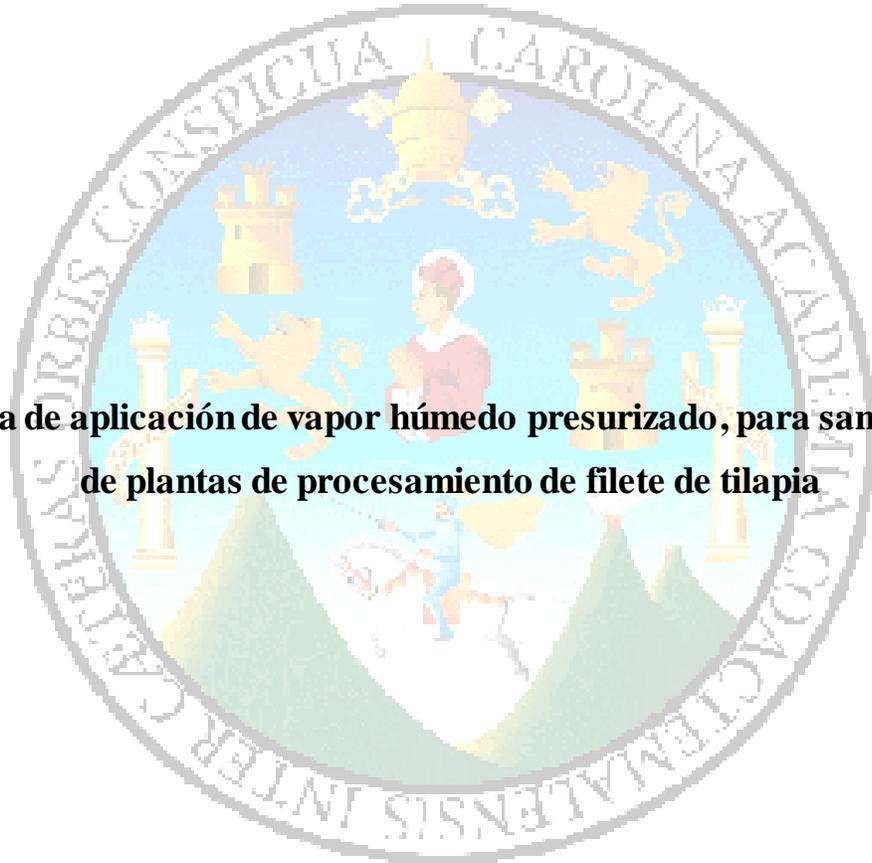


Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Trabajo de Graduación

**Sistema de aplicación de vapor húmedo presurizado, para sanitización
de plantas de procesamiento de filete de tilapia**



Presentado por:

T. A. Jerónimo Valenzuela Hernández

**Para otorgarle el título de
Licenciado en Acuicultura**

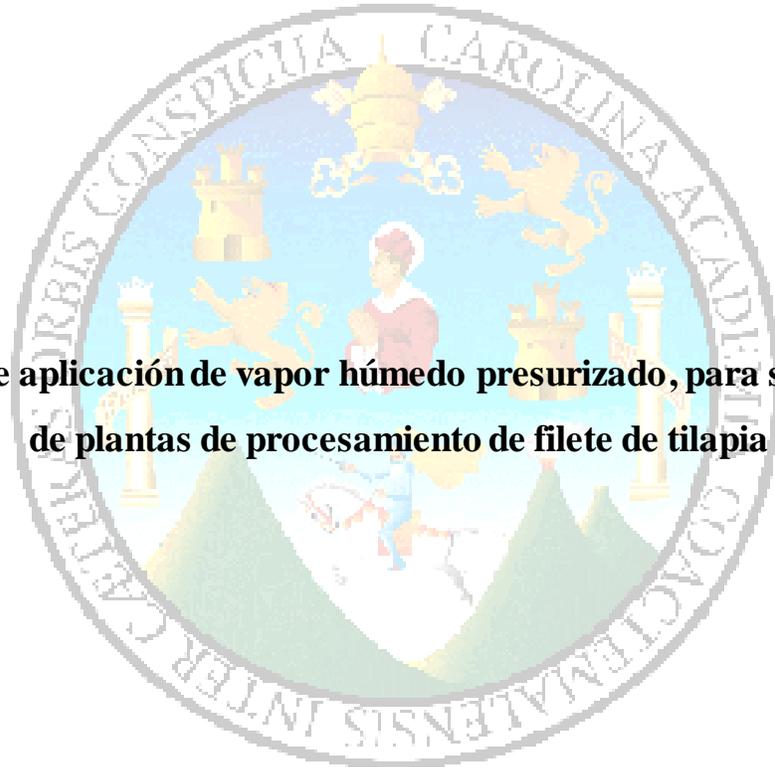
Guatemala, mayo de 2018

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Trabajo de Graduación

**Sistema de aplicación de vapor húmedo presurizado, para sanitización
de plantas de procesamiento de filete de tilapia**



Presentado por:

T. A. Jerónimo Valenzuela Hernández

**Para otorgarle el título de
Licenciado en Acuicultura**

Asesora: M. Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo

Guatemala, mayo de 2018

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M. Sc. Kathya Iturbide Dormon
Representantes docentes	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	Lic. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
Representante Estudiantil	T.A. Marcos Estuardo Ponciano Núñez T. A. María Alejandra Paz Velásquez

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario **Jerónimo Valenzuela Hernández**, titulado “Sistema de aplicación de vapor húmedo presurizado, para sanitización de plantas de procesamiento de filete de tilapia”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle



Guatemala, febrero 2018

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-, después de conocer el dictamen de la asesora M.Sc. Norma Edith Gil de Castillo, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Jerónimo Valenzuela Hernández**, titulado “Sistema de aplicación de vapor húmedo presurizado, para sanitización de plantas de procesamiento de filete de tilapia”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Luis Francisco Franco Cabre



Guatemala, febrero 2018

AGRADECIMIENTOS

A la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi Alma Mater y haberme dado la oportunidad de convertirme en el profesional que soy ahora.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, por brindarme el conocimiento en el campo de los recursos hidrobiológicos.

A la empresa Paraiso Springs Aquaculture Guatemala Y CIA. LTDA., por abrirme sus puertas para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado EPS y brindarme el apoyo necesario para la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

- A Dios
Por guiarme en el camino correcto para lograr todos los éxitos en mi vida.
- A mis padres
Gustavo Valenzuela y Eugenia Hernández, por el apoyo incondicional y consejos brindados a lo largo de toda mi vida, este logro se lo dedico a ellos.
- A mis hermanas
Irene, Lucía, Adriana y Camila, por brindarme infinito cariño y apoyo en todo momento, las quiero mucho.
- A mis compañeros
Alejandro Joaquín, Aura García y Stephanie Rueda, porque después de tantas aventuras juntos lo hemos logrado, ustedes son mi segunda familia.
- A Melisa Cardona
Por brindarme su apoyo incondicional e instarme a seguir adelante en todo momento.
- A mis amigos
Por formar parte importante en mi vida personal y universitaria.
- A mis profesores
Por transmitirme todos sus conocimientos a lo largo de la carrera, por el apoyo brindado y en el trayecto haberse convertido en mis amigos, por hacer de mí un profesional acuicultor lleno de orgullo.
- A mi asesora
Licda. Norma Edith Gil de Castillo, por haberme apoyado y orientado en todo momento a lo largo de esta investigación, la aprecio mucho.

RESUMEN

Los programas de control de calidad microbiológica son cada vez más aplicados a lo largo de la producción de la cadena alimentaria, siendo uno de ellos el programa de higienización. El propósito de los procedimientos de limpieza y desinfección es la destrucción de los microorganismos alterantes y de los patógenos de las superficies y del medio ambiente, para reducir el riesgo de la contaminación del alimento evitando así la infección para los consumidores. Por lo tanto, para evaluar un programa de limpieza y desinfección es necesario muestrear las superficies de trabajo y establecer los niveles de contaminación.

Para la industria alimentaria, es relevante disponer de sistemas de sanitización confiables y eficientes, además de amigables con el ambiente. En este estudio se evaluaron dos metodologías de sanitización de plantas de procesamiento de filete de tilapia, una utilizando químicos de limpieza y la otra utilizando vapor húmedo presurizado.

Para evaluar la eficiencia de la limpieza con ambos métodos en las superficies de contacto con el filete de tilapia, se utilizaron pruebas de hisopados para detección de ATP y posteriormente se compararon los resultados, los cuales reflejaron que, para remover los residuos de materia orgánica, grasas y aceites, el método de vapor húmedo es 95.65% más efectivo que el método a base de químicos de limpieza.

Para la determinación de costos de ambos métodos se realizó un estudio económico de los costos de químicos, energía eléctrica utilizada por la máquina de vapor, libras de gas, horas hombre y duración de las jornadas de sanitización, se demostró que sanitizar las áreas con vapor húmedo, si se realiza una vez, es más caro que el uso de químicos, pero debido a que con químicos la sanitización en algunas áreas se realiza dos veces o hasta que la cantidad de URL's presentes en la superficie estén dentro de los rangos aceptables, acción que eleva los costos operativos de los procesos de limpieza en la planta, significando que usar vapor húmedo es más efectivo y más económico.

ABSTRACT

Microbiological quality control programs are increasingly being applied throughout the production of the food chain, one of which is the hygiene program. The purpose of the cleaning and disinfection procedures is to destroy the altering microorganisms and pathogens from surface and environmental to reduce the risk of food contamination, thus avoid infection for consumers. Therefore, to evaluate a cleaning and disinfection program, it is necessary to sample the surfaces and establish contamination levels.

In the food industry, it is increasingly important to have sanitizing systems, reliable, efficient and environmentally friendly as well. This research evaluated two methodologies for sanitizing food processing plants, one using cleaning chemicals and the other one using pressurized wet steam.

For the evaluation of the efficiency of cleaning with both methods on the contact surfaces with the tilapia fillet using swab tests for ATP detection and later the results were compared. The results reflected that to remove residues of organic matter, fats and oils Wet steam method is 95.65% more effective than the chemical-based cleaning method.

To evaluate the cost benefit of both methods, an economic study of the costs of chemicals, electric power used by the steam engine, pounds of gas, man hours and duration of the sanitation sessions was carried out. It was demonstrated that sanitizing the areas with steam Wet, if done once, is more expensive than the use of chemicals, but because with chemicals the sanitization in some areas is done twice or until the amount of URL's present on the surface are within acceptable ranges, action that raises the operating costs of cleaning processes in the plant, meaning that using wet steam is more effective and cheaper.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Descripción de Paraíso Spring Aquaculture	4
3.2 Buenas prácticas de manufactura BPM	5
3.3 Procedimientos operativos estandarizados de sanitización POES	5
3.4 Análisis de peligros y puntos críticos de control HACCP	5
3.5 Higiene	6
3.6 Inocuidad	7
3.7 Punto Crítico de Control PCC	7
3.8 Higienización en la industria alimentaria	7
3.9 Superficies de contacto con alimentos	8
3.10 Operaciones sanitarias en la industria alimentaria	8
3.10.1 Limpieza	8
3.10.2 Propiedades deseables de un buen limpiador	9
3.10.3 Factores que afectan la efectividad de la limpieza en un programa de seguridad alimentaria	9
3.10.4 Desinfección	11
3.11 Establecimiento de criterios de aceptación para la validación de la limpieza y desinfección	11
3.12 Métodos de verificación para el control microbiológico e higiénico de superficies	12
3.12.1 Principio de bioluminiscencia	12
3.12.2 Ventajas y limitaciones del ATP bioluminiscencia	15
3.12.3 Método de la placa de contacto (Placa Rodac)	16
3.12.4 Laminocultivos	16
3.12.5 Método del escobillón o frotis	17
3.13 Susceptibilidad de los microorganismos a altas temperaturas	17
3.14 Usos de vapor húmedo presurizado	18
3.14.1 Características de los equipos de vapor húmedo	18

3.14.2 Áreas en las que se puede utilizar el equipo	18
3.15 Aplicación de altas temperaturas para la destrucción de microorganismos	19
3.15.1 Vapor húmedo	19
3.16 Aspectos económicos	19
3.16.1 Salario mínimo	19
3.16.2 Precio del gas propano	20
3.16.3 Precio de energía eléctrica	20
3.17 Normatividad	20
3.17.1 Norma de la Unión Europea	20
3.17.2 Norma Oficial Mexicana nom-093-ssa1-199	21
3.17.3 Certificación de Las Mejores Prácticas Acuícolas	21
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo general	22
4.2 Objetivos específicos	22
5. HIPÓTESIS	23
6. MATERIALES Y MÉTODOS	24
6.1 Ubicación geográfica	24
6.1.2 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de la planta de transformación	25
6.1.3 Descripción de puntos de muestreo	26
6.2 Variables	27
6.3 Muestreo	28
6.4 Selección de la muestra	29
6.4.1 Procedimiento	30
6.4.2 Medición de gastos	30
6.6 Análisis de la información	32
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
8. CONCLUSIONES	48
9. RECOMENDACIONES	49
10. BIBLIOGRAFÍA	50
11. ANEXO	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Ubicación geográfica del área de estudio	24
Figura No. 2. Ubicación de los puntos de muestreo	25
Figura No. 3. Procedimiento de toma de muestras	30
Figura No. 4. porcentaje en la eficiencia con ambos métodos de limpieza	33
Figura No. 5 Limpieza con vapor húmedo del interior de banda de transporte	34
Figura No. 6. Comparación de medias a lo largo de los ocho puntos de muestreo	36
Figura No. 7. URL's encontrados en la banda del tanque de desinfección	37
Figura No. 8. Limpieza con vapor húmedo del tanque de desinfección	37
Figura No. 9. URL's encontrados en las tablas de fileteo	38
Figura No. 10. URL's encontrados en las bandejas de fileteo	39
Figura No. 11. Limpieza con vapor húmedo de tablas de fileteo	39
Figura No. 12. URL's encontrados en la banda de la despieladora	40
Figura No. 13. Limpieza con químicos de maquina despieladora de filete	40
Figura No. 14. URL's encontrados en las tablas de recorte	41
Figura No. 15. URL's encontrados en las bandejas de recorte	42
Figura No. 16. Limpieza con vapor húmedo de bandejas de recorte	42
Figura No. 17. URL's encontrados en las bandejas de empaque	43
Figura No. 18. URL's encontrados en la banda del tanque enfriador de empaque	44
Figura No. 19. Comparación de costos de sanitización	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Factores que contribuyen a una limpieza total	10
Tabla No. 2. Salario mínimo autorizado para el año 2016	19
Tabla No. 3. Número permisible de colonias de bacterias de Coliformes totales y <i>E. coli</i>	21
Tabla No. 4. Descripción de variables	27
Tabla No. 5. Descripción del total de muestreos	28
Tabla No. 6. Establecimiento de criterios de aceptación para la validación de la limpieza y desinfección	29
Tabla No. 7. Medias de los resultados de URL's obtenidos utilizando ambos métodos de sanitización	35
Tabla No. 8. Costo de sanitización con químicos	45
Tabla No. 9. Costo de sanitización con vapor húmedo	46
Tabla No. 10. Comparación de costos y tiempo en horas para ambos métodos de sanitización	46

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo No. 1. Toma de muestras en tablas de recorte

Anexo No. 2. Accionamiento de reacción química en el hiposo muestreador

Anexo No. 3. Lectura de URL's con luminómetro Accu Piont 2

Anexo No. 4. Formato de recolección de datos de limpieza

Anexo No. 5. Microbiología de superficies en contacto con el filete de tilapia

Anexo No. 6. Glosario

1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se compararon dos métodos de sanitización utilizados en plantas de alimentos, el primero de ellos, el método tradicional de limpieza a base de productos químicos, y el segundo, sistema de vapor húmedo presurizado. El objetivo de los dos sistemas de sanitización es eliminar el 100% de la carga microbiana y eliminar los residuos de materia orgánica, grasas y aceites de las áreas de proceso en contacto con los alimentos, al efectuar una evaluación general del origen de los residuos líquidos que genera normalmente una planta procesadora de alimentos, se puede estimar que entre 35% a 40% del agua a utilizar está destinada a la limpieza de la planta. Con el objeto de disminuir la carga de contaminantes y altos volúmenes de agua a ser utilizados, y la búsqueda de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente se pretende eliminar o disminuir el uso de químicos de limpieza.

Los aspectos a ser comparados incluyeron la determinación de costos en la utilización de ambos sistemas, tiempo utilizado para realizar la limpieza y efectividad en la eliminación o disminución de la carga bacteriana y los residuos orgánicos en las superficies de trabajo en contacto con los alimentos.

El método utilizado para la verificación de la efectividad de ambos sistemas para sanitizar las diferentes áreas de la planta fueron pruebas de hisopados para detección de ATP (adenosina trifosfato) utilizando un luminómetro, el cual mide las unidades relativas de luz o URLs, que va en función a la cantidad de células de materia orgánica presente en el área en cuestión. El método que presentó lecturas más bajas fue el de vapor húmedo en todos los puntos evaluados

La sanitización con vapor húmedo pueden aumentar los costos debido a las repeticiones de limpieza que deben hacerse en ciertas áreas cuando no se logran los niveles aceptables de URL's, por lo tanto, el uso de vapor húmedo aumenta los costos, pero presenta mayor eficiencia

2. ANTECEDENTES

Los procedimientos operacionales estándares de sanitización (POES), son procedimientos operativos estandarizados que describen las tareas de saneamiento que deben realizarse en una planta de producción de alimentos, para contribuir a garantizar la inocuidad de los mismos. Dichos procedimientos se aplican antes, durante y después de las operaciones de elaboración.

Los sistemas de sanitización más comunes en plantas de alimentos se basan en el uso de químicos de limpieza como detergentes, cloro y hasta soda caustica para eliminar suciedad más compleja, lo cual eleva los costos fijos de operación y aumenta el tiempo de los procesos.

Actualmente, la industria médica y la industria lechera son de las pocas industrias que utilizan sistemas de sanitización a base de vapor para realizar la limpieza de los equipos utilizados y en el caso de la industria médica, se utiliza también para la esterilización de indumentaria.

Los lineamientos establecidos para la construcción de una planta procesadora de alimentos congelados y los programas de Buenas de Prácticas de Manufactura deben ser implementados para garantizar la salubridad de dichos productos; así también los programas de higiene personal, limpieza y desinfección, equipos y utensilios, manejo de químicos, almacenamiento, control de agua, control de plagas y mantenimiento preventivo y correctivo buscan minimizar los riesgos de contaminación a los alimentos y la salubridad de los mismos, en el cual especifica los parámetros microbiológicos para superficies limpias basado en la norma mexicana No. NOM-093-SSA1-1994 e indica que las cargas aceptadas para Aerobios totales son 400 UFC/g y para Coliformes totales son 200 UFC/g (Peralta, 2013).

Actualmente, la bioluminiscencia es usada ampliamente para una valoración rápida de las condiciones de procesamiento y de la carga microbiana en los alimentos. Además, es una herramienta del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) para la vigilancia de los Puntos Críticos de Control (PCC). En contraste con la técnica del hisopado, la medida de Adenosina Trifosfato (ATP), no evalúa únicamente la contaminación microbiana, sino además la limpieza de los equipos y superficies del procesado de alimentos (Chen, 2003). Sin embargo, no es de esperarse una excelente correlación entre la técnica de hisopado con el ATP, debido a la presencia de residuos alimentarios y a la aparición de esporas sin replicar o microorganismos

lesionados (Griffiths, 1996). En un estudio para valorar los procedimientos de limpieza y desinfección en superficies de contacto (acero inoxidable) en una industria láctea, no se encontró correlación entre las unidades relativas de luz (URL) y los recuentos aerobios mesófilos (RAM) para clasificar las superficies. Sin embargo, antes y después de la higienización, el 100% de las medidas de ATP fueron mayores a la sugerida por el fabricante como una condición higiénica aceptable. Por otro lado, después de la higienización encontraron diferencias significativas del RAM entre superficies del equipo. Los autores sugirieron que el ATP por bioluminiscencia proporciona una herramienta apropiada y complementaria para controlar los procedimientos de higienización (Costa, Andrade, Brando, Passos y Soares, 2006). Al evaluar superficies de contacto con la leche post-pasteurizada, después de la limpieza y antes de la desinfección del sistema, encontraron que la microbiología convencional fue más sensible que la bioluminiscencia cuando los niveles de ATP fueron bajos (< 100 URL). Además, la metodología detectó ATP no-microbiano de las películas residuales de leche que se encontraron libres de microorganismos no detectables (Murphi, Kozłowski, Bandler y Boor, 1998).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Descripción de Paraíso Spring Aquaculture

La empresa de producción acuícola, Paraíso Springs, está ubicada en el municipio San Luis del departamento de Petén; su finalidad es abastecer parte del mercado internacional y nacional de producto entero de tilapia y transformado en filete, satisfaciendo parte de la demanda del mercado estadounidense, así también fortaleciendo la economía local del departamento de Petén (González, 2015).

Este proyecto está conformado por el área de producción la cual se dedica a la reproducción, levante y engorde de peces, y el área de planta de proceso, dedicada específicamente para la transformación del producto. El área de producción está compuesta por cuatro sub-áreas; las cuales son: reproducción, reversión, nursery o levante, y grow-out o engorde (González, 2015).

Entre las principales actividades en la granja se mencionan:

- Reproducción de peces para la producción de semilla de tilapia
- Levante y engorde
- Movimientos de peces
- Muestras de condición
- Procesos de mantenimiento y desinfección de equipo e infraestructura de producción.
- Procesamiento de pescado para comercialización.
- Comercialización
 - Venta de pescado entero y filete para mercado local
 - Venta de filete para mercado norteamericano.

3.2 Buenas prácticas de manufactura BPM

Las Buenas Prácticas de Manufactura son un conjunto de principios y recomendaciones técnicas que se aplican en el procesamiento de alimentos para garantizar su inocuidad y su aptitud, y para evitar su adulteración. También se les conoce como las “Buenas Prácticas de Elaboración” (BPE) o las “Buenas Prácticas de Fabricación” (BPF).

3.3 Procedimientos operativos estandarizados de sanitización POES

Estos procedimientos operativos describen las tareas de saneamiento, que aseguren la conservación de la higiene. Se basan en la descripción del procedimiento y asignación de responsables por lo que deben aplicarse antes, durante y posterior a las operaciones de elaboración (Rodríguez, 2005).

3.4 Análisis de peligros y puntos críticos de control APPCC

Este sistema es un enfoque científico y sistemático para asegurar la inocuidad de los alimentos, contempla toda la producción hasta el consumo del producto, identifica, evalúa y controla puntos de peligro significativo para la calidad del producto. Está basado en el análisis de los riesgos potenciales de la cadena de un proceso industrial, localizarlos en el espacio y en el tiempo a lo largo de este proceso, determinar los puntos de mayor riesgo o críticos como decisivos para garantizar la seguridad del producto y la aplicación de procedimientos eficaces de control y seguimiento de los mismos. En cuanto a los alimentos, constituye un control eficaz sobre su producción, elaboración, fraccionamiento y distribución, así como una seguridad sobre su calidad higiénico-sanitaria y su salubridad (Rodríguez, 2005).

Este sistema y otros similares, son utilizados mundialmente con el objetivo de prevenir, reducir o minimizar los peligros asociados al consumo de alimentos y están siendo aplicados en toda la cadena alimentaria desde la agricultura y ganadería, pasando por procedimientos industriales, servicios de alimentación y elaboración hasta por los propios consumidores. Todos estos sistemas están contribuyendo a minimizar los riesgos y a garantizar que el alimento sea seguro y apto para el consumo (Rodríguez, 2005).

El sistema HACCP enfatiza el control del proceso, concentra el control en los puntos críticos para la inocuidad del producto y valoriza la comunicación entre la industria, elaboradores y/o productores de alimentos y los controles de inspección realizados por los organismos oficiales. Por este motivo, uno de los caminos a seguir en la búsqueda de la inocuidad de los alimentos es fomentar el desarrollo de estos sistemas y educar en la prevención y en las buenas prácticas (Rodríguez, 2005).

Los siete principios de HACCP, los cuales tienen que llevarse a cabo por cualquier grupo involucrado en el diseño y la implementación del sistema, son los siguientes:

1. Realización de los análisis, identificación de peligros y especificación de medidas preventivas.
2. Identificación de puntos críticos de control (PCC)
3. Establecimiento de los niveles objetivo y los límites críticos para las medidas de control específicas.
4. Establecimiento del sistema de monitorización.
5. Establecimiento de los procedimientos de medidas correctivas.
6. Establecimiento de los procedimientos de verificación.
7. Establecimiento de la documentación para áreas con un sistema específico.

3.5 Higiene

La aplicación de prácticas de higiene y sanidad son indispensables para contribuir a mejorar la calidad de los productos que se ofrecen a la población consumidora, lo que se consigue al reducir los factores que influyen en la contaminación y en la alteración de los mismos, además de asegurar su presencia y competitividad en los mercados nacionales e internacionales. La higiene es la herramienta principal para que los alimentos sean aptos para ser consumidos sin causar intoxicación alimentaria. La intoxicación alimentaria es una enfermedad que puede llegar a ser muy peligrosa causada por la ingestión de alimentos contaminados. (Secretaría de salud, 1995).

3.6 Inocuidad

La inocuidad de los alimentos, tal y como la define, el Codex Alimentarius es la “garantía de que los alimentos están libres de peligros y no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso que se le dé”; es aquella cualidad que da al consumidor la tranquilidad que los platos o alimentos que le ofrece el mercado, no le causarán daño, es garante de salud y se alcanza a través de múltiples medidas para evitar que agentes físicos, patógenos o sustancias químicas produzcan ETAs (Codex Alimentarius, 2003).

3.7 Punto Crítico de Control PCC

Un PCC es cualquier punto, etapa o proceso en la cadena alimentaria donde mediante la aplicación de una serie de medidas el peligro puede ser evitado, eliminado o reducido a un nivel aceptable. La pérdida de control de un PCC podría conducir a un riesgo inaceptable de seguridad alimentaria (Noordhuizen y Welpelo, 1996; Cullor, 1997b; Hulebak, y Schlosser, 2002).

3.8 Higienización en la industria alimentaria

La Comisión del Codex Alimentarius fue creada por la FAO/WHO (1963) para desarrollar las normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados, tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO/WHO de Normas Alimentarias (Codex Alimentarius, 2003). Dicho programa constituye un fundamento técnico de gran importancia para la calidad e inocuidad de los alimentos para el consumo humano (Codex Alimentarius, 2003).

3.9 Superficies de contacto con alimentos

Las superficies de contacto con alimentos son aquellas superficies que contactan con alimentos y aquellas desde las cuales existe un vertido sobre el alimento o sobre superficies que contactan el alimento, normalmente durante el curso de las operaciones de transformación. Entre estas superficies también se incluye: utensilios y superficies de los equipos (Hui, 2003). Por lo tanto, la higiene de las superficies afecta la calidad y seguridad del producto alimenticio (Gibson, Taylor, Hall y Holah, 1999). Condicionalmente el equipo y el medio ambiente deben ser diseñados higiénicamente para que un programa efectivo de limpieza y desinfección sea el método de control fundamental de las vías de contaminación de esas superficies (Gibson, Taylor, Hall y Holah, 1999; Maukonen, *et al.*, 2003).

3.10 Operaciones sanitarias en la industria alimentaria

Las operaciones sanitarias en una planta procesadora de alimentos contemplan i) el mantenimiento general de las instalaciones, ii) las sustancias usadas en la limpieza y desinfección, y un almacén de materiales tóxicos, iii) las fumigaciones, iv) la higienización de las superficies de contacto con los alimentos, y v) el almacenaje y manejo de utensilios y equipos portátiles limpios (Hui, 2003). El propósito de la implementación de un sistema de higiene, es eliminar cualquier microorganismo patógeno y de alteración sobre toda superficie de contacto con los alimentos. Existen muchos factores involucrados y una variedad de técnicas que deben ser usadas para efectuar esta tarea, entre las cuales se encuentran: i) la naturaleza química del limpiador y desinfectante, ii) el equipo y procedimientos de higiene, iii) la tecnología y microbiología concernientes al alimento, iv) las superficies de contacto con los alimentos, y v) el uso de metodologías rápidas para controlar la higiene (Carsberg, 2003).

3.10.1 Limpieza

La limpieza puede ser definida como el proceso que elimina la suciedad y previene la acumulación de residuos alimentarios, los cuales pueden ser descompuestos o potenciar el crecimiento de microorganismos causantes de enfermedades o productores de toxinas (Stanfield, 2003). Para implementar un proceso de limpieza, las normas de buenas prácticas de

fabricación emitidas por la Administración de Drogas y Alimentos (Food and Drugs Administration (FDA) de los Estados Unidos sirven como marco referencial (Stanfield, 2003). Los principios básicos de la limpieza incluyen cuatro etapas (Stanfield, 2003):

- Llevar el producto limpiador a un contacto profundo con la suciedad.
- Desplazar la suciedad de la superficie a ser limpiada.
- Dispersar la suciedad en el solvente, generalmente agua.
- Prevenir la re-acumulación de la suciedad dispersada sobre la superficie limpia.

3.10.2 Propiedades deseables de un buen limpiador

La eficiencia de los agentes limpiadores es valorada por su habilidad para remover las películas bacterianas y materia orgánica (biofilms) de las superficies del proceso junto con su habilidad para eliminar las bacterias presentes en el biofilm. Debido a que la eliminación de los biofilms no se alcanza satisfactoriamente solo con el tratamiento desinfectante, en la industria alimentaria las propiedades deseables de un buen limpiador serian (Stanfield, 2003):

- Solubilidad rápida y total.
- Acción humectante o penetrante.
- Acción disolvente sobre residuos alimentarios.
- Acción emulsionante sobre las grasas.
- Acción floculante y dispersante.
- Acción germicida.
- No corrosivo.
- Poder de ablandamiento del agua.

3.10.3 Factores que afectan la efectividad de la limpieza

Los factores que afectan la efectividad de la limpieza son: i) las sustancias orgánicas interferentes, ii) la composición del limpiador, iii) la concentración del limpiador, iv) la temperatura, v) el tiempo de contacto, y vi) la velocidad o fuerza aplicada (Grönholm, Wirtanen,

Ahlgren, Nordström y Sjöberg, 1999; Stanfield, 2003). Además, en un programa de seguridad alimentaria existen otros factores que contribuyen a una limpieza total, los cuales son resumidos en la Tabla No. 1 (Carsberg, 2003).

Tabla No. 1. Factores que contribuyen a una limpieza total en un programa de seguridad alimentaria

Factor	Intervención
Tipo de superficie de contacto	El tipo de material usado que compone las superficies de contacto con el alimento es de gran importancia. Estas superficies están comprendidas de muchos materiales, incluyendo: acero inoxidable, goma plástica (cintas transportadoras), plásticos, fibra de vidrio, concreto, metales ligeros (aluminio). Un ejemplo sería el uso de cloruro de polivinilo (PVC) en mangueras, tubos y filtros incrementa el riesgo de contaminación debido a que este material es fácilmente contaminado con respecto al acero inoxidable.
Residuos orgánicos y biofilms	Los residuos más comunes de suciedad son: proteínas, grasas, aceites, carbohidratos, azúcares y depósitos minerales (carbonato de calcio) y material carbonoso proveniente de la combustión de aceite caliente.
El papel del agua en los sistemas de limpieza	Debido a que es el principal solvente de los sistemas de limpieza y un componente importante en la eliminación de la suciedad y bacterias de las superficies de contacto con los alimentos. También puede ser un perjuicio, si no es utilizada correctamente, es decir, contaminada, por lo que se recomienda un análisis microbiológico trimestral.
Métodos de agitación	Entre los métodos existentes para la remoción de la suciedad orgánica se encuentran: i) a mano cuidadosamente, ii) alta presión, iii) agitación química, y iv) limpieza con vapor.
Secuencias de enjuague	Existen dos enjuagues en el ciclo de limpieza. El primero es el pre-enjuague, cuyo propósito es remover la mayoría de cualquier componente orgánico. Este paso reduce la cantidad de limpiador a usar. El segundo es el post-enjuague, que remueve cualquier y toda clase de suciedad orgánica que ha sido removida cuidadosamente a mano y/o por agitación química. Es importante destacar que ambos, pre y post enjuagues, puede remover hasta un 20% de bacterias residuales. El post enjuague es el más crítico porque prepara las superficies para el paso más importante de todas las etapas, la aplicación del desinfectante.

Fuente: Carsberg, 2003.

3.10.4 Desinfección

- Desinfección física

Los desinfectantes físicos que se pueden emplear son la luz y el calor. El agua caliente a la temperatura de ebullición, destruye las principales bacterias causantes de enfermedades y no formadoras de esporas. El calor se suele emplear con frecuencia en las industrias lácticas y de bebidas. Pero su aplicación al agua residual no es factible debido al alto coste que supondría (Hoz, 2011).

- Desinfección química

Los agentes químicos utilizados para la desinfección incluyen: cloro y sus compuestos; bromo; yodo; ozono; fenol y compuestos fenólicos; alcoholes; metales pesados y compuestos afines; colorantes; jabones; compuestos amoniacales cuaternarios; agua oxigenada, ácidos y álcalis diversos.

Los desinfectantes más corrientes son los productos químicos oxidantes, de los cuales el cloro es el más universalmente empleado, aunque también se ha utilizado, para la desinfección del agua residual, el bromo y el yodo. El ozono es un desinfectante muy eficaz cuyo uso va en aumento, a pesar de que no deja una concentración residual que permita valorar su presencia después del tratamiento. El agua muy ácida o muy alcalina también se ha empleado para la destrucción de bacterias patógenas, ya que el agua con pH inferior a 3 o superior a 11 es relativamente tóxica para la mayoría de las bacterias (Hoz, 2011).

3.11 Establecimiento de criterios de aceptación para la validación de la limpieza y desinfección

Eventualmente el componente más crítico del desarrollo de un programa exitoso de la validación de la limpieza y desinfección es el establecimiento de criterios bien definidos y significativos de aceptación. Claramente, cada proceso es único, de acuerdo a la composición del producto, los agentes de limpieza y desinfección, el equipo y los procedimientos utilizados (Parental Drugs Association, 1998). Para evaluar un programa de limpieza y desinfección es necesario

muestrear las superficies de equipos en contacto con los alimentos y establecer los niveles residuales de contaminación presentes.

3.12 Métodos de verificación para el control microbiológico e higiénico de superficies

La inspección visual tras la limpieza y desinfección nos puede indicar si quedan restos de materia orgánica microscópica, pero en la mayoría de las operaciones no es suficiente y por ello se debe recurrir a pruebas más sensibles (Moore, y Griffith, 2002). A pesar de la aplicación de métodos de control microbiológicos, muchos microorganismos permanecerán en las superficies. Sin embargo, las técnicas de muestreo de superficies son imprescindibles, especialmente si se relacionan los resultados obtenidos con parámetros como: la limpieza de la superficie o la calidad del producto alimenticio (Fung, 2002).

3.12.1 Principio de bioluminiscencia

El ATP es un nucleótido que consiste en una unidad de adenina, ribosa y trifosfato. La bioluminiscencia es luz emitida por organismos vivos que tienen la habilidad de producir las enzimas luciferasas (Chen, 2003). La detección de ATP por bioluminiscencia se basa en la detección de la energía celular de los organismos vivos. La enzima luciferasa, proveniente de la luciérnaga *Photinuspyralis*, es añadida a la muestra conteniendo ATP junto con la luciferina. La luciferasa cataliza una reacción de oxidación de la luciferina en un producto inestable que se descompone y emite fotones de luz, a una longitud de onda que oscila entre 560 – 630 nm, que pueden ser medidos en un luminómetro (Champiat, Matas, Monfort y Fraass, 2001; Chen, 2003). La cantidad de luz generada es proporcional a la cantidad de ATP presente en la muestra (Fung, 2002) y refleja el nivel de células activas metabólicamente en un sistema (Chen, 2003).

La quimioluminiscencia se produce cuando una molécula emite un fotón como resultado de una reacción química exógena en la que uno de los productos intermedios o finales queda en un estado electrónico excitado. Cuando el producto excitado transfiere su energía a otra sustancia con características adecuadas de fluorescencia se produce la luminiscencia (Gorus, y Schram, 1979). La bioluminiscencia es un caso especial de quimioluminiscencia, propuesta en 1960

como una técnica para estimar la actividad microbiana en los procesos biológicos (Chu, Lee, Chang y Liao, 2001).

Por otra parte, todos los microorganismos vivos se pueden detectar midiendo su energía celular que se encuentra en forma de adenosina trifosfato (ATP). El ATP no está asociado a las células muertas, ni es absorbido por superficies o coloides, por lo que existe una proporción constante entre la concentración de ATP y el número de células o bacterias viables. Por lo tanto, la determinación de la cantidad de ATP es una estimación fiable de los microorganismos metabólicamente activos presentes, ya que la concentración de ATP de una célula viva permanece relativamente constante, pudiendo variar ligeramente según las condiciones ambientales y la fase de crecimiento (Ng, Taylor y Stiles, 1985; Griffiths, 1993; Corbitt, Bennion y Forsythe, 2000; Venkateswaran, Hattori, La Duc y Kern, 2003).

La cantidad de ATP se mide mediante la bioluminiscencia generada en una relación estequiometria:



Esta relación se produce cuando una forma reducida de luciferina (fenol heterocíclico termoestable) junto con una molécula de ATP en presencia de luciferina (enzima termoestable) se libera con oxiluceferina, es decir, se produce una descarboxilación oxidativa de la luciferina y la liberación de fotones. Por cada molécula de ATP consumida se produce un fotón (Green, Russell y Fletcher, 1999; Puig-Durán, 2002; Delahaye, Welte, Levi, Leblon y Montiel, 2003).

El complejo enzimático luceferina-luciferasa que es específico para la medición de ATP se detectó por primera vez de manera natural en la cola de la luciérnaga *Photinuspyralis* (Aycicek, Oguz y Karci, 2006).

Cuando la reacción de la bioluminiscencia se realiza en condiciones óptimas, la señal lumínica resultado del balance entre reducción y oxidación es estable durante horas; no obstante, en condiciones de campo la emisión de luz será menor porque depende de la demanda de oxígeno activo (Champiat, Matas, Monfort y Fraass, 2001).

La luz producida en la bioluminiscencia se mide en un tubo detector multiplicador y se expresa en unidades relativas de luz (URL) cuantificada mediante un fotómetro o luminómetro (Gorus, y Schram, 1979; Murphy, Kozlowski, Bandler y Boor, 1998; Champiat, Matas, Monfort y Fraass, 2001).

Con la ATP bioluminiscencia se han logrado límites de detección de 10^{-5} $\mu\text{g/l}$ o $\mu\text{g/kg}$ de ATP en la muestra (Puig Durán, 2002). Usando test con soluciones estándar de ATP, 1 $\mu\text{g/l}$ de ATP debería producir una intensidad de luz de 1036 URLs (Chu, Lee, Chang y Liao, 2001).

La higiene de las superficies, instrumentos y equipos en la industria alimentaria afecta a la calidad de los productos procesados, siendo las biopelículas uno de los principales problemas en la higienización de los equipos como consecuencia de la liberación de las bacterias que pueden contener (Oulahal-Lagsir, Martial-Gros, Bonneau y Blum, 2000).

La ATP bioluminiscencia es un sistema rápido de monitorización de la higiene. Se ha demostrado su utilidad en superficies y equipos de la industria alimenticia, al detectar contaminación de origen microbiano y de origen orgánico. La monitorización de la higiene es probablemente el uso de esta técnica más frecuente en la industria alimentaria, así, las superficies de planta de procesado, de vehículos para el transporte y de equipos de ordeño en granjas lecheras han sido evaluadas (Murphy, Kozlowski, Bandler y Boor, 1998; Oulahal-Lagsir, Martial-Gros, Bonneau y Blum, 2000).

Los resultados de las lecturas pueden verse influenciados por factores ambientales tales como el pH, la temperatura, la concentración iónica, los restos de detergentes y desinfectantes que alteran a los componentes implicados en la reacción, provocando una disminución de la cantidad de luz emitida (Nieuwenhof, 1996; Green, Russell y Fletcher, 1999; Venkateswaran, Hattori, La Duc y Kern, 2003).

Los valores obtenidos con la medición del ATP y el uso de cultivos microbiológicos son compatibles; sin embargo, es difícil establecer una relación entre la microbiología tradicional y la medición del ATP, puesto que las técnicas miden poblaciones microbianas diferentes. Cuando el ATP total es bajo, la microbiología tradicional es más sensible; por ejemplo, si hay esporas el contenido de ATP será menor que si hay formas vegetativas. A pesar de esto, la bioluminiscencia es capaz de detectar bajos niveles de microorganismos. La medición de valores

altos de ATP no implica necesariamente presencia de bacterias (Poulis, Pijper, Mossel y Dakkers, 1993; Davidson, Griffith, Peters y Fielding, 1999; Chu, Lee, Chang y Liao, 2001).

En función del ratio ATP/ufc se pueden establecer hipótesis sobre el tipo y actividad de los microorganismos que están presentes. Si la relación es baja, puede deberse a la presencia de bacterias Gram negativas o formas de resistencia bacteriana (esporas). Si la relación es alta podría tratarse de levaduras o bacterias Gram positivas, con una actividad metabólica elevada (Venkateswaran, Hattori, La Duc y Kern, 2003).

Por lo tanto, la utilización de la ATP bioluminiscencia como método de evaluar los equipos de la industria alimentaria no sustituye la cuantificación de la carga microbiana por los métodos tradicionales (Aycicek, Oguz y Karci, 2006).

3.12.2 Ventajas y limitaciones del ATP bioluminiscencia

Los ensayos de bioluminiscencia tienen la ventaja que pueden ser suficientes cuando en una planta predomina el interés por el seguimiento general de la higienización, sin la necesidad del aislamiento, recuperación, e identificación de una bacteria específica (Gracias, y McKillip, 2004). El ensayo presenta algunas limitaciones que pueden influir en la reacción, como: pH, temperatura, presencia de inhibidores de la enzima (detergentes), y otros (Boer, y Beumer, 1999). Algunos limpiadores y desinfectantes pueden incrementar o extinguir la señal de bioluminiscencia ocasionando resultados falsos (Velásquez, y Feirtag, 1997). En cambio, si se requiere que el ensayo detecte únicamente microorganismos se debe segregarse tanto el ATP microbiano como el ATP somático, ya sea por filtración o por destrucción del ATP somático, los cuales extienden el tiempo del ensayo y disminuye la sensibilidad (Maukonen, *et al.*, 2003). Algunos autores han descrito límites de detección con el uso del ATP para estimar el recuento total de células viables de 10^4 o 10^5 UFC (Vanee, Karwoski, Karppinen y Sjorberg, 1996; Corbitt, Bennion y Forsythe, 2000) y otros de 10^3 – 10^4 UFC/ml (Chen, 2003).

3.12.4 Método de la placa de contacto (Placa Rodac)

El método de contacto directo del agar con los microorganismos que se multiplican (RODAC= Replicate Organisms Direct Agar Contact) utiliza placas Petri especiales, ideales para la investigación de gérmenes en superficies. Se usa medio de cultivo TSA o diferentes medios selectivos a conveniencia.

Se añade a una placa de Rodac, un medio de cultivo sólido (seleccionado en función de los microorganismos buscados), en ligero exceso, para que la superficie quede convexa. Las superficies a controlar suelen ser limpiadas periódicamente con detergentes y/o desinfectantes. Para realizar el recuento total de microorganismos en superficie, es aconsejable neutralizar los restos de detergentes y desinfectantes ya que podrían inhibir el crecimiento. Para ello se utilizará preferentemente un medio de cultivo que contenga polisorbato, histidina y lecitina (a veces llamados Tween 80 y lecitina) que funcionan como neutralizantes de aldehídos, compuestos fenólicos y amonios cuaternarios, que suelen ser utilizados como desinfectantes y detergentes con actividad antibacteriana. Con esta neutralización se consigue evitar interferencias, debido a que estas sustancias no pueden inhibir el crecimiento colonial durante el periodo de incubación y por tanto no afectan a la ulterior lectura e interpretación de resultados (Scharlab, 2012).

Es el método ideal para examinar superficies lisas, duras y no porosas, pero no es muy recomendable en casos de superficies muy contaminadas, donde es más práctico el uso de medios selectivos.

3.12.5 Laminocultivos

La utilización de sistemas analíticos cada vez más rápidos y más prácticos es una exigencia común en todos los laboratorios de control microbiológico. Los laminocultivos son sistemas prácticos, estudiados y diseñados especialmente para la determinación cuantitativa y cualitativa de los microorganismos en todos aquellos sectores productivos en los cuales es necesario el control de la microbiota contaminante (Scharlab, 2012).

Este sistema analítico ofrece las siguientes ventajas:

- Permiten la determinación cualitativa y cuantitativa de los microorganismos.
- La presencia de dos medios de cultivo en un solo soporte permite efectuar muestreos separados con un solo laminocultivo.
- El cierre hermético con tapón roscado disminuye la posibilidad de contaminación accidental y mejora la estabilidad del producto.
- Su reducido volumen facilita el transporte, almacenamiento y permite una mejor gestión del espacio siempre escaso de la estufa de incubación.

3.12.6 Método del escobillón o frotis

Se utilizan hisopos estériles de algodón; es un método especialmente indicado para superficies de difícil acceso para las placas de contacto o los laminocultivos, como superficies flexibles, irregulares o muy contaminadas. La recuperación de los microorganismos depende de la textura de la superficie, de su naturaleza y del tipo de flora. A pesar de sus limitaciones, este método es rápido, sencillo y barato para calcular la flora microbiana de superficies y herramientas (Scharlab, 2012).

3.13 Susceptibilidad de los microorganismos a altas temperaturas

La alta temperatura combinada con un alto grado de humedad es uno de los métodos más efectivos para destruir microorganismos. Es importante distinguir entre calor húmedo y calor seco en cualquier procedimiento de control microbiano. El húmedo mata los microorganismos porque coagula sus proteínas y es más rápido y efectivo que el seco, que los destruye al oxidar sus constituyentes químicos (Pelczar, Reid y Chan 1981).

3.14 Usos de vapor húmedo presurizado

Las máquinas de vapor húmedo presurizado son diseñadas para derretir la grasa y esterilización de los equipos de producción en áreas generales en una planta procesadora. Se diferencian del método tradicional en que ellas no utilizan ningún tipo de químicos en el proceso. Las maquinas combinan presión y temperatura uniéndolas formando el vapor mojado, el cual disuelve la grasa y aceite térmicamente, en lugar de químicamente. Los modelos son portables por toda la planta, para realizar una limpieza y esterilización intensa. El equipo no produce y extremadamente sencillas de operar y reúne todas las regulaciones de USDA para su uso en interiores (Sanitech, 2015).

3.14.1 Características de los equipos de vapor húmedo

- Esterilización térmica elimina los gérmenes, bacterias, esporas y virus al contacto.
- Reducción drástica del conteo de bacterias.
- Seguro para el medio ambiente.
- Cumple con los estándares de USDA.
- Evita la contaminación del producto con químicos.
- Limpieza libre de químicos prolonga la durabilidad de equipos de producción, baldosas, azulejos y lechadas.
- Siguen un sencillo paso para el proceso de limpieza, el cual permite ahorrar tiempo de trabajo manual y periodo de inactividad tanto de equipos de producción como empleados.
- Termina con costos en uso de químicos y agua.
- Durable, compacto, portable y simple de utilizar.

3.14.2 Áreas en las que se puede utilizar el equipo

- Equipos de producción.
- Área de preparación de alimentos.
- Sistema de transportación una tarea manual bastante difícil.

- Carretillas y estantes
- Baldosas y pisos de concreto

3.15 Aplicación de altas temperaturas para la destrucción de microorganismos

La acción letal del calor es una relación de temperatura y tiempo afectada por muchas condiciones que se deben recordar al seleccionar el tiempo y la temperatura requeridos para reducir la población microbiana a nivel deseado (Pelczar, Reid y Chan 1981).

3.15.1 Vapor húmedo

El calor en la forma de vapor a saturación y a presión, es el agente más práctico y confiable para esterilizar. El vapor a presión proporciona temperaturas superiores a las que se obtienen por la ebullición, tiene varias ventajas, calentamiento rápido, penetración y humedad en abundancia, que facilita la coagulación de las proteínas (Pelczar, Reid y Chan 1981).

3.16 Aspectos económicos

3.16.1 Salario mínimo

De conformidad con el Acuerdo Gubernativos No. 303-2015 publicado en el Diario de Centroamérica el 30 de diciembre de 2015, se establece el salario mínimo que regirá a partir del uno de enero de 2016.

Tabla No. 2. Salario mínimo autorizado para el año 2016

Actividades económicas	Hora diurna ordinaria	Hora ordinaria jornada mixta	Hora ordinaria nocturna	Salario diario	Salario mensual	Bonificación incentivo	Salario total
No agrícolas	Q.10.23	Q.11.70	Q.13.65	Q.81.87	Q.2497.04	Q.250	Q.2747.04
Agrícolas	Q.10.23	Q.11.70	Q.13.65	Q.81.87	Q.2497.04	Q.250	Q.2747.04
Exportadora y de maquila	Q.9.36	Q.10.70	Q.12.48	Q.74.89	Q.2284.15	Q.250	Q.2534.15

Fuente: Ministerio de Trabajo [Mintrab], 2016.

Forma de cálculo para determinación del Salario Mensual: Salario Diario X Días Año / 12 Meses (SDx365/12).

3.16.2 Precio del gas propano

De conformidad con los precios de hidrocarburos autorizados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) para el tercer y cuarto trimestre del año 2016, el valor de la libra de gas fue de Q4.20 (Ministerio de Energía y Minas [MEM]. 2016).

3.16.3 Precio de energía eléctrica

De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica del Ministerio de Energía y Minas el precio del Kilowatt/hora autorizado para el tercer trimestre del año 2016 fue de Q1.65 (Comisión Nacional de Energía Eléctrica [CNEE]. 2016).

3.17 Normatividad

3.17.1 Norma de la Unión Europea

La normalización surge de la cooperación voluntaria entre la industria, las empresas, las administraciones públicas y las demás partes interesadas (comunidades de investigadores, organizaciones de consumidores, agentes sociales y medioambientales), la siguiente norma tiene como máximo permisible 100UFC7cm² (Aldana, 2016).

Tabla No. 3. Número permisible de colonias de bacterias de Coliformes totales y *E. coli*

N° de Organismos	Interpretación
< 1 colonia / cm ²	Excelente
De 2 a 10 colonias / cm ²	Bueno
11 ó más colonias / cm ²	Limpiar la superficie inmediatamente
EN RELACIÓN AL NIVEL	
Nivel	N° UFC/100 cm ²
Muy bajo riesgo	< 10
Riesgo moderado	>10 < 100
Alto nivel de riesgo	> 100 < 1000
Muy alto nivel de riesgo	>1000

Fuente: European Standard CEN/TC 243/W G2, 1993.

3.17.2 Norma Oficial Mexicana nom-093-ssa1-199

Esta norma tiene como propósito el de asegurar que todos los alimentos que se preparen y ofrezcan en los establecimientos fijos lleguen al consumidor de manera inocua, contempla el conjunto de acciones de orientación, educación, muestreo y verificación que deben efectuarse con el fin de contribuir a la protección de la salud del consumidor, mediante el establecimiento de las disposiciones sanitarias que se deben cumplir tanto en la preparación de alimentos, como en el personal y los establecimientos, en los puntos críticos presentes durante su proceso; que permitan reducir aquellos factores que influyen durante su preparación en la transmisión de enfermedades por alimentos (ETA). Esta norma especifica que las superficies inertes que estén en contacto con los alimentos deben tener como límites microbiológicos los siguientes parámetros: Superficies inertes. Cuenta total de mesofílicos aerobios < 400 UFC/cm² de superficie, coliformes totales < 200 UFC/cm² de superficie (Secretaría de salud, 1995).

3.17.2 Certificación de Las Mejores Prácticas Acuícolas

Es un programa de certificación de acuicultura de terceros integral que abarca toda la cadena productiva: granja, planta de procesamiento, criaderos y fábrica de piensos. Con el objetivo de mejorar el desempeño ambiental, social y económico de la cadena de suministro acuícola, aumentado el suministro global de productos del mar y crianza responsable desde 2002 (Global Aquaculture Alliance, 2017).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar el método de aplicación de vapor húmedo presurizado para la sanitización de plantas de procesamiento de filete de pescado en comparación con el método tradicional de uso de agua a presión con químicos de limpieza.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la reducción de material orgánico en superficies de contacto con filete de pescado utilizando el método de aplicación de vapor húmedo presurizado.
- Determinar la efectividad en la reducción de material orgánico en superficies de contacto con filete de pescado mediante la aplicación de vapor húmedo presurizado y químicos de limpieza.
- Determinar el costo de los dos métodos de sanitización.

5. HIPÓTESIS

El método de sanitización por medio de vapor húmedo presurizado es más efectivo en eliminación de bacterias, residuos de proteínas y grasas que el método clásico de sanitización utilizando agua a presión y químicos de limpieza.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación geográfica

Planta procesadora de tilapia de la empresa Paraíso Springs, ubicada en el municipio de San Luis, departamento de Petén, km 323 carretera a San Luis, en jurisdicción del caserío Los Ángeles (González, 2015).

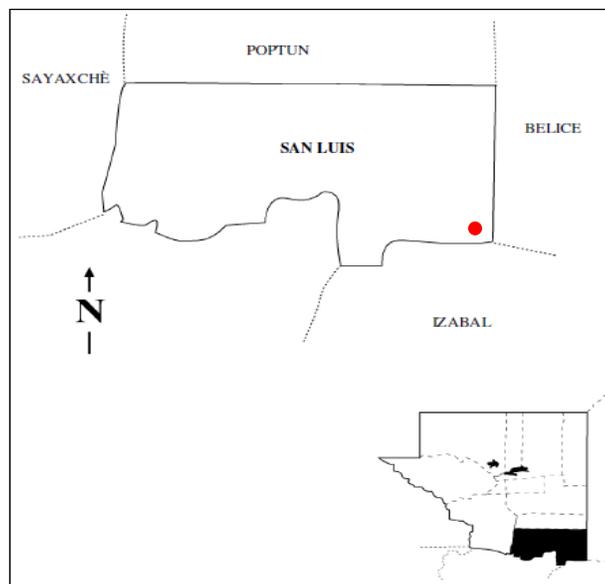


Figura No. 1. Ubicación geográfica del área de estudio (Gonzales, 2015)

6.1.2 Ubicación de los puntos de muestreo dentro de la planta de transformación

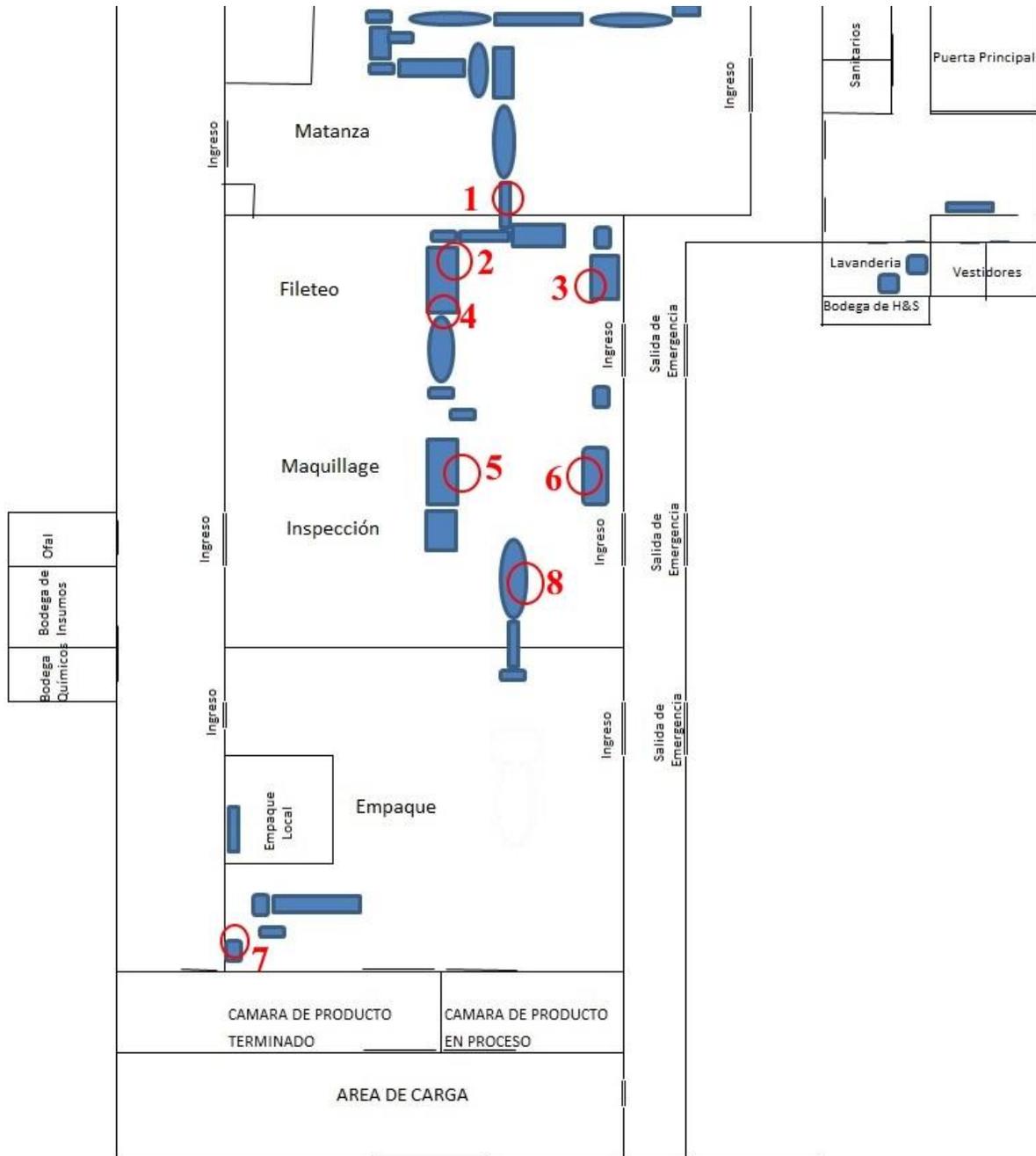


Figura No. 2. Ubicación de los puntos de muestreo (Trabajo de campo, 2016)

6.1.3 Descripción de puntos de muestreo

1. Banda tanque de desinfección

Punto ubicado al inicio de la línea de producción, en la sala de matanza, la banda del tanque de desinfección es el último lugar en el que el pescado toca en esta área previo a ser transportado por la banda a la siguiente sala, en este punto el pescado se encuentra entero, degollado y sin escamas, a este tanque se le aplica hielo y cloro e implica el primer PCC de la línea de proceso.

2. Tablas fileteo

Punto ubicado en la mesa de fileteo, aleatorio sobre las 16 tablas utilizadas para filetear el pescado, en este punto el pescado es fileteado con piel y vísceras.

3. Bandejas fileteo

Punto ubicado en el interior de las bandejas de fileteo, tomadas al azar en cada muestreo, estas bandejas se utilizan para recibir el pescado entero proveniente de la sala de matanza y hacerlo llegar a los operarios que filetean el pescado para luego colocar los filetes en otra bandeja y enviarla a la despieladora.

4. Banda de despieladora

Punto ubicado sobre la primera banda de la despieladora, antes de que el filete sea conducido hacia la cuchilla en donde se separa la piel y el filete del pescado.

5. Tablas de recorte

Punto ubicado en la mesa de recorte, aleatorio sobre las 16 tablas utilizadas para recortar el filete, en este punto el pescado llega sin piel, después de haber pasado por la despieladora y el segundo tanque de desinfección de la línea de proceso, aquí se reduce la temperatura del filete y se desinfecta con cloro.

6. Bandejas de recorte

Punto ubicado en el interior de las bandejas de recorte, tomadas al azar en cada muestreo, estas bandejas se utilizan para recibir el filete sin piel proveniente del segundo tanque de desinfección y hacerlas llegar a las recortadoras quienes después de recortar el filete lo pondrán en una bandeja limpia para seguir su trayecto en la línea de proceso.

7. Bandejas empaque

Punto ubicado en el interior de las bandejas de empaque utilizadas para transportar el filete desde el área de tallado, pasando por el tercer y último tanque de desinfección hasta la mesa de empaque y final del proceso previo a ser almacenado en las bodegas frías.

8. Banda del tanque enfriador de empaque

Punto localizado en la superficie de contacto de la banda con el filete recortado dentro del tercer tanque de desinfección, a este tanque se le agrega hielo y cloro y constituye uno de los PCC de la línea de proceso.

6.2 Variables

En cada punto de muestreo se tomaron muestra ATP, se midió el tiempo utilizado para las tareas de sanitización, la cantidad de libras de gas utilizado por la máquina de vapor, la cantidad de químicos de limpieza que se utilizaron para sanitizar la planta y cantidad de horas hombre (Tabla No. 4).

Tabla No. 4. Descripción de variables

Variable	Indicador
Conteo de ATP Adenosina Trifosfato	URL, Unidades relativas de luz.
Libras de gas	lb.
Cantidad de productos de limpieza	ml.
Hora/hombre	h.

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

6.3 Muestreo

Los muestreos se realizaron durante cinco meses, en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre del año 2016; siendo en total 33 muestreos.

Durante el mes de junio los días: 9, 10, 13, 16, 17, 20, 23, 24 y 27. Durante el mes de julio solamente se muestreo el día 4. En el mes de agosto los días: 5, 8, 12, 15, 18, 19, 22, 25, 26 y 29. En el mes de septiembre los días: 1, 3, 22, 23, 25, 29 y 30. En el mes de octubre los días: 3, 7, 10, 13, 14 y 17.

La toma de las muestras se realizó después de haber efectuado la limpieza con productos químicos en los meses de junio, julio y septiembre. En los meses de agosto y octubre se realizaron los muestreos después de haber efectuado la limpieza con vapor húmedo presurizado.

En los meses de junio y agosto se tomaron 8 muestras por muestreo, en los meses de septiembre y octubre se tomaron 4 muestras por muestreo.

Tabla No. 5. Descripción del total de muestreos

Área	Localización	Total de muestras
Matanza	Banda tanque de desinfección	33
Fileteo	Tablas de fileteo	20
	Bandejas de fileteo	33
	Banda de despieladora	20
Recorte	Tablas de recorte	20
	Bandejas de recorte	33
Empaque	Bandejas de empaque	33
	Banda del tanque enfriador de empaque	20
	Total	212

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

6.4 Selección de la muestra

Los sitios y puntos de muestreo fueron seleccionados a juicio del investigador tomando en cuenta las principales superficies en contacto directo con la materia prima, en este caso, filete de tilapia, en cada punto se evaluó la cantidad de materia orgánica la cual se representaba en URL's.

Las muestras fueron tomadas después de la realización de la limpieza en las áreas de proceso, superficies, tablas, bandejas, bandas pisos y maquinaria en general.

El establecimiento de criterios de aceptación para la validación de la limpieza y desinfección fueron establecidos por el equipo de control de calidad de la planta de proceso Tabla No.

Tabla No. 6. Establecimiento de criterios de aceptación para la validación de la limpieza y desinfección

Unidades Relativas de Luz URL's	Resultado
0 – 500	Aceptable
500 – 1500	Marginal
1500 - >	Rechazado

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

6.4.1 Procedimiento

Utilizando un luminómetro marca AccuPoint 2 modelo v 2.22 se realizó la toma de muestras con hisopo para detección de ATP para lo cual se siguió el procedimiento especificado por el proveedor (Figura No. 3).

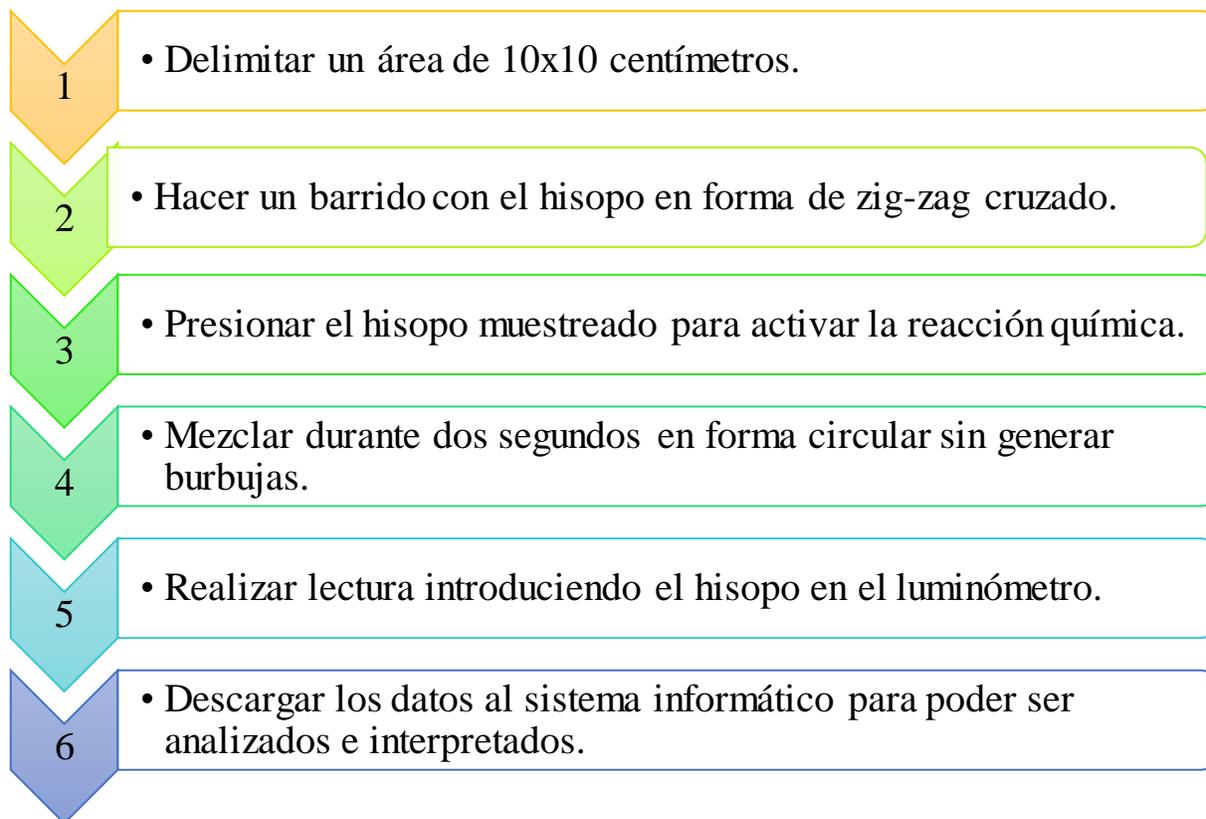


Figura No. 3. Procedimiento de toma de muestras (Trabajo de campo, 2016)

6.4.2 Medición de gastos

- Mano de obra

Los gastos fueron medidos en función del tiempo utilizado para llevar a cabo las tareas de sanitización por el personal de limpieza de la planta, se determinó el costo por hora de cada operario del equipo de limpieza en base a lo que estuvo autorizado en el código de trabajo para el año 2016 según el Acuerdo Gubernativos No. 288-2016, se realizó un formato en el que se

registraron los datos del tiempo en minutos que se ocupó para realizar las tareas de sanitizar las instalaciones (Anexo No. 4).

- Químicos de limpieza

Los gastos de químicos de limpieza utilizados en las jornadas de sanitización fueron medidos en función de la cantidad de mililitros utilizados y el costo total por galón del producto, los datos se registraron en un formato en donde se registró la cantidad y el tipo de químico utilizado para realizar la tarea de sanitizar las instalaciones (Anexo No. 4).

- Libras de gas

Las libras de gas utilizadas por la maquina Sanitech se determinó según información especificada en la ficha técnica del producto, la cual indica que el consumo es de 15 libras de gas por hora, el costo del gas se determinó en base a lo que el ministerio de energía y minas autorizó para el periodo de junio a octubre, tiempo en que fue realizada la investigación, para determinar la cantidad de gas utilizado se realizó un formato en donde se llevó el control de tiempo en minutos que fue utilizada la maquina Sanitech para realizar la tarea de sanitizar las instalaciones (Anexo No. 12).

- Energía eléctrica

El costo de la energía eléctrica utilizada por la maquina Sanitech se determinó en base a los 2200 watts por hora que consume, para obtener el costo de la energía se basó en el precio por kilowatt/hora autorizado por el ministerio de energía y minas para el periodo de junio a octubre, tiempo en que fue realizada la investigación, para determinar la cantidad de watts consumidos se realizó un formato en donde se llevó el control de tiempo en minutos que fue utilizada la maquina Sanitech para realizar la tarea de sanitizar las instalaciones (Anexo No. 12).

6.6 Análisis de la información

Se comprobó si los datos obtenidos en los muestreos tienen distribución normal o no, utilizando la prueba de Shapiro–Wilks que indica el contraste de ajuste que se utiliza para comprobar si datos determinados (X_1, X_2, \dots, X_n) han sido extraídos de una población normal. Los parámetros de la distribución no tienen por qué ser conocidos y está adecuado para muestras pequeñas ($n < 50$), tiene como objetivo comprobar si con base en la información suministrada por una muestra se puede aceptar que la población de origen sigue una determinada distribución de probabilidad, en nuestro caso, la distribución normal.

Se utilizó el método no paramétrico de Friedman para determinar si existe o no diferencia significativa, esta prueba examina los rangos de los datos generados en cada periodo de tiempo para determinar si las variables comparten la misma distribución continua de su origen.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la evaluación en la reducción de material orgánico en los 7 puntos de muestreo en superficies de contacto con filete de pescado utilizando el método de aplicación de vapor húmedo presurizado en comparación al método de aplicación de químicos de limpieza, se determinó que la carga de material orgánico se redujo en 86.26% utilizando vapor respecto al método tradicional a base de químicos, éste porcentaje de reducción se hace evidente en las bandejas de recorte, punto en el que se detectó un valor promedio de 209.69 URL's con el uso de químicos y 9.65 URL's utilizando vapor, consiguiendo reducir 95.40% la carga de material orgánico; tablas de recorte, punto en el cual se detectó un valor promedio de 303.90 URL's con el uso de químicos y 12.40 URL's utilizando vapor, consiguiendo reducir 95.92 % la carga de material orgánico; banda del tanque enfriador de empaque, en este punto se detectó un valor promedio de 245.80 URL's con el uso de químicos y 3.5 URL's utilizando vapor, consiguiendo reducir 98.58% la carga orgánica (Figura No. 4).

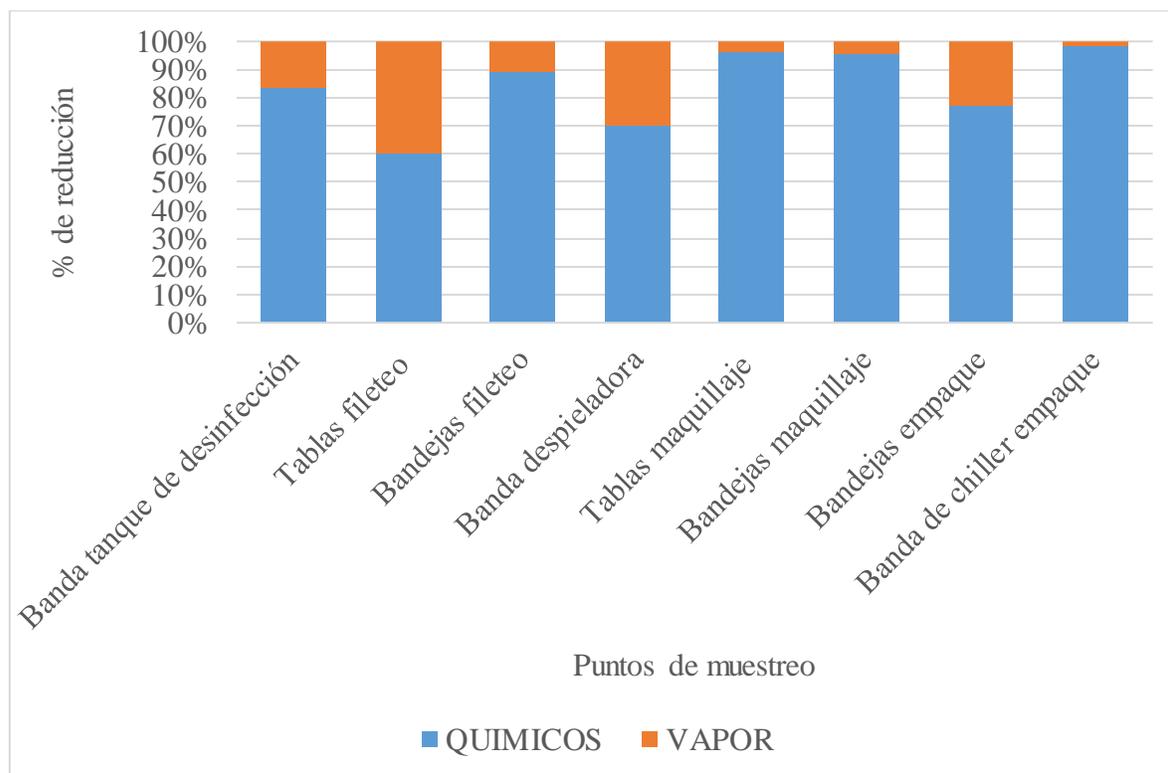


Figura No. 4. porcentaje en la eficiencia con ambos métodos de limpieza
(Trabajo de campo, 2016)

Esto se debe a que el vapor logra mayor alcance en las superficies como las bandas de transporte compuestas de múltiples piezas pequeñas unidas entre sí en las que puede haber acumulaciones de residuos orgánicos, lugares a los cuales es difícil acceder utilizando cepillos y esponjas. De igual forma, utilizando vapor se logra penetrar en las ranuras localizadas en las tablas de fileteo y recorte realizadas por los cortes de cuchillos durante los procesos, eliminando los residuos de materia orgánica y disolviendo las grasas y aceites, acción que se vuelve más costosa si se utilizan químicos, lo cual dependerá también de la efectividad y destreza del operario que realiza dicha acción.



Figura No. 5. Limpieza con vapor húmedo del interior de banda de transporte (Trabajo de campo, 2016)

Para determinar la efectividad en la reducción de material orgánico en superficies de contacto con filete de pescado mediante la aplicación de vapor húmedo presurizado y químicos de limpieza se utilizó la herramienta Excel 2013, se tabularon los datos obtenidos en las 212 muestras de hisopados en las superficies de contacto con el filete (Tabla No. 7), después de haber realizado la sanitización de las áreas de la planta con químicos de limpieza y con vapor húmedo presurizado.

Tabla No. 7. Medias de los resultados de URL's obtenidos utilizando ambos métodos de sanitización

Descripción	QUIMICOS URL's	VAPOR URL's
Banda tanque de desinfección	67.69	13.18
Tablas fileteo	55.00	36.60
Bandejas fileteo	238.88	29.35
Banda despieladora	87.90	38.20
Tablas de recorte	303.90	12.40
Bandejas de recorte	209.69	9.65
Bandejas empaque	146.75	43.41
Banda del tanque enfriador empaque	245.80	3.50

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

El análisis estadístico se realizó con el programa Infostat 2016, aplicando el método de Shapiro-Wilk se determinó que los datos no tienen distribución normal, por lo tanto, para obtener la diferencia significativa entre los resultados de ambos métodos se utilizó estadística no paramétrica a través del método de Friedman y se determinó que efectivamente existe diferencia significativa ya que p fue menor a 0.05.

En la Figura No. 6 se muestra los resultados de las medias de URL's obtenidos a lo largo de los ocho puntos de muestreo para ambos métodos de sanitización.

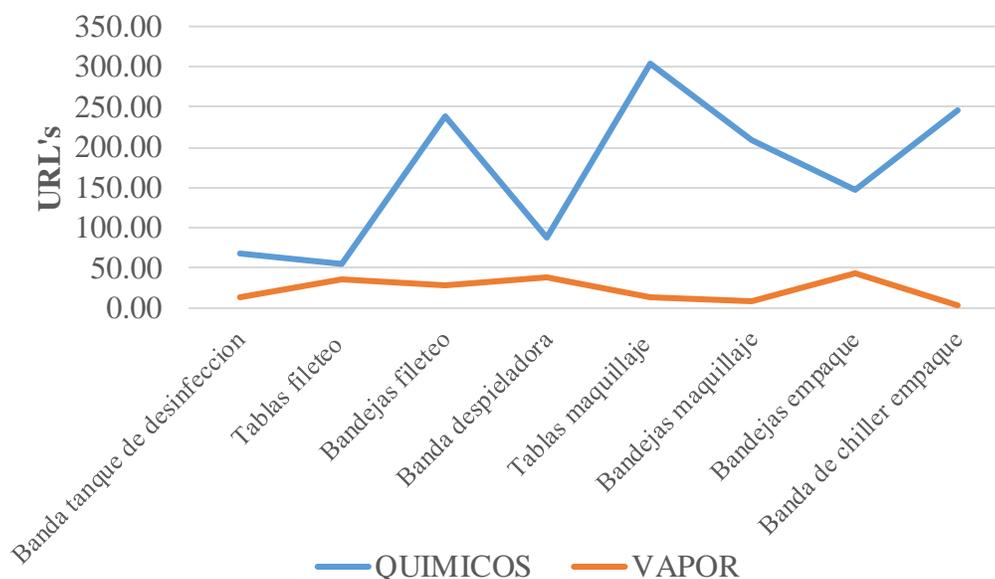


Figura No. 6. Comparación de medias a lo largo de los ocho puntos de muestreo (Trabajo de campo, 2016)

A pesar que las medias de resultados para ambos métodos están por debajo de los rangos aceptables de 500 URL's, es evidente la diferencia de valores obtenidos los cuales están a razón de un máximo de 303.90 URL's localizado en las tablas de recorte y un mínimo de 55 URL's localizado en las tablas de fileteo para el método de sanitización a base de químicos. Comparado con el método de vapor húmedo en el cual se obtuvo un máximo de 43.41 URL's localizado en las bandejas de empaque y un mínimo de 3.5 URL's localizado en la banda del tanque enfriador de empaque.

Por otra parte, en el tanque de desinfección, ubicado en el área de matanza, se detectó un máximo de 367 URL's utilizando químicos en comparación a 111 URL's detectados utilizando vapor, evidenciando la efectividad del vapor húmedo presurizado (Figura No. 7).

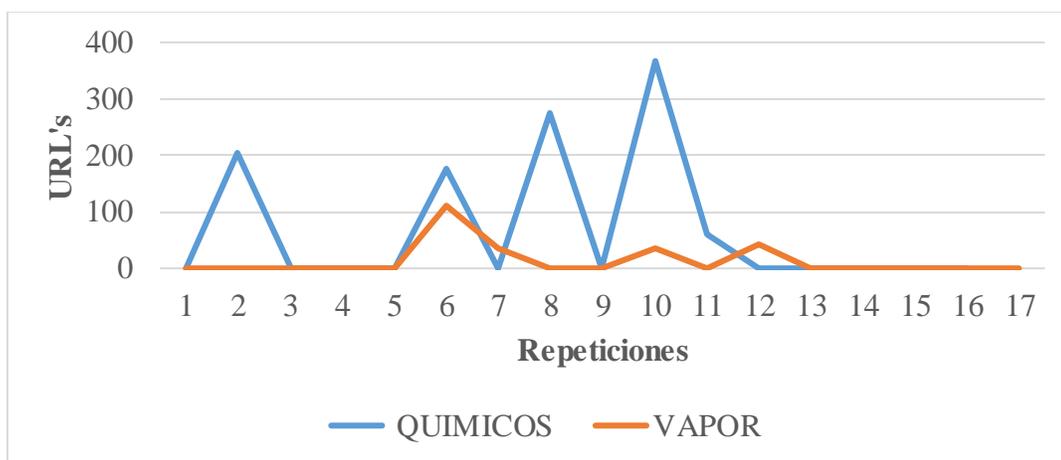


Figura No. 7. URL's encontrados en la banda del tanque de desinfección
(Trabajo de campo, 2016)

La toma de muestras en este punto se realizó sobre la superficie de la banda transportadora ubicada al fondo del tanque, hecha del mismo material plástico de las otras bandas muestreadas, también compuesta de múltiples piezas móviles, el producto que tocaba la superficie de esta banda era pescado entero sin escamas, agua fría con hipoclorito de sodio en concentraciones de 50 ppm y sal, calificado como el primer punto crítico de control de la línea de producción ya que a partir de este punto el pescado entero es desinfectado y pasa a la siguiente sala de proceso totalmente inocuo.



Figura No. 8. Limpieza con vapor húmedo del tanque de desinfección
(Trabajo de campo, 2016)

En las tablas de fileteo se obtuvo un valor máximo 292 URL's detectadas utilizando químicos y 269 URL's utilizando vapor.

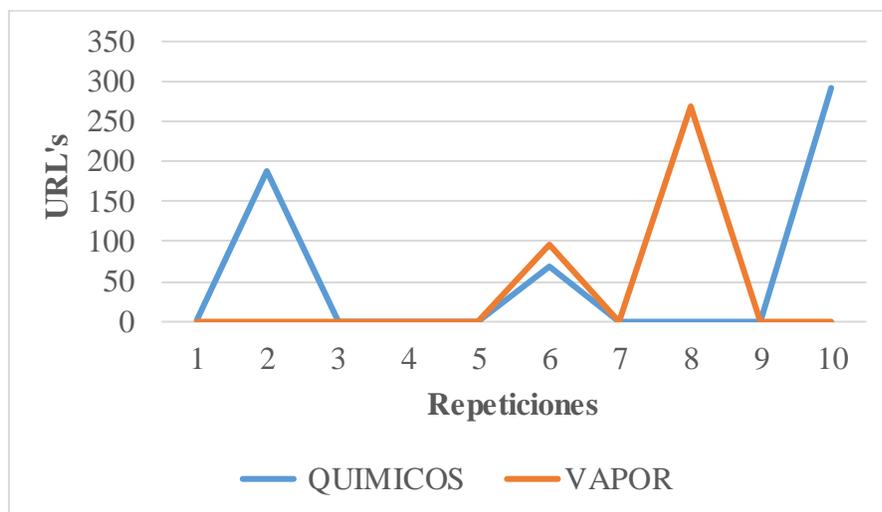


Figura No. 9. URL's encontrados en las tablas de fileteo
(Trabajo de campo, 2016)

El material de fabricación de las tablas de fileteo es polietileno blanco de grado alimenticio, sobre esta superficie se colocaba el pescado entero y se extraían ambos filetes de forma manual, a raíz de esto se producían múltiples cortes sobre la superficie de la tabla, zonas ideales para el alojamiento de material orgánico difícil de eliminar con la frotación de esponjas normales de cocina y químicos de limpieza y muy fáciles de extraer con vapor húmedo presurizado.

Para las bandejas de fileteo, los valores máximos detectados fueron de 1891 URL's utilizando químicos valor por encima de los límites aceptables y 340 URL's utilizando vapor.

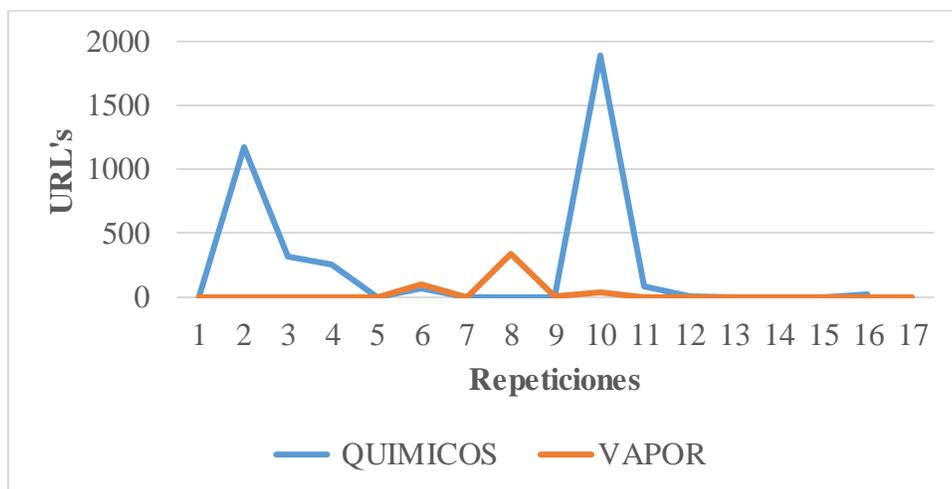


Figura No. 10. URL's encontrados en las bandejas de fileteo
(Trabajo de campo, 2016)

El producto que tenía contacto con estas bandejas eran filetes con piel, fabricadas con polietileno blanco de grado alimenticio y por lo general la suciedad acumulada en las bandejas contaba únicamente de grasa la cual era difícil de extraer de forma manual, evidencia de esto se muestra en la figura No. 10 en la repetición 10 valor por encima del rango marginal de URL's, caso en el que las bandejas tuvieron que someterse nuevamente a limpieza.



Figura No. 11. Limpieza con vapor húmedo de tablas de fileteo
(Trabajo de campo, 2016)

En la banda de la despieladora se detectaron valores máximos de 527 URL's utilizando químicos y 267 URL's utilizando vapor.

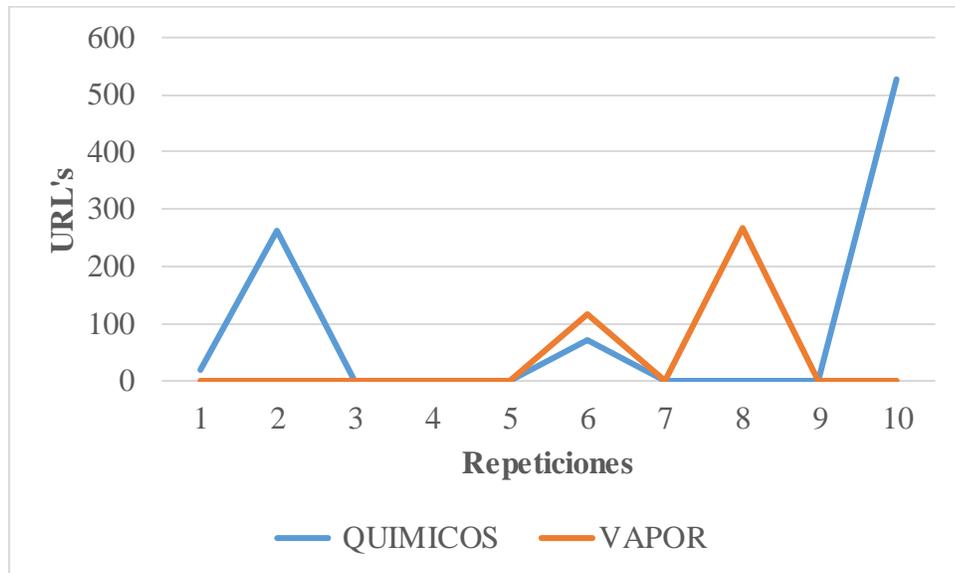


Figura No. 12. URL's encontrados en la banda de la despieladora
(Trabajo de campo, 2016)

Esta banda al igual que las bandas de transporte estaba compuesta de múltiples piezas móviles en las que se acumulaba principalmente grasa ya que tenía contacto con la piel de los filetes, y al igual que en los puntos de muestreo anteriores la limpieza fue más efectiva utilizando vapor.



Figura No. 13. Limpieza con químicos de máquina despieladora de filete
(Trabajo de campo, 2016)

Los valores máximos detectados en las tablas de recorte fueron 2730 URL's utilizando químicos y 79 utilizando vapor.

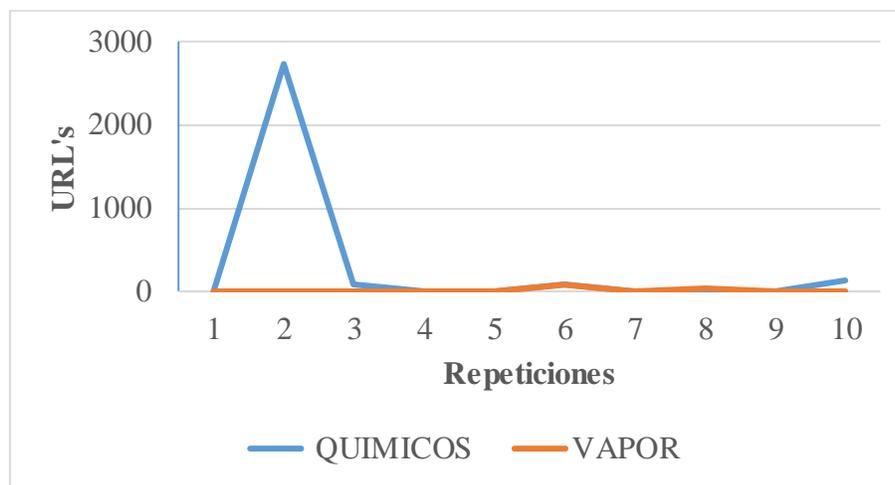


Figura No. 14. URL's encontrados en las tablas de recorte
(Trabajo de campo, 2016)

En este punto el filete se recortado a su forma final, se le retiraba las espinas ubicadas en la parte posterior de la línea lateral y los excesos de carne, estas acciones producían múltiples cortes en la tabla que estaba fabricada de polietileno blanco de grado alimenticio y al igual que en las tablas de fileteo, se acumulaba grasa y residuos de proteína y como se muestra en la figura No. 14 el uso de vapor hace más efectivo el trabajo de limpieza.

En las bandejas de recorte se detectaron valores máximos de 1932 URL's utilizando químicos y 65 URL's utilizando vapor.

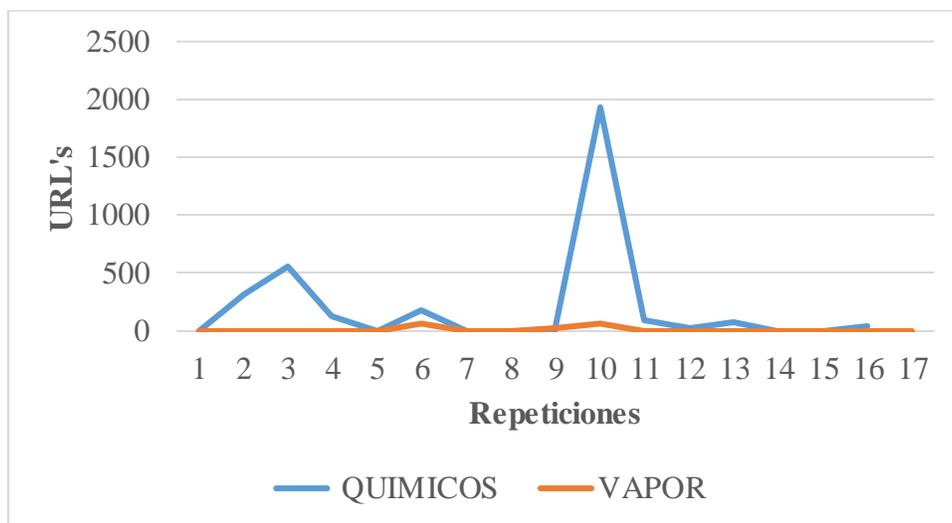


Figura No. 15. URL's encontrados en las bandejas de recorte
(Trabajo de campo, 2016)

El producto contenido en estas bandejas era filete recortado y listo para el tallado final, los residuos orgánicos estaban constituidos principalmente de grasa y proteína materiales difíciles de eliminar utilizando químicos como se ejemplifica en la figura No. 15, en la repetición 10, valor por encima del rango marginal lo cual provoco que las bandejas fueran sometidas nuevamente a limpieza.



Figura No. 16. Limpieza con vapor húmedo de bandejas de recorte
(Trabajo de campo, 2016)

En las bandejas de empaque los valores máximos detectados fueron 1337 URL's utilizando químicos y 316 URL's utilizando vapor.

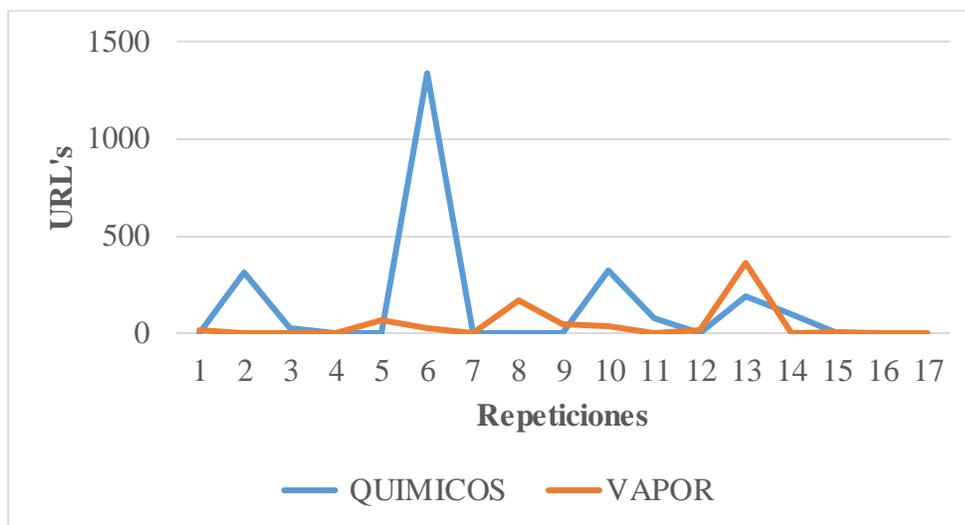


Figura No. 17. URL's encontrados en las bandejas de empaque
(Trabajo de campo, 2016)

Las bandejas de empaque son el último punto de contacto con filete previo a ser empacado, por tal motivo la limpieza en esta área y principalmente en las bandejas debía ser óptimo, estas bandejas estaban fabricadas de polietileno gris de grado alimenticio y el principal residuo orgánico estaba compuesto por grasas y proteínas difíciles de eliminar de forma manual.

En la banda del tanque enfriador de empaque los valores máximos detectados fueron 1279 URL's utilizando químicos y 35 URL's utilizando vapor.

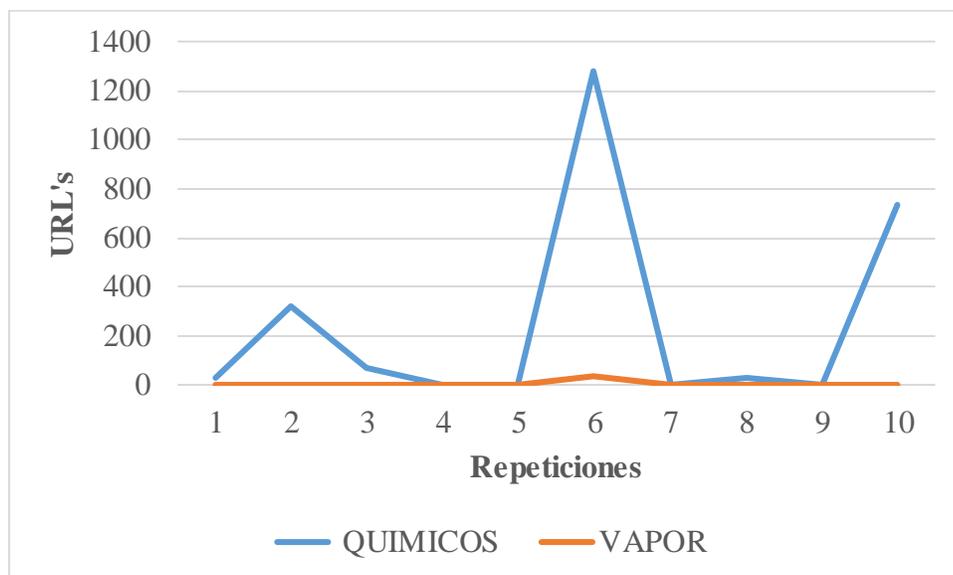


Figura No. 18. URL's encontrados en la banda del tanque enfriador de empaque (Trabajo de campo, 2016)

Al igual que en las bandejas de empaque, esta banda es una de las fases finales de la línea de producción, localizada en un tanque que contiene hielo, sal e hipoclorito de sodio este era el punto de desinfección final, compuesta de múltiples piezas movibles, la limpieza se tornaba difícil y requería de mucho tiempo para llevarla a cabo de forma manual y como se evidencia en la figura No. 18, el vapor húmedo hacia más efectiva dicha acción.

Al comparar los resultados de URL's para ambos métodos de sanitización en cada punto de muestreo se observa que el uso de vapor húmedo fue más efectivo en todas las repeticiones efectuadas.

Los muestreos microbiológicos realizados en los mismos puntos en el mes de diciembre del 2016, evidencian que la carga microbiana se mantiene por debajo de 10 UFC/cm² para coliformes fecales y para el conteo de bacterias aerobias los datos estuvieron por debajo de 10 UFC/cm² excepto las bandejas de empaque en las que presento 120 UFC/cm² (Anexo No. 5).

Para determinar el costo de ambos métodos de limpieza se utilizó la herramienta de Excel 2013, se tabularon los datos registrados en los formatos de limpieza después de haber efectuado la sanitización en las áreas de proceso.

En limpieza con químico se obtuvieron datos de la cantidad de detergente líquido (Rimol), desinfectante (Vortex), tiempo utilizado para la limpieza y el número de operarios que efectuaron la misma (Tabla No. 8).

Tabla No. 8. Costo de sanitización con químicos

FECHA	Rimol	Precio	Vortex	Precio	Horas/	Numero	Precio	Costo
Limpieza	ml	Rimol	ml	Vortex	hombre	operarios	limpieza	Total
10/06/2016	3000	Q.90	240	Q.24	4.67	7	Q.349.53	Q.463.53
16/06/2016	3750	Q.112.5	240	Q.24	5.00	7	Q.374.50	Q.511.00
17/06/2016	4125	Q.123.75	240	Q.24	3.50	7	Q.262.15	Q.409.90
20/06/2016	4125	Q.123.75	240	Q.24	5.00	7	Q.374.50	Q.522.25
24/06/2016	4125	Q.123.75	240	Q.24	5.00	7	Q.374.50	Q.522.25
27/06/2016	4125	Q.123.75	240	Q.24	5.00	7	Q.374.50	Q.522.25
04/06/2016	4125	Q.123.75	240	Q.24	4.50	7	Q.337.05	Q.484.80
Promedio								Q.490.85

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

De las siete repeticiones realizadas, se determinó que una jornada de sanitización utilizando químicos tarda en promedio 4.67 horas con una varianza de 0.51 horas a un costo de Q490.85 con una varianza de Q39.1 (Tabla No. 10), obteniendo un tiempo máximo para la sanitización de 5 horas a un costo total de Q522.25 y un mínimo de 3 horas a un costo de Q368.70. Para las siete jornadas que se documentaron se utilizó Rimol, detergente líquido con pH neutro y desinfectante a base de ácido acético y peróxido de hidrógeno.

En la limpieza con vapor húmedo se obtuvieron datos de libras de gas propano, energía eléctrica, tiempo utilizado para la limpieza y el número de operarios que efectuaron la misma (Tabla No. 9)

Tabla No. 9. Costo de sanitización con vapor húmedo

FECHA	Horas	Precio		Horas/	Numero	Precio	Costo
Limpieza	GAS	energía	Precio gas	hombre	operarios	limpieza	Total
08/09/2016	2.07	7.50	130.20	3.50	7	262.15	399.85
09/09/2016	2.38	8.65	150.15	5.67	7	424.43	583.23
11/09/2016	2.08	7.56	131.25	6.00	7	449.40	588.21
15/09/2016	2.15	6.96	135.45	6.00	7	449.40	592.65
16/09/2016	3.00	10.89	189.00	5.50	7	411.95	611.84
22/09/2016	2.00	7.26	126.00	4.67	7	349.53	482.79
24/09/2016	2.50	9.08	157.50	5.83	7	436.92	603.49
Promedio							551.73

Fuente: Trabajo de campo, 2016.

De las siete repeticiones realizadas se determinó que una jornada de sanitización utilizando vapor húmedo tarda en promedio 5.31 horas con una varianza de 0.85 horas a un costo de Q551.50 con una varianza de Q73.78 (Tabla No. 10), obteniendo un tiempo máximo para la sanitización de seis horas a un costo total de Q588.21 y un mínimo de 3.5 horas a un costo de Q399.85. Para las siete jornadas que se documentaron se utilizó la maquina Sanitech Mark V la cual tuvo un gasto energético promedio de Q8.27 y Q145.65 de gas propano por jornada.

Tabla No. 10. Comparación de costos y tiempo en horas para ambos métodos de sanitización

Método	Costo Promedio	Varianza en costo	Tiempo promedio	Varianza en tiempo
Vapor húmedo	Q551.73	Q73.85	4.67 Horas	0.51 Horas
Químicos	Q490.85	Q39.10	5.31 Horas	0.85 Horas

Fuente: Trabajo de campo, 2016

De conformidad con los resultados obtenidos de los dos análisis económicos es 11.03% más económico utilizar químicos y desinfectantes para realizar la sanitización de las áreas de proceso (Figura No. 15), la diferencia promedio del costo es de Q90.34 en términos económicos, sin embargo, los beneficios de utilizar el método de vapor húmedo se evidencian en la eficiencia para remover la suciedad y penetrar en lugares de difícil acceso, además del beneficio de no

generar residuos químicos perjudiciales para el medio ambiente, los químicos utilizados son de grado alimenticio libres de fósforo, no obstante alteran el funcionamiento de la laguna de oxidación eliminando las bacterias aerobias encargadas de mejorar la calidad del agua de la misma.

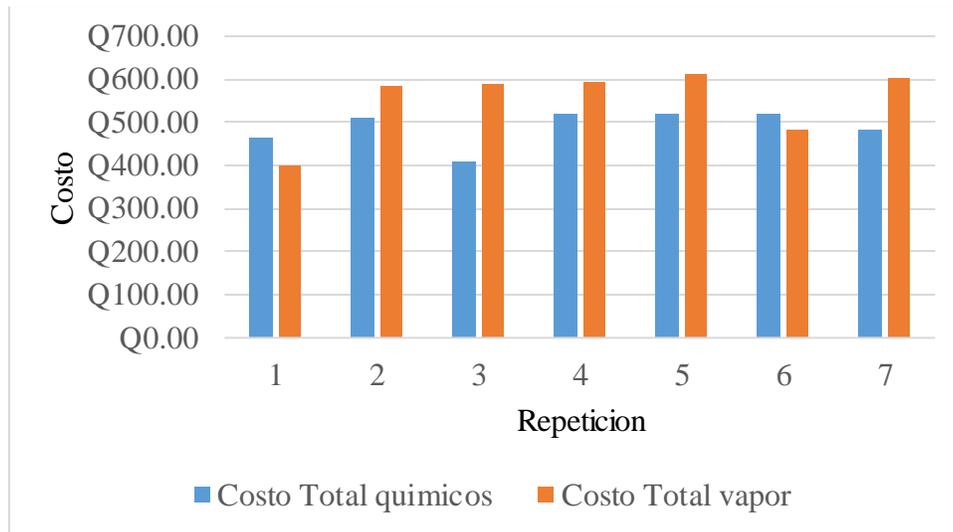


Figura No. 19. Comparación de costos de sanitización
(Trabajo de campo, 2016)

El costo de utilizar químicos de limpieza se ve afectado cuando los resultados de las lecturas de URL's están por encima del rango marginal de 1500 URL's ya que la limpieza del área debe ser realizada nuevamente, por lo tanto, el costo final de limpieza en determinada jornada de proceso productivo se eleva un porcentaje dependiendo cual haya sido el área sanitizada, tal y como se evidencia en la repetición No. 1 y No. 6 de la figura No. 19 en donde los costos de limpieza con químicos fueron superiores a la limpieza realizada con vapor húmedo.

8. CONCLUSIONES

- La utilización del método de vapor húmedo presurizado para la sanitización de áreas de procesamiento de filete de tilapia, logró mayor reducción de carga orgánica en superficies de contacto hasta del 98.58%, en comparación del método a base de químicos de limpieza.
- La sanitización con vapor húmedo pueden aumentar los costos debido a las repeticiones de limpieza que deben hacerse en ciertas áreas cuando no se logran los niveles aceptables de URL's, por lo tanto, el uso de vapor húmedo aumenta los costos, pero presenta mayor eficiencia.
- El costo de utilizar vapor húmedo es 11.03% más elevado que utilizar químicos de limpieza, no obstante, los beneficios de utilizar vapor húmedo reflejan en la efectividad para disolver grasas, retirar materia orgánica y producir mínima contaminación a los efluentes de agua de la planta de transformación.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda disminuir el uso de productos químicos de limpieza ya que se demostró que el vapor húmedo es más efectivo para la eliminación de grasas y materia orgánica en las superficies de contacto con el filete de tilapia.
- Se recomienda especificar con más detalle las áreas y maquinaria en las que se debe utilizar vapor húmedo y las áreas en las que se deben utilizar químicos de limpieza como paredes, pisos, techos, rejillas de drenaje y maquinaria que no tiene contacto con el filete de tilapia.
- Reducir el tiempo para el establecimiento de límites máximos aceptables de detección de ATP para optimizar y garantizar la limpieza en las áreas de proceso.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana, W. J. (2016). Evaluación microbiológica de los medios de almacenamiento de productos de la pesca no procesados previo a la solicitud de licencia sanitaria de transporte. Guatemala: USAC
2. Alimentarius, C. (2003). Principios generales de la higiene de los alimentos. Naciones Unidas: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO].
3. Aycicek, H., Oguz, U., y Karci, K. (2006). Comparison of results of ATP bioluminescence and traditional hygiene swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 209 (2), 203–206.
4. Boer, E.D. y Beumer, R.R. 1999. Methodology for detection and typing of foodborne microorganism. *International Journal of Food Microbiology*. 50(1-2):119-130.
5. Carsberg, H.C. 2003. Food Plant Sanitation. En *Food Safety Handbook*, ed. Schmidt y Rodrick. John Wiley&Sons, Inc. Hoboken, pp. 383-401.
6. Champiat, D., Matas, N., Monfort, B., & Fraass, H. (2001). Applications of biochemiluminescence to HACCP. *Luminescence*, 16(2), 193-198.
7. Chen, J. 2003. Contemporary Monitoring Methods. En *Food Safety Handbook*, ed. Schmidt y Rodrick. John Wiley&Sons, Inc. Hoboken, pp. 197-210.
8. Chu, C. P., Lee, D. J., Chang, B. V., & Liao, C. S. (2001). Using ATP bioluminescence technique for monitoring microbial activity in sludge. *Biotechnology and bioengineering*, 75(4), 469-474.
9. Codex, A. (2003). *Principios generales de la higiene de los alimentos*. Naciones Unidas: FAO.
10. Codex Alimentarius FAO/WHO. 2003. Basics Texts Food Hygiene. Recommended International Code Of Practice General Principles of Food Hygiene. CAC/RCP 1-1969, Rev 28-2017, (3):1 Disponible en ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Hygiene/FoodHygiene_2003e.pdf



11. Comisión Nacional de Energía Eléctrica [CNEE]. 2016. Precio de la energía eléctrica para el 2016 [en línea]. Recuperado enero 29, 2017, de <http://www.mem.gob.gt/>
12. Corbitt, A. J., Bennion, N., & Forsythe, S. J. (2000). Adenylate kinase amplification of ATP bioluminescence for hygiene monitoring in the food and beverage industry. *Letters in applied microbiology*, 30(6), 443-447.
13. Costa, P.D. Andrade, N.J., Brando, S.C.C., Passos, F.J.V., y Soares, N.F.F. 2006. ATP-bioluminescence assay as an alternative for hygiene-monitoring procedures of stainless steel milk contact surfaces. *Brazilian Journal of microbiology*. 36:345-349.
14. Cullor, J. S. (1997). HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points): is it coming to the dairy?. *Journal of Dairy Science*, 80(12), 3449-3452.
15. Davidson, C. A., Griffith, C. J., Peters, A. C., & Fielding, L. M. (1999). Evaluation of two methods for monitoring surface cleanliness—ATP bioluminescence and traditional hygiene swabbing. *Luminescence*, 14(1), 33-38.
16. Delahaye, E., Welte, B., Levi, Y., Leblon, G., & Montiel, A. (2003). An ATP-based method for monitoring the microbiological drinking water quality in a distribution network. *Water Research*, 37(15), 3689-3696.
17. Fung, D.Y.C. 2002. rapid Methods and Automation in Microbiology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 1:3-22.
18. Gibson, H., Taylor, J.H., Hall, K.E., y Holah, J.T. 1999. Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. *Journal of Applied Microbiology*. 87(1):41-48.
19. Global Aquaculture Alliance. (2017). *Las mejores prácticas de acuicultura* [en línea]. Recuperado octubre 7, 2017, de <https://www.bapcertification.org/&prev=search>
20. Gonzáles, M. I. (2015). *Sistema de producción acuícola “Paraíso Springs Aquaculture Guatemala CIA Ltd.”, San Luis, Petén, Guatemala; área de producción y reversión de alevines*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
21. Gorus, F., & Schram, E. (1979). Applications of bio- and chemiluminescence in the clinical laboratory. *Clinical chemistry*, 25(4), 512-519.
22. Gracias, K.S. y McKillip, J.L. 2004. A Review of conventional detection and enumeration methods for pathogenic bacteria in food. *Canadian Journal Microbiology*. 50(11):883-890.



23. Green, T. A., Russell, S. M., & Fletcher, D. L. (1999). Effect of chemical cleaning agents and commercial sanitizers on ATP bioluminescence measurements. *Journal of FoodProtection®*, 62(1), 86-90.
24. Griffiths, M. W. (1993). Applications of bioluminescence in the dairy industry. *Journal of dairy science*, 76(10), 3118-3125.
25. Griffiths, M. W. (1996). The role of ATP bioluminescence in the food industry: new light on old problems. *Food technology*. 50(7):7.
26. Grönholm, L., Wirtanen, G., Ahlgren, K., Nordström, K., y Sjöberg, A-M- 1999. Screening of antimicrobial activities of disinfectants and cleaning agents against foodborne spoilage microbes. *Z LebensmUntersForsch A*. 208:289-298.
27. Hoz, A. F. (2011). *Evaluación de la eficacia de 3 desinfectantes, frente a cepas de listeria monocytogenes aisladas de industria cárnica colombiana*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
28. Hui, Y.H. 2003. The FDA's GMP's, HACCP, and the Food Code. En *Food Plant Sanitation*, ed. Hui, Bruinsma, Gorham, Nip, Tong y Ventresca. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 31-50
29. Hulebak, K. L., & Schlosser, W. (2002). Hazard analysis and critical control point (HACCP) history and conceptual overview. *Riskanalysis*, 22(3), 547-552.
30. Ng, L. K., Taylor, D. E., & Stiles, M. E. (1985). Estimation of *Campylobacter* spp. in broth culture by bioluminescence assay of ATP. *Applied and environmental microbiology*, 49(3), 730-731.
31. Nieuwenhof, F. (1996). *Raw milk, hygiene management and ATP bioluminescence: Proceedings, IDF symposium on bacteriological quality of raw milk*. Austria: IDF.
32. Noordhuizen, J. P. T. M., & Welpelo, H. J. (1996). Sustainable improvement of animal health care by systematic quality risk management according to the HACCP concept. *Veterinary quarterly*, 18(4), 121-126.
33. Maukonen, J., Matto, J., Wirtanen, G., Raaska, L., Mattila-Sandholm, T., y Saarela, M. 2003. Methodologies for the characterization of microbes in industrial environments: a review. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 30(6):327-356.



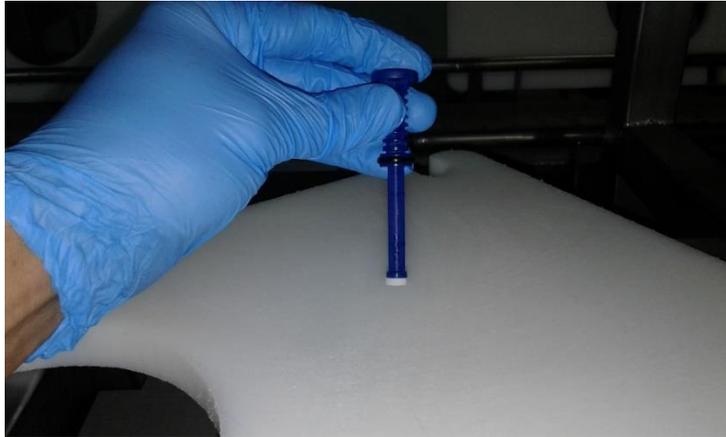
34. Ministerio de energía y minas [MEM]. 2016. Precio de los hidrocarburos para el 2016 [en línea]. Recuperado enero 29, 2017, de <http://www.mem.gob.gt/hidrocarburos/precios-combustible-nacionales/historico-precios-nacionales/>
35. Ministerio de Trabajo [Mintrab]. (2016). Salario mínimo para el 2016 [en línea]. Recuperado enero 25, 2017, de <http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/salariominimo.html>
36. Moore, G. y Griffith, C. 2002. A comparison of Surface sampling methods for detecting coliforms on food contact Surface. *FoodMicrobiology*. 19(1):65-73.
37. Murphy, S. C., Kozłowski, S. M., Bandler, D. K., & Boor, K. J. (1998). Evaluation of adenosine triphosphate-bioluminescence hygiene monitoring for trouble-shooting fluid milk shelf-life problems. *Journal of dairyscience*, 81(3), 817-820.
38. Oulahal-Lagsir, N., Martial-Gros, A., Bonneau, M., & Blum, L. J. (2000). Ultrasonic methodology coupled to ATP bioluminescence for the non-invasive detection of fouling in food processing equipment—validation and application to a dairy factory. *Journal of appliedmicrobiology*, 89(3), 433-441.
39. Parental Drugs Association (PDA). 1998. Points to consider for cleaning validation. DRAFT, PDA Technical report No. 29:1.
40. Pelczar, M., Reid, R. D., y Chan, E. C. S. (1981). *Microbiología* (4ª ed.). México: McGraw Hill.
41. Peralta, H. S. (2013). Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para la construcción de una planta industrial de alimentos congelados según el decreto ejecutivo 3253 y publicado en el registro oficial 696 del 4 de noviembre del 2002. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
42. Poulis, J. A., De Pijper, M., Mossel, D. A. A., & Dekkers, P. P. A. (1993). Assessment of cleaning and disinfection in the food industry with the rapid ATP-bioluminescence technique combined with the tissue fluid contamination test and a conventional microbiological method. *International Journal of FoodMicrobiology*, 20(2), 109-116.
43. Puig-Durán Fresco, J. (2002). *Ingeniería, autocontrol y auditoria de la higiene en la industria alimentaria: Control de la eficacia de la limpieza y desinfección de forma rutinaria*. Madrid: Mundi Prensa.



44. Rodriguez, C. M. (2005). Buenas prácticas de manufactura aplicadas en la industria de fabricacion de pastas alimenticias. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
45. Sanitech. (2015). *SANITECH Corporation* [enlínea]. Recuperado julio 10, 2016, de <http://sanitechcorp.com/spanish/index.php>
46. Scharlab. (s. f.). *Control microbiológico ambiental y de superficies*. España, The Lab Sourcing Group.
47. Secretaria de salud. (1995). Norma oficial mexicana nom-093-ssa1-1994, bienes y servicios. prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos [en línea]. Recuperado Octubre 27, 2017, de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/093ssa14.html>
48. Soluciones Analíticas. (2014). *Instructivo para toma de muestras y análisis de productos alimenticios*. Guatemala: Autor.
49. Sranfield, P. 2003. Cleaning and Sanitizing a Food Plant. En Food Plant Sanitation, ed. Hui, Bruinsma, Gorham, Nip, Tong y Ventresca. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 101-114.
50. Vanne, L., Karwoski, M., Karppinen, S., y Sjorberg, A.-M. 1996. HACCP-based for quality control and rapid detection methods for microorganism. *Food Control*. 7(6):263-276.
51. Venkateswaran, K., Hattori, N., La Duc, M. T., & Kern, R. (2003). ATP as a biomarker of viable microorganisms in clean-room facilities. *Journal of MicrobiologicalMethods*, 52(3), 367-377.
52. Velásquez, M. y Feirtag, J. 1997. Quenching and enhancement effects of ATP extractans, cleaners, and sanitizer on the detection of the ATP. *Journal of a FoodProtection*. 60(7):799-803.



11. ANEXO



Anexo No. 1. Toma de muestras en tablas de recorte
(Trabajo de campo, 2016)



Anexo No. 2. Accionamiento de reacción química en el hiposo muestreador
(Trabajo de campo, 2016)



Anexo No. 3. Lectura de URL's con luminómetro Accu Piont 2
(Trabajo de campo, 2016)

14 avenida 19-50 Condado El Naranjo
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



**Soluciones
Analíticas**
Agricultura • Industria • Ambiente

Lotificación El Relicario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz, Escuintla
PBX.: 7882-2428
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE MICROBIOLOGIA

Cilente: PARAISO SPRINGS AQUACULTURE GUATEMALA Y CIA LTDA
Dirección: 4ta Av 27-63, Z 12 La Reformita
Persona Responsable: LICDA. BETHSABE BUSTAMANTE

Número de orden: 98826
Fecha de Ingreso: 02/12/2016
Fecha del Informe: 07/12/2016
Asesor: DAVID AVILA

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS

Fecha de muestreo:	01/12/2016	Fecha de análisis:	02/12/2016
Coordenadas:	N°: 02433 y N°:02434	Hora de ingreso:	11:09:37
Recipiente:	TUBO CON HISOPO	Temperatura de almacenaje:	AMBIENTE
Aparencia:	NORMAL	Responsable de Muestreo:	CLIENTE

CODIGO DE MUESTRA	REFERENCIA CLIENTE	HORA DE ANALISIS	HORA DE MUESTREO	UNIDADES	LIMITES Y METODOLOGIAS		
					< 10 / CM 9.836:2015	< 10 / CM Cap 8.72:2015	< 10 / CM 39.83:2015
					COLIFORMES TOTALES	CONTEO DE BACTERIAS AEROBIAS	<i>Staphylococcus aureus</i>
1612020110	CUCHILLO DE MAQUILLAJE	12:30:00	09:50:00	UFC/CUCHILLO	< 10	80	< 10
1612020111	CHILER DE FILETEO	12:35:00	09:42:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020112	BANDEJA DE EMPAQUE	12:35:00	09:45:00	UFC/100cm2	< 10	120	< 10
1612020113	BANDEJAS DE FILETEO	12:40:00	09:25:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020114	BANDEJAS DE FILETEO	12:45:00	09:28:00	UFC/100cm2	< 10	200	< 10
1612020115	TABLAS DE MAQUILLAJE	12:50:00	09:35:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020116	BANDEJA DE TANQUE DE DESINFECCION	12:55:00	08:36:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020117	BANDEJA DE MAQUILLAJE	13:00:00	09:35:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020118	DESPIELADORA	13:05:00	09:28:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020119	BANDAS DE CHILER DE INSPECCION	13:10:00	09:38:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020120	CUCHILLOS DE FILETEO	13:15:00	09:23:00	UFC/CUCHILLO	800	> 57000	< 10
1612020501	MESA DE DEGOLLE	12:00:00	08:30:00	UFC/100cm2	< 10	< 10	< 10
1612020502	BOTAS LAVADAS CON AGUA Y JABON	12:05:00	08:25:00	UFC/BOTAS	210	2200	20
1612020503	BOTAS DESINFECTADAS-AMONIO	12:10:00	08:27:00	UFC/BOTAS	10	800	< 10
1612020504	MANOS DE ALEX HERNANDEZ SIN GUANTES LAVADO MANO DERECHA	12:15:00	10:18:00	UFC/MANOS	< 10	< 10	< 10
1612020505	MANOS DE ALEX HERNANDEZ CON GUANTES SIN LAVAR	12:20:00	10:22:00	UFC/MANOS	< 10	130	< 10
1612020506	MANOS DE ALEX HERNANDEZ/ GUANTES						

Anexo No. 5. Microbiología de superficies en contacto con el filete de tilapia (Trabajo de campo, 2016)

Anexo No. 6. Glosario

APPCC	El Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria, de forma lógica y objetiva.
PCC	Se define un Punto Crítico de Control (PCC) una etapa donde se puede aplicar un control y que sea esencial para evitar o eliminar un peligro a la inocuidad del alimento o para reducirlo a un nivel aceptable
ATP	El trifosfato de adenosina es un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular. Está formado por una base nitrogenada unida al carbono 1 de un azúcar de tipo pentosa, la ribosa, que en su carbono 5 tiene enlazados tres grupos fosfato.
Codex Alimentarius	El Codex Alimentarius (palabra latín: "código de los alimentos") es una colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a los alimentos, su producción y seguridad alimentaria, bajo el objetivo de la protección del consumidor.
ETAs	Las Enfermedades transmitidas por Alimentos mejor conocidas por sus siglas como ETAs se refieren a cualquier enfermedad causada por la ingestión de un alimento contaminado que provoca efectos nocivos en la salud del consumidor.

BIOFILMS

Además de agua y de las células bacterianas, la matriz del biofilm es un complejo que está formado principalmente por exopolisacáridos. En menor cantidad se encuentran otras macromoléculas como proteínas, ADN y diversos productos procedentes de la lisis de las bacterias.

USDA

United States Department of Agriculture es una unidad ejecutiva del Gobierno Federal de EE. UU. Su propósito es desarrollar y ejecutar políticas de ganadería, agricultura y alimentación. Su meta es entender en las necesidades de los productores (granjeros, rancheros), promoviendo el comercio agrícola y la producción, trabajando para asegurar seguridad alimentaria, protegiendo los recursos naturales, mejorar las comunidades rurales, y poner fin al hambre.