



Guía para la Implementación del Plan de Monitoreo Ambiental en Plantas Procesadoras de Carne Fresca y productos cárnicos comestibles

Adrián Alberto Ojeda Bernal

Juanita Duque Schweizer

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Sistemas de Gestión de Calidad de Inocuidad Agroalimentaria

Asesor

Javier Enrique Andrade Hernández, Especialista en Gestión de la calidad y productividad

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias
Especialización en Sistemas de Gestión de Calidad e Inocuidad Agroalimentaria
Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Ojeda Bernal & Duque Schweizer, 2023)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Ojeda Bernal, A., & Duque Schweizer J. (2023). <i>Guía para la implementación del Plan de Monitoreo Ambiental en Plantas Procesadoras de Carne Fresca y productos cárnicos comestibles</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Sistemas de Gestión de Calidad e Inocuidad Agroalimentaria, Cohorte III.



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de Contenido

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
OBJETIVOS.....	11
GENERAL	11
ESPECÍFICOS	11
JUSTIFICACIÓN	11
ESTADO DEL ARTE/ANTECEDENTES.....	13
MARCO TEÓRICO	15
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL	15
IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS.....	15
<i>Frecuencia de muestreo y número de puntos de prueba muestreados.</i>	19
MICROORGANISMOS INDICADORES Y SU IMPORTANCIA EN EL AMBIENTE DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS.	21
<i>Coliformes</i>	22
<i>Enterobacterias</i>	23
PROPÓSITO DEL MONITOREO AMBIENTAL DE PATÓGENOS.	23
METODOLOGÍA.....	26
DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MUESTREO DE INDICADORES.	26
SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	27
DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MUESTREO AMBIENTAL DE PATÓGENOS.....	29

ZONIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	29
FRECUENCIA DE MUESTREO Y NÚMERO DE MUESTRAS.....	30
RESULTADOS	32
MONITOREO AMBIENTAL DE PATÓGENOS E INDICADORES	33
OBJETIVO.....	33
ALCANCE.....	33
DEFINICIONES	33
CONTENIDO.....	34
PASOS DEL PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL.....	35
EVITAR EL INGRESO DE PATÓGENOS EN LA PLANTA DE PROCESAMIENTO.	35
APLICAR PRINCIPIOS DE DISEÑO HIGIÉNICO EN INSTALACIONES Y EQUIPOS	35
PUNTOS DE MUESTREO: ZONA MAP	36
TIPOS DE PRUEBAS PARA EL MONITOREO AMBIENTAL DE PATÓGENOS.....	37
MÉTODOS PARA MONITOREO AMBIENTAL.....	37
ACCIONES CORRECTIVAS GENERALES	37
ACCIONES CORRECTIVAS ZONA 1	39
ACCIONES CORRECTIVAS ZONA 2	40
ACCIONES CORRECTIVAS DE LA ZONA 3.....	40
ACCIONES CORRECTIVAS DE LA ZONA 4.....	41
CONCLUSIONES	41
IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	41
DETECCIÓN TEMPRANA DE CONTAMINACIÓN	42
EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE CONTROL	42
CUMPLIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE SEGURIDAD ALIMENTARIA.....	42
MEJORA CONTINUA	42
MAYOR CONFIANZA DEL CONSUMIDOR.....	42
CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS LEGALES Y NORMATIVOS	43
REDUCCIÓN DE RIESGOS Y COSTOS ASOCIADOS	43

DISCUSIÓN.....	43
REFERENCIAS	45

Lista de Figuras

Figura 1. Zonas de muestreo de monitoreo ambiental	17
Figura 2. Identificación de los puntos de muestreo de alto riesgo.....	18
Figura 3. Patrón estelar de muestreo.....	37

Lista de Tablas

Tabla 1. Descripción de la frecuencia del muestreo para las diferentes alternativas de las plantas de procesamiento de alimentos.....	30 – 31
---	---------

Resumen

El programa de monitoreo ambiental está diseñado para evitar la contaminación cruzada de los alimentos posterior a las etapas de procesamiento, impedir altos costos en la recogida de productos contaminados, realizar una verificación efectiva de los programas de limpieza y desinfección y también para conocer el verdadero estado sanitario de las plantas de procesamiento. En Colombia es poco lo que se ha trabajado en la implementación de estos programas, por lo cual se hace necesario crear una guía que le permita al establecimiento fortalecer los sistemas de gestión de la calidad ya implementados, y así garantizar productos con mayores estándares de calidad e inocuidad. La necesidad de identificar las zonas y los microorganismos a muestrear, permiten tener un control sobre los procesos y los riesgos de contaminación que se puedan presentar con indicadores y patógenos. Con esta guía se facilita la implementación de este tipo de metodologías que robustece los controles en plantas procesadoras de carne y productos cárnicos comestibles.

Palabras Clave: monitoreo, contaminación, zonas, indicadores, patógenos, carne, guía

Introducción

El plan de monitoreo ambiental se basa en el reconocimiento de microorganismos indicadores y patógenos en los ambientes de las plantas procesadoras de carne fresca. Este consiste en una clasificación de las zonas de acuerdo con la proximidad que tengan con el producto y cómo este puede llegar a generar una contaminación del mismo.

Existe un creciente reconocimiento de que los ambientes de las plantas de procesamiento de alimentos, así como otros entornos construidos que se utilizan en la producción y distribución de alimentos, pueden ser fuentes importantes de agentes biológicos, compuestos químicos y peligros físicos que pueden afectar negativamente a la inocuidad y calidad de los alimentos (Simmons y Wiedman, 2018).

El monitoreo ambiental es una herramienta esencial para fortalecer y mantener un sólido sistema de inocuidad de alimentos, así asegura que los programas de inocuidad alimentaria implementados, no solo se verifiquen, sino que también se validen para garantizar que los programas mitiguen, reduzcan o eliminen los agentes microbiológicos basados en el riesgo de poder causar potencialmente un daño a los consumidores.

Actualmente en Colombia, no es de común aplicación y desarrollo el programa de monitoreo ambiental en las plantas procesadoras de carne fresca para microorganismos indicadores y patógenos, sin embargo, el decreto 2270 de 2012 se remite al muestreo de ambientes. No se tiene en cuenta esta metodología para la prevención de la contaminación cruzada, para proteger a las empresas de costosos retiros de producto de mercado, verificación y validación de los procesos de limpieza y desinfección y para aumentar los periodos de los

procesos de producción. (Mead et al, 2006), por lo cual se hace necesario el desarrollo de una guía para la implementación de este en establecimientos procesadores de carne.

Los sistemas clásicos de inocuidad y calidad de los alimentos se basan en gran medida en el concepto de Análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points) para garantizar la inocuidad y la calidad de los alimentos, haciendo hincapié en la identificación de un punto de control crítico (PCC) específico para cada peligro identificado como probabilidad razonable de que ocurra (Simmons y Wiedman, 2018).

Según Malley et al. (2018) un enfoque basado en el sistema HACCP para desarrollar programas de monitoreo ambiental con fines específicos podría, por ejemplo, comenzar con una identificación de los "peligros" relacionados con la inocuidad y la calidad de los alimentos.

De acuerdo con Simmons y Wiedman (2018) un fabricante de alimentos podría entonces determinar qué peligros específicos podrían transmitirse a través del ambiente de la planta de procesamiento, reconociendo el hecho de que la planta de procesamiento podría ser una fuente o un vehículo de contaminación cruzada, o incluso ambos. Por lo anterior, se indicarían estrategias de control para manejar cada peligro, por ejemplo, saneamiento, GMP, diseño sanitario de equipos. Estas representan el equivalente de los "controles preventivos no relacionados con el proceso".

Planteamiento Del Problema

Para asegurar la inocuidad del producto, es importante contar con un sistema de control e inspección que haga uso de mecanismos y metodologías con los cuales se puedan identificar, cuantificar y evaluar los peligros potenciales de contaminación de los alimentos en producción (Luna, 2002). Para esto es necesario un programa de monitoreo microbiológico del ambiente, tema sustancial dentro de las buenas prácticas de manufactura (BPM), las cuales tienen como

objetivos disminuir el riesgo de contaminación de la carne fresca y coadyuvar a verificar el cumplimiento de los procedimientos de limpieza y desinfección.

El monitoreo microbiológico de ambiente se aplica en investigación y supervisión del programa de higienización. Mediante la investigación se identifican las fuentes de contaminación en las áreas de procesamiento y también ayudan a verificar los análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP por sus siglas en inglés). A través de la supervisión, se verifican los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES), la eficiencia de la limpieza y desinfección y sirve para implementar el calendario de limpieza y toma de muestras para análisis (Teuben y Barrientos, 2000).

Con la necesidad de la creación del programa de monitoreo ambiental en las plantas procesadoras de carne fresca, es necesario tener en cuenta los microorganismos objetos de vigilancia de acuerdo a la producción que realiza cada establecimiento y así, identificar los agentes que puedan llegar a causar alguna alteración y daño en los productos, además, es de suma importancia establecer las zonas donde se realizará el monitoreo para poder abarcar la mayor cantidad de área posible de la planta, donde se pueda llegar a presentar la contaminación de la carne en el desarrollo del proceso de producción. Adicionalmente, las exigencias presentadas por organismos de certificación internacional como NSF International, han estado teniendo un crecimiento exponencial en donde aumenta el nivel de los requerimientos para llevar a cabo los procesos de limpieza y desinfección y cumplir así con los estándares de los países desarrollados para lograr tener una mejor posición empresarial tanto a nivel nacional como internacional.

De acuerdo a la Resolución 2690 de 2015, se establecen los microorganismos objetos de estudio para plantas procesadoras de carne fresca, en donde para rumiantes se tienen en cuenta

agentes como: *E. coli* genérico, *E. coli* O157H7, *E. coli* no O157H7 (ESTEC), *Salmonella*. Para porcinos agentes como: *E. coli* genérico y *salmonella*. Para Aves, agentes como: *E. coli* genérico, *salmonella* y *Campylobacter*. En la circular 4000-0265-2021 del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), establece que las plantas donde se realicen procesos de diferentes especies en la misma área, se deberán incluir en el plan de muestreo de una especie de patógenos de importancia de la otra especie. Con lo anteriormente mencionado, se deben tener en cuenta estos agentes en los planes de monitoreo ambiental con respecto a la naturaleza de cada establecimiento cárnico.

Objetivos

General

Describir el proceso para la implementación y desarrollo del plan de monitoreo ambiental en las plantas procesadoras de carne fresca y productos cárnicos comestibles, con la finalidad de verificar y validar los programas de limpieza y desinfección.

Específicos

- Describir microorganismos patógenos e indicadores que se puedan presentar en ambientes de las plantas procesadoras de carnes.
- Establecer la frecuencia de muestreo para la ejecución del programa.
- Determinar la importancia de la implementación del programa de monitoreo ambiental para garantizar la inocuidad de los productos cárnicos

Justificación

En la industria cárnica es de fundamental importancia contar con sistemas de aseguramiento de la calidad que garanticen la inocuidad de los productos, de esta manera es necesario establecer programas que se encaminan a fortalecer los sistemas implementados.

Existen crecientes preocupaciones en aspectos que no son tenidos en cuenta durante los procesos y que pueden generar contaminación de los productos con microorganismos tanto indicadores como patógenos.

La calidad ha sido durante el paso tiempo un pilar en la producción, distribución y consumo de la carne, el estado colombiano ha establecido normas sanitarias con especificación con el fin de garantizar la inocuidad de la carne fresca como lo son la Ley 9 de 1979, el Decreto 2278 de 1982, Decreto 1500 de 2007, Decreto 2270 de 2012 y las Resoluciones 240, 241 y 242 de 2013, y la Resolución 2690 de 2015. En estas normas se establecen las creaciones de programas sanitarios que son considerados como prerrequisitos en los sistemas de gestión de la calidad.

En los establecimientos productores de carne fresca se cumplen con los requisitos normativos en la implementación de programas sanitarios, pero según con los avances que se vienen evidenciando en los sistemas de calidad y con el fin de realizar un proceso enfocado al riesgo se hace necesario incorporar nuevas herramientas que puedan brindar una mayor seguridad a la hora de la producción de la carne fresca para consumo humano, como lo es el programa de monitoreo ambiental.

El objetivo del desarrollo de una guía para la implementación del programa de monitoreo ambiental es lograr de manera clara y eficiente que las plantas procesadoras de carne fresca puedan fortalecer los sistemas de calidad implementado, garantizando productos inocuos con un mayor control en los procesos de limpieza y desinfección, evitando un mayor riesgo de contaminación cruzada y así generar mayor confianza a los consumidores finales.

En este programa se deben establecer los principales microorganismos a monitorear de acuerdo con la naturaleza de cada planta, así como la especificación de las zonas según la

criticidad y posible riesgo de contaminación del producto; de igual manera establecer la frecuencia con la que se deben realizar los muestreos.

Alguna vez considerados como un indicio de contaminación fecal o de posible contaminación de patógenos, los microorganismos indicadores se incorporaron en las pruebas microbiológicas de los alimentos a principios del siglo XX (Chapin et al., 2014).

Las pruebas de estos microorganismos dieron una visión más amplia de los microorganismos en las materias primas, el producto final y el ambiente, en lugar de buscar una especie en particular. Los microbiólogos sabían que, si el proceso de fabricación estaba realmente bajo control, el número de microorganismos indicadores también estaría bajo control (Martin et al., 2016).

Entre los microorganismos indicadores que pueden usarse para programas de monitoreo ambiental, se incluyen aquellos reportados por los muestreos realizados en plantas de beneficio, desposte, desprese y acondicionadores como lo son: coliformes fecales, coliformes totales y mesófilos aerobios.

Estado del Arte/Antecedentes

En el desarrollo de la investigación sobre el muestreo ambiental en plantas de carnes y productos cárnicos comestibles, se ha evidenciado que este tipo de programas ha sido poco aplicado en la industria, sin embargo, se encuentran estudios de implementación de programa de microbiología ambiental en plantas de lácteos, realizados por estudiantes para obtener título de ingeniería agroindustrial que no es ajeno a lo que se desarrolla hoy en día en el muestreo ambiental de microorganismos indicadores y patógenos, así como lo presenta Luna (2002) con su tesis *Evaluación microbiológica del ambiente y diseño de un plan de monitoreo en la planta de lácteos* evidenció que en los establecimientos no se realiza de forma unificada los proceso de

limpieza y desinfección, es decir, se presentaba variaciones en las metodologías y procesos de higienización, y, al realizar el muestreo microbiológico de ambiente se presentan resultados que no daban garantía de un ambiente adecuado para el procesamiento de lácteos ya que existía la presencia de microorganismos en ambientes de contacto indirecto en la planta, por lo cual fue necesario desarrollar un programa de monitoreo ambiental y así poder establecer los controles necesarios y evitar una posible contaminación cruzada de los productos.

Por otra parte, existe un manual de monitoreo ambiental para la industria de alimentos y bebidas creado por Minnesota *Mining and Manufacturing Company* (3M Food Safety. 2019) en donde realiza una recopilación de varios autores que desarrollaron investigaciones sobre la aplicación de programas de muestreo ambiental encaminados a microorganismos indicadores, patógenos y deterioradores, en plantas de procesamiento de alimentos y describen la importancia de este para tener un ambiente controlado y poder evitar la contaminación cruzada de los productos, pérdidas económicas de las empresas por recogidas de productos contaminados y un sistema de verificación eficaz para los procesos de limpieza y desinfección que se desarrollan en los establecimientos.

Actualmente en el país es poca la información de la implementación de este tipo de control en plantas procesadoras de carnes y productos cárnicos comestibles, pero existen certificaciones internacionales que se convierten en un plus para poder obtener ingresos en nuevos mercados; como los son los otorgados por NSF International, donde en uno de sus *webinar* expone el monitoreo ambiental para la predicción del riesgo sanitario, donde explica el rol del monitoreo y cuáles serían las etapas necesarias para el desarrollo de este programa en las plantas, en esta publicación describe que la actividad principal es detectar el nivel sanitario de las

plantas y así poder hacer una predicción de riesgos sanitario y concluye con la evaluación de eficacia del proceso de higienización.

Con estos antecedentes evidenciados en la investigación, se hace necesario crear una guía para la implementación del programa de monitoreo ambiental en las plantas procesadoras de carne y productos cárnicos comestibles, con la finalidad de robustecer los sistemas de gestión de la calidad implementados en los establecimientos y así poder garantizar a los consumidores finales productos de alta calidad e inocuidad.

Marco teórico

Plan de monitoreo ambiental

Programa definido para el seguimiento del entorno en una planta de procesamiento cárnico, con el fin de evitar la contaminación de los productos terminados con el medio ambiente. El término plan de monitoreo ambiental (PMA), se usa a menudo para describir programas que verifican la limpieza y desinfección y otros programas de control de microorganismos y generalmente incluyen punto de muestreo, frecuencia, metodología de la prueba, criterios de aceptación y acción correctiva. En términos generales, un programa de seguimiento de las condiciones ambientales suele incluir una serie de pruebas, desde ATP hasta microorganismos indicadores, microorganismos patógenos, microorganismos putrefactivos y alérgenos. Pueden validar o verificar ciertos programas de requisitos previos, por ejemplo, saneamiento y diseño de equipos sanitarios, o puede considerarse más como una estrategia para vigilar el entorno en busca de condiciones antihigiénicas que puedan causar problemas de calidad y/o inocuidad de la carne.

Identificación de las zonas

Los programas de muestreo ambiental utilizan la zonificación para identificar el nivel de riesgo de las áreas o sitios donde los productos pueden estar expuestos a la contaminación ambiental luego de un proceso de destrucción microbiana (mead et al., 2006). En la mayoría de los países y regiones, los puntos de muestreo de la planta de procesamiento se asignan a una de cuatro zonas: la Zona 1 incluye superficies en contacto con alimentos; la Zona 2 incluye superficies sin contacto con alimentos muy próximas a las superficies en contacto con alimentos; la Zona 3 incluye superficies más remotas que no están en contacto con alimentos ubicadas en o cerca de las áreas de procesamiento; la Zona 4 incluye superficies que no están en contacto con alimentos fuera de las áreas de procesamiento. En algunos países, los puntos de muestreo pueden clasificarse en tres zonas, que suelen combinar las Zonas 2 y 3 en una sola (Simmons y Wiedmann, 2018).

La selección del sitio de muestreo debe comenzar con un ejercicio de mapeo para obtener una visión general de toda la instalación y el proceso de producción. Para esto, se tendrá que dividir la planta en varias áreas (zonas), según el riesgo microbiológico para el producto ((Simmons y Wiedmann, 2018).

Después de mapear el entorno general, puede comenzar el proceso de determinar los puntos de prueba más apropiados. Tenga en cuenta que el propósito es evaluar la limpieza y controlar el riesgo de tener superficies sucias. Algunos de los principales aspectos que debe considerar el equipo son:

- Etapa de procesamiento ya que en un proceso de fabricación que utiliza un paso para reducir el riesgo microbiológico, todos los entornos de procesamiento que siguen a ese paso pueden considerarse de alto riesgo debido al potencial de contaminación posterior al procesamiento. Los entornos de procesamiento que preceden a los pasos de reducción

microbiológica pueden considerarse áreas de bajo riesgo porque preceden a los puntos de control de peligros (Downes et al, 2001).

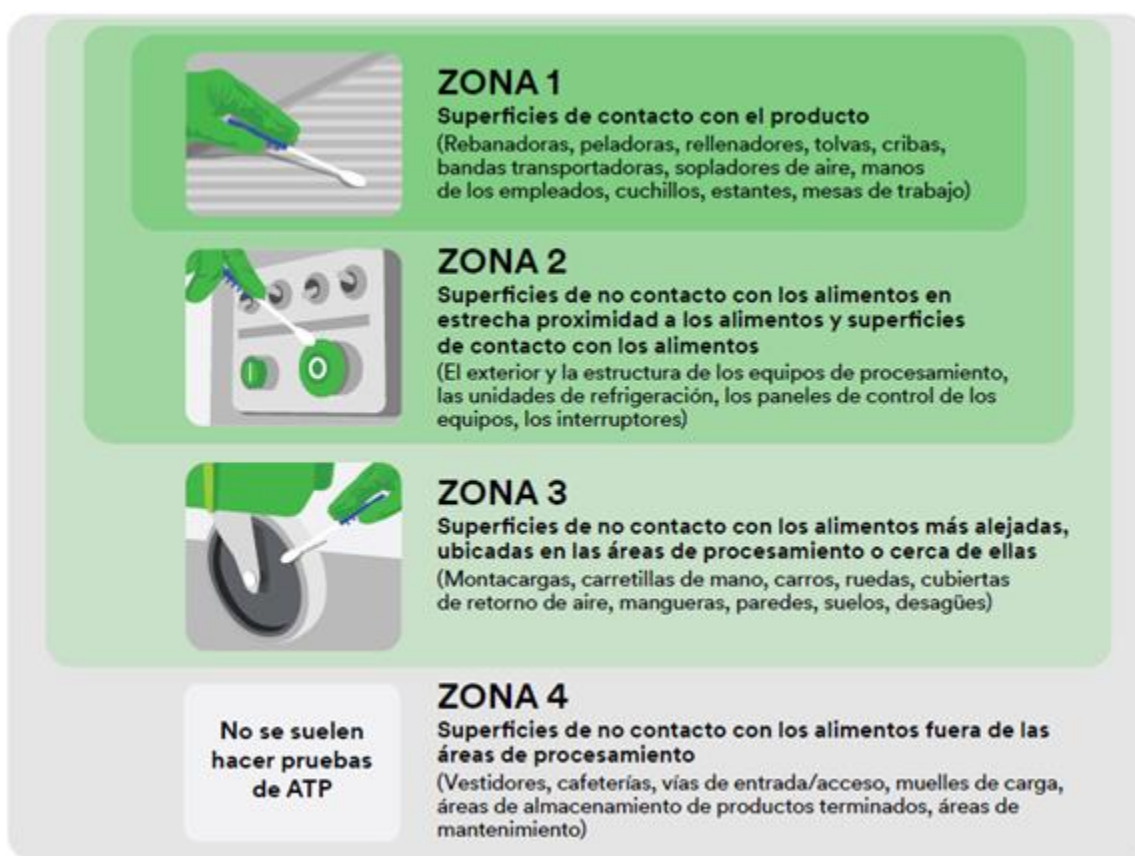
Cabe señalar que la calificación de riesgo más baja asignada a las áreas antes de la reducción microbiológica, debe considerarse en el contexto del nivel de reducción microbiológica validado. Si estas áreas no se limpian adecuadamente, puede ocurrir una contaminación microbiana acumulativa, lo que hace que los pasos de procesamiento posteriores sean inadecuados ((Simmons y Wiedmann, 2018).

- Proximidad con la carne y productos cárnicos comestibles y posibilidad de contaminación cruzada. En general, las superficies en contacto directo con el producto que no se procesarán más para eliminar los riesgos microbiológicos son puntos de alto riesgo (Smith et al., 1985). Por el contrario, las superficies que no están en contacto con el producto y/o donde el producto se procesa más para eliminar los riesgos microbiológicos son puntos de menor riesgo. Además de las superficies de contacto directo, también se debe considerar la posibilidad de contaminación cruzada, que incluye:
 - Proximidad de la superficie al producto, por ejemplo, si el equipo está por encima del producto y si hay riesgo de contaminación, como gotas de agua en un ambiente húmedo.
 - Paneles de control, utensilios o herramientas y si hay riesgo de contaminación cruzada por parte de los operadores.
 - Facilidad de limpieza y estado de la superficie a ensayar. Si bien un buen diseño y mantenimiento sanitario debe ser fundamental en cualquier fábrica, pueden surgir circunstancias en las que estos aspectos no sean óptimos. Para abordar este riesgo, se debe considerar la evaluación de la superficie para ver si la condición o el

material de la superficie pueden reducir la eficacia de la limpieza. El nivel de riesgo asociado con las superficies puede aumentar si la limpieza es difícil. Los ejemplos incluyen equipos más antiguos, superficies porosas, superficies de accesibilidad reducida.

Figura 1.

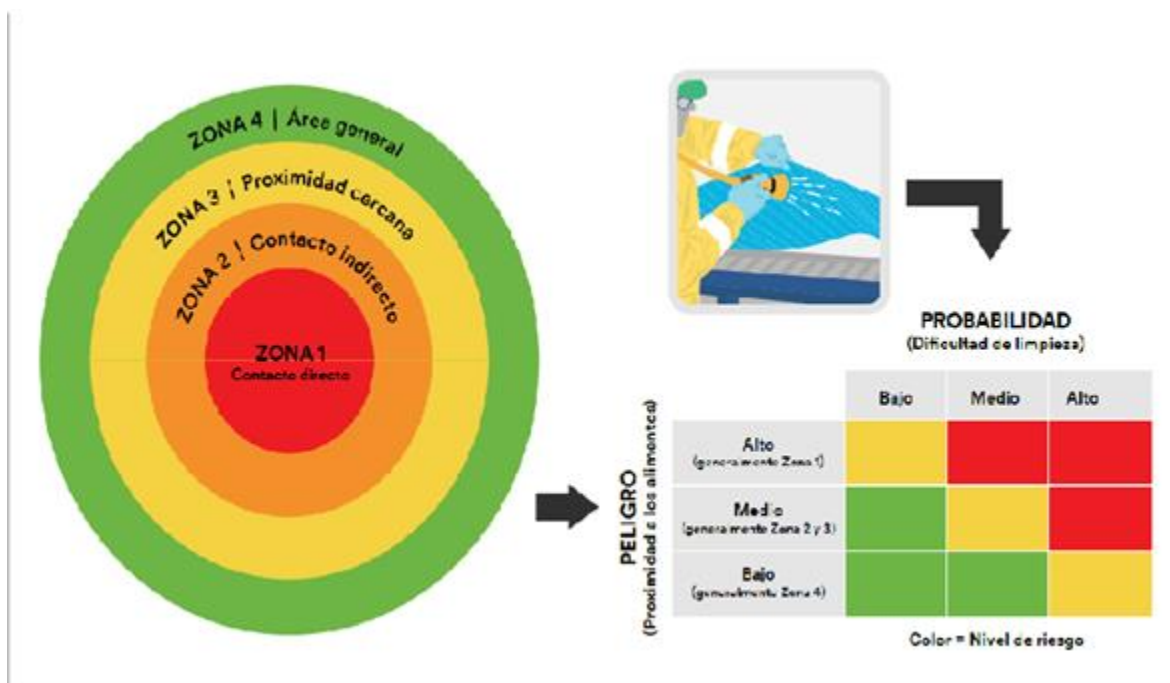
Zonas de muestreo de monitoreo ambiental



Nota. La figura muestra las zonas en las cuales se debe realizar la toma de muestras para el monitoreo ambiental. Fuente: 3M Food Safety, 2019

Figura 2

Identificación de los puntos de muestreo de alto riesgo.



Nota. La figura representa el nivel de riesgo que se puede presentar en cada una de las zonas en las cuales se realiza el muestreo. Fuente: 3M Food Safety, 2019

Frecuencia de muestreo y número de puntos de prueba muestreados.

Una vez que se han identificado los puntos de muestreo, el propósito de la prueba debe usarse junto con los resultados del esfuerzo de clasificación.

Previamente se realiza una evaluación de riesgos para determinar la frecuencia y el número de puntos de prueba a muestrear. Factores clave que determinan el número de puntos de prueba.

Una muestra es el tamaño físico de la operación de fabricación y la complejidad o número de pasos en el proceso de fabricación. Por ejemplo, si involucra múltiples procesos de fabricación o es parte de una pieza de maquinaria que se considera peligrosa, cada uno de ellos

debe ser muestreado. Para máquinas complejas o grandes, se deben considerar varios puntos de prueba ((Simmons y Wiedmann, 2018).

Los procesos de producción intensivos manualmente pueden justificar la adición de puntos de prueba de la Zona 2 al plan de muestreo. Contaminación cruzada por parte del personal de producción.

Las áreas de la Zona 1 se muestrean con mayor frecuencia y se deben muestrear diariamente, idealmente durante cada proceso de limpieza y saneamiento y posiblemente como parte de la rutina de inicio de producción. Esto permite tomar medidas correctivas antes de que el producto final se vea comprometido. Si el número de puntos de prueba es grande, aleatorizar o rotar partes de la prueba puede ser más económico, pero debe considerarse cuidadosamente para garantizar que se logre la higiene general. (Simmons y Wiedmann, 2018).

El término microorganismo indicador se define como un microorganismo o grupo de microorganismos que refleja el estado microbiológico general de un alimento o del medio ambiente (Chapin, 2014). La presencia de microorganismos indicadores no proporciona ninguna información sobre la posible presencia o ausencia de un patógeno en particular, ni proporciona una evaluación del posible riesgo para la salud pública. Sin embargo, los datos de los programas de monitoreo ambiental que incluyen microorganismos indicadores pueden usarse para:

1. Determinar el estado higiénico de procesando equipamiento y medio ambiente

Comprender la ecología microbiana del entorno de procesamiento.

2. Validación o verificación de limpieza y saneamiento.
3. Validar o verificar la desinfección, durante la prueba ATP se utilizará para validar o verificar la limpieza).
4. Verificación de las medidas de control de proceso.

5. Evaluar el riesgo de contaminación postprocesamiento.

Según Martin et al. (2016) la función de las pruebas de microorganismos indicadores sigue siendo a menudo mal entendida por los microbiólogos alimentarios, el personal de control de calidad y entre otros; muchos asumen incorrectamente que la detección de microorganismos indicadores por encima de un determinado nivel sugiere la presencia de patógenos. A diferencia de los "microorganismos indicadores", los microorganismos cuya presencia (o detección por sobre un umbral) sugiere en realidad un mayor riesgo de presencia de un patógeno ecológicamente similar se denominan "microorganismos índices" (Downes, 2001). Sin embargo, existe un considerable escepticismo entre muchos sobre si hay algún microorganismo que pueda considerarse con precisión como un verdadero "microorganismo índice", con posible excepción de *Listeria spp.*

Microorganismos indicadores y su importancia en el ambiente de procesamiento de alimentos.

Alguna vez considerados como un indicio de contaminación fecal o de posible contaminación de patógenos, los microorganismos indicadores se incorporaron en las pruebas microbiológicas de los alimentos a principios del siglo XX (Chapin, 2014). Las pruebas de estos microorganismos dieron una visión más amplia de los microorganismos en las materias primas, el producto final y el ambiente en lugar de buscar una especie en particular (Martin et al., 2016). Los microbiólogos sabían que, si el proceso de fabricación estaba realmente bajo control, el número de microorganismos indicadores también estaría bajo control. (Steven et al., 2019) Entre los microorganismos indicadores que pueden usarse para programas de monitoreo ambiental, se incluyen aquellos reportados por los ensayos de recuento total en placa, coliformes y *Enterobacteriaceae*.

El monitoreo ambiental de los coliformes se considera valioso, ya que la presencia de estas bacterias en los productos terminados, suele ser el resultado de fuentes ambientales después de los puntos de control críticos (PCC), salvo en raras ocasiones en que puede indicar un fallo de los PCC (Downes, 2001). Martin (2016) afirma que, cuando se utilizan coliformes en el monitoreo ambiental, los niveles altos de coliformes pueden a veces incluso derivar en la realización de pruebas adicionales de seguimiento de patógenos. Por consiguiente, a pesar de la creciente preferencia por las pruebas de *Enterobacteriaceae* en detrimento de las pruebas de coliformes, las pruebas de coliformes en muestras ambientales pueden seguir siendo comunes en varios países e industrias.

Coliformes

Los coliformes son un grupo diverso de bacterias Gram negativas, bacilos que no forman esporas, que se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa para producir ácido y/o gas de dióxido de carbono. La definición precisa varía según los métodos estándar aceptados internacionalmente. Tradicionalmente, durante mucho tiempo se creyó que las pruebas de coliformes derivadas de la búsqueda de *E. coli* y la presencia de coliformes indican una contaminación fecal. Sin embargo, tras décadas de investigar este diverso grupo de bacterias, las pruebas señalan que apenas una fracción es de origen fecal, mientras que la mayoría son contaminantes ambientales (Martin et al., 2016).

Las pruebas de coliformes se utilizan para dejar en evidencia una limpieza inadecuada, condiciones insalubres o contaminación posterior al proceso. Sin embargo, cabe mencionar que las pruebas de coliformes sólo detectan un subconjunto de los organismos que pueden estar presentes en una planta de procesamiento de alimentos.

Enterobacterias

Enterobacteriaceae representan un grupo diverso de bacterias Gram-negativas, que incluye todas las bacterias coliformes. Enterobacteriaceae son bacilos oxidasa negativos, que no forman esporas, que fermentan la glucosa en ácido y/o gas de dióxido de carbono (Martin et al., 2016). Aunque el grupo Enterobacteriaceae incluye géneros conocidos como patógenos, como Salmonella, se considera un grupo de prueba de indicadores y no un método para monitorear la presencia de patógenos. Si se requiere información sobre la presencia o ausencia de un patógeno determinado, se aconseja realizar una prueba específica para ese organismo en lugar de confiar en las pruebas indicadoras.

Propósito del monitoreo ambiental de patógenos.

Los microorganismos patógenos son aquellos que pueden afectar directamente la inocuidad del producto, por ejemplo, la aparición de brotes de enfermedades, intoxicaciones alimentarias, contaminación de los alimentos y el riesgo asociado al retiro de productos.

Así pues, se suele considerar que los programas de monitoreo ambiental de patógenos (PEM, Pathogen environmental monitoring) representan un enfoque proactivo de la inocuidad microbiana de los alimentos. (Simmons y Wiedmann, 2018).

Estos programas por sí solos no son una estrategia eficaz para garantizar la inocuidad de los productos, ya que la contaminación de los productos terminados por patógenos tiene una baja frecuencia. Sin embargo, los PEM se usan generalmente para verificar un sistema de inocuidad alimentaria (o algún componente en específico de esta índole) y para dar una indicación anticipada de la aparición de posibles peligros para la inocuidad alimentaria. Cabe destacar que los análisis de muestras ambientales para detectar patógenos, no suele ser un método eficaz para

validar los programas prerrequisitos como lo son los POES y las prácticas de inocuidad alimentaria.

Esto se debe a que la ausencia de patógenos puede sugerir que una estrategia de control fue eficaz, cuando en realidad el patógeno objetivo simplemente no estaba presente, incluso antes de que se aplicará la estrategia de control, por ejemplo, el saneamiento (Simmons y Wiedmann, 2018).

Descripción de microorganismos patógenos

Salmonella spp. Bacteria gram negativa intracelular facultativa, perteneciente a la familia de las enterobacterias. La *Salmonella spp.* se transmite vía fecal - oral de forma directa o indirecta a través de los alimentos y a su vez esta es resistente a la acidez estomacal y a la osmolaridad que tiene el intestino delgado. La patogenicidad de esta, se da por medio de la internalización a través de las células epiteliales intestinales del íleon y es resistente al proceso de fagocitosis que es mediado por las células dendríticas y los macrófagos, por consiguiente, colonizan el tejido linfático que está subyacente a los ganglios linfáticos mesentéricos, esta genera una vacuola que le permite evadir la actividad lítica de los componentes lisosomales y esta se puede multiplicarse y propagarse fácilmente por el tejido intestinal o incluso en el resto del organismo. Adicionalmente tienen la capacidad de formar biopelículas.

Las dos subespecies que tienen mayor relevancia a nivel de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son: *enteritidis* y *typhimurium*.

Su periodo de incubación es de 4 a 7 días y produce una enterocolitis que cursa con fiebre moderada, dolor abdominal, dolor en las extremidades, náuseas, vómito y diarrea (puede darse con o sin sangre) y mucosidad (Barreto et al., 2016).

Campylobacter Spp. Es un bacilo gram negativo, responsable según la organización mundial de la salud (OMS) como una de las principales causas de infecciones zoonóticas entéricas del mundo y fue el primer agente etiológico de diarrea en humanos en los países desarrollados y el segundo en los países subdesarrollados como américa latina. La transmisión de este agente se da a través del contacto directo con animales infectados o por medio de la manipulación y consumo de productos de origen animal. Este se traspa vía oral y cuando llega al intestino, se adhiere a las células epiteliales y genera una infección asintomática.

Las dos subespecies que tienen mayor relevancia a nivel de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son: *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*

Su periodo de incubación es de 2 a 5 días y produce dolor de cabeza, malestar general, calambres intestinales, náuseas, diarrea profusa frecuentemente con sangre (Rodríguez Gutiérrez et al., 2015).

***Escherichia coli* O157:H7.** Su transmisión se da a través de la ingesta, esta produce grandes cantidades de toxinas que se relacionan con potentes citotoxinas producidas por *shigella dysenteriae* tipo 1. Estas toxinas dañan directamente las células endoteliales vasculares de la pared intestinal y de la mucosa. Si estas llegan a ser absorbidas, pueden causar efectos tóxicos en otros endotelios vasculares como lo es el renal. Generalmente su reservorio son los rumiantes. Este agente, produce diarrea sanguinolenta con cólicos abdominales sin fiebre. En casos severos puede generar síndrome urémico hemolítico.

***Escherichia coli* no O157 H7 (STEC).** Las cepas de *Escherichia coli* productoras de toxina Shiga (STEC) son reconocidas como responsables de un alto número de casos de enfermedades de transmisión alimentaria a nivel mundial, la habilidad de estas bacterias para colonizar al huésped y otras superficies puede ser esencial para desarrollar su poder patogénico.

La gran plasticidad genómica de cepas STEC, se infiere de la variabilidad de perfiles de virulencia con la frecuente emergencia de cepas con nuevos genes, codificados en nuevas islas de patogenicidad vinculadas al metabolismo y la adherencia. La formación de biofilm es un mecanismo espontáneo por el cual las cepas STEC resisten en un ambiente hostil, lo que les permite sobrevivir y, de esa forma, llegar al huésped, a través de los alimentos o de las superficies que están en contacto con ellos. Este mecanismo presenta una alta variabilidad intra e interserotipo y su desarrollo no depende solo de los microorganismos que lo conforman. Factores inherentes al ambiente (pH, temperatura) y la superficie (acero inoxidable, poliestireno) a la que pueden adherirse influyen en la expresión de biofilm (Colello et al., 2018).

Metodología.

De acuerdo con lo expuesto en el marco teórico de la presente monografía se establece la siguiente metodología para la implementación del programa de monitoreo ambiental en plantas procesadoras de carne y productos cárnicos comestibles haciendo un desarrollo de los programas de muestreos a los microorganismos objeto de estudios, es decir, indicadores y patógenos.

Desarrollo de un programa de muestreo de indicadores.

El desarrollo de un plan de muestreo de indicadores debe iniciarse bajo la dirección de una persona capacitada y con experiencia en indicadores microbiológicos, metodología de ensayo, metodología de muestreo, interpretación de resultados microbiológicos y con conocimiento del sistema de elaboración que se va a muestrear.

Los puntos de muestreo, la frecuencia de muestreo y los tiempos de recolección deben determinarse en función de los riesgos y los calendarios de procesamiento (Steven et al., 2019).

Una vez que el plan de muestreo esté completo, se debe coordinar la capacitación y documentación.

Los encargados de la toma de muestras y los revisores de datos siempre deben capacitarse antes de tomar las muestras o analizar los datos de los programas de monitoreo ambiental. La capacitación debe incluir la técnica aséptica, la recolección adecuada de muestras en cada lugar, la garantía de que se toman muestras en el lugar correcto y la comprensión de las consideraciones de inocuidad para cada lugar.

Los recolectores deben volver a la capacitación si hay incidencias o señales de cualquier manipulación o toma de muestras inadecuada. Además, se debe impartir una capacitación anual para asegurarse de que se mantenga la técnica y el muestreo adecuados año tras año. Para ver el modo en que cada operador recoge una muestra, lo ideal es que la capacitación y la evaluación de esta técnica sean prácticas, no solamente teóricas.

Selección de los puntos de muestreo.

El primer paso al seleccionar los puntos de muestreo debe ser trazar un esquema del proceso de fabricación e identificar las etapas de procesamiento, las unidades funcionales (por ejemplo, las líneas de procesamiento, que normalmente consisten en múltiples piezas de equipo) y los equipos, señalando los materiales de construcción utilizados (por ejemplo, acero inoxidable, caucho, polietileno de alta densidad).

El esquema y los puntos de muestreo deben centrarse en la Zona 1 (superficies de contacto con el producto) y en la Zona 2 (superficies adyacentes a las superficies de contacto con el producto), ya que las pruebas de los indicadores en estas áreas proporcionan el mayor valor en términos de efectividad del saneamiento.

El muestreo en proceso en los sitios de la Zona 1 también proporciona datos cuantificables que pueden utilizarse para indicar una posible pérdida del control del proceso o condiciones que podrían dar lugar a la contaminación del producto.

El muestreo en proceso de los sitios de la Zona 1 para los microorganismos indicadores también puede utilizarse para definir la duración adecuada de turnos entre lavados para las diferentes líneas y podría utilizarse para proporcionar apoyo científico para períodos extendidos de procesamiento sin interrupciones. Además, las pruebas de indicadores en los sitios de las Zonas 1 y 2 representan un método complementario para monitorear el estado de los equipos y definir la frecuencia del mantenimiento preventivo o reparaciones. Por ejemplo, las tendencias hacia un mayor número de organismos indicadores en ciertos sitios pueden indicar la necesidad de reemplazar (más frecuentemente) las juntas u otras piezas de caucho y plástico.

La incorporación de los sitios de la Zona 3 al plan de muestreo de indicadores puede ser valiosa durante las investigaciones o el análisis de las causas raíz, ya que es probable que esos sitios tengan niveles fluctuantes de las diferentes bacterias objetivo, lo que puede generar tendencias erráticas.

De manera similar a la selección de sitios para las pruebas de patógenos, los puntos de muestreo de indicadores deben seleccionarse con el propósito de detectar problemas potenciales en lugar de sitios que sean fáciles de limpiar y sanear o que siempre cumplan con los límites aceptables. Por ejemplo, las superficies grandes y planas de acero inoxidable suelen ser más fáciles de limpiar y descontaminar (y, por lo tanto, no suelen ser los mejores puntos de muestreo, sobre todo si son los únicos que se utilizan), mientras que una banda con revestimiento es más difícil de limpiar y descontaminar.

El plan de muestreo debe incluir un sitio representativo de cada etapa de procesamiento, así como sitios que incluyan cada uno de los diferentes tipos de materiales que se usaron para construir el equipo.

Una vez que se seleccionen los sitios, también se debe elegir la herramienta apropiada para el muestreo de cada uno de ellos. Si el sitio es un hueco pequeño o una hendidura de difícil acceso, un hisopo puede ser la mejor opción. Para las zonas más grandes, lo mejor sería una esponja, ya que permite una recolección más eficaz gracias a una mayor acción mecánica.

En las superficies planas y fáciles de limpiar en las que se desee un método de prueba de mayor sensibilidad (ya que se espera un recuento bajo), se puede utilizar el contacto directo del medio con la superficie.

Desarrollo de un programa de muestreo ambiental de patógenos

El programa está basado en el descubrimiento y eliminación de la contaminación por patógenos en un entorno de procesamiento.

Zonificación y selección de los puntos de muestreo

Durante el desarrollo de la estrategia muestreo, básicamente todos los programas de monitoreo ambiental utilizan el término "zonas" y es el punto de muestreo en las plantas de procesamiento a una de las 4 zonas (ver Fig. 1), en donde la zona 1 representa zonas contacto con alimentos, mientras que la zona 4 representa las áreas fuera del procesamiento (por ejemplo, vestuarios, muelles de carga, oficinas etc.). Se pueden generar esquemas, en donde las zonas 2 y 3 se agrupan en una zona. Sin embargo, se pueden asignar a la zona 2 si la categorización del proceso se realiza según en un ambiente de baja humedad cuando no hay condensación visible y puede no ser consciente de las posibilidades de condensación. Además, mientras los desagües generalmente se enumeran en la zona 3, desagües de la zona en que el producto tiene contacto con los alimentos puede ser tratado como zona 2.

En el diseño de un programa de monitoreo ambiental se debe elegir los sitios de muestreo probables. El resultado de estos esfuerzos suele ser una lista maestra un identificador único para

cada ubicación de muestreo. Deben incluirse descripciones con suficiente detalle para asegurar este muestreo posterior. La selección de puntos de muestreo en general incluye una visita guiada por el equipo de calidad para detectar las zonas difíciles de limpiar, los probables nichos que son lugares de refugio, regiones muy frecuentadas y las rutas que tienen la posibilidad de facilitar el traslado de patógenos en la planta.

Cada punto de muestreo tendrá una zona, y las definiciones de las zonas tienen la opción por área. En cada programa de muestreo debe incluir una definición formulada de que forma una zona específica, es importante que las personas recolectoras de muestras deben tener la independencia para recolectar al menos algunas muestras no incluidas en la lista de puntos de muestreo, para que puedan tomar muestras de los sitios de alto riesgo. Por ejemplo, agua estancada, reflujo de drenaje o nuevas grietas en el piso que logran aparecer a lo largo de la toma de muestras.

Frecuencia de muestreo y número de muestras

La orientación estándar sobre la frecuencia de muestreo y el número de muestras sugiere que ambos valores deben determinarse "en función del riesgo". Esta definición no suele ser muy útil, ya que hay pocos documentos de orientación, si es que hay alguno, que especifique cómo evaluar cuantitativamente el riesgo asociado a los patógenos ambientales (Dairy Food Safety Victoria, 2016). Por lo general, las plantas en las que los alimentos están expuestos al entorno se consideran de alto riesgo y requerirían, como mínimo, un muestreo semanal de los patógenos objetivos (Wiedmann, 2019).

Hay muy pocas recomendaciones, si es que hay alguna, sobre el número de muestras que deben tomarse como parte de los programas de monitoreo ambiental, Uno de los pocos documentos que proporcionan orientación sobre la frecuencia de muestreo es un informe sobre

Listeria del Servicio de inocuidad e Inspección de Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA FSIS, United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service), que sugiere recolectar de 3 a 5 muestras de superficies de contacto con alimentos (Zona 1) por línea de producción por muestreo (USDA FSIS, 2014). Esto podría oscilar entre una vez a la semana y una vez cada seis meses para plantas de muy bajo riesgo (Tabla 1), pero solo cubre la Zona 1 (superficies de contacto con alimentos)

Tabla 1

Descripción de la frecuencia de muestreo para las diferentes alternativas de plantas de procesamiento de alimentos.

Opciones	Descripción de la opciones	Volumen de producción en kg	Frecuencia mínima de muestreo en superficies
Opción 1	TLP y PAA	N.A	cada 6 meses
Opción 2	Solo TLP	N.A	trimestral
Opción 3	Solo PAA	N.A	trimestral
Opción 4	Solo saneamiento (ni TLP ni PAA)	N.A	mensual

		0,5 a 3.000	mensual
Opción 5	Solo saneamiento (ni TLP ni PAA)	3.001 a 25.000	cada 2 semanas
		25.001 a 300.000	semanal

Nota. Clasificadas por la USDA FSIS (2014).

Abreviaturas. Tratamiento Luego de un Proceso letal (TLP), Proceso con Agentes

Antimicrobiano (PAA)

Resultados

De acuerdo con las referencias investigadas, se genera como resultado el siguiente paso a paso para la creación e implementación de un programa de monitoreo ambiental en plantas procesadoras de carne y productos cárnicos comestibles:

1. Es de suma importancia crear un equipo interdisciplinario, en donde confluyan las áreas de administración, producción, calidad y mantenimiento, con el fin de garantizar un grupo íntegro, el cual permita una visión holística de dicho programa y en donde siempre se esté encaminando a una mejora continua.
2. Realizar un mapeo o flujograma en donde se muestre la ubicación de los equipos y los resultados obtenidos anteriormente en el PMA en la misma planta, otros planes ya implementados como, por ejemplo, los de ATP, y si hay disponibilidad de datos de validación de programas de inocuidad alimentaria.

3. Hacer inclusión de documentos de orientación en la industria y agentes regulatorios.
Tener un sistema de registro de procedimientos operativos y que también orienten para hacer el seguimiento de las respectivas medidas correctivas.
4. Crear un programa de capacitación para los recolectores de información, en donde se incluyan los procedimientos operativos estándares de capacitación, registros y resultados de las pruebas realizadas. Esta capacitación, debe ser dada en una forma en donde sea de fácil comprensión para todo el personal seleccionado.
5. Planear una revisión periódica de los métodos de muestreo, resultados y medidas correctivas, idealmente debe estar oscilando entre 6 a 12 meses. También puede incluir un muestreo de PMA habitual (Por ejemplo, anualmente) realizado por consultores o algún equipo propio de la empresa), en donde se pueden reunir un amplio conjunto de muestras para evaluar si el plan de muestreo que se está implementando es eficaz o no para identificar los agentes objetivo.
6. Se realiza la siguiente guía para establecer un programa de monitoreo ambiental en plantas procesadoras de carne fresca y productos cárnicos comestibles con los puntos mínimos que se deben tener en cuenta:

Monitoreo ambiental de patógenos e indicadores

Para el monitoreo ambiental de patógenos es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

- *Objetivo*
- *Alcance*
- *Definiciones*

Monitoreo Ambiental de Patógenos (MAP). MAP es una medida de desarrollo de la eficacia del control de patógenos en la planta. Un programa MAP, en sí, no es un programa de

control de la Salmonella, pero brinda información sobre a dónde es necesario dirigir los esfuerzos para el control del programa en general. El foco de un programa MAP agresivo está en el área principal de control de patógenos, pero también deben incluirse las áreas lejanas a esta área.

Patógeno. Los patógenos son agentes como virus, bacterias u otros, que pueden causar enfermedades. Hay ciertos patógenos que pueden transmitirse vía alimentos generando un tipo de enfermedades llamadas ETAs (Enfermedades Transmitidas por Alimentos). Hay cuatro bacterias que son las responsables de la mayoría de estas enfermedades: *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter* y *E. coli* entero patógena. Estos patógenos pueden encontrarse en los alimentos de manera natural, lo que no quiere decir que siempre provoquen enfermedades.

Indicadores. Los microorganismos indicadores advierten un manejo inadecuado o de contaminación, que incrementan el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en alimentos. Ponen de manifiesto deficiencias en la calidad.

La presencia de microorganismos en los alimentos no significa necesariamente un peligro para el consumidor o una calidad inferior de estos productos, los patógenos que se encuentran con mayor frecuencia son:

- *Salmonella sp.*
- Enterobacterias.
- *Listeria monocytogenes.*
- *E. Coli* O157 H7:
- *E. Coli* no O157 H7:

➤ **Contenido**

Aspectos generales. Cuando se realicen pruebas del producto terminado estos quedaran incluidos en Zona 1.

Pasos del programa de monitoreo ambiental

Evitar el ingreso de patógenos en la planta de procesamiento.

Controlar que no se ingresen estibas de madera a planta, ni canastillas sucias.

Controlar empozamientos de aguas al interior de planta importante para prevenir desarrollo de patógenos, por tanto, cualquier fuga debe ser reparada de inmediato (mangueras, cañerías, válvulas, bombas, tubería, drenajes, goteras de techos, paredes etc.)

Una vez reparada la fuga, el área debe ser regresada al estado higiénico a través de la limpieza y el saneamiento.

Revisar drenajes que no queden con agua sin drenar.

Los accesos del personal a planta se deben realizar por las estaciones y filtros sanitarios aplicando las normas de comportamiento higiénico.

El diseño de planta y los flujos de proceso deben ser revisados cada vez que se tengan o cambios o modificaciones en la planta.

Aplicar el programa de limpieza y desinfección definido para cada zona y equipo de planta, mediante las instrucciones definidas en los POES.

El personal es formado en los patógenos y agentes contaminantes que pueden ser introducidos a la planta, de acuerdo a los requisitos de programa de capacitación.

Aplicar principios de diseño higiénico en instalaciones y equipos

La infraestructura está diseñada bajo los requerimientos del decreto 1500/07 el cual establece los requisitos de Pisos, paredes, techos, drenajes, uniones entre otros.

Realizar las inspecciones definidas en los programas pre-requisitos con frecuencia establecida

Aplicar el programa de mantenimiento preventivo y correctivo definido a instalaciones, equipos y utensilios.

Puntos de muestreo: ZONA MAP

Zona 1. POES áreas de la planta que son superficies de contacto directo del producto después de la desinfección y antes de que el producto sea empacado. Cada superficie queda muestreado mínimo dos veces al mes.

Bandas, mesas, chillers, marinadoras, despresadoras, embudos, tobogán, ganchos, guantes, cuchillos, plataformas, termómetros, etc.

Zona 2. Áreas en donde no haya contacto con el producto en la planta y estén cercanas a superficies de contacto con el producto. Estos muestreos se realizan una vez por mes. Son ejemplos de superficies de la Zona 2 en el entorno de producción.

Estructuras de equipos, paneles de control, delantales, canecas, guardas de motores, detector de metales.

Zona 3. Superficies que no tengan contacto con el producto y que se encuentren en áreas abiertas o lejos del procesamiento del producto posterior a la desinfección. Estos muestreos se realizan una vez por mes. Tienen la posibilidad de conducir a la contaminación cruzada del producto.

Canastillas, difusores, paredes, desagües, pozuelo de lavado de manos

Zona 4. Áreas alejadas de las áreas de procesamiento del producto posterior a la desinfección. Estos muestreos se realizan una vez por mes. Las áreas de la Zona 4, si no se

mantiene en buenas condiciones higiénicas, pueden originar una contaminación cruzada de las Zonas 1, 2 y 3.

Pasillos, zonas de descanso / comedor, vestieres y baños, paredes filtro sanitario, estibas

Tipos de pruebas para el monitoreo ambiental de patógenos

- Pruebas en busca de organismos indicadores, (Enterobacterias) Los indicadores se utilizan para medir la presencia potencial de patógenos y para evaluar la eficacia de la limpieza y el saneamiento. Y E. coli en manos, guantes y botas como indicador fecal. Ver plan de muestreo.
- Pruebas en busca del patógeno en cuestión Ver cronograma de muestreo monitoreo ambiental.

Métodos para monitoreo ambiental

- Muestreo de superficies usando hisopado
- Muestras de aire
- Muestreo de manos, guantes y botas con hisopos/aplicador

Los muestreos / toma de muestra son realizados por laboratorio interno o externo con personal entrenado, estos mismos se realizan después de haber limpiado y desinfectado superficies y ambiente.

Acciones correctivas Generales

Si se encuentra un resultado positivo en cualquiera de las zonas de muestreo, el área se debe examinar a fondo visualmente y a través hisopado de vectores para determinar la extensión de la contaminación y establecer las causas potenciales del problema. El hisopado de vectores implica tomar varias muestras ambientales adicionales en torno al lugar con resultado positivo inicial. El muestreo de vectores generalmente se hace en un patrón típico “estelar” alrededor del

sitio positivo inicial como se muestra en la imagen. Habitualmente, se toman de 2 a 5 muestras adicionales con esponja o hisopo alrededor de los lugares positivos iniciales. El muestreo, donde sea posible, debe irradiarse a partir del lugar positivo inicial hacia todas las direcciones, incluyendo hacia arriba y hacia abajo, si corresponde. Las muestras de solución de problemas generalmente se realizan como muestras separadas y no agrupadas

Figura 3

Patrón estelar del muestreo.



Nota. La figura representa el patrón con el que se debe hacer la toma de los muestreos. Fuente: Autoría propia, 2023

Las acciones correctivas específicas tomadas estén basadas en una evaluación de la posibilidad de contaminación de un producto terminado y en la ubicación del lugar positivo inicial. Un hallazgo positivo en las Zonas 2, 3 o 4 no necesariamente involucra al producto terminado.

El equipo de inocuidad debe realizar una investigación preliminar dirigida a todo hallazgo positivo de Salmonella u otro patógeno para determinar las fuentes potenciales de contaminación. Se debe realizar un informe que detalle todos los movimientos de mantenimiento

y actividades, construcción en planta, periodo de inactividad de la línea no planificado u otras actividades como pruebas de investigación y desarrollo de la planta.

Se deben tomar acciones inmediatas para corregir toda deficiencia obvia de las BPM u otras deficiencias en función de los hallazgos.

Hacer un mapa de los lugares de las muestras positivas en un diagrama de la planta para ayudar a definir el alcance del problema.

Implementar un muestreo diario de vectores del ambiente hasta que se corrija la situación,

Restringir el flujo de tráfico en estas áreas lo más posible.

Examinar las prácticas de limpieza de equipos y de mantenimiento preventivo, luego realizar modificaciones según sea necesario.

Reparar daños estructurales, por ejemplo, pisos, paredes, otras estructuras, según sea necesario.

Acciones correctivas zona 1

Si los resultados son positivos por encima del estándar de desempeño de Salmonella se procede a:

- Desarme la línea
- Limpie y desinfecte a fondo la línea
- Rotar desinfectante
- Aumentar operativos, reforzar aseos
- Inspección de equipos y revisar necesidades de reemplazo de piezas por mantenimiento
- Reentrenamiento del personal para mejorar prácticas de limpieza
- Muestreo de vectores adicionales con esponja/hisopo

- Aumente la frecuencia de muestreo intensivo de la línea y áreas adyacentes.

Acciones correctivas zona 2

- Desarme la línea desde el sitio positivo inicial para la inspección visual, muestreo de vectores adicionales con esponja/hisopo y actividades de limpieza y saneamiento.
- Realice el muestreo de vectores en las Zonas 2 y 3 alrededor del área del resultado positivo inicial antes de limpiar. Se debe tener cuidado de no propagar la contaminación a otras áreas de la planta
- Limpie y desinfecte a fondo la línea y áreas circundantes usando procedimientos adecuados de limpieza desinfección de acuerdo al POES
- Realice inspecciones pre-operativas en los equipos de la línea y el área y tome muestras de vectores adicionales del área antes de la puesta en marcha.
- No ponga en marcha la línea hasta haber obtenido resultados satisfactorios de las muestras con hisopo de vectores.

Acciones correctivas de la Zona 3

- Inspeccione visualmente el área y realice muestreos de vectores adicionales con esponja/hisopo antes de las actividades de limpieza y saneamiento.
- Realice el muestreo de vectores en las Zonas 2 y 3 alrededor del área del resultado positivo inicial antes de limpiar (el muestreo de la zona 2 se hace para asegurar que la contaminación no se ha esparcido cerca de las áreas del producto expuesto). Se debe de tener cuidado de no esparcir la contaminación a otras áreas de la planta.
- Limpie y desinfecte el área a fondo empleando los procedimientos POES
- Realice inspecciones pre-operativas en los equipos de la línea y el área y tome muestras de vectores adicionales del área antes de la puesta en marcha.

- Tome muestra del área después de limpiar y desinfectar para verificar la eficacia de esos procedimientos.

Acciones correctivas de la zona 4

- Un hallazgo positivo de Salmonella u otro patógeno ubicado en zona 4 no implica contaminación del producto terminado, pero brinda información sobre las áreas que no son de producción y el potencial de propagación de la contaminación por toda la planta.
- Inspeccione visualmente el área y realice muestreos de vectores adicionales con esponja/hisopo antes de las actividades de limpieza y saneamiento
- Realice muestreos de vectores en las áreas seleccionadas de la zona 3 adyacentes al sitio de la ubicación positiva inicial de la zona 4, si corresponde, y los sitios de la zona 4 en torno al área del resultado positivo inicial antes de limpiar (el muestreo seleccionado de la zona 3 se realiza para asegurar que la contaminación no se ha propagado cerca de las áreas donde el producto está expuesto). Se debe tener cuidado de no propagar la contaminación a otras áreas de la planta.
- Limpie y desinfecte el área a fondo empleando los procedimientos POES
- Tome muestra del área después de limpiar y desinfectar para verificar la eficacia de esos procedimientos.

Conclusiones

La implementación del Programa de Monitoreo Ambiental de patógenos e indicadores en plantas procesadoras de carne y productos cárnicos comestibles nos deja las siguientes conclusiones.

Identificación de puntos críticos

El monitoreo ambiental permite identificar los puntos críticos en la planta de carnes donde existe un mayor riesgo de contaminación microbiológica. Esto permite enfocar los esfuerzos de control y mejorar la eficacia de las medidas preventivas.

Detección temprana de contaminación

El monitoreo regular y sistemático del ambiente de la planta de carnes permite detectar de manera temprana la presencia de patógenos e indicadores microbiológicos. Esto facilita la toma de acciones correctivas oportunas antes de que se produzcan problemas mayores.

Evaluación de la efectividad de las medidas de control

El monitoreo ambiental proporciona información sobre la efectividad de las medidas de control implementadas en la planta de carnes. Permite evaluar si los procedimientos de limpieza, desinfección y saneamiento son adecuados y si se están siguiendo de manera correcta.

Cumplimiento de los estándares de seguridad alimentaria

El monitoreo ambiental ayuda a garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad alimentaria establecidos por las autoridades sanitarias y los organismos reguladores. Esto es fundamental para garantizar la inocuidad de los productos cárnicos y proteger la salud de los consumidores.

Mejora continua

El monitoreo ambiental proporciona datos objetivos que permiten realizar análisis y evaluaciones periódicas de la situación microbiológica en la planta de carnes. Esto brinda la oportunidad de implementar mejoras continuas en los procesos y procedimientos para reducir los riesgos de contaminación.

Mayor confianza del consumidor

La implementación del monitoreo ambiental de patógenos e indicadores microbiológicos en plantas de carnes demuestra el compromiso de la empresa con la seguridad alimentaria y la calidad de sus productos. Esto genera mayor confianza en los consumidores y fortalece la reputación de la marca.

Cumplimiento de requisitos legales y normativos

El monitoreo ambiental es fundamental para cumplir con los requisitos legales y normativos establecidos para la industria de las carnes. Permite demostrar que se están tomando las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los alimentos y evitar posibles sanciones o problemas legales.

Reducción de riesgos y costos asociados

La implementación del monitoreo ambiental contribuye a la reducción de los riesgos de contaminación microbiológica en la planta de carnes. Esto ayuda a prevenir brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, reclamaciones de los consumidores y posibles retiros de productos, lo que se traduce en ahorro de costos y protección de la reputación de la empresa.

Discusión

El monitoreo ambiental en los establecimientos de alimentos es un proceso crítico para garantizar la seguridad y la calidad de los alimentos producidos en dichos establecimientos. Esto se hace para identificar y controlar posibles contaminantes y microorganismos que puedan afectar la seguridad alimentaria. Estos son algunos puntos clave del monitoreo ambiental:

- *Propósito.* El propósito principal del monitoreo ambiental es detectar la presencia de patógenos, alérgenos, toxinas u otros contaminantes en el ambiente del establecimiento que puedan entrar en contacto con los alimentos durante la producción, procesamiento o empaque.

- *Plan de muestreo.* Las empresas alimentarias deben tener un plan de muestreo bien estructurado que incluya puntos de muestreo estratégicos en varias áreas de la instalación, como superficies de equipos, áreas de procesamiento, operadores, aire y agua.
- *Métodos de muestreo y análisis.* Se utilizan varios métodos de muestreo y análisis para detectar contaminantes. Estos pueden incluir hisopos, muestras de agua, aire y superficies, pruebas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa), inmunoensayos enzimáticos y otros métodos de detección de patógenos específicos.
- *Acción correctiva.* Si se encuentran contaminantes o microorganismos dañinos en el entorno de la planta, se deben tomar medidas correctivas para eliminarlos y evitar la contaminación cruzada con los alimentos. Estas acciones pueden incluir limpieza y desinfección adicionales, revisión de procedimientos de trabajo y cambios en las prácticas de higiene.
- *Cumplimiento normativo.* El control ambiental es un requisito de muchas normas y reglamentos alimentarios para garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad alimentaria.
- *Importancia del monitoreo.* El monitoreo ambiental no es un proceso de una sola vez, debe llevarse a cabo periódicamente para garantizar la eficacia de las medidas de control aplicadas y mantener la seguridad alimentaria en la empresa.

El monitoreo ambiental es una parte integral de los programas de control de calidad e inocuidad de los alimentos en los establecimientos de alimentos. Su correcta aplicación contribuye a proteger la salud de los consumidores y mantener la reputación y credibilidad de la marca de alimentos.

Referencias

- Barreto, M., Castillo-Ruiz, M., & Retamal, P. (2016). Salmonella entérica: Una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. *Revista chilena de infectología*, 33(5), 547–557. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182016000500010>
- Colello R, Vélez MV, González J, Montero DA, Bustamante AV, Del Canto F, Etcheverría AI, Vidal R, Padola NL. First report of the distribution of Locus of Adhesion and Autoaggregation (LAA) pathogenicity island in LEE-negative Shiga toxin- producing *Escherichia coli* isolates from Argentina. *Microb Pathog.* (2018); 123:259---63, recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2018.07.011>
- Chapin, T.K., Nightingale, K.K., Worobo, R.W., Wiedmann, M., Strawn, L.K. (2014). Geographical and Meteorological Factors Associated with Isolation of *Listeria* Species in New York State Produce Production and Natural Environments. *Journal of Food Protection.* 77: 1919-1928. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-132>
- Dairy Food Safety Victoria. 2016. Dairy Pathogen Manual.*
<http://www.dairysafe.vic.gov.au/publications-media/regulations-and-resources/guidelines>
- Downes, F. P., Ito, K., and American Public Health Association. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (4th ed.). Washington, DC: American Public Health Association.
- Malley, T.J., Butts, J., Wiedmann, M. (2015). Seek and destroy process: *Listeria monocytogenes* process controls in the ready-to-eat meat and poultry industry. *J. Food Prot.* 78 (2): 436-445. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-507>
- Martin N.H., Trmčić, A., Hsieh, T., Boor, K.J., Wiedmann, M. (2016). The Evolving Role of Coliforms As Indicators of Unhygienic Processing Conditions in Dairy Foods. *Front.*

Microbiol. 7:1549. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5043024/pdf/fmicb-07-01549.pdf>

Mead, P. S., Dunne, E. F., Graves, L., Wiedmann, M., Patrick, M., Hunter, S., Salehi, E., Mostashari, F., Craig, A., Mshar, P., Bannerman, T., Sauders, B. D., Hayes, P., DeWitt, W., Sparling, P., Griffin, P., Morse, D., Slutsker, L., Swaminathan, B. (2006).

Nationwide outbreak of listeriosis due to contaminated meat. *Epidemiology and Infection*. 134: 744-751. <http://doi.org/10.1017/S0950268805005376>

Rodríguez Gutiérrez, V., Guzmán Osorio, L., & Verjan García, N. (2015). *Campylobacter* spp. in poultry products and its impact in public health. *CES Med Zootec*, 10(2), 203–213.

Servicio de Inocuidad e Inspección de Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2014). FSIS Compliance Guideline: Controlling *Listeria monocytogenes* in Post Lethality Exposed Ready-To-Eat Meat and Poultry Products. <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/d3373299-50e6-47d6-a577-e74a1e549fde/Controlling-Lm-RTE-Guideline.pdf?MOD=AJPERES>

Simmons, C.K., Wiedmann, M. (2018). Identification and classification of sampling sites for pathogen environmental monitoring programs for *Listeria monocytogenes*: Results from an expert elicitation. *Food Microbiol*. 75: 2-17. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.07.005>

Smith, P.K., Krohn, R.I., Hermanson, G.T., Mallia, A.K., Gartner, F.H., Provenzano, M.D., Fujimoto, E.K., Goeke, N.M., Olson, B.J., Klenk, D.C. (1985). Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Analytical Biochemistry*. 150: 76-85.

[https://doi.org/10.1016/0003-2697\(85\)90442-7](https://doi.org/10.1016/0003-2697(85)90442-7)

Teuben, J.; Barrientos, E. (2000). *Manual de Laboratorio de Microbiología de Alimentos*.

Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 79p.

3M Food Safety. (2019). Manual de monitoreo ambiental para la industria de alimentos y bebidas, 1a edición.