 2013, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Todos los derechos reservados (2013) por Ríos.

E. Cantidad de Microorganismos. La probabilidad de sobrevivir al ataque de un agente desinfectante aumenta con la cantidad de microorganismos presentes (Melrose Chemicals, s.f.). En consecuencia, la concentración del desinfectante o la duración del contacto aumentarán con una mayor carga microbiana (Herruzo, 2000).

F. Concentración del Producto. La concentración de la solución desinfectante variará en función de las circunstancias de la aplicación, el propósito previsto y el entorno en el que se utiliza (Martínez, 2007, como se citó en Callejas e Izquierdo, 2009). No obstante, hay que recordar que, si bien cada desinfectante tiene una concentración mínima requerida para una desinfección efectiva (según las instrucciones del fabricante), aumentar la concentración por encima de ese mínimo mejorará el efecto desinfectante a costo de un menor rendimiento y un mayor costo (Astudillo, 2007, como se citó en Carchi y Serrano, 2016).

G. Tiempo de Contacto. Para que cualquier desinfectante sea eficaz, debe haber una duración mínima de contacto (normalmente 5 min). Por lo tanto, el índice de letalidad aumenta al aumentar el tiempo de contacto (Bautista, 2002). Por otra parte, también existe una relación entre la duración del contacto y la concentración del desinfectante (Astudillo, 2007, como se citó en Carchi y Serrano, 2016).

H. Temperatura de Acción. Los desinfectantes tienen que funcionar en el rango de temperatura más amplio y utilizarse dentro del intervalo de temperatura recomendado por el fabricante, el cual comprende entre 5 °C y 55 °C (Troya, 2007). Sin embargo, hay excepciones como los yodóforos (se vaporizan a 50 °C) (Melrose Chemicals, s.f.).

Por otro lado, cabe mencionar que la letalidad de los agentes químicos para las bacterias aumenta en proporción directa a la temperatura. Así, la tasa de mortalidad se duplica con cada 10 °C de aumento de la temperatura (Echeverri et al., 2007).

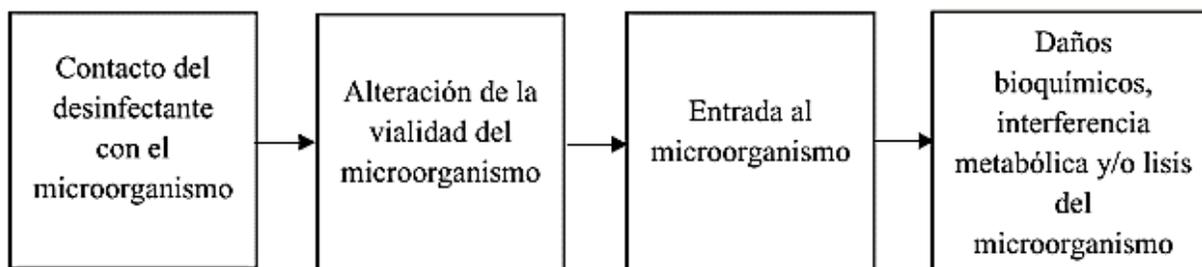
I. PH. Determina el nivel de ionización del producto. Por ende, la forma ionizada de un producto suele penetrar con mayor facilidad la membrana microbiana. Por otra parte, el pH del agua en el que se diluyen los desinfectantes puede repercutir en el pH adecuado para los desinfectantes, que debe ser el aconsejado por el fabricante (Egas, 2013; Troya, 2007).

J. Dureza del agua. Las sales de calcio y magnesio del agua dura hacen que sean incompatibles con desinfectantes como los compuestos de amonio cuaternario, por lo que se hace ineficaz utilizarlos en combinación (Marriott, 2003, como se citó en Troya, 2007).

2.9.3.3 Mecanismos de Acción de los Desinfectantes. Actualmente, los desinfectantes son fórmulas complejas de productos químicos, detergentes, jabones y otras sustancias que ayudan a los principios activos a entrar en las células de las bacterias (Sifuentes, 2005, como se citó en Flamenco y Guevara, 2011). Por tanto, existen numerosas e intrincadas formas en las que los productos químicos de desinfección eliminan o inhiben el crecimiento microbiano (Bautista, 2002) **(ver Figura 8).**

Figura 8

Diagrama de mecanismo de acción de los desinfectantes en los microorganismos.



Nota. Tomado de *Mecanismos de acción de los desinfectantes*, por Remache, 2020, Repositorio Digital UCE. Todos los derechos reservados (2020) por Remache.

Así, el modo de acción de las sustancias desinfectantes suele concentrarse en una zona específica de la estructura microbiana o sobre alguna función esencial (Callejas e Izquierdo, 2009), como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Mecanismos de acción de los principales desinfectantes autorizados para su uso en el sector alimentario.

Desinfectante	Objetivo	Modo de acción
Halógenos	ADN, proteínas, enzimas	Inhibición de la síntesis de ADN, oxidación de grupos tioles a disulfuros, sulfóxidos y disulfóxidos.
Yodóforos	Ácidos nucleicos, proteínas, membranas celulares	Altera las membranas celulares, precipita los ácidos nucleicos y actúa disminuyendo los requerimientos de oxígeno de microorganismos aerobios, posee poderosa actividad germicida.
QACs	Membrana citoplasmática	Daños generales en la membrana involucrando la bicapa fosfolipídica. En bajas concentraciones afecta la integridad de la membrana y a altas concentraciones causa coagulación del citoplasma. Inducción de fugas de aminoácidos.
Alcoholes	Membrana plasmática	Desnaturalización de proteínas.
Aldehídos	Pared y membrana celulares	Entrecruzamiento de proteínas de la pared celular y la membrana externa.
Peroxígenos	Efectos sobre el ADN	Inhibición de síntesis de ADN por formación de radicales libres hidroxilo (OH), los cuales oxidan los grupos tioles de enzimas y proteínas.
Derivados de Metales pesados	Interacción con grupos tiol	Enzimas vitales de membrana. Los iones de los metales actúan con los ácidos nucleicos. Ruptura de ADN.
Biguanidas	Membrana citoplasmática y plasmática	Interacción iónica con las membranas citoplasmáticas en bacterias y plasmática en levaduras.
Bisfenoles	Bicapa fosfolipídica	Interacción con las enzimas de la membrana citoplasmática, afectando la permeabilidad.
Anfóteros	Proteínas	Síntesis proteica con falsos aminoácidos.

Nota. Tomado de *Principales tipos desinfectantes y su mecanismo de acción*, por Fontecha, 2014,

TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).

2.9.3.4 Clasificación de los Desinfectantes. El principal criterio a utilizar para clasificar los desinfectantes es el agente biocida activo de su formulación (Kiermeier et al., 2000). Así se tiene que los productos químicos que se emplean con frecuencia son los compuestos que liberan cloro, los compuestos de yodo (yodóforos), los compuestos de amonio cuaternario (QAC), los alcoholes, los aldehídos, los peroxígenos, los anfóteros, las biguanidas, los bisfenoles y los metales pesados (Criquelion et al., 2002; Wirtanen y Salo, 2003).

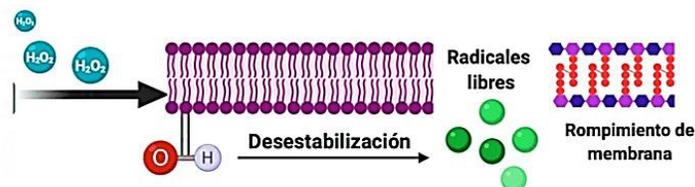
A. Peroxígenos. Son agentes oxidantes o liberadores de oxígeno y entre los principales están el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el ácido peracético y el ozono (Criquelion et al., 2002).

a. Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2). El peróxido de hidrógeno, a menudo conocido como agua oxigenada, es un agente químico líquido que es incoloro a temperatura ambiente, tiene un olor fuerte, un sabor amargo y cualidades antisépticas (Betelgeux, 2010). Además, dado que esta sustancia química se descompone en oxígeno y agua, dos subproductos inocuos para el medio ambiente, puede considerarse el antiséptico y desinfectante más natural que existe. Por consiguiente, puede aplicarse en procedimientos de limpieza cercanos a lugares de elaboración de alimentos (Wildbrett, 2000). Por otra parte, conviene subrayar que este agente puede presentarse solo o junto con ácido peracético, lo que le permite tener un efecto blanqueador de las superficies además de sus propiedades biocidas (Betelgeux, 2010).

- **Mecanismo de Acción.** Las propiedades antimicrobianas del peróxido de hidrógeno se deben a la generación de radicales libres hidroxilo, que dañan el ADN, las membranas lipídicas y otros componentes biológicos (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2021) (ver Figura 9).

Figura 9

Mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno.



Nota. Tomado de *Modo de acción del Peróxido de Hidrógeno* (Figura), por Grupo Fagro de México, 2020, El blog de fagro (<https://blogdefagro.com/2020/05/04/que-es-el-peroxido-de-hidrogeno/>). Todos los derechos reservados (2020) por Grupo Fagro de México.

- ***Espectro de Actividad.*** Dependiendo de la concentración y las circunstancias de uso, el peróxido de hidrógeno puede ser eficaz contra virus, hongos, micobacterias, bacterias vegetativas y esporas bacterianas (OIRSA, 2021). Así, en relación con las bacterias, presenta una mayor actividad en bacterias Gram positivas que en bacterias Gram negativas e incluso es más activo contra bacterias anaerobias (que carecen de catalasa) que contra bacterias aerobias (Leveau y Bouix, 2002; McDonnell y Russell, 1999). Esto a razón de que la presencia de la enzima catalasa inactiva el peróxido de hidrógeno, es decir, rápidamente lo descompone en oxígeno y agua, haciéndolo menos eficaz (McDonnell y Russell, 1999).

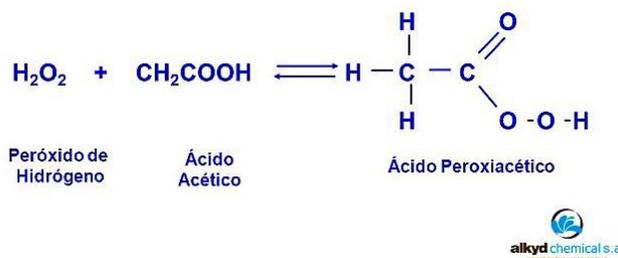
b. Ácido Peracético (PAA). Es un agente oxidante líquido transparente que no hace espuma, huele fuertemente a ácido acético y es soluble en éter, agua, alcohol y ácido sulfúrico. Además, a bajas concentraciones es corrosivo, es estable en soluciones acuosas diluidas y explota violentamente si se agita a 110 °C (Tecnologías Aplicadas S.A., 2009). Por otro lado, tiene un amplio margen de temperaturas de aplicación (hasta 60 °C), es insensible a los residuos proteínicos o al agua dura, es de fácil aplicación (en solución acuosa), bajo costo y sus subproductos: ácido

acético, oxígeno y agua son inofensivos para el medio ambiente y la salud. De ahí que es muy aceptado en las industrias relacionadas con los alimentos y bebidas y se considera el mejor desinfectante para sistemas cerrados, usándolo entonces para desinfectar circuitos “Cleaning In Place” (CIP), pasteurizadores, tanques, superficies y/o rellenadores (Estornell, 2018).

Por otra parte, es importante señalar que el ácido peracético por lo general se presenta en formulaciones con un 15 % y un 5 % (Betelgeux, 2010) y es producto de una reacción de equilibrio entre el ácido acético y el peróxido de hidrógeno, siendo su fórmula $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ (Estornell, 2018) (ver Figura 10).

Figura 10

Formación de ácido peracético o también llamado ácido peroxiacético.

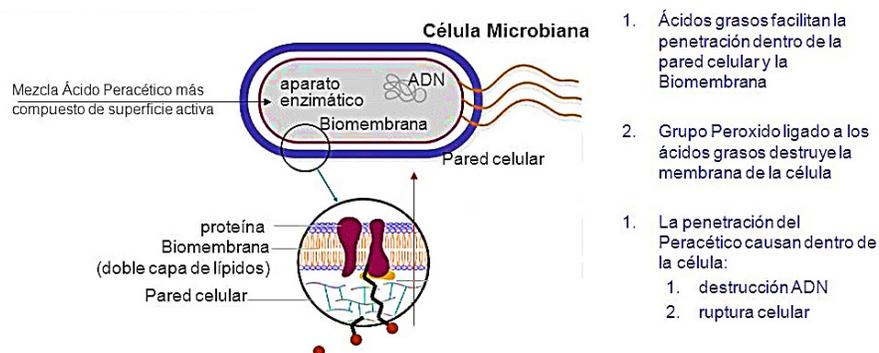


Nota. Tomado de *Compuestos de Peróxido* (Diapositiva 29), por Alkyd Chemical S.A. Investigación y Desarrollo, 2016, SlidePlayer (<https://slideplayer.es/amp/5362412/>). Todos los derechos reservados (2016) por Alkyd Chemical S. A. Investigación y Desarrollo.

- **Mecanismo de Acción.** Radica en el fuerte potencial oxidante que ejerce sobre la membrana externa de levaduras, endosporas y bacterias (ver Figura 11). Así, los electrones de la forma oxidada del ácido se transfieren a los microorganismos, provocando su inactivación o quizás su muerte (Betelgeux, 2010). Por ejemplo, en el caso de los virus causa daños a su cápside así como a su ácido nucleico (Wilson, 1997, como se citó en Troya, 2007).

Figura 11

Mecanismo de acción del ácido peracético (PAA).



Nota. Tomado de *Mecanismos de acción de los Peracéticos* (Diapositiva 30), por Alkyd Chemical S.A. Investigación y Desarrollo, 2016, SlidePlayer (<https://slideplayer.es/amp/5362412/>). Todos los derechos reservados (2016) por Alkyd Chemical S. A. Investigación y Desarrollo.

- ***Espectro de Actividad.*** Como desinfectante de superficies de alto nivel, actúa eficazmente contra virus, endosporas, levaduras, hongos y bacterias. En consecuencia, tiene un rápido efecto biocida a bajas concentraciones (0,1 - 0,2 %) contra todos los microorganismos. Por ejemplo, en una concentración inferior a 100 ppm, puede inhibir y matar hongos, levaduras, micobacterias, bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas en 5 minutos o menos. Por otro lado, conviene precisar que cuando se mezcla con peróxido de hidrógeno, se vuelve más eficaz contra las esporas (Betelgeux, 2010).

B. Aldehídos. Son moléculas intermedias entre los alcoholes y los ácidos, así pues, se producen a partir de alcoholes primarios por oxidación, eliminación de átomos de hidrógeno y adición de átomos de oxígeno. Así, el formaldehído y el glutaraldehído pertenecen a este grupo de

biocidas de amplio espectro que destruyen virus, hongos y bacterias y que incluso pueden tener actividad esporicida en soluciones alcalinas debido al mecanismo de acción mejorado del principio activo a pH 7,5 - 8,5 en contraposición al pH neutro o ácido. Por otra parte, el modo de acción de estas sustancias implica la alquilación de los grupos químicos de las proteínas y los ácidos nucleicos de los microorganismos. Finalmente, debido a su extrema toxicidad, los aldehídos se utilizan para desinfectar instrumentos más que como antisépticos (Equipo Vértice, 2007). Por ejemplo, el glutaraldehído es un producto químico reductor que se emplea como referencia para desinfectar equipos médicos (Leveau y Bouix, 2002).

C. Halógenos. Son sustancias oxidantes con un fuerte potencial para atacar y destruir materiales inorgánicos y microorganismos. Por otro lado, se dividen en dos grandes categorías: agentes clorados y agentes yodados (E. Pérez et al., 2017).

a. Compuestos que Liberan Cloro. Los productos clorados presentan bajo costo, eficacia a bajas temperaturas y no suelen tener acción residual. Sin embargo, presentan efecto corrosivo e inestabilidad ante factores ambientales (calor y luz) y en presencia de materia orgánica. Por otra parte, estos compuestos son eficaces contra todos los tipos de bacterias vegetativas, virus y, en mayores concentraciones, mohos, levaduras y esporas bacterianas. De hecho, el efecto desinfectante de los compuestos clorados es porque liberan Cl_2 , que reacciona con el agua para formar ácido hipocloroso (HOCl), un potente oxidante que se divide en ion hidrógeno (H^+) y ion hipoclorito (OCl^-), que ataca la membrana citoplasmática. Por otro lado, cabe mencionar que cuando el pH de la solución de estos desinfectantes es ácido o neutro domina el ácido hipocloroso (forma biocida más eficaz), mientras que cuando el pH es alcalino predomina el ion hipoclorito (forma menos efectiva) (Betelgeux, 2010).

b. Compuestos Liberadores de Yodo. El yodo es un agente germicida muy eficaz, pero no puede utilizarse en la industria alimentaria debido a sus propiedades corrosivas, fuerte olor, solubilidad limitada y tendencia a manchar las superficies. No obstante, los inconvenientes mencionados se compensan cuando el yodo se combina con reactivos que tienen actividad superficial no iónica (que funcionan como disolvente y portador) para generar los conocidos yodóforos. Así, suelen utilizarse en concentraciones entre 10 y 100 ppm y a temperaturas de hasta 50 °C y con un radio de acción que incluye tanto bacterias Gram negativas como Gram positivas, mohos, levaduras y virus (E. Pérez et al., 2017).

D. Compuestos Fenólicos. Se crean sustituyendo uno o dos átomos de hidrógeno aromático de fenol por un grupo funcional (fenil, alquil, benzil o halógeno). Siendo el Ortho - fenil - fenol y el Ortho - benzil - para - clorofenol los derivados fenólicos más utilizados como bases en las formulaciones. Sin embargo, debido a su eficacia limitada y a los riesgos asociados, prácticamente ya no tienen indicaciones de uso (OIRSA, 2021). Por otra parte, el espectro de acción de estos compuestos incluye algunos virus, hongos, levaduras y bacterias Gram negativas y Gram positivas (Kahrs, 1995). Así, en relación con las bacterias, se cree que actúan interactuando con las enzimas oxidasa y deshidrogenasa de la membrana citoplasmática y cambiando la permeabilidad de la pared celular (Leveau y Bouix, 2002).

E. Alcoholes. Se trata de desinfectantes de nivel intermedio que actúan con rapidez (incluso en 15 segundos), no dejan huella duradera, son buenos solventes y son eficaces contra una amplia gama de virus, hongos, micobacterias y bacterias, tanto Gram positivas como Gram negativas. Así pues, los alcoholes con una concentración del 60 - 80 % son los más eficaces. Por ejemplo, el alcohol etílico (etanol) presenta una concentración entre el 70 - 96 % y el alcohol isopropílico (isopropanol) entre el 70 - 100 %. Por otro lado, dado que los alcoholes penetran más

fácilmente en las células en soluciones acuosas, pueden provocar la rotura de las membranas y la desnaturalización de las proteínas, lo que explica su eficacia (Betelgeux, 2010). Finalmente, conviene subrayar que son bastante económicos, pero también son de fácil evaporación e inactivación en presencia de materia orgánica (OIRSA, 2021).

F. Tensioactivos. Son sustancias químicas que debido a su acumulación en la superficie de separación y a su estructura molecular: una parte hidrófila (soluble en agua o sustancias polares) y una parte hidrófoba (soluble en sustancias apolares) hacen que disminuya la tensión superficial de una solución acuosa en comparación con otras fases (E. Pérez et al., 2017). Por otra parte, los tensioactivos se caracterizan según su carga iónica como: catiónicos (amonios cuaternarios), aniónicos (jabones), anfóteros (propiedades intermedias) y no iónicos (sin carga eléctrica neta) (Leveau y Bouix, 2002; Wildbrett, 2000).

a. Compuestos de Amonio Cuaternario. También llamados “cuaternarios”, “quats” y “QAC”. Los cuaternarios son una clase de tensioactivos catiónicos en los que los grupos alquilo ocupan el lugar de uno o más átomos de hidrógeno en la estructura fundamental del ion amonio $(\text{NH}_4)^+$ (Leveau y Bouix, 2002; McDonnell y Russell, 1999). Así, por ejemplo, el bromuro de cetiltrimetil - amonio y el cloruro laurildimetilbencil - amonio son los quats más empleados (Forsythe y Hayes, 2002).

Por otro lado, prácticamente no les afectan los residuos orgánicos, no son corrosivos (aunque dañan algunos tipos de goma), no irritan la piel (excepto en altas concentraciones), son estables (incluso en soluciones diluidas), pueden almacenarse mucho tiempo sin perder la actividad cuando están concentrados, tienen propiedades antimicrobianas y evitan el crecimiento de bacterias residuales porque dejan una película bacteriostática en las superficies debido a la

absorción del desinfectante (Forsythe y Hayes, 2002). Además, son inodoros o no tóxicos cuando son empleados en las concentraciones adecuadas y conservan su actividad en un vasto espectro de pH (en un medio ligeramente alcalino presentan mayor eficacia) (Kahrs, 1995). Aunque ello puede cambiar en función del tipo de microbio, por ejemplo, en un intervalo de pH ácido, los amonios pueden afectar más fácilmente a las bacterias Gram negativas (Marriott y Gravani, 2006). Así, a temperaturas superiores a 40 °C y con tiempos de contacto que oscilan entre 1 y 30 minutos, los cuaternarios suelen utilizarse en concentraciones entre 50 y 500 ppm (Forsythe y Hayes, 2002).

Por otra parte, los cuaternarios son más caros que los hipocloritos y su acción puede disminuir en aguas duras en función de la longitud de la cadena alquílica presente. Sin embargo, esta actividad puede restablecerse si se utilizan álcalis fuertes o detergentes secuestrantes adecuados. Justamente, el carácter catiónico de los cuaternarios es el que le impide, salvo en algunos casos, que se combine con surfactantes aniónicos y determinados detergentes tensioactivos no iónicos. Por último, se debe agregar que no son apropiados para sistemas de nebulización o limpieza *in situ* debido a que en solución forman una espuma vigorosa frecuentemente (Forsythe y Hayes, 2002).

- **Mecanismo de Acción.** La eficacia de los cuaternarios es posible gracias a la capacidad de penetración de las cadenas de carbono (hidrófobas) en las membranas de los microorganismos. De hecho, interactúan con los fosfatos de los fosfolípidos a través de su nitrógeno catiónico (hidrófilo), lo que provoca la expulsión del material citoplasmático, la inhibición de la cadena respiratoria y la inactivación de las enzimas promotoras del crecimiento (Betelgeux, 2010). Así pues, la máxima actividad biocida se da cuando las cadenas contienen entre 8 y 18 átomos de carbono (Rojas, 2007).

- ***Espectro de Actividad.*** Son especialmente activos contra las bacterias Gram positivas y menos eficaces contra las Gram negativas, a menos que se hayan introducido secuestrantes (Marriott, 2003, como se citó en Troya, 2007). Además, afectan a hongos y virus lipofílicos pero no a virus hidrofílicos, esporas o micobacterias (Leveau y Bouix, 2002; Wildbrett, 2000). Así, por ejemplo, las concentraciones efectivas son entre 100 mg/L (levaduras y bacterias Gram positivas) y 10000 mg/L (mohos y bacterias Gram negativas) (E. Pérez et al., 2017).

- ***Generaciones de los Compuestos de Amonio Cuaternario.*** Las diversas modificaciones moleculares de la estructura de los cuaternarios da lugar a las diferentes generaciones (OIRSA, 2021). Así se tiene:

- **1^{ra} Generación:** Presenta la más baja actividad biocida porque se desarrolló hace más de 50 años y dado que lleva mucho tiempo en el mercado, es posible que ya exista resistencia bacteriana a él. Así, en particular, esta generación es equivalente al cloruro de benzalconio, también conocido como cloruro de nalquil dimetil bencilamonio.

- **2^{da} Generación:** Sus primeros objetivos fueron aumentar la biodegradabilidad y disminuir la toxicidad. Sin embargo, su eficacia resultó inferior a la de la primera generación, por lo que ya no se produce comercialmente. Por ejemplo, aquí se tiene al cloruro de alquil dimetil etil bencil amonio.

- **3^{ra} Generación:** Combina amonios de la primera y segunda generación. Por tanto, la toxicidad se redujo en comparación con la primera generación, lo que condujo a un incremento de la acción biocida (con relación a la segunda generación), la detergencia y la seguridad del usuario.

- **4^{ta} Generación:** También denominados “Twin or Dual Chain Quats” o “cuaternarios de cadena gemela o doble” debido a las cadenas dialquílicas lineales sin anillo que presentan. Por

otro lado, esta generación se caracteriza por una mayor actividad germicida, baja formación de espuma, buena resistencia a la carga de proteínas y al agua dura, y baja toxicidad, por lo que es recomendada para su uso en la desinfección, en la industria alimentaria y de bebidas. Así, por ejemplo, el cloruro de didecil dimetil amonio, el cloruro de dioctil dimetil amonio y el cloruro de octil decil amonio pertenecen a esta generación.

- **5^{ta} Generación:** Mezcla amonios de cuarta y segunda generación con otros compuestos complementarios. Por ende, esta generación funciona mejor contra los gérmenes en entornos difíciles, es segura de usar, genera menos espuma y tiene alta tolerancia a las cargas proteicas y las aguas duras (Aldebarán Sistemas, 2016).

b. Compuestos Anfóteros. Los compuestos anfóteros dependen del pH de la solución para que se presenten como cationes o como aniones; sin embargo, cuando están presentes en forma catiónica es cuando son biocidas activos. Por otra parte, no se ven muy afectados por la materia orgánica o la dureza del agua, son inodoros y estables durante mucho tiempo (incluso diluidos) y no son corrosivos ni tóxicos. No obstante, en la industria alimentaria no se les utiliza mucho debido a que suelen formar espuma, son de alto precio (por lo general) y de actividad limitada, aunque para mejorar su potencia se les puede mezclar con los cuaternarios (Forsythe y Hayes, 2002).

G. Biguanidas. Son derivados de la guanidina y son especialmente recomendadas para la industria embotelladora de agua debido a su alta eficacia contra *Pseudomonas* spp. Así, por ejemplo, las biguanidas poliméricas o las bis-guanidas son las más empleadas como agentes bactericidas (Betelgeux, 2010). Por otro lado, presentan buena estabilidad en almacenamiento, funcionan en un amplio rango de pH, tienen bajo efecto corrosivo y no son irritantes, por lo que pueden ser empleadas con tiempos de contacto prolongado. Sin embargo, la presencia de materia

orgánica puede reducir su eficacia (Lelieveld et al., 2007, como se citó Bustamante, 2015). Cabe mencionar, que son menos activas contra los hongos y las bacterias Gram negativas que contra las bacterias Gram positivas. Finalmente, se les puede encontrar generalmente asociadas con detergentes sanitizantes pero no con detergentes aniónicos y compuestos inorgánicos por ser incompatibles (OIRSA, 2021).

a. Biguanidas Poliméricas (PHMB). Presentan amplio espectro de actividad y son extensamente utilizadas en combinación con los quats o con detergentes no aniónicos en la industria alimentaria (OIRSA, 2021). Por otra parte, su modo de acción implica transferirse hacia la membrana citoplasmática (donde se combina con los fosfolípidos y aumenta la permeabilidad) y al citoplasma (donde libera lipopolisacáridos y iones potasio) generando la muerte celular. Por último, conviene subrayar que un pH de 5 a 6 es ideal para una actividad biocida óptima de estas biguanidas (Betelgeux, 2010).

2.9.3.5 Evaluación de la Eficacia de Productos Desinfectantes. El Comité Técnico Europeo CEN/TC 216 creó en 1999 tres fases de procesos de evaluación de desinfectantes (Ríos, 2013), como se presenta en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Fases o etapas de la evaluación de desinfectantes según el Comité Europeo de Normalización (CEN).

Fase	Tipo de Prueba	Propósito
Fase 1	Normativa básica para la evaluación de ensayos de suspensión.	Establecer si un producto presenta actividad bactericida, fungicida o esporicida, sin tener en cuenta condiciones específicas de uso.
Fase 2, Etapas 1	Ensayo cuantitativo en suspensión bajo condiciones representativas de uso.	Los ensayos reproducen condiciones similares a los esperados en los campos agroalimentario, médico, veterinario e industrial.
Fase 2, Etapas 2	Ensayo cuantitativo en superficies bajo condiciones representativas de uso.	Establecer si un producto tiene actividad bactericida en superficies.
Fase 3	Ensayo en condiciones reales de uso.	Evaluación en condiciones prácticas de uso del producto a emplearse.

Nota. Tomado de *Fases de la evaluación de desinfectantes. Comité Europeo de Normalización (CEN)*, por Ríos, 2013, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).

El paso inicial en la evaluación de los desinfectantes es utilizar ensayos *in vitro*, es decir, exponer el desinfectante a suspensiones de varios microorganismos para determinar la eficacia antimicrobiana fundamental del producto. Luego, en una segunda fase de evaluación debe comprobarse si el desinfectante presenta actividad antimicrobiana en condiciones prácticas para una aplicación específica (concentración y tiempo de contacto compatibles con el material y la utilización). A continuación, en una tercera fase se valora la actividad del desinfectante utilizando un método experimental con el equipo que se va a emplear, esto es, que se contamina intencionadamente el equipo con un inóculo estandarizado y se deja secar durante 90 minutos a temperatura ambiente para después pulverizar o aplicar una cantidad predeterminada de desinfectante sobre las superficies de las piezas contaminadas y que actué a tiempos de contacto distintos para examinar el efecto del desinfectante en la reducción de los microorganismos.

Posteriormente, en una cuarta fase, se evalúa el desinfectante en situaciones reales mediante investigaciones de campo en las que se hace un seguimiento del resultado de la desinfección (Hernández, 2006).

Finalmente, conviene precisar que, según Hernández (2006), actualmente se encuentran disponibles algunos métodos oficiales para las dos primeras fases, pero aún no se ha acordado una estandarización para las dos últimas.

A. Ensayos para la Desinfección de Superficies (Ensayos Prácticos). Un tercer paso en la evaluación de los desinfectantes son las pruebas de desinfección de superficies o ensayos prácticos. Así, el objetivo de los ensayos prácticos es verificar que las diluciones utilizadas y los tiempos de contacto recomendados son suficientes en entornos que se asemejan a la práctica real o en las mismas condiciones y con el material a desinfectar. Asimismo, tienen la ventaja añadida de ser experimentos de laboratorio, lo que significa que pueden someterse a algún tipo de estandarización. Por ejemplo, para el control de las pruebas se puede pulverizar agua destilada estéril sobre una pieza en vez del desinfectante (Hernández, 2006).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el que cada desinfectante y su combinación concernió a un tratamiento de desinfección (T1, T2 y T3) sobre dos superficies inertes inoculadas: dedos de goma y mesas de acero inoxidable, con tres repeticiones cada una.

3.2 Ámbito Temporal y Espacial

El estudio se realizó entre los meses de marzo y abril del 2021 en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la empresa ALS LS PERU S.A.C., ubicada en la Calle Russell 193, Urb. La Calera de la Merced - Surquillo, Lima - Perú.

3.3 Variables

Variables de Calibración (independientes)

- Tratamientos (T1, T2, T3 y un control/testigo), donde: T1 = Solución desinfectante de ácido peracético a 200 ppm, T2 = Solución desinfectante de amonio cuaternario a 250 ppm + Solución desinfectante de ácido peracético a 200 ppm, T3 = Solución desinfectante de amonio cuaternario a 250 ppm y el control = agua desionizada estéril.
- Tipo de superficie inerte: dedos de goma y mesas de acero inoxidable.

Variables Evaluativas (dependientes)

- Recuento microbiológico (carga) de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos antes y después de la aplicación de los tratamientos.
- Eficacia de la reducción de *S. typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos.

- % de eficacia de reducción de *S. typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos.

3.4 Población y Muestra

Población de Estudio

- *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos.

Muestra

- Cepas de trabajo: *Salmonella entérica* subsp. entérica serovar Typhimurium ATCC 14028 y *Escherichia coli* ATCC 25922, propiedad del cepario de ALS LS PERU S.A.C.

3.5 Instrumentos

Para la recopilación de los datos de recuentos microbiológicos obtenidos de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos antes y después de la aplicación de los tratamientos, se utilizó una ficha de recolección de datos (**ver Anexo A**).

Por otro lado, es preciso mencionar que se emplearon los siguientes materiales, equipos, medios y reactivos para la ejecución de la presente investigación:

Materiales de Laboratorio

- Mechero de Bunsen
- Asas de siembra o de Khole estériles
- Espátulas o Asas de Drigalsky estériles
- Cucharillas y pinzas pequeñas de metal
- Placas Petri estériles de plástico de 90 x 15 mm

- Pipetas serológicas estériles de 1 ml, 5 ml y 10 ml
- Tips de micropipeta estériles de 1000 μ l
- Tubos de ensayo de vidrio de 16 x 150 mm con tapa rosca
- Tubos de ensayo de vidrio de 16 x 100 mm
- Tubos de ensayo de vidrio (Durham) de 6 x 50 mm
- Gradillas de 5 x 12 huecos
- Probeta de 1 L
- Frascos de vidrio con tapa rosca de 100, 250, 500 y 1000 ml
- Alcohol de 70°
- Algodón
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Papel Kraft
- Ligas
- Bolsas de autoclavado
- Cinta esterilizadora de calor húmedo
- Cinta esterilizadora de calor seco
- Bolsas ziploc de 8x12 estériles

- Bandejas de porcelana estériles
- Guantes de nitrilo estériles
- Protector de Cabello
- Mascarillas desechables
- Mandil limpio
- Plumón indeleble
- Cuadrantes de metal esterilizados, con un espacio de 100 cm² (10 x 10 cm) en el centro.
- Hisopos de algodón estériles de aprox. 12 cm de largo.

Materiales empleados en la parte experimental de la investigación

- Dedos de goma de peladora
- Mesas de acero inoxidable
- Detergente alcalino al 2 % (20 ml de detergente en 1 L de agua).
- Desinfectante con ingrediente activo a base de 15 % p/p ácido peracético + 22 % p/p de peróxido de hidrógeno (SOPUROXID 15) (**ver Anexo B**).
- Desinfectante con ingrediente activo a base de amonio cuaternario 5^o generación 1.92 % + biguanidina polimérica 0.3 % (DMQ) (**ver Anexo C**).
- Atomizadores o aspersores
- Esponjas Scotch-Brite verde

Medios y Reactivos

- Caldo Tripticasa de Soya (TSB, por sus siglas en inglés), marca: Merck.
- Agar Triptona de Soya (TSA, por sus siglas en inglés), marca: Merck.
- Caldo APT o agua peptonada bufferada tamponada, marca: Merck.
- Agar Xilosa-Lisina-Desoxicolato (XLD), marca: Merck.
- Agar Violeta Rojo Bilis (VRBA, por sus siglas en inglés), marca: Merck.
- Agar para recuento en placa (PCA, por sus siglas en inglés), marca: Merck.
- Agar Nutritivo, marca: Merck.
- Agar TSI, marca: Merck.
- Agar Úrea, marca: CONDA.
- Caldo Lisina descarboxilasa, marca: Merck.
- Caldo lactosa bilis al 2 % verde brillante (Brila), marca: Merck.
- Agua destilada
- Agua bufferada (PBS)
- Solución de NaCl al 0.85 % estéril.
- Peptona, marca: BD Difco.
- Escala McFarland
- Salmonella Antígeno Polivalente Somático O, marca: BD Difco.

- Salmonella Antígeno Polivalente Flagelar H, marca: BD Difco.

Equipos

- Balanza digital, capacidad máxima de 500 g, marca: AND.
- Multiparámetro, marca: HANNA.
- Estufa, marca: SAN JOR.
- Autoclave manual, marca: Mercantil S.A.
- Lámpara UV
- Cabina de Bioseguridad o de flujo laminar, marca: BIOBASE.
- Termohigrómetro, de indicación digital, marca: BOECO.
- Bomba de pipeta “maxi”, marca: BRAND.
- Micropipeta de 1000 μ l, marca: ISOLAB
- Vórtex, marca: VELP Scientifica.
- Incubadora a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, marca: BINDER.
- Incubadora a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, marca: MEMMERT.
- Baño María, marca: MEMMERT.
- Contador de colonias, marca: Wincom.
- Jarra Hervidora eléctrica, marca: Thomas.
- Termómetro manual, marca: ISOLAB.

- Conservadora, marca: Mabe.

3.6 Procedimientos

El desarrollo de la ejecución experimental de la tesis se llevó a cabo garantizando la esterilidad de los medios de cultivo y la realización de los siguientes pasos:

3.6.1 Preparación de los Inóculos Bacterianos

Para la preparación de los inóculos se emplearon las cepas de trabajo del cepario del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de ALS LS PERU S.A.C., como medida de aseguramiento de la validez de los resultados. Así, para preparar el inóculo de trabajo de *Salmonella* se tomó una asada del cultivo del vial de *Salmonella entérica* subsp. entérica serovar Typhimurium ATCC 14028 y se estrió sobre una placa de agar tripticasa de soya (TSA) que se incubó a $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ por 24 h. Posterior a ese tiempo se transfirió una colonia del cultivo a 10 ml de caldo tripticasa de soya (TSB) y se incubó nuevamente a $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ por 24 h. Seguidamente, a partir de ese cultivo se realizó diluciones decimales seriadas en agua de peptona estéril para luego extraer 1 ml del cultivo de cada tubo de dilución de -5,-6,-7 y -8 y realizar la siembra en placas por duplicado (tres veces) y por el método de vertido en placa con TSA. Finalmente, se incubó las placas a $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ por 24 h y tras ese periodo de incubación se calculó el promedio de los resultados de las lecturas de las placas para determinar la concentración celular adecuada del microorganismo a inocular en las superficies por la comparación visual de turbidez con los tubos de la Escala de McFarland y el uso de una luz apropiada y un fondo blanco con líneas negras que sirvieron como contraste para mirar los tubos.

Así mismo, para el inóculo de coliformes totales y aerobios mesófilos se tomó una asada del cultivo del vial de *Escherichia coli* ATCC 25922 y de *S. typhimurium* ATCC 14028 y se estrió

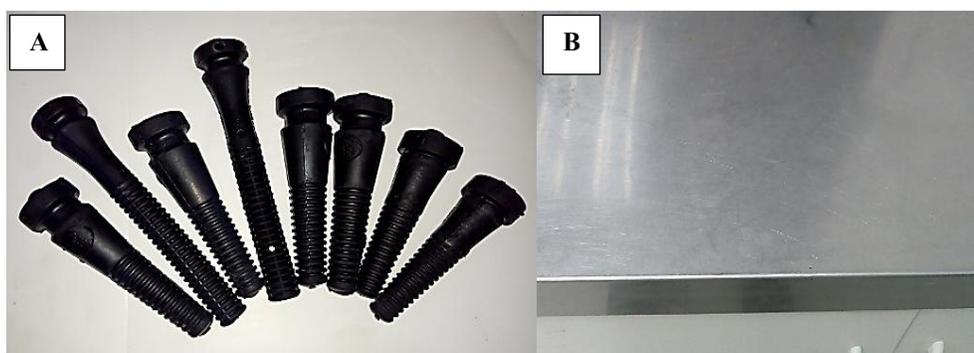
sobre dos placas de TSA (respectivamente) que luego se incubaron a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. Para después de ese periodo transferir una colonia de cada placa en 10 ml de TSB y formar un cultivo mixto que se incubó a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. Finalmente, a partir de ese cultivo se realizó las diluciones decimales seriadas y se procedió a trabajar de la misma forma que en el párrafo anterior.

3.6.2 Preparación de las Superficies a Contaminar

La comparación de la eficacia de desinfección se realizó en dos tipos de superficies inertes: dedos de goma de peladora y mesas de acero inoxidable, como se puede observar en la **Figura 12**.

Figura 12

Superficies inertes a contaminar en el presente estudio.



Nota. **A.** Dedos de goma de los equipos del área de desplumado y **B.** Mesa de acero inoxidable.

3.6.2.1 Dedos de Goma de Peladora. Se establecieron los dedos de goma de los equipos del área de pelado, como las superficies inertes irregulares para hacer la validación debido a que fueron reportadas por la empresa como las superficies que eran las más difíciles de limpiar por las zonas de difícil acceso que presentan. Por lo que se trasladaron ejemplares de estas superficies al Laboratorio de Microbiología de Alimentos de ALS LS PERU S.A.C.; donde fueron recepcionadas, lavadas con detergente, enjuagadas con agua destilada y esterilizadas por calor

húmedo en autoclave a 121 °C por 15 min, ello con el fin de deshacerse de todo microorganismo contaminante y poder montar el experimento.

3.6.2.2 Mesas de Acero Inoxidable. Se establecieron tres mesas de acero inoxidable del cubil n.º 2 del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de ALS LS PERU S.A.C. como las superficies inertes regulares para la validación. Para ello, estas superficies primero fueron desinfectadas con alcohol de 70° y luego fueron esterilizadas por radiación U.V. (15 min), eliminando cualquier microorganismo presente.

3.6.3 Inoculación de las Superficies a Evaluar

3.6.3.1 Dedos de Goma de Peladora. En una cabina de flujo laminar esterilizada se seleccionó 40 unidades de dedos de goma estériles, a temperatura ambiente y sobre una bandeja de porcelana estéril, para después contaminar toda el área superficial de cada uno de los dedos con 1 ml del inóculo seleccionado de *Salmonella* (volumen de 90 ml y aprox. Escala 4 de McFarland) por dedo de goma y en forma de microgotas, todo ello con la ayuda de una micropipeta de 1000 µl y de un hisopo estéril por dedo. Luego, tras la inoculación de todos los dedos de goma, se procedió a dividirlos en cuatro grupos sobre bandejas de porcelana estériles. Siendo el primer grupo de cuatro unidades el control y los otros tres grupos de doce unidades los destinados a los tratamientos. Finalmente, las superficies inoculadas se dejaron secar por espacio de 90 min y en condiciones de esterilidad para la absorción del inóculo.

3.6.3.2 Mesas de Acero Inoxidable. Se seleccionó tres mesas de acero inoxidable estériles del cubil n.º 2 del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de ALS LS PERU S.A.C. Seguidamente con cuadrantes de metal estériles (10 x 10 cm) se demarcó en forma aleatoria diez cuadrantes, un cuadrante fue para el control y los otros nueve para la aplicación de los tratamientos

de desinfección (tres cuadrantes de 100 cm² por tratamiento). Luego, con el inóculo seleccionado de *Salmonella* (aprox. Escala 4 de McFarland) se procedió a inocular (1 ml), a temperatura ambiente y por microgoteo, con una micropipeta de 1000 µl cada una de las áreas marcadas (100 cm²). Es decir, situando las gotas del inóculo en forma de puntos sobre la superficie delimitada y disponiéndolas por igual sobre toda la zona con un hisopo estéril por cuadrante. Posterior a este proceso, se dejó secar las superficies a temperatura ambiente y en condiciones de esterilidad por 90 min para la absorción del inóculo.

Por otra parte, para la inoculación de coliformes totales y aerobios mesófilos en las superficies de los dedos y las mesas se empleó un solo inóculo mixto de 90 ml (aprox. Escala 1.5 de McFarland) y se trabajó siguiendo la misma manera de inoculación de *Salmonella* en superficies ya descrita.

3.6.4 Verificación Microbiológica para la Concentración de los Inóculos

Para verificar el valor real de la concentración teórica de los inóculos utilizados en la inoculación de las superficies, se realizó la siembra (1 ml) de la dilución seleccionada para los inóculos (10^{-7}) en placas por duplicado (tres veces) y por el método de vertido en placa con agar TSA. Seguidamente, estas placas fueron incubadas a $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ por 24 h y tras el paso de ese periodo de incubación se corroboró la concentración de ambos inóculos mediante el promedio de los resultados de las lecturas de las placas.

3.6.5 Determinación de la Carga Inicial de Microorganismos (Antes del Tratamiento)

En primer lugar, se tomaron muestras de las superficies inoculadas utilizando el método del hisopo de la RM N° 461-2007/MINSA (2007) con el fin de conocer la carga inicial de los

microorganismos que se iban a examinar. Para ello, se frotó la zona de muestreo definida con un hisopo estéril, previamente empapado en una solución diluyente (PBS) **(ver Anexo D)**.

Después, se realizó el análisis microbiológico de las muestras colectadas empleando el método ISO 11290-2:1998/Amd1:2004/RM N° 461-2007 MINSA para la enumeración de *Salmonella typhimurium*. Al respecto, esta metodología es un método modificado interno del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de ALS LS PERU S.A.C. para estudios de recuento de *Salmonella* spp. que se trabaja por duplicado y por el método de diseminación en placa con agar XLD **(ver Anexo E)**. Mientras que para el análisis microbiológico de enumeración de coliformes totales y aerobios mesófilos se siguió las metodologías ISO 4832:2006/RM N° 461-2007 MINSA **(ver Anexo F)** e ISO 4833-1:2013/RM N° 461-2007 MINSA **(ver Anexo G)**, respectivamente, por lo que se empleó la técnica de vertido en placa con agar VRBA para coliformes y agar PCA para aerobios mesófilos.

3.6.6 Limpieza de Superficies

- ***Pre-Enjuague de las Superficies.*** Se llevó a cabo previo al lavado y con agua del grifo a chorros.

- ***Lavado de las Superficies.*** Se efectuó, previo a la desinfección, con detergente alcalino al 2 % bajo la forma de espuma y asegurándose de cubrir todas las superficies por al menos 5 min. En seguida se restregó cada una de las superficies con una esponja, tal y como se especifica en el protocolo de limpieza y desinfección.

- ***Enjuague de las Superficies.*** Se llevó a cabo posterior al lavado y con agua del grifo a chorros.

- ***Secado de las Superficies.*** Se realizó en condiciones ambientales y hasta que visualmente estuvieran completamente secas (mínimo 5 min).

3.6.7 Preparación de las Soluciones Desinfectantes

Se realizó en frascos de vidrio estériles y por cada vez que se aplicó un tratamiento de desinfección para así evitar pérdidas debidas a la naturaleza volátil de los compuestos químicos que presentan. Así, se tuvo:

- ***Preparación de la Solución de Ácido Peracético.*** Se diluyó 1.3 ml de ácido peracético al 15 % en 1 litro de agua destilada, a temperatura ambiente, obteniendo una solución acuosa de ácido peracético a una concentración de 200 ppm.

- ***Preparación de la Solución de Amonio Cuaternario.*** Se diluyó 2.5 ml de amonio cuaternario al 1.92 % en 1 litro de agua destilada, a temperatura ambiente, obteniendo una solución acuosa de amonio cuaternario a una concentración de 250 ppm.

Asimismo, cabe mencionar que tras la preparación de las soluciones desinfectantes siempre se determinó el pH.

3.6.8 Desinfección de Superficies

Se llevó a cabo siguiendo el protocolo de limpieza y desinfección en superficies inertes en contacto de la planta en estudio (**ver Anexo H**). Por tanto, se tuvieron 3 tratamientos de desinfección:

T1: Ácido peracético a 200 ppm (por 20 min).

T2: Amonio cuaternario a 250 ppm (por 5 min) + enjuague + Ácido peracético a 200 ppm (por 20 min).

T3: Amonio cuaternario a 250 ppm (por 5 min).

Así, por cada tratamiento se aplicó las soluciones desinfectantes correspondientes por aspersión, procurando cubrir todas las superficies, y mediante un atomizador. Finalmente, pasado el tiempo de exposición (tiempos recomendados por el fabricante) se procedió a echar agua caliente a 70 °C y en chorros en las superficies (aproximadamente 5 min) para luego proceder al muestreo.

Por otro lado, cabe señalar que para el tratamiento control solo se aplicó agua desionizada estéril por aspersión, mediante un atomizador, y tratando de cubrir también todas las superficies.

3.6.9 Determinación de la Carga Final de Microorganismos (Después del Tratamiento)

Se realizó sobre las superficies ya desinfectadas y empleando la misma forma de muestreo (método del hisopo) y análisis microbiológico de enumeración de *Salmonella*, coliformes totales y aerobios mesófilos detallados en el apartado 3.6.5.

3.7 Análisis de Datos

Todos los monitoreos de los tratamientos de desinfección (T1, T2 y T3) fueron realizados por triplicado para poder presentar resultados correspondientes al promedio de los valores obtenidos y la desviación estándar por cada experiencia realizada. Así pues, los recuentos obtenidos de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos antes y después de la aplicación de los tratamientos se recopilaron, calcularon (según el tipo de superficie) y sistematizaron en el programa Microsoft Office Excel 2021 para luego calcular el % de eficacia de reducción de los tratamientos a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Eficacia de reducción} = \frac{\text{antes del tratamiento} - \text{después del tratamiento}}{\text{antes del tratamiento}} \times 100$$

(Ramesh et al., 2002).

Así mismo, se estableció el cálculo de la eficacia de la reducción de los microorganismos de estudio, transformando los datos obtenidos a \log_{10} y mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\text{Eficacia de la reducción} = \text{antes del tratamiento } (\log_{10}) - \text{después del tratamiento } (\log_{10})$$

Cabe indicar que los resultados de los cálculos de la eficacia de la reducción fueron expresados de acuerdo con el tipo de superficie, así se tiene:

- Para superficies inertes irregulares: \log_{10} UFC/superficie muestreada (dónde: superficie muestreada = 4 dedos de goma).
- Para superficies inertes regulares: \log_{10} UFC/cm².

Por otro lado, el análisis estadístico de las variables se realizó en el software estadístico InfoStat, *versión 2008* (libre), con un nivel de confianza del 99 % ($\alpha = 0.01$) y mediante la aplicación de un Análisis de Varianza (ANOVA) en caso se cumplieran los supuestos de normalidad de los residuales (Prueba de Shapiro – Wilk, con $p \geq 0.01$) y la homogeneidad de varianzas (Prueba de Bartlett, con $p \geq 0.01$), si no correspondió la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis ($p \geq 0.01$), a fin de determinar si existió diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los recuentos microbiológicos (carga) de los microorganismos de estudio antes y después de los tratamientos, en la eficacia de la reducción y el % de eficacia de reducción de *S. typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos logrados por cada tratamiento y por superficie. Simultáneamente, para comparar la eficacia y el % de eficacia de reducción de los microorganismos evaluados por tratamiento y superficie, se aplicó la prueba post hoc de comparaciones múltiples de Tukey (HSD) con un nivel de significancia de 0.01. Por último, los resultados hallados fueron expresados en forma de tablas y gráficos para facilitar su comprensión y organización.

IV. RESULTADOS

4.1 Determinación de la Concentración Teórica de los Inóculos Bacterianos

En la **Tabla 5** se observa que la concentración teórica obtenida en la etapa de preparación del inóculo para *Salmonella typhimurium* fue de 12×10^8 (Escala 4 de McFarland) en tanto que para el inóculo mixto (*Escherichia coli* + *S. typhimurium*) fue de 5×10^8 (Escala 1.5 de McFarland).

Tabla 5

Valores obtenidos de los recuentos en UFC/ml de los inóculos en la etapa de preparación.

Repetición	Inóculo de <i>Salmonella typhimurium</i>	Inóculo Mixto
1	12×10^8	49×10^7
2	12×10^8	50×10^7
3	11×10^8	50×10^7
Promedio (UFC/ml)	12×10^8	5×10^8

4.2 Confirmación Microbiológica de la Concentración del Inóculo en la Inoculación

La concentración del inóculo en la verificación microbiológica para *S. typhimurium* fue de 12×10^8 y para el inóculo mixto fue de 5×10^8 , de acuerdo con la **Tabla 6**.

Tabla 6

Valores obtenidos de los recuentos en UFC/ml de los inóculos empleados en la inoculación.

Repetición	Inóculo de <i>Salmonella typhimurium</i>	Inóculo Mixto
1	11×10^8	48×10^7
2	12×10^8	52×10^7
3	12×10^8	51×10^7
Promedio (UFC/ml)	12×10^8	5×10^8

4.3 Determinación del pH de las Soluciones Desinfectantes

En la **Tabla 7** se observa los pH promedio de las soluciones desinfectantes utilizadas en la desinfección de las superficies de los dedos y las mesas. Así, la solución desinfectante a base de ácido peracético a 200 ppm presentó un pH promedio de 6.50 ± 0.05 , mientras que la solución desinfectante a base de amonio cuaternario a 250 ppm obtuvo un pH promedio de 7.27 ± 0.03 .

Tabla 7

pH promedio de las soluciones desinfectantes de ácido peracético y amonio cuaternario.

Soluciones Desinfectantes	Concentración (ppm)	pH Promedio \pm D.E
Ácido peracético	200 ppm	6.50 ± 0.05
Amonio cuaternario	250 ppm	7.27 ± 0.03

D.E = Desviación estándar

4.4 Resultados de la Carga Inicial y Final de Microorganismos

4.4.1 Valores de los Recuentos de *Salmonella typhimurium*

Los resultados obtenidos en la **Tabla 8** indican que la carga inicial de *S. typhimurium* en las superficies de contacto de los dedos de goma osciló entre 9.33 y 9.40 \log_{10} UFC/4 dedos de goma. Por otro lado, como resultado del análisis estadístico (por Kruskal – Wallis, con un $\alpha = 0.01$) no se encontró diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en las medianas (ni en los promedios) de la carga inicial entre tratamientos, lo que permitió evidenciar que todos comenzaron con la misma carga de \log_{10} UFC/4 dedos de goma antes de aplicar la desinfección (**Tabla 8**).

Sin embargo, después de aplicar los tratamientos se observó que la carga para el tratamiento control (agua desionizada estéril) se encontró en 9.32 \log_{10} UFC/4 dedos de goma, mientras que para los tratamientos desinfectantes (T1, T2 y T3) se dio una notable reducción. En consecuencia

del análisis estadístico, por ANOVA (con un nivel de confianza del 99 %), se determinó que existían diferencias sumamente significativas ($p < 0.01$) en las medias de la carga final entre tratamientos, siendo el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) el que obtuvo la menor carga ($3.02 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma) y los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm) y T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) los que obtuvieron cargas similares (5.79 y $5.84 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, respectivamente) de modo que resultó que no eran tratamientos estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey (**Tabla 8**).

Tabla 8

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de S. typhimurium (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	Después del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)
T1	9.33 ± 0.02^A	5.79 ± 0.10^B
T2	9.35 ± 0.02^A	3.02 ± 0.02^A
T3	9.40 ± 0.02^A	5.84 ± 0.06^B
Control	9.38^A	9.32^C
CV	0.18	1.29
p	0.0137	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Por otra parte, respecto a los resultados referidos sobre la carga inicial de *S. typhimurium* en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable, se observa que la carga fluctuó entre 7.35 y $7.37 \log_{10}$ UFC/cm². Además, como resultado del análisis estadístico, por ANOVA ($\alpha = 0.01$), se halló un $p = 0.9330$, por lo cual se desprende que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en las medias de la carga inicial entre tratamientos, demostrando así que todos empezaron con la misma concentración de partida de \log_{10} UFC/cm² antes de la desinfección (**Tabla 9**).

A su vez, luego de aplicar los tratamientos con las soluciones desinfectantes (T1, T2 y T3) se evidenció una importante reducción en la carga final (2.22 y 4.86 log₁₀ UFC/cm²) a diferencia del tratamiento con agua desionizada estéril (control), el cual obtuvo una carga de 7.34 log₁₀ UFC/cm². Por tanto, del análisis estadístico (ANOVA, con un $\alpha = 0.01$) se determinó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los promedios de la carga final entre tratamientos. Así, el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) consiguió la menor carga (2.22 log₁₀ UFC/cm²) y los tratamientos con ácido peracético a 200 ppm (T1) y amonio cuaternario a 250 ppm (T3) el mismo valor de carga (4.86 log₁₀ UFC/cm²) por lo que al aplicar la prueba de Tukey se encontró que no eran tratamientos estadísticamente diferentes entre sí (Tabla 9).

Tabla 9

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de S. typhimurium (log₁₀ UFC/cm²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (log ₁₀ UFC/cm ²)	Después del Tratamiento (log ₁₀ UFC/cm ²)
T1	7.37 ± 0.04 ^A	4.86 ± 0.02 ^B
T2	7.37 ± 0.03 ^A	2.22 ± 0.02 ^A
T3	7.35 ± 0.05 ^A	4.86 ± 0.01 ^B
Control	7.36 ^A	7.34 ^C
CV	0.53	0.42
p	0.9330	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

4.4.2 Valores de los Recuentos de Coliformes Totales

En relación con la carga de inicio de coliformes totales en las superficies de contacto de los dedos de goma, se encontró que estuvo entre 8.66 y 8.68 log₁₀ UFC/4 dedos de goma. En tanto

del análisis estadístico, por ANOVA (con un nivel de confianza del 99 %), se obtuvo un $p = 0.4124$, lo que significó que no había diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en los promedios de la carga inicial entre tratamientos, es decir, que todos iniciaron con la misma carga de \log_{10} UFC/4 dedos de goma antes de aplicar la desinfección (**Tabla 10**).

Ahora bien, tras la desinfección se dio una considerable reducción en la carga en comparación al tratamiento control, el cual expresó una carga final de $8.63 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma. Por ende, del análisis estadístico (ANOVA, con un $\alpha = 0.01$) se reportó diferencias muy significativas ($p < 0.01$) en los promedios de la carga final entre tratamientos. Así pues, para el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm) se obtuvo una carga final de $4.36 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, luego le siguió el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) con $5.46 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma y por último, el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) con $6.20 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, tal como se muestra en la **Tabla 10**.

Tabla 10

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de coliformes totales (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	Después del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)
T1	8.67 ± 0.01^A	4.36 ± 0.10^A
T2	8.68 ± 0.01^A	5.46 ± 0.01^B
T3	8.68 ± 0.01^A	6.20 ± 0.02^C
Control	8.66^A	8.63^D
CV	0.12	1.07
p	0.4124	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Por otro lado, los resultados obtenidos de la carga inicial de coliformes totales en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable oscilaron entre 6.68 y 6.69 \log_{10} UFC/cm², tal como se reporta en la **Tabla 11**. Así mismo, producto del análisis estadístico (ANOVA, con un nivel de confianza del 99 %) se determinó un $p = 0.7045$, por lo que se infiere que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en las medias de la carga inicial entre tratamientos, esto es, que todos tenían la misma carga de inicio de \log_{10} UFC/cm² antes de la desinfección (**Tabla 11**).

En cambio, después de aplicar la desinfección (T1, T2 y T3) se obtuvo una importante reducción en la carga, mientras que para el control (agua desionizada estéril) se encontró una carga final de 6.67 \log_{10} UFC/cm². Por tanto, del análisis estadístico (por ANOVA) se obtuvo variaciones notablemente significativas ($p < 0.01$) en las medias de la carga final entre tratamientos, siendo: 3.15 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento con ácido peracético a 200 ppm (T1), 3.75 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) y 4.13 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento con amonio cuaternario a 250 ppm (T3) (**Tabla 11**).

Tabla 11

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de coliformes totales (\log_{10} UFC/cm²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (\log_{10} UFC/cm²)	Después del Tratamiento (\log_{10} UFC/cm²)
T1	6.68 ± 0.01 ^A	3.15 ± 0.03 ^A
T2	6.69 ± 0.02 ^A	3.75 ± 0.02 ^B
T3	6.68 ± 0.01 ^A	4.13 ± 0.05 ^C
Control	6.69 ^A	6.67 ^D
CV	0.19	0.79
p	0.7045	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

4.4.3 Valores de los Recuentos de Aerobios Mesófilos

La **Tabla 12** indica que la carga inicial de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de los dedos de goma varió entre 8.68 y 8.71 \log_{10} UFC/4 dedos de goma. A su vez, se observa que del análisis estadístico (ANOVA, $\alpha = 0.01$) se halló un $p = 0.0515$, lo que significó que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en los promedios de la carga inicial entre tratamientos, es decir, que todos empezaron con la misma carga inicial de \log_{10} UFC/4 dedos de goma.

Sin embargo, tras la desinfección se encontró una notable reducción en la carga a diferencia del tratamiento control (8.68 \log_{10} UFC/4 dedos de goma). Por lo cual, del análisis estadístico (ANOVA) se determinó diferencias sumamente significativas ($p < 0.01$) en las medias de la carga final entre tratamientos. Así, para los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm), T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) y T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) se obtuvieron cargas de 4.52, 5.50 y 6.25 \log_{10} UFC/4 dedos de goma, respectivamente (**Tabla 12**).

Tabla 12

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de aerobios mesófilos (\log_{10} UFC/4 dedos de goma) antes y después del tratamiento en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	Después del Tratamiento (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)
T1	8.71 \pm 0.01 ^A	4.52 \pm 0.06 ^A
T2	8.68 \pm 0.01 ^A	5.50 \pm 0.01 ^B
T3	8.69 \pm 0.01 ^A	6.25 \pm 0.04 ^C
Control	8.69 ^A	8.68 ^D
CV	0.10	0.74
p	0.0515	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Por otra parte, los resultados hallados en la **Tabla 13** reportan que la carga inicial de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable fluctuó entre 6.67 y 6.71 \log_{10} UFC/cm². Además, como resultado del análisis estadístico, por ANOVA (con un nivel de confianza del 99 %), se obtuvo un $p = 0.0725$, por lo que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.01$) en los promedios de la carga inicial entre tratamientos evidenciando que todos iniciaron con igual carga de partida de \log_{10} UFC/cm² antes de la desinfección (**Tabla 13**).

Así mismo, luego de la aplicación de la desinfección se produjo una disminución en la carga en comparación al tratamiento control (6.68 \log_{10} UFC/cm²). De ahí que del análisis estadístico (por ANOVA) se encontró variaciones muy significativas ($p < 0.01$) en las medias de la carga final entre tratamientos, siendo: 3.12 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm), 3.75 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) y 4.25 \log_{10} UFC/cm² para el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm), como se expone en la **Tabla 13**.

Tabla 13

Promedio y desviación estándar (D.E) del recuento de aerobios mesófilos (\log_{10} UFC/cm²) antes y después del tratamiento en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Antes del Tratamiento (\log_{10} UFC/cm²)	Después del Tratamiento (\log_{10} UFC/cm²)
T1	6.71 ± 0.02 ^A	3.12 ± 0.01 ^A
T2	6.68 ± 0.01 ^A	3.75 ± 0.01 ^B
T3	6.67 ± 0.01 ^A	4.25 ± 0.04 ^C
Control	6.68 ^A	6.68 ^D
CV	0.21	0.55
p	0.0725	< 0.0001

Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

4.5 Análisis de la Eficacia de los Tratamientos

4.5.1 Eficacia de la Reducción Ante *Salmonella typhimurium*

En la **Tabla 14** se señala que del análisis estadístico, ANOVA ($\alpha = 0.01$), se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en las medias de la eficacia y el % de eficacia de reducción de *Salmonella typhimurium* en las superficies de contacto de los dedos de goma entre tratamientos. Así, se observa que el tratamiento control fue el de menor eficacia de reducción con $0.06 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, mientras que el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) fue el de mayor eficacia de reducción con $6.32 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma. En tanto, los tratamientos con ácido peracético a 200 ppm (T1) y amonio cuaternario a 250 ppm (T3) consiguieron eficacias de reducción similar (3.54 y $3.56 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, respectivamente) por lo que no fueron tratamientos estadísticamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey. Por otro lado, también se observa los porcentajes de eficacia de reducción, siendo: 13.21 % para el control, 100.00 % para el T2 y 99.97 % para el T1 y el T3.

Tabla 14

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de Salmonella typhimurium de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	% de Eficacia de reducción (UFC/ 4 dedos de goma)
T1	3.54 ± 0.12^B	99.97 ± 0.01^A
T2	6.32 ± 0.03^A	100.00 ± 0.00^A
T3	3.56 ± 0.08^B	99.97 ± 0.01^A
Control	0.06^C	13.21^B
CV	2.06	0.01
p	< 0.0001	< 0.0001

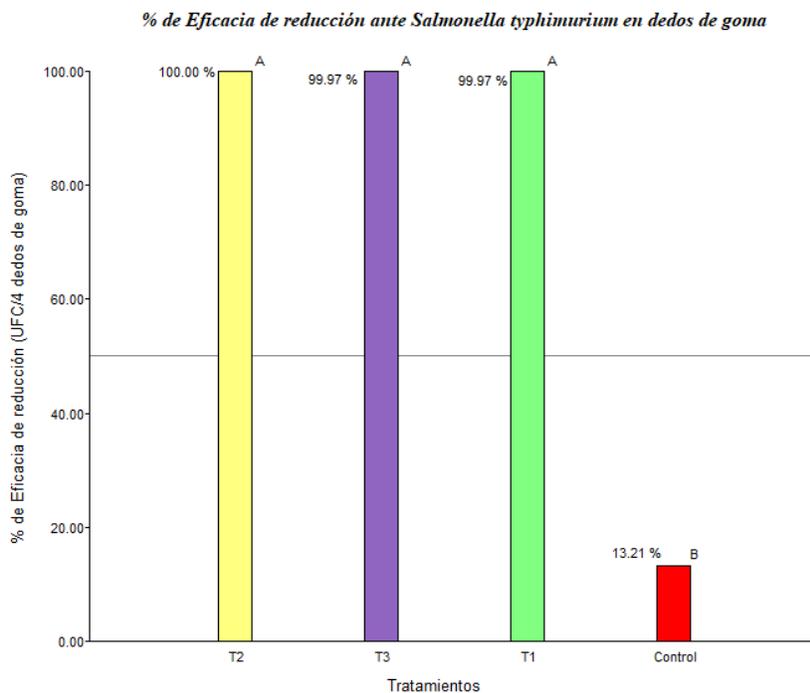
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Así mismo, en la **Figura 13** se observa que el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) consiguió el 100.00 % de eficacia de reducción de *S. typhimurium* en las superficies de contacto de los dedos de goma. Mientras, los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm) y T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) obtuvieron el mismo porcentaje de eficacia de reducción (99.97 %). De modo que por los porcentajes de eficacia tan cercanos obtenidos, los tratamientos T1, T2 y T3 no fueron considerados diferentes entre sí al compararlos estadísticamente (misma letra en el gráfico). A su vez, en la figura también se observa que el tratamiento control (agua desionizada estéril) presentó un 13.21 % de eficacia de reducción.

Figura 13

Porcentajes de eficacia de reducción de Salmonella typhimurium (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

Por otra parte, los resultados obtenidos en la **Tabla 15** reportan que del análisis estadístico (ANOVA, con un nivel de confianza del 99 %) se halló variaciones muy significativas ($p < 0.01$) en los promedios de la eficacia y el % de eficacia de reducción de *Salmonella typhimurium* en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable entre tratamientos. De hecho, el tratamiento que consiguió menor eficacia de reducción fue el tratamiento control (agua desionizada estéril) con $0.02 \log_{10}$ UFC/cm² en tanto que el tratamiento combinado de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) fue el de mayor eficacia de reducción con $5.14 \log_{10}$ UFC/cm². Por otro lado, para los tratamientos con ácido peracético a 200 ppm (T1) y amonio cuaternario a 250 ppm (T3) se obtuvo eficacias de reducción similar (2.51 y $2.49 \log_{10}$ UFC/cm², respectivamente) por lo que al aplicar la prueba de Tukey se determinó que no eran tratamientos estadísticamente diferentes entre sí. Así mismo, se observa que el porcentaje de eficacia de reducción para el tratamiento control fue de 4.00 % y para los tratamientos desinfectantes T1, T2 y T3 fue de 99.69 %, 100.00 % y 99.68 %, respectivamente.

Tabla 15

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de Salmonella typhimurium de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/cm ²)	% de Eficacia de reducción (UFC/cm ²)
T1	2.51 ± 0.04^B	99.69 ± 0.03^B
T2	5.14 ± 0.03^A	100.00 ± 0.00^A
T3	2.49 ± 0.06^B	99.68 ± 0.04^B
Control	0.02^C	4.00^C
CV	1.42	0.03
p	< 0.0001	< 0.0001

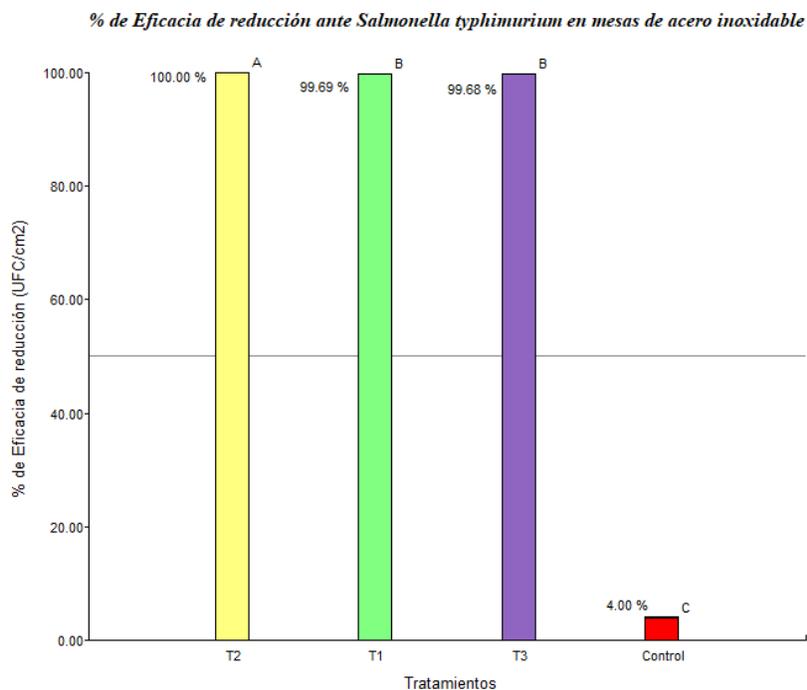
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

De igual modo, en la **Figura 14** se puede verificar que el porcentaje de eficacia de reducción de *S. typhimurium* en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable para el tratamiento control (agua desionizada estéril) fue de 4.00 %. En tanto que para el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) se presentó un 100.00 % de eficacia de reducción. Por otra parte, se observa que para los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm) y T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) se consiguió porcentajes de eficacia de reducción similar (99.69 y 99.68 %, respectivamente) de manera que no fueron considerados tratamientos diferentes entre sí (misma letra en el gráfico) al compararlos estadísticamente por Tukey.

Figura 14

Porcentajes de eficacia de reducción de Salmonella typhimurium (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

4.5.2 Eficacia de la Reducción Ante Coliformes Totales

La **Tabla 16** muestra que del análisis estadístico (ANOVA, con un $\alpha = 0.01$) se determinó variaciones notablemente significativas ($p < 0.01$) en las medias de la eficacia y el % de eficacia de reducción de coliformes totales en las superficies de contacto de los dedos de goma entre tratamientos. Así pues, para el control (agua desionizada estéril) se halló una eficacia de reducción de $0.04 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma. En tanto que para los tratamientos desinfectantes se observa que el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm) fue el de mayor eficacia de reducción con $4.31 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma, enseguida se ubicó el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) con $3.22 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma y por último, el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) con $2.48 \log_{10}$ UFC/4 dedos de goma. Además, se reporta que los porcentajes de eficacia de reducción obtenidos para el T1, T2 y T3 fueron del 100.00 %, 99.94 % y 99.67 %, respectivamente; mientras que para el control se alcanzó el 7.92 % de eficacia por lo que al compararlos estadísticamente todos fueron considerados tratamientos diferentes entre sí.

Tabla 16

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de coliformes totales de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	% de Eficacia de reducción (UFC/ 4 dedos de goma)
T1	4.31 ± 0.10^A	100.00 ± 0.01^A
T2	3.22 ± 0.02^B	99.94 ± 0.00^B
T3	2.48 ± 0.02^C	99.67 ± 0.02^C
Control	0.04^D	7.92^D
CV	1.97	0.01
p	< 0.0001	< 0.0001

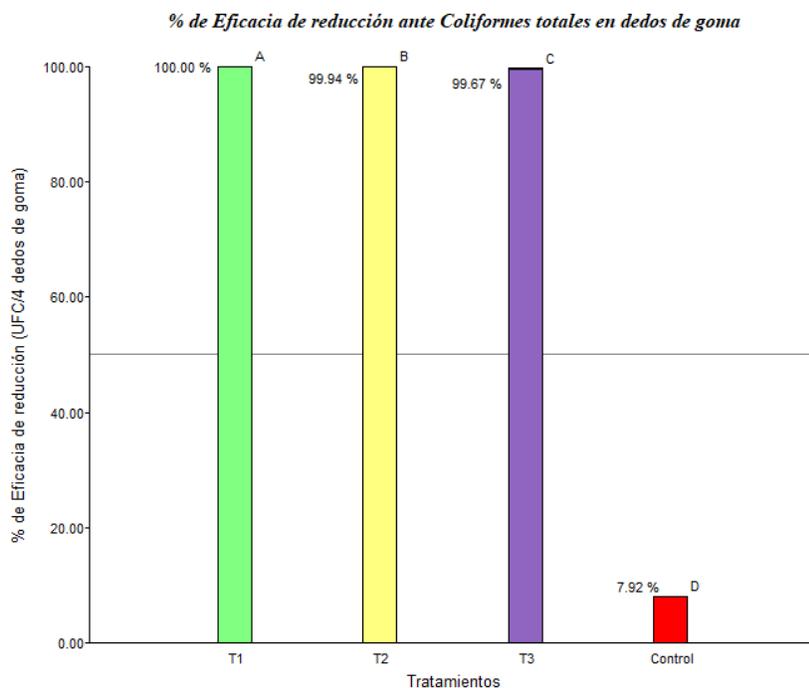
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Similarmente, en la **Figura 15** se constata que el porcentaje de eficacia de reducción de coliformes totales en las superficies de contacto de los dedos de goma fue de 7.92 % para el tratamiento control (agua desionizada estéril). Por otro lado, también se aprecia que el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm) consiguió el 100.00 % de eficacia de reducción. Luego, se encontró el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) con 99.94 % y al último, el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) con 99.67 %. Por lo cual, al comparar los tratamientos estadísticamente resultó que todos eran diferentes entre sí (letras distintas en el gráfico), tal como se reporta en la **Figura 15**.

Figura 15

Porcentajes de eficacia de reducción de coliformes totales (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

Del mismo modo, los resultados referidos en la **Tabla 17** exponen que producto del análisis estadístico, por ANOVA ($\alpha = 0.01$), se obtuvo diferencias sumamente significativas ($p < 0.01$) en los promedios de la eficacia y el % de eficacia de reducción de coliformes totales en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable entre tratamientos. Así en la tabla se indica que el tratamiento con ácido peracético a 200 ppm (T1) fue el que resultó con mayor eficacia de reducción ($3.53 \log_{10}$ UFC/cm²), sucesivo se posicionó el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) con $2.93 \log_{10}$ UFC/cm² y finalmente el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm (T3) con $2.55 \log_{10}$ UFC/cm². Mientras que para el tratamiento con solo agua desionizada estéril (control) se reportó el $0.02 \log_{10}$ UFC/cm² de eficacia. Por otra parte, los porcentajes de eficacia de reducción detallados en esta tabla fueron de 3.74 % para el control, 99.97 % para el T1, 99.88 % para el T2 y 99.72 % para el T3, de ahí que se encontró que todos los tratamientos eran estadísticamente diferentes entre sí al compararlos por la prueba de Tukey.

Tabla 17

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de coliformes totales de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/cm ²)	% de Eficacia de reducción (UFC/cm ²)
T1	3.53 ± 0.02^A	99.97 ± 0.00^A
T2	2.93 ± 0.03^B	99.88 ± 0.01^B
T3	2.55 ± 0.04^C	99.72 ± 0.02^C
Control	0.02^D	3.74^D
CV	1.02	0.01
p	< 0.0001	< 0.0001

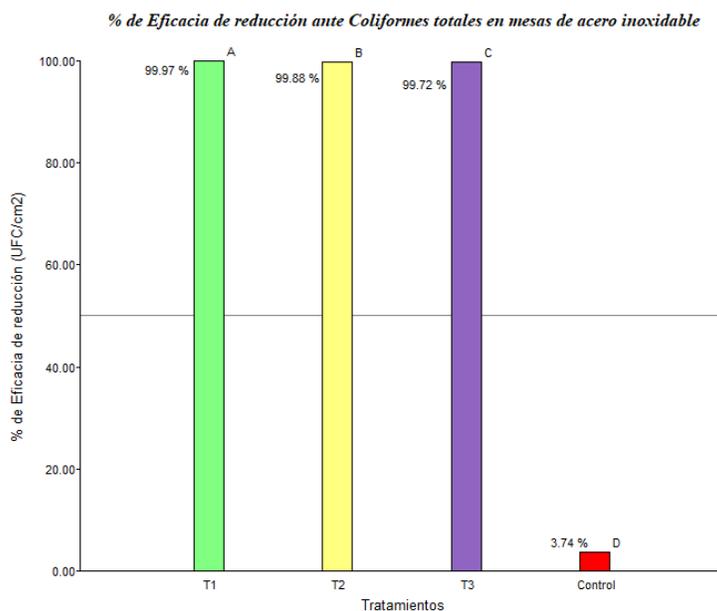
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

De manera análoga, en la **Figura 16** se muestra que el porcentaje de eficacia de reducción de coliformes totales en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable fue mucho mayor para los tratamientos desinfectantes (T1, T2 y T3) que para el tratamiento control (agua desionizada estéril), el cual obtuvo el 3.74 % de eficacia de reducción. Así, se observa que el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm) presentó el 99.97 % de eficacia, por lo que se consideró el tratamiento con mayor % de eficacia de reducción. Enseguida se ubicó el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) con 99.88 % y para terminar el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) con 99.72 %. Por tanto, al comparar los tratamientos estadísticamente se obtuvo que todos eran diferentes entre sí (letras distintas).

Figura 16

Porcentajes de eficacia de reducción de coliformes totales (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

4.5.3 Eficacia de la Reducción Ante Aerobios Mesófilos

Al observar los resultados de la **Tabla 18**, se aprecia que del análisis estadístico (ANOVA, con un $\alpha = 0.01$) se reportó variaciones altamente significativas ($p < 0.01$) en los promedios de la eficacia y el % de eficacia de reducción de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de los dedos de goma entre tratamientos. Precisamente, se observa que los tratamientos desinfectantes (T1, T2 y T3) fueron los que mostraron eficacia en la reducción, siendo: 4.19 \log_{10} UFC/4 dedos de goma para el tratamiento con ácido peracético a 200 ppm (T1), 3.19 \log_{10} UFC/4 dedos de goma para el tratamiento de amonio cuaternario a 250 ppm con ácido peracético a 200 ppm (T2) y 2.44 \log_{10} UFC/4 dedos de goma para el tratamiento con amonio cuaternario a 250 ppm (T3). En tanto que para el tratamiento control no se obtuvo eficacia. Así mismo, en la tabla se visualiza que los porcentajes de eficacia de reducción para los tratamientos T1, T2 y T3 fueron de 99.99 %, 99.93 % y 99.64 %, respectivamente; mientras que para el control fue de 0.93 % por lo cual al comparar los tratamientos estadísticamente (prueba de Tukey) se determinó que eran diferentes entre sí.

Tabla 18

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de aerobios mesófilos de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/ 4 dedos de goma)	% de Eficacia de reducción (UFC/ 4 dedos de goma)
T1	4.19 \pm 0.06 ^A	99.99 \pm 0.00 ^A
T2	3.19 \pm 0.01 ^B	99.93 \pm 0.01 ^A
T3	2.44 \pm 0.03 ^C	99.64 \pm 0.03 ^B
Control	0.00 ^D	0.93 ^C
CV	1.37	0.02
p	< 0.0001	< 0.0001

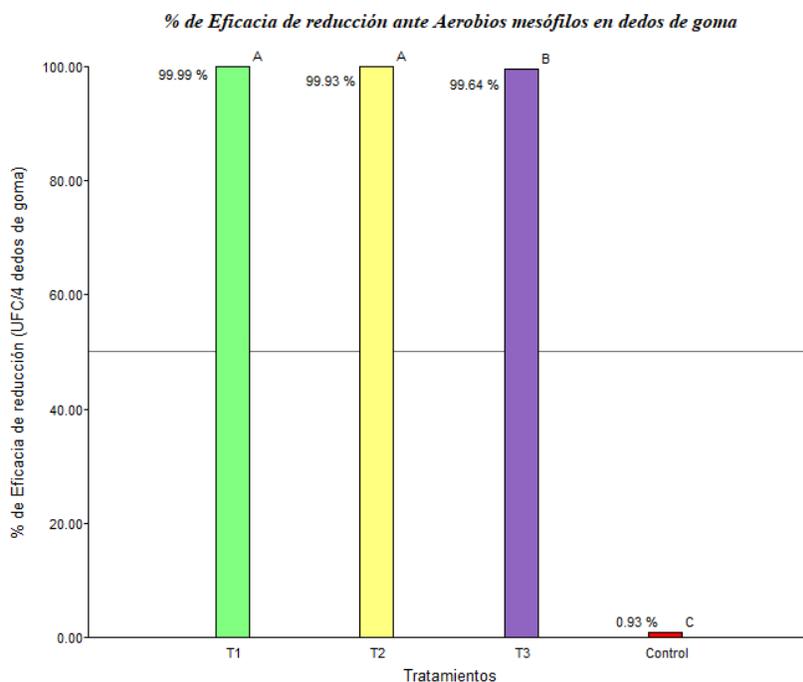
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Igualmente, en la **Figura 17** se puede evidenciar que el tratamiento control consiguió el menor % de eficacia de reducción de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de los dedos de goma, puesto que alcanzó el 0.93 % de eficacia. Por otro lado, se observa que los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm) y T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) obtuvieron porcentajes de eficacia de reducción similar (99.99 y 99.93 %, respectivamente) de modo que al compararlos estadísticamente se determinó que no eran considerados diferentes entre sí (misma letra en el gráfico). Por último, en la figura también se observa que el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) presentó un 99.64 % de eficacia.

Figura 17

Porcentajes de eficacia de reducción de aerobios mesófilos (UFC/4 dedos de goma) de los tratamientos en las superficies de los dedos de goma.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

Finalmente, en relación con la **Tabla 19** se observa que del análisis estadístico (ANOVA, con un nivel de confianza del 99 %) se halló diferencias muy significativas ($p < 0.01$) en las medias de la eficacia y el % de eficacia de reducción de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable entre tratamientos. Así, en la tabla se reporta que el tratamiento control (agua desionizada estéril) no presentó eficacia en la reducción, en cambio, los tratamientos desinfectantes T1, T2 y T3 sí consiguieron eficacia en la reducción. Es así que el tratamiento T1 (ácido peracético a 200 ppm) fue el que obtuvo mayor eficacia de reducción con $3.59 \log_{10}$ UFC/cm², luego le siguió el tratamiento T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) con $2.93 \log_{10}$ UFC/cm² y por último, el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) con $2.43 \log_{10}$ UFC/cm². Por otra parte, cabe mencionar que los porcentajes de eficacia de reducción señalados en esta tabla fueron de 0.94 % para el control y para los tratamientos desinfectantes T1, T2 y T3 fueron de 99.97 %, 99.89 % y 99.63 %, respectivamente, por ende al compararlos estadísticamente (prueba de Tukey) resultó que todos eran diferentes entre sí.

Tabla 19

Promedio y desviación estándar de la Eficacia y el % de Eficacia de reducción de aerobios mesófilos de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.

Tratamientos	Eficacia de la reducción (\log_{10} UFC/cm ²)	% de Eficacia de reducción (UFC/cm ²)
T1	3.59 ± 0.01^A	99.97 ± 0.00^A
T2	2.93 ± 0.02^B	99.89 ± 0.01^A
T3	2.43 ± 0.05^C	99.63 ± 0.04^B
Control	0.00^D	0.94^C
CV	1.11	0.03
p	< 0.0001	< 0.0001

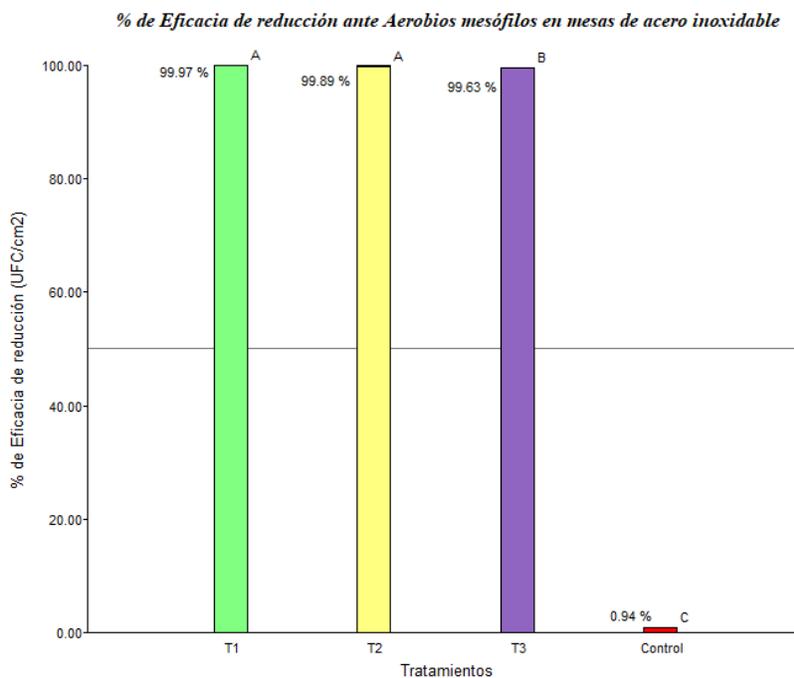
Promedios con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.01$) por la prueba de Tukey.

CV = Coeficiente de variación

Así mismo, la **Figura 18** demuestra que el porcentaje de eficacia de reducción de aerobios mesófilos en las superficies de contacto de las mesas de acero inoxidable fue notablemente mayor para los tratamientos desinfectantes (T1, T2 y T3). De hecho, los tratamientos T1 (ácido peracético a 200 ppm) y T2 (amonio cuaternario a 250 ppm + ácido peracético a 200 ppm) lograron porcentajes de eficacia de reducción de 99.97 % y 99.89 %, respectivamente, por lo que de la comparación estadística se obtuvo que no eran tratamientos diferentes entre sí (misma letra en el gráfico). En tanto que el tratamiento T3 (amonio cuaternario a 250 ppm) obtuvo un 99.63 % de eficacia de reducción y el tratamiento control (agua desionizada estéril) un 0.94 % de eficacia.

Figura 18

Porcentajes de eficacia de reducción de aerobios mesófilos (UFC/cm²) de los tratamientos en las superficies de las mesas de acero inoxidable.



Nota. La línea de corte en la figura representa el porcentaje mínimo de eficacia de reducción (50 %) para validar la eficacia de los desinfectantes.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación muestran que los dos desinfectantes comerciales (uno de los cuales tiene como principio activo al amonio cuaternario y otro al ácido peracético) son eficaces en la reducción de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y aerobios mesófilos en superficies inertes inoculadas de faenado avícola en Lima, Perú - 2021. Por lo que se rechazan las hipótesis nulas del estudio al conseguirse porcentajes de eficacia de reducción mayor al 50 % de los inóculos para ambos desinfectantes en las superficies contaminadas experimentalmente. Ello, a pesar de que la concentración empleada para la solución desinfectante a base de amonio cuaternario fue menor a la recomendada por el fabricante, a diferencia de la solución de desinfección con base de ácido peracético que sí fue utilizada a la concentración señalada en su ficha técnica. De hecho, de acuerdo con Taboada et al. (2007), al evaluar los desinfectantes, el factor más crucial a considerar es si las dosis comerciales sugeridas por el fabricante son efectivas. Esto se debe a que existe la posibilidad de que se supere un límite, a veces no claramente definido, y se produzca una toxicidad no deseada en los alimentos o, por el contrario, que la concentración no sea lo suficientemente adecuada como para desinfectar eficazmente las superficies que entran en contacto con el producto.

Por otro lado, los resultados encontrados de la eficacia de la reducción de los dos desinfectantes ante *S. typhimurium* en las superficies inertes evaluadas demostraron que para el desinfectante con base de ácido peracético a 200 ppm se obtuvo una eficacia del 99.97 % en los dedos de goma y del 99.69 % en las mesas de acero inoxidable. Mientras que el desinfectante con base de amonio cuaternario a 250 ppm consiguió eficacias del 99.97 % y 99.68 % en las superficies de los dedos de goma y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. En consecuencia, estos datos determinan que ambos desinfectantes son eficaces en la reducción de *S. typhimurium* en las

superficies, con independencia del principio activo utilizado. Lo que concuerda a su vez con lo obtenido por Marín et al. (2000), quienes reportaron que tanto el formaldehído como el glutaraldehído, a partir del 2 %, y el ácido orgánico con agentes oxidantes, a partir del 0,5 %, producían la muerte de todas las *Salmonellas* aisladas a nivel de campo (*S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. hadar*, *S. virchow* y *S. infantis*), independientemente del serotipo. En tanto que de la contaminación experimental del suelo de cemento de la granja que realizaron, obtuvieron que los tres desinfectantes eliminaron por completo todos los serotipos, esto es, tanto de los que eran capaces de producir biofilm como de los que no. Concluyendo que la aplicación del desinfectante en la dosis correcta conseguía una inactivación completa de las bacterias con independencia del componente activo empleado y la capacidad o no de desarrollar biofilm por la bacteria. Así, al comparar con los resultados de la presente investigación, se puede inferir que la concentración de los desinfectantes utilizados es la adecuada para alcanzar una reducción de *S. typhimurium* en las superficies con independencia del principio activo usado y no para lograr una inactivación completa de *S. typhimurium* (salvo que se emplee el uso combinado de los desinfectantes como en el tratamiento T2). Al respecto, aplicar un desinfectante eficaz en la concentración y el momento adecuados es esencial, ya que las concentraciones elevadas incrementan los gastos y la posibilidad de contaminación química de los alimentos, mientras que las bajas concentraciones aumentan el riesgo de contaminación microbiana de los alimentos y el desarrollo de resistencia a los desinfectantes (Dontorou et al., 2003). Así mismo, Ramesh et al. (2002) evaluaron 13 desinfectantes comerciales con diversos principios activos (hipoclorito de sodio, enzimas, clorito de sodio, amonio cuaternario, iodo, fenol, etc.) sobre el centro de placas de acero galvanizado (material representativo de contenedores de transporte de aves) contaminadas artificialmente con una suspensión orgánica de *Salmonella* spp. (5×10^8 UFC/ml) y obtuvieron como resultados que

para cinco desinfectantes con ingredientes activos de amonio cuaternario se encontraron eficacias del 74.44 %, 92.89 %, 97.88 %, 99.61 % y del 87.80 %, mientras que para un desinfectante con principio activo de clorito de sodio y peróxido alcalino se halló una eficacia del 99.92 %. Luego, los desinfectantes se evaluaron ante biofilms de *Salmonella* spp. en láminas de acero galvanizado y se determinó que el desinfectante con hipoclorito de sodio al 0,05 % (v/v) y el desinfectante con clorito de sodio y peróxido alcalino al 1 % (w/v) fueron efectivos en la reducción de *Salmonella* spp. no solo en presencia de carga orgánica, sino también en la eliminación de biofilms. Por tanto, ambos desinfectantes bajo condiciones simuladas sugerían que la aplicación siguiendo el régimen prescrito podía conseguir la eliminación efectiva de *Salmonella* de los contenedores dentro de un período limitado. De ahí que, de acuerdo con lo evaluado en esta investigación, también se puede plantear que la aplicación *in situ* de los desinfectantes podría lograr la reducción de *Salmonella* en las superficies inertes en contacto de faenado avícola.

Por lo que se refiere a la eficacia de los desinfectantes ante coliformes totales en las superficies inertes evaluadas, se encontró que para el desinfectante a base de ácido peracético a 200 ppm se consiguió una eficacia del 100.00 % en los dedos de goma y 99.97 % en las mesas de acero inoxidable. En tanto que para el desinfectante con base de amonio cuaternario a 250 ppm se obtuvieron eficacias del 99.67 % y 99.72 % en las superficies de los dedos de goma y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. De modo que se determina que los dos desinfectantes son eficaces en la reducción de coliformes totales en las superficies. Siendo estos resultados acordes a lo encontrado por Carchi y Serrano (2016) en cuanto a la eficacia antimicrobiana del amonio cuaternario al 0,6 % y el ácido peracético al 1 % en superficies inertes de acero inoxidable de calidad alimentaria contra coliformes totales y *Escherichia coli*. Así, ante coliformes totales, se obtuvo un 99.87 % de eficacia para el ácido peracético al 1 % y 97.38 % para el amonio cuaternario

al 0.6 %, mientras que para *E. coli* se reportó una eficacia del 95.35 % para el ácido peracético al 1 % y del 96.92 % para el amonio cuaternario al 0.6 %, determinando con ello que el plan de limpieza y desinfección de las superficies inertes era efectivo en planta. Además, en concomitancia con los datos obtenidos en este estudio, P. Gutiérrez y Dueñas (2012) llevaron a cabo una investigación acerca de la capacidad antimicrobiana y la actividad residual de varios desinfectantes contra coliformes totales y aerobios mesófilos totales en las superficies de contacto de la mesa y la rebanadora de acero inoxidable apto para uso alimentario en el área de empacado de una planta de cárnicos. Del estudio se obtuvo que las soluciones de citrato dihidrógeno de plata (Pure®), amonio cuaternario a 200 ppm (Saniquat®), hipoclorito de calcio (200 ppm) y ácido acético al 2 % redujeron efectivamente la carga de coliformes totales y aerobios mesófilos (en un 97 %) en ambas superficies, por lo que llegaron a la conclusión de que la potencia antimicrobiana de las cuatro soluciones de desinfección era equivalente. Asimismo, se consiguió que la solución que contenía 200 ppm de cloruro de amonio cuaternario fue la que alcanzó mayor actividad residual en las superficies, dado que no se empleó caldo neutralizante para impedir que actuara la actividad antimicrobiana y residual del amonio cuaternario. Por otro lado, de igual manera, Arias (2018) demostró que el desinfectante comercial Sterizid Forte 15 (con principio activo de ácido peracético) al 0.2 % y con un tiempo de contacto entre 2 y 5 minutos fue totalmente efectivo en la inhibición de colonias de coliformes totales y bacterias heterótrofas en envases de policarbonato, es decir, que redujo la carga microbiana hasta 0, por lo que se produjeron porcentajes de eficiencia del 100 % en los microorganismos evaluados.

Por otra parte, en relación con los resultados relativos sobre la eficacia de los desinfectantes ante aerobios mesófilos en las superficies inertes evaluadas, se halló que para el desinfectante con base de ácido peracético a 200 ppm se reportó una eficacia del 99.99 % en los dedos de goma y

99.97 % en las mesas de acero inoxidable. Mientras que para el desinfectante con base de amonio cuaternario a 250 ppm se consiguieron eficacias del 99.64 % y 99.63 % en las superficies de los dedos y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. Por ende, se puede señalar también que ambos desinfectantes son eficaces en la reducción de aerobios mesófilos en las superficies, al igual que lo reportaron P. Gutiérrez y Dueñas (2012), con un 97 %, y Arias (2018) en su evaluación de bacterias heterótrofas, las cuales abarcan una amplia gama de microorganismos heterótrofos, como hongos y bacterias, a temperaturas de incubación entre 20 °C y 37 °C. De manera que es comparable con la evaluación de aerobios mesófilos de la presente investigación si se tiene en cuenta que estos microorganismos como grupo crecen a temperaturas de 30 °C a 37 °C.

Por otro lado, de la comparación entre los porcentajes de eficacia de reducción de los tratamientos desinfectantes (T1, T2 y T3) se evidenció que no presentaron diferencias significativas ($p > 0.01$) entre sí en la eficacia de reducción de *S. typhimurium* en los dedos de goma, en tanto que en las mesas de acero inoxidable se encontró que el tratamiento T2 fue significativamente diferente ($p < 0.01$) al presentarse un 100 % de eficacia. Esto podría explicarse a que los compuestos de amonio cuaternario, según Parish et al. (2003), permiten la formación de una capa antimicrobiana en las superficies debido a sus capacidades tensioactivas. Recordemos que en la aplicación combinada de las soluciones desinfectantes (T2) primero se aplicó el amonio cuaternario a 250 ppm por un tiempo de contacto de 5 minutos, luego se enjuagó y después se aplicó el ácido peracético a 200 ppm, por lo que se deduce que hubo un lapso suficiente para la creación de una película antimicrobiana en las superficies. Por otra parte, ante coliformes totales, se obtuvo que todos los tratamientos desinfectantes presentaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre sí para ambas superficies. Lo que es congruente con lo obtenido por Torres (2012), quien llevó a cabo un estudio *in vitro* sobre la eficacia de tres desinfectantes industriales a base de

ácido peracético, amonio cuaternario y aldehídos - amonio cuaternario, en las dosis y pautas de uso sugeridas por el proveedor, en la desinfección de superficies de rodillo de PVC y rampa de acero inoxidable contaminadas con un inóculo de 1×10^8 UFC/ml de *Escherichia coli* ATCC 25922 para la validación del proceso de limpieza y desinfección de las superficies que entran en contacto directo con alimentos de la Compañía Agropecuaria Las Brisas. Así, este autor también obtuvo que para las superficies de acero inoxidable hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en las reducciones entre tratamientos, por lo que es comparable con la presente investigación si se considera la evaluación de *E. coli* ATCC 25922. Finalmente, ante aerobios mesófilos, en esta investigación se halló que no hubo diferencias significativas ($p > 0.01$) entre los tratamientos T1 y T2 en las dos superficies. Por otro lado, cabe recalcar que el modo de acción del desinfectante está íntimamente relacionado con la eficacia de los biocidas para prevenir la aparición de microorganismos con resistencia (Maillard, 2002). Así, el ácido peracético (PAA) interfiere en la función quimiosmótica de la membrana citoplasmática y las lipoproteínas de transporte mediante desplazamientos o rupturas de la pared celular, lo que favorece su actividad contra las bacterias Gram negativas. Además, tiene la capacidad de oxidar enzimas clave dentro de las células, afectando de este modo a las vías bioquímicas importantes, al transporte activo a través de las membranas y a los niveles de solutos intracelulares. Asimismo, otro beneficio añadido es que desactiva la catalasa, una enzima que se conoce por descomponer los radicales libres de hidroxilo (Kitis, 2004). En tanto que la capacidad biocida de los amonios cuaternarios (QAC) está relacionada con la destrucción de las membranas celulares y la unión a los fosfolípidos de forma irreversible, siendo esto posible gracias a su grupo catiónico de cabeza en el exterior y la inserción de colas hidrofóbicas en la bicapa lipídica, lo que provoca la reorganización de la membrana y la pérdida de componentes intracelulares (Ioannou et al., 2007).

Por último, conviene subrayar que la eficacia de un desinfectante viene determinada principalmente por parámetros como la concentración, temperatura y pH de la solución, duración de la exposición, presencia de materia orgánica y carga microbiana (P. Gutiérrez y Dueñas, 2012). Por lo que la concentración de los inóculos en este estudio estuvo ajustada a un valor aproximado de 10^8 UFC/ml, tal y como lo trabajaron en sus investigaciones de eficacia Baca (2012), Kunigk y Almeida (2001), Marín et al. (2000), Ramesh et al. (2002) y Torres (2012). Así mismo, la FDA recomienda utilizar niveles de inóculo de al menos 6 - 7 log UFC/g en experimentos de reducción microbiológica o de desafío para mostrar o registrar el nivel de inactivación de microorganismos comúnmente patógenos con cualquier tratamiento administrado (Food and Drug Administration [FDA], 2001). Por otra parte, en el estudio del pH de las soluciones desinfectantes utilizadas, se obtuvo que el pH del ácido peracético fue de 6.50 ± 0.05 , valor que se encuentra en el intervalo mencionado de pH para el buen desempeño de la solución. En efecto, según literatura, la eficiencia del PAA se da sobre un amplio espectro de pH que va desde 3 hasta 7.5 (Block, 2001; Lenahan, 1992). Mientras que para el amonio cuaternario a 250 ppm el pH estuvo en 7.27 ± 0.03 , lo cual es concordante con el rango de valores de pH manifestados en la ficha técnica del producto (pH: 6.5 – 8) y con el valor de pH obtenido por P. Gutiérrez y Dueñas (2012) de su solución de cloruro de amonio cuaternario a 200 ppm, 6.79 ± 0.02 . Cabe mencionar que los QAC son más activos en el rango de pH de 5 a 10 y que su eficacia disminuye significativamente por debajo de 4 y por encima de 10 (Wildbrett, 2000). No obstante, es preciso señalar que los QAC funcionan mejor en un intervalo de pH alcalino, aunque ello puede cambiar según el tipo de microorganismo. Por ejemplo, en un rango de pH ácido, las bacterias Gram negativas son más sensibles a los amonios (Marriott y Gravani, 2006). Razón tal vez por la que en esta investigación no se obtuvo que el amonio cuaternario fuera el que consiguiera mejores porcentajes de eficacia de reducción en general.

VI. CONCLUSIONES

- En las condiciones de ensayo evaluadas, se demostró que los dos desinfectantes fueron eficaces en la reducción de *Salmonella typhimurium* en las superficies inertes inoculadas. Así, el ácido peracético a 200 ppm obtuvo una eficacia de 99.97 % en los dedos de goma y 99.69 % en las mesas de acero inoxidable. Mientras, el amonio cuaternario a 250 ppm logró eficacias del 99.97 % y 99.68 % en las superficies de los dedos de goma y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. Sin embargo, en la combinación de ambas soluciones (T2) en las dos superficies se consiguió una eficacia del 100.00 %.

- Para coliformes totales, la eficacia del ácido peracético a 200 ppm fue del 100.00 % en los dedos de goma y 99.97 % en las mesas de acero inoxidable, en tanto que para el amonio cuaternario a 250 ppm fue del 99.67 % y 99.72 % en las superficies de los dedos de goma y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. Además, de la combinación de las soluciones (T2) se obtuvo eficacias del 99.94 % en los dedos de goma y 99.88 % en las mesas de acero inoxidable.

- Para aerobios mesófilos, el ácido peracético a 200 ppm consiguió una eficacia del 99.99 % en los dedos de goma y 99.97 % en las mesas de acero inoxidable. Mientras que el amonio cuaternario a 250 ppm obtuvo eficacias del 99.64 % y 99.63 % en las superficies de los dedos de goma y las mesas de acero inoxidable, respectivamente. A su vez, de la combinación de ambas soluciones (T2) se logró una eficacia del 99.93 % en los dedos de goma y 99.89 % en las mesas de acero inoxidable.

- La comparación entre los porcentajes en los tres tratamientos determinó que ante *Salmonella typhimurium* no presentaron diferencias significativas ($p > 0.01$) entre sí en los dedos

de goma; en cambio, en las mesas de acero inoxidable se halló que el tratamiento T2 fue significativamente diferente ($p < 0.01$) al presentarse un 100 % de eficacia. Por otra parte, ante coliformes totales, se obtuvo que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre sí para ambas superficies. Finalmente, ante aerobios mesófilos, se encontró que no hubo diferencias significativas ($p > 0.01$) entre los tratamientos T1 y T2, presentando ambos alta eficacia para las dos superficies de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

- Examinar el procedimiento de limpieza y desinfección de superficies inertes en contacto *in situ* para verificar la capacidad de reducción de los microorganismos evaluados cuando se trate con los desinfectantes en estudio y así a su vez evitar la formación de biopelículas.
- Realizar un ajuste del pH de la solución de amonio cuaternario para optimizar su efecto contra microorganismos Gram negativos como *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*.
- Se sugiere a próximos investigadores realizar una investigación previa de la microflora presente en las superficies de los equipos o maquinaria que se requiere limpiar con habitualidad en la planta de faenamiento avícola para buscar aislar y determinar la presencia de microbios que representen un riesgo potencial en el proceso de beneficio y/o producción y con ello poder utilizar el desinfectante más recomendable.
- A la planta de faenamiento avícola, evaluar los desinfectantes de forma periódica y contra otros microorganismos patógenos altamente prevalentes en la industria avícola como *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli* O157:H7 para detectar a tiempo la presencia de nuevas cepas con perfiles de resistencia a los desinfectantes y/o comprobar frente a ellas su eficacia con la finalidad de valorar la necesidad de realizar o no su rotación, así como para tener vigente la estrategia de limpieza y desinfección en planta.
- Realizar capacitaciones sobre el uso adecuado de los desinfectantes a todo el personal involucrado en su manipulación con el objetivo de evitar que los microorganismos desarrollen resistencia por un uso excesivo o mal uso.
- Ampliar la investigación a otras áreas de la planta de faenamiento avícola que manipulen productos listos para consumir o productos terminados.

VIII. REFERENCIAS

- Adams, M. y Moss, M. (2008). *Food Microbiology* (3rd ed.). RSC Publishing.
https://www.academia.edu/36453321/Food_Microbiology_Third_Edition
- Aguilera, M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia : instituciones, organizaciones y tecnología. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana*, 87(1046), 73. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3177>
- Alcamo, E. (2001). *Fundamentals of microbiology* (6th ed.). Sudbury, Mass Jones and Bartlett.
- Aldebarán Sistemas. (2016). Clasificación de los cuaternarios de amonio. *Aldebarán Sistemas*.
<https://aldebaransistemas.com/tipos-cuaternarios-amonio-c/>
- Alkyd Chemical S.A. Investigación y Desarrollo. (2016). *La elección correcta Desinfectantes* [Diapositiva de PowerPoint]. SlidePlayer, 49. <https://slideplayer.es/amp/5362412/>
- Alzate, L. (2011). *Limpieza y Desinfección en La Industria de Alimentos* [Archivo PDF] Corporación Universitaria Lasallista. <https://es.scribd.com/doc/67395766/Limpieza-y-Desinfeccion-en-La-Industria-de-Alimentos>
- Arias, O. (2018). *Evaluación de la concentración óptima de detergentes y desinfectante industrial, en el proceso de lavado y desinfección de envases de policarbonato para el embotellamiento de agua de consumo humano* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1317>
- Arispe, I. y Tapia, M. S. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 13(24), 105–117.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199216580008>

- Ashbolt, N., Grabow, W. y Snozzi, M. (2001). Water Quality : Guidelines, Standards and Health : Assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases. En L. Fewtrell y J. Bartram (Eds.), *Indicators of microbial water quality* (pp. 289–315). IWA Publishing; World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42442/924154533X.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asociación Peruana de Avicultura (APA). (22 de setiembre de 2021). Declaran como celebración el día latinoamericano de la carne de pollo. *Boletín Setiembre 2021*. <https://apa.org.pe/portfolio-item/boletin-setiembre-2021/>
- AviNews. (26 de junio de 2020). Cifras positivas para la producción del sector avícola peruano en 2020. *AviNews*. <https://avicultura.info/sector-avicola-peruano-cifras-produccion-positivas-2020/>
- Baca, R. (2012). *Efecto del ácido peracético sobre la supervivencia de Listeria monocytogenes y Escherichia coli; en superficies inertes contaminadas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNITRU. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1020>
- Back, A. (2012). Salmonelosis paratífica: la enfermedad y su control. *Industria Avícola*, 14–17. <https://www.industriaavicola.net/enfermedades-y-sanidad/salmonelosis-paratifica-la-enfermedad-y-su-control/>
- Bautista, R. (2002). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de un desinfectante formulado a base de orégano (Lippia graveolens), en la sanitización del equipo de terapia respiratoria en la Unidad de cuidados intensivos neonatales del Hospital Nacional de niños Benjamín*

- Bloom* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1520>
- Beltrán, C. y Valenzuela, A. (2009). *Evaluación del sistema de limpieza y desinfección de la empresa productos de Antaño S.A* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/8210>
- Berrang, M., Buhr, R., Cason, J. y Dickens, J. (2001). Broiler carcass contamination with *Campylobacter* from feces during defeathering. *Journal of Food Protection*, 64(12), 2063–2066. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.12.2063>
- Berrang, M., Windham, W. y Meinersmann, R. (2011). *Campylobacter, Salmonella, and Escherichia coli* on broiler carcasses subjected to a high pH scald and low pH postpick chlorine dip. *Poultry Science*, 90(4), 896–900. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2010-00900>
- Betelgeux-Christeysn. (2006). *Higiene en la Industria Avícola* [Folleto]. Betelgeux-Christeysn. https://www.betelgeux.es/images/files/Catalogos/POULTRY_BROCHURE_A4_ES.pdf
- Betelgeux. (2010). *Desinfectantes utilizados en la Industria Alimentaria: características, modo de actuación y aspectos que inciden en su eficacia* [Boletín]. Betelgeux. https://www.betelgeux.es/images/files/Documentos/Articulo_boletin_Desinfectantes_y_Modo_de_accion_en_IIAA.pdf
- Block, S. S. (2001). Peroxygen compounds. En S. Block. (Ed.), *Disinfection, Sterilization, and Preservation* (5th ed., pp. 191–200). Lippincott Williams & Wilkins.

https://books.google.com.pe/books?id=3fkPJ17_TYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Bonilla, H. (2016). *Estudio de viabilidad para la introducción de un nuevo producto de limpieza en el mercado* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Digital Institucional IPN. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21314/25-1-16921.pdf>
- Burguet, N., Brito, L. y Cánovas, I. (2013). Evaluación de la efectividad de un desinfectante mediante el método de placas de contacto. *Revista Cubana de Farmacia*, 47(2), 185–192. <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v47n2/far06213.pdf>
- Bustamante, M. (2015). *Avances en los sistemas de limpieza y desinfección aplicados en la Industria Alimentaria* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2222/Tesis de Miguel Santiago Bustamante Alzate.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2222/Tesis%20de%20Miguel%20Santiago%20Bustamante%20Alzate.pdf?sequence=1)
- Caballero, Á., Grave, O., Cárdenas, T., Carreño, M., Arauz, R. y Peraza, F. (2002). Guía para la confección de programas de limpieza y desinfección en establecimientos de alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 16(1), 77–80. [https://www.adiveter.com/ftp_public/limpieza y desinfeccion.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/limpieza_y_desinfeccion.pdf)
- Callaway, T., Edrington, T., Anderson, R., Byrd, J. y Nisbet, D. (2008). Gastrointestinal microbial ecology and the safety of our food supply as related to *Salmonella*. *Journal of Animal Science*, 86(suppl 14), E163–E172. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/jas.2007-0457>

- Callejas, L. e Izquierdo, J. (2009). *Verificación del proceso de limpieza y desinfección de los laboratorios: aguas y lodos, inmunología especializada y citometría de flujo, microbiología de alimentos y microbiología ambiental y de suelos* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/8219>
- Canals, A. y Rosell, J. (2005). *Campylobacteriosis en aves de corral* [Archivo PDF]. Departamento de Sanitat y Seguretat Social. Generalitat de Catalunya. https://www.adiveter.com/ftp_public/campilobacteriosis_aves_corral.pdf
- Caparrós, F. (2013). Capítulo 1: Procedimientos y tipos de limpieza. En IC Editorial (Ed.), *MF1310_1: Limpieza y desinfección en laboratorios e industrias químicas* (1st ed., p. 188). IC Editorial. <https://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/30408/book/OEBPS/Text/chapter1.html>
- Carchi, M. y Serrano, D. (2016). *Análisis de la efectividad del amonio cuaternario y ácido peracético frente a coliformes totales y Escherichia coli en superficies inertes del área de empaques al vacío de la planta de embutidos PIGGIS* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25988>
- Castañeda, M., Braña, D., Rosario, C. y Martínez, W. (2013). *Calidad microbiológica de la carne de pollo* (Libro técnico N° 9). D. Braña. <https://es.slideshare.net/MauricioRuz/calidad-microbiologica-de-la-carne-de-pollo>
- Cervantes, E. (2010). Mantenimiento de infraestructura, operacional y responsabilidades básicas.

- Industria Avícola.* <https://www.industriaavicola.net/procesamiento-y-sacrificio/mantenimiento-de-infraestructura-operacional-y-responsabilidades-basicas/>
- Chaves, B., Han, I., Dawson, P. y Northcutt, J. (2011). Survival of artificially inoculated *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* on the surface of raw poultry products subjected to crust freezing. *Poultry Science*, 90(12), 2874–2878. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2011-01640>
- Chiu, C., Su, L. y Chu, C. (2004). *Salmonella enterica* serotype Choleraesuis: epidemiology, pathogenesis, clinical disease, and treatment. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(2), 311–322. <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/CMR.17.2.311-322.2004>
- Codex Alimentarius. (2008). *Directrices para la validación de medidas de control de la inocuidad de los alimentos (CAC/GL 69-2008)*. 1–16. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXG%2B69-2008%252FCXG_069s.pdf
- Codex Alimentarius. (2020). *Principios generales de higiene de los alimentos (CXC-1-1969)*. 1–39. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001s.pdf
- Colegio de Ciencias de Agricultura de Penn State. (2006). *El control de Listeria monocytogenes en establecimientos de venta al consumidor o al detalle* [Archivo PDF]. <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/xk006.pdf>

- Copes, J., Pellicer, K., Malvestiti, L. y Stanchi, N. (2000). Sobrevivencia en tablas de cocina de madera y plástico inoculadas experimentalmente con *Listeria monocytogenes*. *Analecta Veterinaria*, 20(2), 47–50.
http://www.fcv.unlp.edu.ar/images/stories/analecta/vol_20_n2/039_VE20n2_copes_listeria_tablas_cocina.pdf
- Criquelion, J., Durand, F., Olivier, F., Rauwel, G. y Sabat, F. (2002). Características generales de las funciones químicas desinfectantes. En J. Leveau y M. Bouix (Eds.), *Manual técnico de higiene, limpieza y desinfección* (pp. 247–301). Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Dontorou, C., Papadopoulou, C., Filioussis, G., Economou, V., Apostolou, I., Zakkas, G., Salamoura, A., Kansouzidou, A. y Levidiotou, S. (2003). Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from foods in Greece. *International Journal of Food Microbiology*, 82(3), 273–279. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00313-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00313-6)
- Eberle, K. N. y Kiess, A. S. (2012). Phenotypic and genotypic methods for typing *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in poultry. *Poultry Science*, 91(1), 255–264.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2011-01414>
- Echeverri, L., Cifuentes, G., Granados, J., Arias, J. y Fernández, C. (2007). Cinética de desinfección para cinco desinfectantes utilizados en industria farmacéutica. *Revista Cubana de Farmacia*, 41(2).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152007000200006
- Egas, E. (2013). *Evaluación del proceso de limpieza y desinfección en el área estéril del laboratorio farmacéutico Maquipharma S.A.* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. CORE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1636>

Environment Agency. (2002). *The Microbiology of Drinking Water. Part 1-Water Quality and Public Health. Methods for the Examination of Waters and Associated Materials* [Folleto]. Bristol.

http://www.standingcommitteeofanalysts.co.uk/archive/The_microbiology_of_drinking_water_part_1_water_quality_and_public_health_2002.pdf

Equipo Vértice. (2007). Productos de limpieza y desinfección. En Editorial Vértice (Ed.), *Gestión Medioambiental: manipulación de residuos y productos químicos* (1st ed., p. 272). Editorial Vértice.

<https://books.google.com.pe/books?id=0FaR35BOfEQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Estornell, J. (31 de enero de 2018). El ácido peracético (PAA): Biocida de amplio espectro y bajo en residuos. *Betelgeux-Christeyns*. <https://www.betelgeux.es/blog/2018/01/31/el-acido-peracetico-paa-biocida-de-amplio-espectro-y-bajo-en-residuos/>

Famiglietti, A., Quinteros, M., Vázquez, M., Marín, M., Nicola, F., Radice, M., Galas, M., Pasterán, F., Bantar, C., Casellas, J., Kovensky, J., Couto, E., Goldberg, M., Lopardo, H., Gutkind, G. y Soloaga, R. (2005). Consenso sobre las pruebas de sensibilidad a los antimicrobianos en Enterobacteriaceae. *Revista Argentina de Microbiología*, 37(1), 57–66. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213016778008>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]/ Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2003). *Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos* [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/y8705s/y8705s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (22 de octubre de 2021). *Producción y productos avícolas*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Farrell, D. (2013a). Beneficios nutricionales de la carne de pollo en comparación con otras carnes. *Revisión Del Desarrollo Avícola [FAO]*, 4. <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>
- Farrell, D. (2013b). Función de las aves de corral en la nutrición humana. *Revisión Del Desarrollo Avícola [FAO]*, 2–3. <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>
- Fernández, H. y Pérez-Pérez, G. (2016). *Campylobacter*: Fluoroquinolone Resistance in Latin-American Countries. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48(3), 255–259. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2016000300002>
- Flamenco, J. y Guevara, G. (2011). *Formulación de tres productos desinfectantes y evaluación de su actividad antimicrobiana* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1019>
- Fontecha, F. (2014). *Estudio de la eficacia bactericida y bacteriostática de productos químicos embebidos en materiales* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <https://www.tesisenred.net/handle/10803/285074#page=1>
- Food and Drug Administration [FDA]. (2001). *Evaluation and Definition of Potentially Hazardous Foods*. <https://www.fda.gov/media/103613/download>
- Forsythe, S. J. y Hayes, P. R. (2002). *Higiene de los alimentos. Microbiología y HACCP* (2nd ed.). Editorial Acribia S.A.

- Galán, L. (2003). *Desarrollo de métodos rápidos para verificar la eficacia fungicida de sustancias desinfectantes* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <http://hdl.handle.net/10803/5647>
- Gargallo, D., García, C., Muñoz, D., Ruiz, E. y Catalá-Gregori, P. (28-30 de octubre de 2015). Evaluación de la eficacia de desinfectantes en una incubadora comercial [Comunicación]. *Simposio Científico de Avicultura*, Málaga, España. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/12800_com-01.pdf
- Göksoy, E. Ö., Kirkan, Ş. y Kök, F. (2004). Microbiological quality of broiler carcasses during processing in two slaughterhouses in Turkey. *Poultry Science*, 83(8), 1427–1432. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1427>
- Gonzales, J. (2019). *Propuesta de mejora de las condiciones del faenado en la empresa avícola La Granja C&D S.A.C. para cumplir con las exigencias del Reglamento Sanitario N° 029-2007-AG* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2708>
- Granados, T. y Valenzuela, J. (2019). *Eficacia de un programa de limpieza y desinfección sobre la contaminación microbiana en superficies de un restaurante, Huancayo, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1210>
- Grupo Fagro de México. (4 de mayo de 2020). ¿Qué es el peróxido de hidrógeno? *El Blog de Fagro*. <https://blogdefagro.com/2020/05/04/que-es-el-peroxido-de-hidrogeno/>
- Gutiérrez, M. (2 de mayo de 2019). Avicultura de Perú continúa creciendo este año 2019. *AviNews*.

<https://avicultura.info/avicultura-de-peru-continua-creciendo-este-ano-2019/>

Gutiérrez, M. (16 de junio de 2021). Perú: Producción de carne de pollo exhibe una caída de 1,8% en 2021. *AviNews*. <https://avicultura.info/peru-produccion-de-carne-de-pollo-exhibe-caida-de-18-en-2021/>

Gutiérrez, P. y Dueñas, O. (2012). *Evaluación de propiedades antimicrobianas de cuatro productos desinfectantes para superficies de contacto con productos cárnicos listos para consumir* [Tesis de pregrado (Proyecto especial de graduación), Universidad Zamorano]. Biblioteca Digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1017>

Hernández, Á. (2006). *Aportaciones al estudio de la actividad antimicrobiana de los antisépticos y desinfectantes* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <http://www.tdx.cat/handle/10803/3898>

Herruzo, R. (2000). Desinfectantes españoles para el siglo XXI. *Anuales de La Real Academia Nacional de Medicina*, 791–806. <https://www.ranm.es/sesiones-y-actos/archivosesiones/2000/124-sesion-del-dia-31-de-octubre-del-2000.html?showall=&start=2>

Hui, Y. H., Bruinsma, B. L., Gorham, J. R., Nip, W.-K., Tong, P. S. y Ventresca, P. (2003). *Food Plant Sanitation* (1st ed.). Marcel Dekker, Inc. https://www.academia.edu/16976184/Food_Plant_Sanitation_Hui

Huss, H., Ababouch, L. y Gram, L. (2003). Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fisheries Technical Paper*. N° 444, 1–230. <https://seafood.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/snic/assessment-and-management-of->

seafood-safety-and-quality.pdf

Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos [ICMSF]. (1998).

Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities (1st ed.). Blackie Academic and Professional.

Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos [ICMSF]. (2002).

Microorganisms in Foods 7: Microbiological Testing in Food Safety Management (1st ed.). Kluwer Academic/Plenum Publisher.

Instituto Nacional de Alimentos [INAL] y Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (s.f.).

Procedimientos Operativos Estandarizados [Archivo PDF]. *Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT)*, 1–7.

http://www.anmat.gov.ar/portafolio_educativo/pdf/cap6.pdf

Ioannou, C. J., Hanlon, G. W. y Denyer, S. P. (2007). Action of disinfectant quaternary ammonium

compounds against *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(1), 296–306. <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/AAC.00375-06>

Kahrs, R. F. (1995). General disinfection guidelines. *Revue Scientifique et Technique*

(*International Office of Epizootics*), 14(1), 105–122. <https://doi.org/10.20506/rst.14.1.836>

Keklik, N., Demirci, A. y Puri, V. (2010). Decontamination of unpackaged and vacuum-packaged

boneless chicken breast with pulsed ultraviolet light. *Poultry Science*, 89(3), 570–581.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2008-00476>

Kiermeier, F., Wildbrett, G. y Mrozek, H. (2000). Productos químicos auxiliares para la limpieza

y desinfección. En G. Wildbrett (Ed.), *Limpieza y desinfección en la industria alimentaria*

- (1st ed., p. 364). Editorial Acribia S.A.
- Kitis, M. (2004). Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International*, 30(1), 47–55. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00147-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00147-8)
- Kunigk, L. y Almeida, M. C. B. (2001). Action of peracetic acid on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in suspension or settled on stainless steel surfaces. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32(1), 38–41. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822001000100009>
- Lavado, D. (2017). *Estudio comparativo de la carga bacteriana en carcasas de pollo provenientes de diferentes sistemas de beneficio y comercialización en el distrito de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2927>
- Le Bouquin, S., Allain, V., Rouxel, S., Petetin, S., Picherot, M., Michel, V. y Chemaly, M. (2010). Prevalence and risk factors for *Salmonella* spp. contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period. *Preventive Veterinary Medicine*, 97(3–4), 245–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.09.014>
- Lenahan, R. J. (1992). Peroxyacetic acid: The new generation sanitizer. *MBAA Technical Quaterly*, 29(2), 53–56. <https://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/1992/Abstracts/tq92ab22.htm>
- León, J. (30 de abril de 2021). Producción nacional avícola cayó 2% en 2020. *Agraria.Pe*. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-avicola-cayo-2-en-2020-24262>

- Leveau, J. y Bouix, M. (2002). *Manual técnico de higiene, limpieza y desinfección* (J. Leveau y M. Bouix (eds.)). Mundi-Prensa Libros, S.A.
- López, L., Romero, J. y Ureta, F. (2002). Acción germicida in vitro de productos desinfectantes de uso en la industria de alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, 52(1), 74–76. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121207>
- Maillard, J. Y. (2002). Bacterial target sites for biocide action. *Journal of Applied Microbiology*, 92(S1), 16S-27S. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.92.5s1.3.x>
- Marín, C., Balasch, S., Vega, S. y Lainez, M. (2011). Sources of *Salmonella* contamination during broiler production in Eastern Spain. *Preventive Veterinary Medicine*, 98(1), 39–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.09.006>
- Marín, C., González, S., Hernández, I., Mateos, M. y Vega, S. (2000). Importancia de la limpieza y desinfección en la persistencia de *Salmonella* en la avicultura. *Institut*, 2, 64–67. <https://avicultura.info/download/limpieza-desinfeccion-salmonella-avicultura.pdf>
- Marriott, N. y Gravani, R. (2006). *Principles of Food Sanitation* (5th ed.). Food Science Text Series.
- Matthews, K., Kniel, K. y Montville, T. (2017). *Food Microbiology: An Introduction* (4th ed.). ASM Press. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=r1zqDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP15&dq=Montville,+T.J.,+Matthews,+K.R.,+Kniel,+K.E.,+\(2012\).+Food+Microbiology+3rd+edn,+ASM&ots=4prQIIJyqy&sig=ixMeQZ-3vW9jFrWYvKx4AQ_tMoc#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=r1zqDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP15&dq=Montville,+T.J.,+Matthews,+K.R.,+Kniel,+K.E.,+(2012).+Food+Microbiology+3rd+edn,+ASM&ots=4prQIIJyqy&sig=ixMeQZ-3vW9jFrWYvKx4AQ_tMoc#v=onepage&q&f=false)

- Mayoralas, M. C., Álvarez, P. y Rodríguez, F. J. (2001). Desarrollo y puesta de un nuevo método, sencillo y efectivo, de limpieza y desinfección en la industria alimentaria. *Alimentaria: Revista de Tecnología e Higiene de Los Alimentos*, 323, 19–24.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=133912>
- McDonnell, G. y Russell, A. (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(1), 147–179.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1128/CMR.12.1.147>
- Mead, G. (2009). *Análisis microbiológico de carne roja, aves y huevos* (1st ed.). Editorial Acribia S.A.
- Mead, G., Lammerding, A., Cox, N., Doyle, M., Humbert, F., Kulikovskiy, A., Panin, A., Pinheiro, V., Wierup, M. y *Salmonella* On Raw Poultry Writing Committee. (2010). Scientific and technical factors affecting the setting of *Salmonella* criteria for raw poultry: a global perspective. *Journal of Food Protection*, 73(8), 1566–1590.
<https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.8.1566>
- Meleán, R., Bonomie, M. y Rodríguez, G. (2008). Procesos productivos de la industria avícola zuliana: Fases de alimento, engorde y beneficio. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 25(1), 160–184. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0378-78182008000100009&lng=es&tlng=es
- Melero, B., Vinuesa, R., Diez, A., Jaime, I. y Rovira, J. (2013). Application of protective cultures against *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter jejuni* in chicken products packaged under modified atmosphere. *Poultry Science*, 92(4), 1108–1116.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2012-02539>

Melrose Chemicals. (s.f.). *Cleaning and disinfecting in the food processing industry* [Archivo PDF]. <https://www.yumpu.com/en/document/read/5413485/cleaning-and-disinfecting-in-the-food-processing-industry>

Michanie, S. (2015). Monitoreo de la higiene de superficies. *Apuntes de Laboratorio*, 2, 1–19. <http://www.laensenadacorp.com/documentos/ApunteII-MONITOREODEHIGIENE.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2020). *Boletín estadístico mensual de la “Producción y comercialización de productos avícolas” Mes: diciembre Año: 2019.* Dirección de Estadística Agraria (DEA). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/519920/produccion-comercializacion-avicola-dic19-070220.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Boletín estadístico mensual de la “Producción y comercialización de productos avícolas” Mes: Agosto 2021.* Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datos-estadisticas/mensual/category/73-produccion-y-comercializacion-de-productos-avicolas-2021>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2022). *Boletín estadístico mensual de la “Producción y comercialización de productos avícolas” Mes: Diciembre 2021.* Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2819513/Boletín sobre producción y comercialización-avícola- DICIEMBRE 2021 .pdf>

Resolución Ministerial N° 282-2003-SA/DM [Ministerio de Salud (MINSA)]. Reglamento Sanitario de Funcionamiento de Mercados de Abasto. 27 de junio de 2003. Normas Legales

- N° 246762. Diario Oficial El Peruano.
- Resolución Ministerial N° 461-2007 [Ministerio de Salud (MINSA)]. Guía Técnica para el Análisis Microbiológico de Superficies en contacto con Alimentos y Bebidas. 7 de junio de 2007. Normas Legales N° 346583. Diario Oficial El Peruano.
- Moncada, J. (2012). *Evaluación de ácido peracético e hipoclorito de sodio sobre cepas de Salmonella spp., inoculadas en agua de chiller* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/13284>
- Mora, M. (2015). *Desarrollo de documentos de los programas prerrequisitos del sistema HACCP y del plan HACCP del salchichón criollo y validación del procedimiento de limpieza y desinfección de una superficie en contacto directo con alimentos en la empresa cárnica "La Feria del Cerdo LTDA"* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3604>
- Morán, A. (2017). *Limpieza y desinfección: cómo seleccionar el producto más adecuado* [Boletín]. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. https://acsa.gencat.cat/web/.content/Article/eines_i_recursos/acsabrief/Neteja_i_desinfeccio/Neteja-i-desinfeccio_Acsa-Brief_Castellano.pdf
- Northcutt, J., Cason, J., Smith, D., Buhr, R. y Fletcher, D. (2006). Broiler carcass bacterial counts after immersion chilling using either a low or high volume of water. *Poultry Science*, 85(10), 1802–1806. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ps/85.10.1802>

- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2021). Manual de limpieza y desinfección en salud animal. *Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA)*, 2, 100. [https://www.oirsa.org/contenido/2020-2/2021/Manual Limpieza Desinfección V5.pdf](https://www.oirsa.org/contenido/2020-2/2021/ManualLimpiezaDesinfecciónV5.pdf)
- Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Harris, L. J., Garrett, E. H., Farber, J. N. y Busta, F. F. (2003). Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(S1), 161–173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00033.x>
- Pedrique, M., De Vizcarrondo, M. y Gutiérrez, S. (2008). *Limpieza, desinfección, esterilización y antisepsia* [Archivo PDF]. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_14_Limpieza__desinfección.pdf
- Pereira, P. y Vicente, A. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018>
- Pérez, C., Mercado, M. y Carrascal, A. (2008). Incidencia de *Listeria* spp. en carcasas de pollo congelado en un supermercado del nororiente de Bogotá. *Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 6(10), 141–146. <https://doi.org/10.22490/24629448.404>
- Pérez, E., Barrera, C. y Castelló, M. (2017). Métodos para la desinfección en la industria alimentaria. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1, 1–8. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84175/Pérez%3BBarrera%3BCastelló Métodos para la desinfección en la industria alimentaria.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84175/Pérez%3BBarrera%3BCastelló_Métodos_para_la_desinfección_en_la_industria_alimentaria.pdf?sequence=1)

- Pérez, I. (2015). *Calidad y seguridad microbiológica de la carne de pollo: con especial referencia a la incidencia de Salmonella, Campylobacter y Listeria monocytogenes en las distintas etapas de la producción y procesado* [Tesis Doctoral, Universidad De La Rioja]. Fundación Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=46794>
- Puig, Y., Espino, M. y Leyva, V. (2011). Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *E. coli* aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Panorama Cuba y Salud*, 6(1), 30–38. <http://www.revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/view/74/pdf>
- Ramesh, N., Joseph, S. W., Carr, L. E., Douglass, L. W. y Wheaton, F. W. (2002). Evaluation of chemical disinfectants for the elimination of *Salmonella* biofilms from poultry transport containers. *Poultry Science*, 81(6), 904–910. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.904>
- Remache, J. (2020). *Evaluación de desinfectantes para la inhibición de microorganismos Pseudomonas spp, Salmonella spp y Staphylococcus aureus* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22043>
- Revista Industria Alimentaria. (2019). La avicultura y su crecimiento en el Perú. *Food & Health Consulting S.A.C.*, 45, 1–84. https://issuu.com/revistaindustriaalimentaria/docs/revista_ia__45
- Ríos, A. (2013). *Evaluación del nivel de contaminación de superficies y la eficacia de productos desinfectantes a corto y largo plazo. Nuevos métodos* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/129381/agrc1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rivera, W. (2012). *Identificación y diagnóstico de los puntos de la línea de procesamiento que generan riesgo de contaminación con Salmonella sp. en una planta procesadora de pollo: presencia, cuantificación y serotipificación del patógeno* [Tesis de pregrado (Proyecto de graduación), Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2497>
- Rojas, C. (2007). *Evaluación de cuatro desinfectantes sobre Listeria monocytogenes aislada de productos cárnicos crudos de una Planta de Procesados en Bogotá* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/8302>
- Ruiz, B. (2020a). Consumo per cápita de productos avícolas. *Industria Avícola*, 67(3), 1–44. <https://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/april2020/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=24#pg26>
- Ruiz, B. (2020b). Empresas líderes 2020: Fuerte crecimiento de la avicultura latinoamericana en 2019. *Industria Avícola*, 67(3), 1–44. <https://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/april2020/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=4#pg6>
- Russell, S. (2012). *Controlling Salmonella in poultry production and processing*. (1st ed.). CRC Press. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=-3XQ7TIqMJ0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Controlling+Salmonella+in+poultry+production+and+processing.&ots=yMsn3ALr13&sig=rniMdDlZWCLugpva1FT_Ctcj1cw#v=onepage&q=Controlling Salmonella in poultry production and processin
- Saucedo, F. (2010). *Coliformes* [Archivo PDF].

<https://es.scribd.com/doc/48008396/COLIFORMES>

Sauer, K. (2003). The genomics and proteomics of biofilm formation. *Genome Biology*, 4(6 (219)),

1–5. <https://doi.org/10.1186/gb-2003-4-6-219>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [SENASA]. (s.f.). *Guía de Buenas Prácticas de Faenado de animales de abasto* [Archivo PDF].

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2002708/Faenado animales abasto.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2002708/Faenado_animales_abasto.pdf.pdf)

Decreto Supremo N° 029-2007-AG [con fuerza de ley]. Reglamento del Sistema Sanitario Avícola. 1 de noviembre de 2007. Normas Legales N° 356401. Diario Oficial El Peruano.

Decreto Supremo N° 020-2009-AG [con fuerza de ley]. Modificatoria del Reglamento del Sistema Sanitario Avícola. 14 de octubre de 2009. Normas Legales N° 404310. Diario Oficial El Peruano.

Silverside, D. y Jones, M. (1992). *Small-scale Poultry Processing* (FAO (ed.)). FAO.

Sociedad Chilena de Microbiología e Higiene de los Alimentos [SOCHMHA]. (2004). *Programa de Pre-Requisitos: Base fundamental para la inocuidad alimentaria* [Archivo PDF].

https://ucampus.uchile.cl/m/medicina_catalogo/programa?bajar=1&id=20558

Taboada, A., Sánchez, E., Cava, R., Marin, F. y López, A. (29 de mayo de 2007). Efectividad de desinfectantes de superficies de los equipos en instalaciones de envasado de productos listos para su consumo [Congreso Iberoamericano]. *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Tecnología, Calidad y Seguridad Hortofrutícola*, Cartagena, España.

<https://repositorio.upct.es/entities/publication/e9ca7977-7052-4e70-9768-cf63905dfa5b>

- Tecnologías Aplicadas S.A. (14 de setiembre de 2009). Ácido Peracético en la Industria Alimentaria. *Tecnologías Aplicadas S.A.*
<http://alimentariatecnoaplicadas.blogspot.com/2009/09/acido-peracetico-en-la-industria.html>
- Terzolo, H. (28 de junio de 2011). Estudio bacteriológico de las Salmonellosis Aviaries (*S. pullorum*, *S. gallinarum*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium*) en América Latina [Seminario Internacional]. *Seminario Internacional Sobre Salmonellosis Aviar*, Río de Janeiro, Brasil.
https://www.researchgate.net/publication/280494913_Bacteriological_study_of_avian_Salmonellosis_S_pullorum_S_gallinarum_S_Enteritidis_S_Typhimurium_in_Latin_America_International_Seminar_on_Avian_Salmonellosis_UBABEF_-_ALA
- Torres, M. (2012). *Fortalecimiento del nivel de desarrollo documental de prerrequisitos del sistema HACCP y validación del Procedimiento de Operación Estándar de Limpieza y Desinfección (SSOP) de las superficies en contacto directo con los alimentos en la Compañía Agropecuaria Las Brisas* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI-UCR.
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2570>
- Troya, J. (2007). *Evaluación de la efectividad de los desinfectantes Divosan Forte y MH en la desinfección de equipos y áreas de trabajo en una empresa procesadora de helados* [Tesis de pregrado (Trabajo de Grado), Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/8304>
- Vandamme, P. y De Ley, J. (1991). Proposal for a new family, Campylobacteraceae. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 41(3), 451–455.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1099/00207713-41-3-451>

Vázquez, S., Selva, Q. y Legnani, M. (2013). *Importancia de los coliformes en los alimentos*

[Archivo PDF].

https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/documentos/importancia_de_los_coliformes_en_los_alimentos.pdf

Ventura, M. (2013). Aves de corral y productos avícolas: riesgos para la salud humana Sacrificio

y elaboración. *Revisión Del Desarrollo Avícola [FAO]*, 1–4.

<http://www.fao.org/docrep/016/al741s/al741s00.pdf>

Wesley, I., Harmon, K., Dickson, J. y Ramos, A. (2002). Application of multiplex Polymerase

Chain Reaction assay for the simultaneous confirmation of *Listeria monocytogenes* and

other *Listeria* species in turkey sample surveillance. *Journal of Food Protection*, 65(5),

780–785. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-65.5.780>

Wildbrett, G. (2000). *Limpieza y desinfección en la industria alimentaria* (1st ed.). Editorial

Acribia S.A.

Wirtanen, G. y Salo, S. (2003). Disinfection in food processing – efficacy testing of disinfectants.

Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2(2), 293–306.

<https://doi.org/10.1023/B:RESB.0000040471.15700.03>

IX. ANEXOS

Anexo A

Ficha de recolección de datos.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
Tipo de superficie:				Fecha de análisis:		
Tratamiento:				Fecha de lectura:		
Parámetro analizado:						
Código de tratamiento	Resultados				Resultados UFC/ml	Resultado Final (RM N° 461 – 2007/MINSA)
	Dilución	Placa 1	Placa 2	Confirmación		
Observaciones:						

Nota. Adaptado de *Eficacia de un programa de limpieza y desinfección sobre la contaminación microbiana en superficies de un restaurante, Huancayo, 2018*, por Granados y Valenzuela, 2019, Repositorio Institucional UPLA.

Anexo B

Ficha técnica del desinfectante SUPUROXID 15.

SOPUROXID 15

15221/05/07/A/SOES-A/1

DEPRESENTACION	Líquido incoloro.
APLICACION	Desinfección en la Industria Alimentaria.
COMPOSICION	Producto estabilizado que contiene 15 % p/p de ácido peracético y 22 % p/p de peróxido de hidrógeno.
PROPIEDADES	<p>La solución de empleo del SOPUROXID 15 se puede utilizar sin problemas sobre aluminio, inox, materias plásticas y revestimientos esmaltados así como material de caucho, en las condiciones recomendadas.</p> <p>Máximo al 0,2 % v/v sobre revestimiento tipo Epoxy.</p> <p>No es adecuado para el bronce, cobre, cinc, latón, elastómeros (caucho sintético, por ejemplo, neopreno, perbuna) ni el hierro.</p> <p>Materiales recomendados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - para el almacenamiento y la dosificación en forma concentrada: PE-duro. - para las membranas de las bombas dosificadoras: PTFE. - para las juntas: EPDM. <p>Producto apto para su aplicación en la industria alimentaria (cervecerías, bebidas, agro-exportación, avícolas, otros) y cumple con todas las legislaciones nacionales, europeas y de la FDA de acuerdo a los límites permitidos.</p>
CONCENTRACIONES DE EMPLEO	0,02 a 0,5 % v/v (máximo 0,2 % v/v sobre revestimientos). Tiempo de contacto: 15 a 20 minutos. Temperatura ambiente.
VALORACION	<p>Reactivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ácido sulfúrico al 25 % - Solución de permanganato de potasio N/10. - Ioduro de potasio (sólido) - Solución de almidón al 1 % - Solución de tiosulfato de sodio N/50

SOPURA S.A.C.
Ca. Dos de Mayo N° 516
Int.407 Miraflores-Lima

TEL: +5114441996
FAX: +5114441996
E-mail: peru @ sopura.com



SOPUROXID 15

15221/05/07/A/SOES-A/2

Modo operatorio:

- Pipetear 50 ml de la solución de empleo del producto.
- Añadir 25 ml de la solución de ácido sulfúrico al 25 %
- Valorar con la solución de permanganato de potasio N/10 hasta la aparición de una débil coloración rosa.

- Añadir enseguida una punta de espátula de ioduro de potasio (alrededor de 1 g) y valorar con la solución de tiosulfato de sodio N/50. Cuando la solución se vuelve amarillo pálido, añadir 2 ml de la solución de almidón al 1 % y seguir la valoración hasta la desaparición de la coloración azul.

% v/v SOPUROXID 15 = número de ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ N/50 x 0,009
% p/v SOPUROXID 15 = número de ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ N/50 x 0,010

ppm $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ = número de ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ N/50 x 15
ppm H_2O_2 = número de ml KMnO_4 N/10 x 34

Es muy importante no poner KMnO_4 N/10 en exceso en la primera valoración.

Determinación de la concentración mediante tiras reactivas:

Referencias:

De 5 a 50 ppm de ácido peracético: merck. 1.10084.0001
De 100 a 500 ppm de ácido peracético: merck. 1.10001.001
Proveedor: Merck

Peso específico: 1,150 ± 0,015

EMBALAJE

Garrafa - Bidón (con tapón de aireación).

SOPURA S.A.C.
Ca. Dos de Mayo N° 516
Int.407 Miraflores-Lima

TEL: +5114441996
FAX: +5114441996
E-mail: peru @ sopura.com



SOPUROXID 15

152/21/05/07/A/SOES-A/3

ALMACENAMIENTO	El envase debe ser siempre mantenido en posición vertical . Almacenar siempre el producto en su envase de origen y protegerlo de los rayos solares. El bidón debe estar siempre bien cerrado por su tapón de rosca de origen. Si se saca producto del envase, no se puede volver a verter en el mismo. No poner el producto comercial en contacto con materias orgánicas (grasas, papeles, caucho, etc). Para trasvasar el producto, utilizar únicamente recipientes limpios en inox o polietileno.
PRIMEROS AUXILIOS	Quitarse inmediatamente toda la ropa manchada. Piel: lavar la parte afectada con abundante agua durante 15 minutos como mínimo, evitando que se contamine el resto. Ojos: lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos, consultar a un especialista.
PREPARACION PELIGROSA	Ver ficha de datos de seguridad.
TRANSPORTE	ADR-RID : IMO : Ver ficha de datos de seguridad.
Nº REGISTRO PLAGUICIDAS	10-20/40-03964HA

SOPURA S.A.C.
Ca. Dos de Mayo N° 516
Int.407 Miraflores-Lima

TEL +5114441996
FAX +5114441996
E-mail peru@sopura.com



Anexo C

Ficha técnica del desinfectante DMQ.

DMQ
Fecha de revisión: 24/05/2020



DMQ

Desinfectante, Virucida de Superficies duras Inertes no porosas

DMQ un potente Desinfectante Virucida líquido de pH neutro a base de Amonio Cuaternario de quinta generación y Biguanidina Polimérica en medio alcohólico, que ha sido desarrollado para su uso Profesional, Institucional y en Salud Pública como: centros educativos, comedores públicos, Hogares incluido cuartos y juguetes de bebe, oficinas, centros de expendio de alimentos, oficinas, centros comerciales, transporte público, electrodomésticos, casas de reposo, no daña ni mancha las telas, no corroe metales, se puede aplicar sobre toda superficie lavable, está autorizado para Clínicas y Hospitales en diferentes áreas críticas y semicríticas tales como: salas comunes, urgencias, zonas quirúrgicas, baños, sanitarios, pisos, paredes, salón de legrados, obstetricia, hemodiálisis, zona de aislamiento, área de lavandería, área de enfermería, almacenes, vestidores, etc. La presencia de amonios cuaternarios en su formulación contiene por naturaleza un poder de limpieza en dichas superficies inertes.

DMQ es muy amigable al usuario, siendo de pH neutro no hay necesidad de proteger ninguna superficie lavable, no daña ni destiñe la ropa aun como producto concentrado, se puede aplicar manualmente, con aspersor y/o nebulización, en laboratorios clínicos, consultorios médicos, dentales, veterinarios y cosméticos, se puede utilizar en cualquier tipo de superficies inertes (pisos, paredes, puertas, encimeras, escaleras, techos, ventanas, vidrio, accesorios, equipamiento, mobiliario, artículos sanitarios, camillas, bañeras, sillas de duchas, vidrios, mamparas, vehículos, etc).

DMQ actúa eficazmente sobre *virus como Coronavirus Humano (ATCC VR-740, cepa 229E), Coronavirus asociado al SARS-Cov 2, y Tuberculosis la Influenza, Hepatitis B, Hepatitis C, Herpes Tipo 2 y VIH tipo 1*. Bacterias gram positivas y gram negativas, siendo probada su acción desinfectante frente a los microorganismos: *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Enterobacter cloacae, Enterobacter aerogenes, Klebsiella pneumoniae, Proteus vulgaris, Acinetobacter sp, Salmonella enterica ser. typhi, Salmonella enterica ser. cholerae suis, Salmonella enterica ser. Newport, Pseudomona aeruginosa, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Enterococcus spp, Penicillium, Candida albicans, Aspergillus niger*.

INSTRUCCIONES DE USO

- Para desinfección y actividad virucida, fungicida de superficies y equipos:

Diluya **DMQ** en agua, en una proporción desde 0.66% hasta 1%; es decir, una dilución 1:150 hasta 1:100 (6.66 ml - 10 ml de producto en un litro de agua respectivamente), concentración de ingrediente activo de Amonio Cuaternario de 5ta Generación entre 650 ppm hasta 1110 ppm; preste atención al grado de carga orgánica en la superficie. Aplicar la solución de producto con un paño desechable, paño de microfibrá, una esponja o toalla; permita que el producto permanezca en la superficie por un tiempo de 1 a 5 minutos. No requiere enjuague.

DMQ
Fecha de revisión: 24/05/2020

DMQ
Fecha de revisión: 24/05/2020

- Para desinfección, desodorización, actividad virucida y fungicida de ambientes:

Diluya **DMQ** en agua, en una proporción en una proporción desde 0.66% hasta 1%; es decir, una dilución 1:150 hasta 1:100 (6.66 ml - 10 ml de producto en un litro de agua respectivamente) para la desinfección de ambientes por medio de un sistema de nebulización como: Torre Nebulizadora, Aspersores de gatillo, Nebulizadores, Pistolas Lonny y/o cualquier otro equipo del mercado que ejecute dicha función, permita que el producto permanezca en contacto con el ambiente por un tiempo de 5 a 10 minutos. Al finalizar la aplicación el producto NO requiere enjuague. Luego de este procedimiento de desinfección, la circulación de personas en el área debe ser a partir de los 20 minutos mientras se disipa el producto en el ambiente.

Nota: para Pediluvios en desinfección de calzado y superficies duras inertes no porosas con alta carga Microbicida, se recomienda usar el DMQ en proporción al 2.22%; es decir, una dilución 1:45 (22.22 ml de producto en un litro de agua), dicha solución contiene a una concentración de i.a. Amonio Cuaternario de 5ta Generación entre 2500 ppm a 3000 ppm. Aplicar la solución de producto con un paño desechable, paño de microfibra, una esponja o toalla; permita que el producto permanezca en la superficie por un tiempo de 1 a 3 minutos. Se recomienda pasar sobre las superficies un paño microfibra limpio humedecido con agua para retirar el exceso que pueda llegar a tenerse luego de realizar la operación.

*Es recomendable usar la solución el mismo día, a partir de las 48 horas empieza a disminuir su efectividad.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

- Aspecto : Líquido translúcido rojo intenso
- Olor : Característico
- Densidad : 0.98 - 1.01 g/ml a 24°C
- pH (Concentrado) : 6.5 – 8
- Porcentaje de sólidos en peso : 18 - 22 %
- Estabilidad en almacenamiento : Mínimo 2 años a 24°C
- Principio activo de desinfección : Biguanidina Polimérica 0.3 %
Amonio Cuaternario 5ª generación 1.92%

AUTORIZACIÓN SANITARIA

- Autorización Sanitaria de Desinfectantes y Plaguicidas de uso doméstico, industrial y en salud pública (Nacional e Importado) **R.D N°3365-2017/DCEA/DIGESA/SA**

INFORMACIÓN ADICIONAL

El producto **DMQ** fabricado por nuestra casa matriz Spartan Chemical Co.Inc. de USA, cuenta con las siguientes certificaciones:

- Aprobado para uso por el Departamento de Agricultura Estadounidense - USDA/NSF, categoría C1.
- El producto es Microbicida de acuerdo con el enfrentamiento de eficacia realizado por nuestra casa matriz Spartan Chemical Company, Inc. De EE.UU. y enfrentamiento virucida y fungicida realizado nacionalmente por un laboratorio Acreditado y certificado.

EMPAQUE

DMQ se comercializa en envases de polietileno de alta densidad en presentación de caja de 12 litros, caja de 4 galones, bidón de 5 galones, caneca de 20 galones, tambor económico de 55 galones e IBC de 250 galones.

Condiciones de almacenamiento: Mantener en envase original cerrado en lugar fresco y seco y en áreas bien ventiladas. No someter a temperaturas por encima de 40°C. **EVITE LA LUZ SOLAR DIRECTA**, y no guarde cerca de fuentes de radiación o calor. Bidones y cilindros no apilables.

Identificación de lote: Sistema correlativo interno por orden de proceso de cuatro (04) dígitos seguidos de un guion y dos (02) dígitos que indican el año de producción.

GARANTÍA

Métodos normalizados de producción y control de laboratorio, aseguran una calidad uniforme en cada lote de producto elaborado. Si tiene alguna insatisfacción con el desempeño del producto, no dude en comunicarse con su asesor en Ecoglobo Sac.

Algunos productos pueden requerir una manipulación especial durante la aplicación. Asegúrese de leer la información técnica y la hoja de datos de seguridad antes de usar el producto.

Elaboró: Jefe Aseguramiento de Calidad y Gestión Ambiental	Revisó: Jefe Aseguramiento de Calidad y Gestión Ambiental	Aprobó : Gerente de Planta de Producción
--	---	--

Fecha de elaboración: 26-02-2015

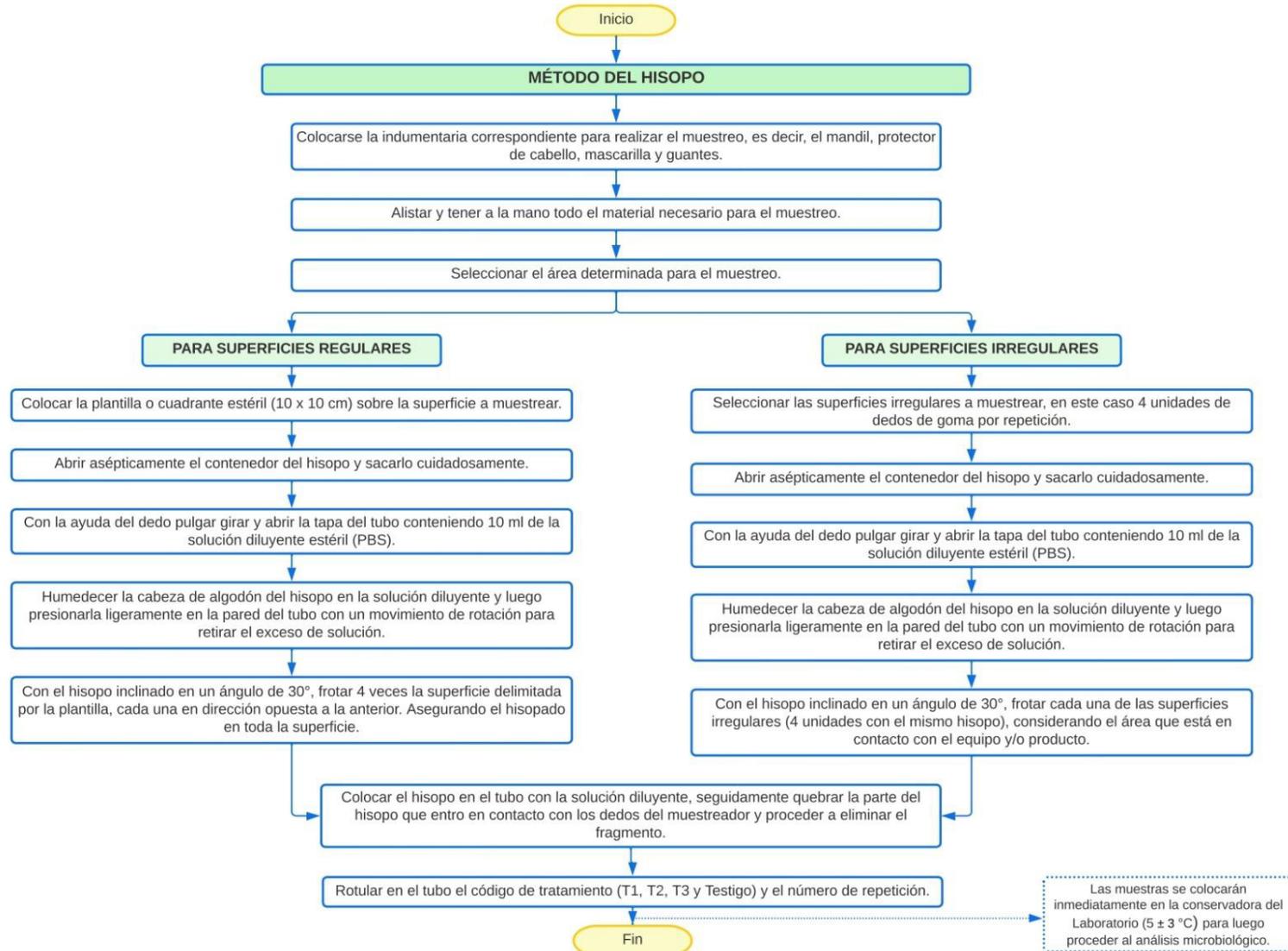
Versión:6

Fecha de revisión: 24-05-2020

PARA MAYOR INFORMACIÓN CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (MSDS) O LA ETIQUETA DEL PRODUCTO

Anexo D

Diagrama operativo de procedimiento para la toma de muestra mediante el Método del hisopo (RM N° 461-2007 MINSA).

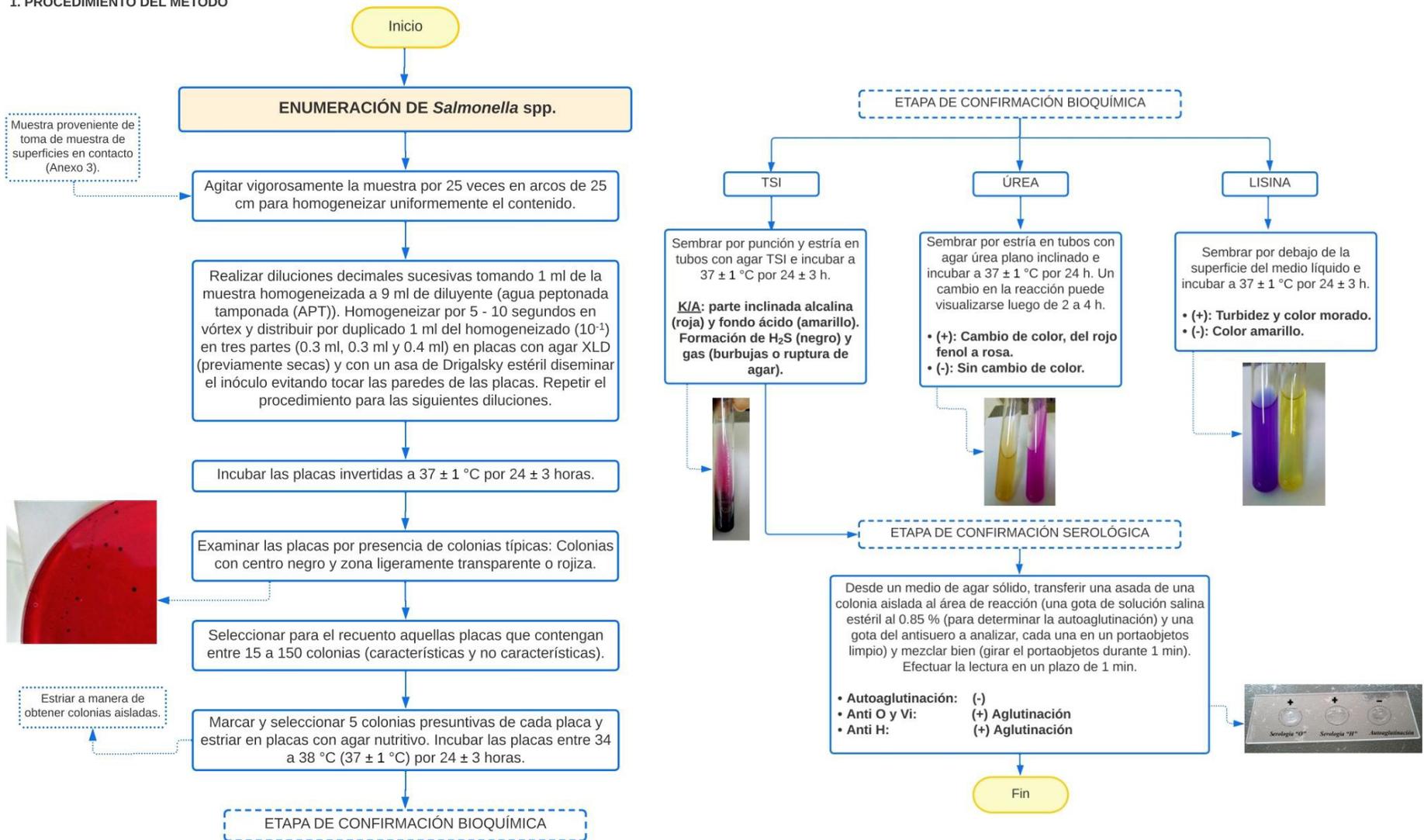


Nota. Elaboración propia.

Anexo E

Diagrama operativo de Enumeración de Salmonella spp. - ISO 11290-2:1998/Amd1:2004/RM N° 461-2007 MINSA.

1. PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO



Nota. Elaboración propia.

2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

	Pruebas bioquímicas			Serología	
	TSI	ÚREA	LISINA	Anti O	Anti H
<i>Salmonella</i> spp.	K/A, Gas (+), H ₂ S (+)	-	+	+	+

3. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

A. Cálculo según el método de ensayo:

$$N = \frac{\sum a}{V(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Dónde:

Σ a: Suma de colonias identificadas en todas las placas seleccionadas, donde por lo menos una de las cuales contiene un mínimo de 10 colonias. Así, el cálculo de "a" es:

$$a = \frac{b_c}{a_c} \times c_c$$

a_c: número de colonias típicas sometidas a confirmación.
 b_c: número de colonias típicas confirmadas.
 c_c: número total de colonias observadas en la placa.

V: Volumen del inóculo puesto en cada placa (1 ml).

n₁: Número de placas seleccionadas de la primera dilución.

n₂: Número de placas seleccionadas de la segunda dilución.

d: Factor de dilución correspondiente a la primera dilución (10⁻ⁿ). Ejemplo: 10⁻¹ = 0.1

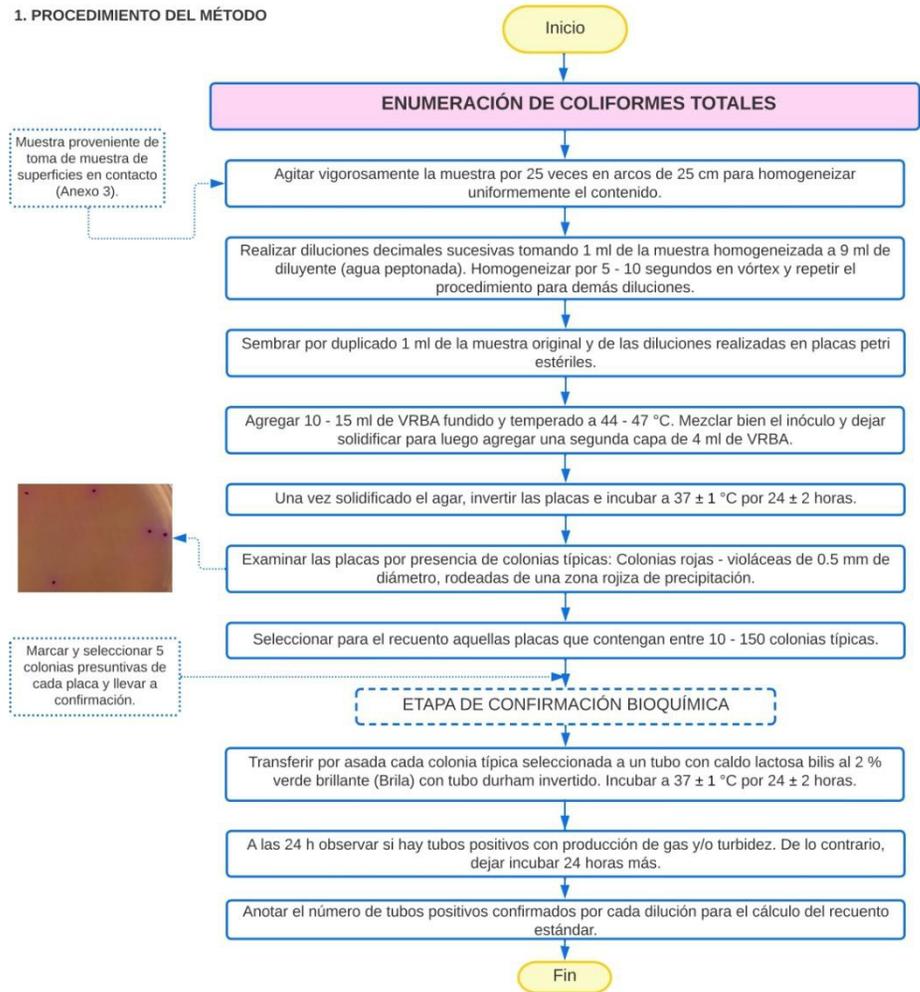
B. Cálculo según la Resolución Ministerial (RM N° 461 – 2007):

- **Para superficies inertes regulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el área de la superficie hispada o muestreada (100 cm²). La expresión del resultado será UFC/cm².
- **Para superficies inertes irregulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el número de unidades muestreadas (máximo 4). La expresión del resultado será UFC/superficie muestreada.

Anexo F

Diagrama operativo de Enumeración de coliformes totales - ISO 4832:2006/RM N° 461-2007 MINSA.

1. PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO



Muestra proveniente de toma de muestra de superficies en contacto (Anexo 3).



Marcar y seleccionar 5 colonias presuntivas de cada placa y llevar a confirmación.

Nota. Elaboración propia.

2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

A. Cálculo según el método de ensayo:

$$N = \frac{\sum a}{V(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Dónde:

Σ a: Suma de colonias identificadas en todas las placas seleccionadas, donde por lo menos una de las cuales contiene un mínimo de 10 colonias. Así, el cálculo de "a" es:

$$a = \frac{b_c}{a_c} \times c_c$$

a: número de colonias típicas sometidas a confirmación.
 b: número de colonias típicas confirmadas.
 c: número total de colonias observadas en la placa.

V: Volumen del inóculo puesto en cada placa (1 ml).

n₁: Número de placas seleccionadas de la primera dilución.

n₂: Número de placas seleccionadas de la segunda dilución.

d: Factor de dilución correspondiente a la primera dilución (10ⁿ). Ejemplo: 10⁻¹ = 0.1

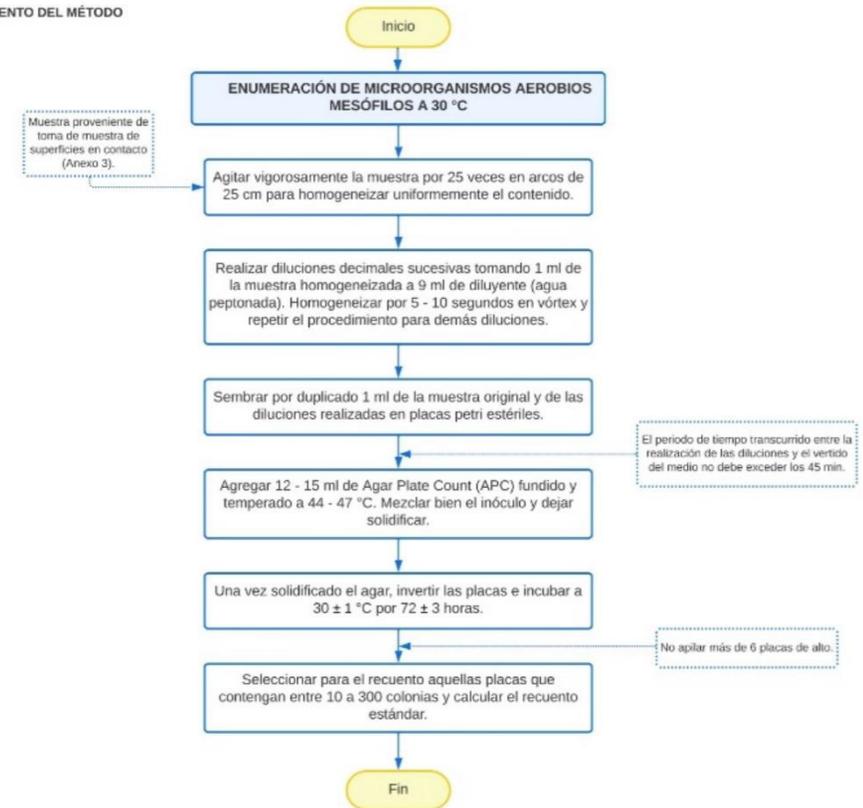
B. Cálculo según la Resolución Ministerial (RM N° 461 – 2007):

- **Para superficies inertes regulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el área de la superficie hisopada o muestreada (100 cm²). La expresión del resultado será UFC/cm².
- **Para superficies inertes irregulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el número de unidades muestreadas (máximo 4). La expresión del resultado será UFC/superficie muestreada.

Anexo G

Diagrama operativo de Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos a 30 °C - ISO 4833-1:2013/RM N° 461-2007 MINSA.

1. PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO



Nota. Elaboración propia.

2. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

A. Cálculo según el método de ensayo:

$$N = \frac{\Sigma C}{V(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Dónde:

Σ C: Suma de las colonias contadas en las placas de las dos diluciones consecutivas, de las cuales al menos una contiene un mínimo de 10 colonias.

V: Volumen de inóculo utilizado en cada placa (ml).

n₁: Número de placas seleccionadas de la primera dilución.

n₂: Número de placas seleccionadas de la segunda dilución.

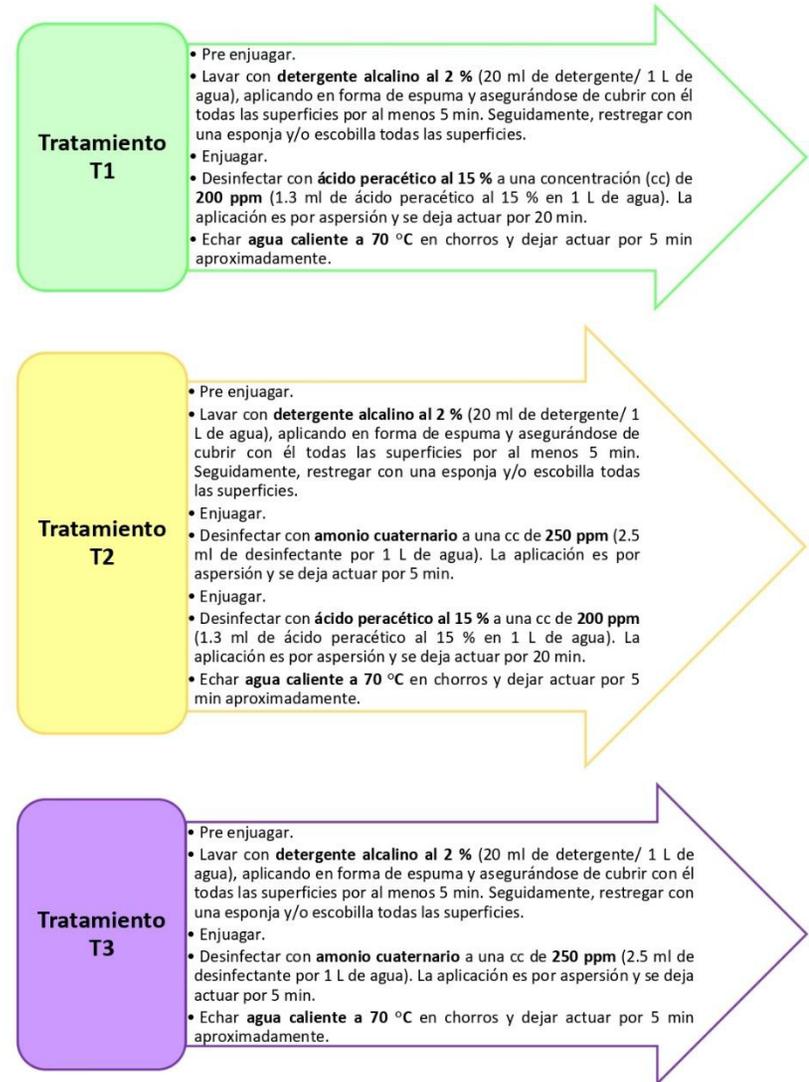
d: Dilución correspondiente a la primera dilución escogida (d = 0.1, cuando la dilución usada es 10⁻¹).

B. Cálculo según la Resolución Ministerial (RM N° 461 – 2007):

- **Para superficies inertes regulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el área de la superficie hisopada o muestreada (100 cm²). La expresión del resultado será UFC/cm².
- **Para superficies inertes irregulares:** Al resultado calculado según el método de ensayo multiplicarle el volumen de la solución diluyente utilizada en el muestreo (10 ml) y dividirlo el número de unidades muestreadas (máximo 4). La expresión del resultado será UFC/superficie muestreada.

Anexo H

Flujograma de Protocolo de limpieza y desinfección en superficies inertes.



Nota. Elaboración propia.