



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA EFECTIVIDAD DE
DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO
PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS,
POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA**

BLANCA ALEJANDRA ESCOBAR CUTÉ

Asesorado por el M.A. David Ricardo Rosales López

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y DE EFECTIVIDAD DE
DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO
PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS,
POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BLANCA ALEJANDRA ESCOBAR CUTÉ
ASESORADO POR EL M.A. DAVID RICARDO ROSALES LÓPEZ

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Bladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua
EXAMINADOR	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Inga. Ana Gloria Montes Peña
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y DE EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 17 de noviembre de 2022.

Blanca Alejandra Escobar Cuté



EPPFI-PP-2132-2022

Guatemala, 17 de noviembre de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y manejo ambiental - Impactos y medidas de mitigación en sistemas de agua potable, desechos sólidos, aguas residuales, sistemas atmosféricos, líficos y ecosistemas acuáticos y terrestres**, presentado por la estudiante **Blanca Alejandra Escobar Cute** carné número **201123938**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. David Ricardo Rosales Lopez
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.1742.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA.**, presentado por el estudiante universitario **Blanca Alejandra Escobar Cute**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.123.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA EFECTIVIDAD DE DESINFECCIÓN (EN UNIDADES DE ATP) UTILIZANDO AMONIO CUATERNARIO Y ÁCIDO PERACÉTICO PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS, POR EL MÉTODO DE BIOLUMINISCENCIA**, presentado por: **Blanca Alejandra Escobar Cuté**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabeia Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por siempre estar a mi lado y darme la sabiduría y fuerza necesarias para poder realizarlo.

Mis padres

Por su apoyo incondicional y su ejemplo de perseverancia y excelencia para poder seguir adelante con mis estudios.

Mis maestros

Por guiarme en las sendas del conocimiento y estar en la disposición de resolver dudas cuando se presentaban.

Mi familia y amigos

Por siempre darme ánimos para seguir a pesar de todas las situaciones difíciles de la vida, y por hacer gratos momentos de convivencia y apoyo durante estos años.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesor

Por su apoyo y guía para la realización de esta tesis.

Mis catedráticos

Por su esfuerzo y ayuda para poder obtener los conocimientos necesarios para cada curso.

Empresa

Agroexportadora

Por su autorización en realizar la parte experimental en sus instalaciones para la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Formulación del problema	10
3.3. Delimitación del problema	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Desinfección	17

7.1.1.	Tipos de desinfectantes.....	17
7.1.1.1.	Desinfectantes de amplio espectro	17
7.1.1.2.	Desinfectante limitado.....	18
7.1.1.3.	Desinfectante de establecimientos de salud	18
7.1.1.4.	Detergente desinfectante	18
7.1.2.	Características de los desinfectantes	18
7.1.2.1.	Características fisicoquímicas	19
7.1.3.	Utilización de desinfectantes	19
7.1.4.	Importancia de los desinfectantes en empresas alimenticias.....	20
7.1.5.	Agentes Desinfectantes.....	21
7.1.5.1.	Glutaraldehído	21
7.1.5.2.	Sales de amonios cuaternarios	21
7.1.5.3.	Alcoholes	21
7.1.5.4.	Peróxido de hidrógeno	22
7.1.5.5.	Ácidos y álcalis	22
7.1.5.6.	Ácido peracético	22
7.1.5.7.	Biguanidas poliméricas	22
7.1.6.	Efectividad en la desinfección	23
7.1.6.1.	Número y localización de los microorganismos.....	23
7.1.6.2.	Resistencia innata de los microorganismos.....	23
7.1.6.3.	Concentración y potencia de los desinfectantes.....	24
7.1.6.4.	Factores fisicoquímicos	24
7.1.6.5.	Materia orgánica	25

	7.1.6.6.	Duración de la exposición al desinfectante.....	25
	7.1.6.7.	Naturaleza del objeto a desinfectar	26
7.2.		Bioluminiscencia.....	26
	7.2.1.	Mecanismo de reacción ATP	27
	7.2.2.	Evaluación de los resultados de ATP	28
	7.2.3.	Aplicación de la metodología por medio de ATP	29
	7.2.4.	Evaluación de impacto ambiental de los desinfectantes.....	29
	7.2.5.	Variables importantes en el proceso de limpieza....	30
7.3.		Parámetros físicos.....	32
	7.3.1.	Porcentaje Residual.....	32
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.		METODOLOGÍA.....	39
	9.1.	Características del estudio	39
	9.2.	Unidades de análisis	40
	9.3.	Variables.....	40
	9.4.	Fases del estudio	41
	9.4.1.	Fase 1: Exploración bibliográfica	41
	9.4.2.	Fase 2: Evaluación de la efectividad de los desinfectantes.....	41
	9.4.3.	Fase 3: Comparativa entre desinfectantes	41
	9.4.4.	Fase 4: Informe para minimizar el impacto ambiental.....	42
	9.5.	Resultados a obtener	42

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	43
11.	CRONOGRAMA	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	49
13.	REFERENCIAS	51
14.	APÉNDICES	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol del problema	9
2.	Mecanismo de reacción.	27
3.	Metodología por medio de atp.....	29
4.	Curva de actividad del cloro	32
5.	Cronograma de actividades	47

TABLAS

I.	Formulación del problema.....	10
II.	Desglose de variables	40
III.	Análisis de atp.....	44
IV.	Eficiencia de desinfectante.....	44
V.	Evaluación de impacto ambiental.....	45
VI.	Presupuesto	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PAA	Ácido peracético
ATP	Adenosín trifosfato
QAC	Amonio cuaternario
°C	Grados Celsius
pH	Potencial de hidrógeno
PEHD	Plancha de polietileno de alta densidad
TRD	Tiempo de reducción decimal
URL	Unidades Relativas de Luz

GLOSARIO

ATP	Adenosín Trifosfato o Trifosfato de adenosina, son moléculas orgánicas compuestas por un azúcar del tipo pentosa y una base nitrogenada.
Bacterias resistentes	Bacterias que han adquirido resistencia a un elevado número de antibióticos. Estas son especialmente peligrosas y pueden provocar enfermedades de patógenos resistentes.
Bioluminiscencia	Proceso a través del cual los organismos vivos producen luz, dando como resultado una reacción bioquímica en la que comúnmente interviene una enzima llamada luciferasa.
Biosidas	Término que describe un agente químico, de origen sintético o semisintético, que, a ciertas concentraciones y condiciones puede inactivar o destruir células vivas de los microorganismos en un tiempo determinado.
Desinfectantes	Son productos capaces de inhibir o destruir los microorganismos presentes en superficies, por lo que constituyen la primera línea de defensa

para evitar la diseminación de patógenos resistentes.

Enlace covalente

Se produce cuando estos átomos se unen, para alcanzar el "octeto estable", y comparten electrones del último nivel.

Enzima

Conjunto de proteínas encargadas de catalizar (disparar, acelerar, modificar, enlentecer e incluso detener) diversas reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles.

Inhibir

Interrumpir una función o actividad del organismo temporalmente, mediante la acción de un estímulo adecuado.

Lusiferin

Sustancia orgánica, presente en organismos luminiscentes como las luciérnagas, que produce luz cuando se oxida por la acción de la enzima luciferasa.

Lusiferasa

Término genérico para la clase de enzimas oxidativas que producen bioluminiscencia, y suele distinguirse de una foto proteína.

Molécula orgánica

Es un compuesto químico que contiene carbono, formando enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno. En muchos casos contienen oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, boro, halógenos y otros elementos menos frecuentes en su estado natural.

Nucleótidos

Moléculas orgánicas formadas por la unión covalente de un nucleósido (una pentosa y una base nitrogenada) y un grupo fosfato. El nucleósido es la parte del nucleótido formada únicamente por la base nitrogenada y la pentosa. Cuyas cadenas forman las macromoléculas denominadas ácidos nucleicos (ADN y ARN).

Patógenos

Es un elemento capaz de originar una enfermedad a la biología de un huésped, ya sea un humano, animal o planta.

Reacción bioquímica

Es una reacción química que se lleva a cabo dentro de los organismos vivos. El conjunto de reacciones bioquímicas de un organismo es su metabolismo.

Sustrato

Es una molécula sobre la cual actúa una enzima.

RESUMEN

En el presente proyecto se realizará el diseño para la evaluación ambiental y eficiencia para los desinfectantes más utilizados actualmente en la industria de alimentos en Guatemala, replicando las concentraciones aprobadas para superficies en contacto con alimentos por la FDA.

Debido a que se tienen diferentes opciones para la desinfección de superficies, se evaluará en este proyecto los dos ingredientes activos más utilizados que son amonio cuaternario de quinta generación y ácido peracético; ya que por su bajo costo y su rápida adquisición en el mercado, son las sustancias más utilizadas para desinfección de superficies, no solo en la industria de alimentos, si no en otras industrias que lo requieren; como se pudo experimentar con la pandemia, se utilizan también en muchos hogares y establecimientos públicos.

Se realizará el estudio de la efectividad por el método de bioluminiscencia, utilizando un iluminómetro de marca *hygiena*, dando como resultados valores de URL, proporcionales a la cantidad de materia que se tenga en la superficie recolectada por medio de un hisopo especial para ese fin.

En este estudio se utilizará el método cuantitativo descriptivo para evaluar la relación entre la efectividad de desinfección y el ingrediente activo utilizado; así como, también concluir cuál de las dos sustancias causan mayor impacto ambiental, evaluando el agua residual de proceso en el área de interés.

1. INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria es fundamental la desinfección de superficies y ambientes, esto se realiza para poder garantizar la inocuidad de los alimentos que se producen, con esto se puede evitar enfermedades transmitidas por alimentos y alargar la vida de anaquel del producto. Todos los equipos y utensilios de las zonas de trabajo deben ser desinfectados para asegurar que se alcanzan unas condiciones higiénicas suficientes para lograr este objetivo. Por ello, es importante conocer las materias activas biocidas disponibles y los diferentes productos formulados con ellas, así como sus características e idoneidad de aplicación en cada caso concreto.

La acción biocida de los desinfectantes sobre las superficies de la industria alimentaria está influida por numerosos factores, como tiempo de contacto, temperatura de aplicación, concentración, tensión superficial de la solución desinfectante, pH, número y localización de los microorganismos o tipo de microorganismo objetivo. Cuando se utilizan los desinfectantes, además de los factores enumerados, también influye enormemente la eficacia de la fase de limpieza previa, en la separación de la suciedad orgánica e inorgánica, de las superficies de trabajo que deben ser desinfectadas. Por si sola, la limpieza es capaz de eliminar el 80 % de la carga microbiana, la desinfección de las superficies debe conseguir una reducción de la contaminación microbiana de alrededor del 95 %.

Además de garantizar la inocuidad de los alimentos que producen, las empresas también están preocupadas por utilizar los productos que tengan

menos residualidad de sustancias químicas residuales, para no dañar al ambiente, es por esto que, en este estudio se concluirá según los desinfectantes utilizados, cuál es el que tiene menos impacto ambiental.

2. ANTECEDENTES

Actualmente se utilizan varios tipos de desinfectantes, según el grado de suciedad que se tenga, en los diferentes procesos de la industria de Guatemala, se tiene el problema que, cuando los microorganismos generan resistencia, se debe cambiar estos desinfectantes para poder eliminarlos de manera eficiente.

En el artículo *Evaluación de la resistencia a agentes desinfectantes de bacterias aisladas de ambientes naturales* se realizó un estudio utilizando diferentes concentraciones por lo que concluyeron que “los microorganismos que demostraron una mayor resistencia en los resultados fueron los gram negativos, en base a estos resultados se puede implementar medidas más exitosas para evitar la proliferación de estas bacterias resistentes”. (Ramos y Alonso, 2011, p. 1)

Para tener una idea clara sobre qué es un desinfectante podemos hacer referencia a la definición que propone Ramos y Alonso siendo la siguiente: “Los desinfectantes son productos capaces de inhibir o destruir los microorganismos presentes en superficies por lo que constituyen la primera línea de defensa para evitar la diseminación de patógenos resistentes.”

Para evaluar la efectividad de los desinfectantes es necesario realizarlo de manera experimental como lo realizaron en el artículo *Evaluación de la efectividad de un desinfectante derivado del grupo de los amonios cuaternarios para el enfrentamiento a los desastres biológicos*. (Bartumeu, Cepero, Castillo y Pérez, 2005, p. 3)

Se evaluó la efectividad de un desinfectante de amonio cuaternario en dos situaciones:

La primera

Consistió en probar en las condiciones del territorio un desinfectante genérico del grupo de los compuestos de derivados de amonios cuaternarios, utilizando un producto con tres meses excedido de su fecha de vencimiento proporcionada por su fabricante; la segunda consistió en probar en las condiciones del territorio un desinfectante genérico del grupo de compuesto de derivados de amonio cuaternario, utilizando un producto dentro de su fecha de actividad de acción, según fabricante. (Bartumeu, Cepero, Castillo y Pérez, 2005, pag.3)

Como objetivo de este estudio está la evaluación, tanto de los desinfectantes con ingrediente activo de amonio cuaternario, como los que tienen ácido peracético.

Para saber que es el ácido peracético se cita:

El APA está disponible como una mezcla cuaternaria en equilibrio, de ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y agua; es un agente sanitizante que no reacciona con las proteínas para producir compuestos tóxicos o carcinogénicos; y los únicos productos de su descomposición reportados, han sido ácido acético y oxígeno.

Definición tomada del artículo *Modelado del potencial bioactivo y calidad de frutillas frescas cortadas en el lavado-desinfección con ácido peracético*. (Van

de Velde, Piagentini, Güemes, Salsi, Tiburzi, Moguilevsky, y Pirovani, 2013, pag. 3).

Los desinfectantes se utilizan principalmente en la industria de alimentos, actualmente existe una gran oferta de productos desinfectantes que han enfocado su uso en la industria alimentaria para llevar a cabo de forma adecuada, programas de limpieza y desinfección, con el fin de reducir y en ciertos casos eliminar los microorganismos de la infraestructura que está en contacto con la línea de producción alimentaria. De esta forma se busca inhibir el peligro de contaminación y se garantiza un producto inocuo.

Tomado de la tesis *Efecto bactericida de desinfectantes sobre cepas de escherichia coli y listeria innocua en superficies de uso en la industria alimentaria.* (Herrera, 2016, p. 5)

Es de suma importancia en la industria alimentaria que se tenga un programa de limpieza y desinfección de los equipos y utensilios de limpieza para garantizar la inocuidad de los alimentos,

Limpiar es un proceso en el que la suciedad se disuelve o suspende, generalmente en agua, ayudada de detergentes. Su objetivo es separar la suciedad de los utensilios, equipos y superficies en contacto con los alimentos para que en la etapa posterior de desinfección los agentes desinfectantes sean efectivos. (Pérez, Barrera y Castello, 2017, p. 2)

La desinfección es muy importante para poder garantizar la inocuidad como lo menciona la tesis *Métodos para la desinfección en la industria alimentaria la desinfección debe conseguir la eliminación de los microorganismos patógenos,*

y la reducción hasta niveles considerados aceptables de los microorganismos alterantes. (Pérez, Barrera y Castello, 2017)

Para que un programa de desinfección sea efectivo se debe definir qué microorganismos se desea eliminar.

El desinfectante debe ejercer su acción sobre más de un tipo de microorganismo: moho, levadura, microbacteria, virus (esporulado o no) y bacterias (Gram positiva, Gram negativa y en forma esporulada). Cada uno de estos grupos de microorganismos tiene características biológicas específicas que influyen sobre su capacidad para adaptarse a la presencia de agentes desinfectantes. (Pérez, Barrera y Castelló 2017, p. 3)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

La resistencia de los microorganismos a diferentes sustancias es un problema a nivel mundial esto se debe al incremento del uso de agentes antimicrobianos, como biocidas, que incluyen a los antisépticos y a los desinfectantes.

Dentro de los desinfectantes más utilizados en la actualidad se encuentran los compuestos de amonio cuaternario (QAC), como el bromuro de lauril dimetil-bencil-amonio, estos no presentan olor y son de pH neutro, solubles en agua y soportan cambios de temperatura. Por todas las propiedades que poseen estos compuestos su uso está en aumento y esto ha provocado la selección de cepas bacterianas resistentes, esto se da por medio una propiedad natural o adquirida por mutación o por adquisición de plásmidos.

Generalmente para la etapa de lavado y desinfección se usa cloro o compuestos clorados como agentes sanitizantes, con el objetivo de controlar el número de microorganismos en el agua y de mejorar la calidad microbiológica de estos productos, pero en la actualidad, el ácido peracético (APA) ha ganado interés como agente desinfectante de productos enteros o cortados. Comercialmente, el APA está disponible como una mezcla cuaternaria en equilibrio, de ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y agua. El APA, es un agente sanitizante que no reacciona con las proteínas para producir compuestos tóxicos o carcinogénicos; y los únicos productos de su descomposición reportados, han sido ácido acético y oxígeno.

Es por este motivo que este estudio tiene como finalidad, comparar los sanitizantes a base de amonio cuaternario y de ácido peracético, para concluir cuál de los dos da mejores resultados en la sanitización esperada, para superficies en contacto directo con alimentos, por medio de los análisis de ATP realizados por medio de bioluminiscencia.

Antes de desarrollar un plan de desinfección, es conveniente definir el tipo de microorganismos sobre los que se desea actuar, para prevenir o reducir su presencia en las superficies, ambientes e instalaciones de las salas de trabajo. En muchos casos, el desinfectante debe ejercer su acción sobre más de un tipo de microorganismo. En la industria alimentaria, es posible encontrar cuatro grupos microbianos que pueden causar toxiinfecciones en los consumidores:

- Mohos y levaduras
- Micobacterias
- Virus (encapsulados o no)
- Bacterias (Gram +, Gram – y en forma esporulada).

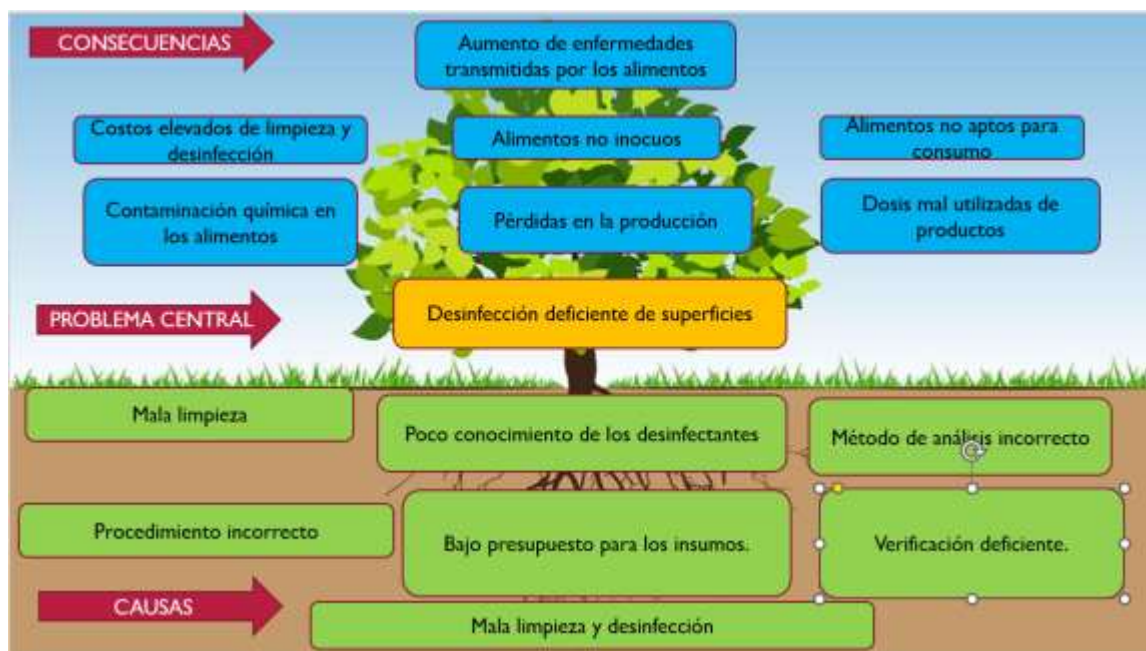
Cada uno de estos grupos de microorganismos, tiene características biológicas específicas, que influyen sobre su capacidad para adaptarse a la presencia de agentes desinfectantes.

Salud y medio ambiente preocupan mucho a los consumidores. Ese interés hace que las empresas que quieren aportar valor a la sociedad, tengan que tener muy en cuenta la sostenibilidad del entorno, buscando el equilibrio entre eficiencia, exigencias y naturaleza.

Para el sector de la alimentación es prioritaria la construcción de una industria segura, saludable y sostenible, como suelen establecer los marcos estratégicos para este tipo de industria.

El agua es el principal factor limitante para la producción de alimentos a nivel mundial. Aunque el sector ha conseguido reducir su consumo anual en un 33 % de 2006 a 2010, requiere continuar disminuyendo mediante la optimización de los procesos y su reutilización sin afectar a la calidad y a la seguridad de los productos, así como mejorar la calidad de los vertidos finales.

Figura 1. **Árbol del Problema**



Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft PowerPoint, 2022.

3.2. Formulación del problema

La formulación del problema se realizará por medio de una pregunta central, donde se obtendrá el objetivo general, y tres preguntas auxiliares para los objetivos específicos.

Tabla I. **Formulación del problema**

PROBLEMA	PREGUNTA
Principal	¿Son efectivos los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético para superficies en contacto con alimentos, por medio de bioluminiscencia?
Auxiliar 1	¿Son efectivos los desinfectantes para la eliminación de la suciedad en las superficies en contacto directo con alimentos?
Auxiliar 2	¿Cuál desinfectante es más efectivo, los a base de ácido peracético o amonio cuaternario?
Auxiliar 3	¿Se tiene relación directa entre el desinfectante utilizado y el impacto ambiental causado por las sustancias residuales?

Fuente: elaboración propia, 2022.

3.3. Delimitación del problema

Este proyecto se realizará en San Lucas, Guatemala en una empresa agroexportadora de alimentos.

4. JUSTIFICACIÓN

La maestría al encontrarse entre en el marco de energía y ambiente, involucra todo análisis profesional dentro del buen funcionamiento de los procesos en donde habrá un beneficio ambiental, evaluación y aplicación de los conceptos relacionados a análisis fisicoquímicos.

Para este proyecto la línea de investigación es el área ambiental relacionada con a la gestión y manejo ambiental específicamente el inciso c) Impactos y medidas de mitigación en sistemas de agua potable, desechos sólidos, aguas residuales, sistemas atmosféricos, líticos y ecosistemas acuáticos y terrestres, el cual resalta impactos en sistema lítico siendo el tema desarrollado.

El aporte será la identificación de las características fisicoquímicas de impacto ambiental, entre los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético, para su mejor aprovechamiento en la industria de alimentos. Las empresas públicas y privadas son beneficiadas, debido a que se evalúa la caracterización de las aguas del proceso de limpieza y desinfección.

Todas las empresas necesitan evaluar qué productos químicos utilizan en su proceso de limpieza y desinfección, por lo tanto, es una buena comparación las características fisicoquímicas de impacto ambiental del agua.

La maestría al encontrarse entre en el marco de energía y ambiente, involucra todo análisis profesional dentro del buen funcionamiento de los procesos, en donde habrá un beneficio ambiental, evaluación y aplicación de los conceptos relacionados a análisis fisicoquímicos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar el impacto ambiental y la efectividad de desinfección (en unidades de ATP) de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético aplicando la metodología de bioluminiscencia.

5.2. Específicos

- Determinar la efectividad de amonio cuaternario, en cuanto su desinfección en superficies en contacto con alimentos.
- Determinar la efectividad de ácido peracético, en cuanto su desinfección en superficies en contacto con alimentos.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental, entre los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético, para impulsar su uso en la industria de alimentos.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En este trabajo se pretende identificar la efectividad de los desinfectantes usados en la industria de alimentos, evaluando también las características fisicoquímicas de las aguas residuales del proceso. La identificación de la efectividad de los desinfectantes ayudará a empresas públicas y privadas, a evaluar de mejor manera sus productos de limpieza, teniendo también como referencia, cuáles productos tienen menor impacto ambiental en las aguas residuales que salen del proceso.

Para identificar la efectividad de los desinfectantes a base de ácido peracético y amonio cuaternario, es necesario realizar pruebas a diferentes concentraciones en una superficie utilizada durante el mismo tiempo y realizar análisis de ATP, para determinar la cantidad de suciedad que se tiene en la superficie, y realizar una evaluación del agua que se usa en el proceso, para comparar el impacto ambiental que se tiene.

La utilización de diferentes sustancias químicas en varias industrias a nivel nacional, aporta más deterioro al ambiente al no desecharlas de manera adecuada, es por esto que se hace necesario conocer cuáles sustancias aportan un menor impacto ambiental, pero realizando la función de desinfección que se necesita en el proceso.

Derivado que la Maestría de Energía y Ambiente, existe el área ambiental, este proyecto contribuye específicamente, en realizar una reducción a la contaminación del medio ambiente, utilizando un producto que tenga menos impacto ambiental.

Al ser un profesional con conocimientos en la ingeniería química y también en el área industrial, este proyecto complementa la identificación de las características fisicoquímicas de las aguas utilizadas, en el proceso de limpieza y desinfección.

En el proyecto se espera establecer, si los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético son efectivos en superficies en contacto con alimentos, esto es un importante debido a que las industrias de alimentos necesitan realizar una buena desinfección de los equipos y de las superficies que entran en contacto con alimentos, siendo necesario evaluar la efectividad de los mismos. Una de las formas para realizarlo es por medio de bioluminiscencia.

El proyecto a trabajar es la evaluación de la efectividad de desinfección (en unidades de ATP), utilizando amonio cuaternario y ácido peracético para superficies en contacto con alimentos, por el método de bioluminiscencia. y el proyecto se ejecutará durante el año 2023.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Desinfección

Es un proceso con sustancias químicas mediante el cual se eliminan microorganismos de las superficies como las bacterias, virus, etc., impidiendo así el crecimiento de microorganismos patógenos resistentes. Este proceso reduce la cantidad de microorganismos nocivos a la salud y que afectan la calidad de los alimentos.

7.1.1. Tipos de desinfectantes

Los desinfectantes son compuestos químicos que tienen como función eliminar microorganismos de una superficie, esto se logra según la concentración y tiempo que se utilice.

Existen varios tipos de desinfectantes, según las propiedades que poseen por lo que se puede clasificar como:

7.1.1.1. Desinfectante de amplio espectro

Estas sustancias tienen un efecto general sobre varios tipos de bacterias gram positivas y gram negativas. Estos productos son los que se usan de manera más popular y es probable que muchos de los elementos de nuestras casas estén en esta categoría. (Rags, 2020, p.1)

7.1.1.2. Desinfectante limitado

“Así es como se llama a las sustancias que solo tienen efectos sobre algunos tipos de microorganismos. Por ejemplo, existen productos que están especialmente indicados para eliminar las bacterias de *Staphylococcus aureus* o para la *Salmonella* entérica.” (Rags, 2020, p. 2)

7.1.1.3. Desinfectante de establecimientos de salud

“Este tipo de sustancias son efectivas para eliminar bacterias gram positivas y gram negativas, incluyendo a la *Pseudomona aeruginosa*. Este último microorganismo resalta por su gran resistencia a condiciones adversas, por ejemplo, los cambios en el pH de su entorno.” (Rags, 2020, p. 3)

7.1.1.4. Detergente desinfectante

“Estos productos son una combinación de los productos que se han mencionado más arriba junto con detergentes. No se debe intentar mezclar compuestos sueltos, pues se puede generar una reacción química peligrosa. No todos los detergentes y desinfectantes son compatibles.” (Rags, 2020, p. 4)

Los desinfectantes más utilizados en la actualidad son los que tienen como ingrediente activo amonio cuaternario y ácido peracético.

7.1.2. Características de los desinfectantes

Los objetivos principales de un desinfectante es la prevención y control de enfermedades infecciosas, se utilizan para garantizar la inocuidad de los

alimentos, por lo que son muy importantes en la industria alimentaria para evitar la proliferación de patógenos resistentes.

7.1.2.1. Características fisicoquímicas

Para asegurar la eficiencia de los desinfectantes, es necesario asegurar la dosis; así como, también el tiempo de contacto recomendado por el proveedor.

Entre las características fisicoquímicas que puede tener un desinfectante están:

Debe ser completamente soluble en el agua y debe tener un amplio espectro de efectividad. Una de las más importantes características de los desinfectantes es el efecto prolongado en superficies. De esa manera, se evitan que se esparzan virus, bacterias, hongos y demás microorganismo que pueden sobrevivir pegados a los objetos. Además, sería ideal que sea compatible con todo tipo de materiales. Es clave que el tipo de sustancias seleccionadas no reaccione si entra en contacto con materia orgánica. Eso es peligroso, porque si cae sobre la piel descubierta puede provocar lesiones. (Rags, 2020, pag 3)

7.1.3. Utilización de desinfectantes

La desinfección es un proceso que se realiza después de la limpieza y para garantizar su efectividad, también se debe realizar de la mejor manera el proceso de limpieza, que se realiza para quitar la suciedad de los utensilios, equipos, etc., que se realiza utilizando detergentes.

Es fundamental la desinfección de las superficies en todo tipo de ambientes en la industria de alimentos, con el fin de garantizar la inocuidad de

los alimentos, de este modo se previenen infecciones alimentarias y se logra que el producto tenga una mayor vida comercial. Para esto, todos los equipos y utensilios que se utilicen en las zonas de trabajo deben ser desinfectados. Solo así se logrará las condiciones higiénicas necesarias para alcanzar el objetivo. (Betelgeux, 2010, p. 1)

Para poder eliminar los microorganismos de los equipos y materiales, que están en contacto directo con el alimento en la línea de producción, se debe tener en cuenta diferentes factores: “el tiempo de contacto, temperatura de aplicación, concentración, tensión superficial de la solución desinfectante, pH, número y localización de los microorganismos y tipos de microorganismos objetivos.” (Betelgeux, 2010, p. 2)

7.1.4. Importancia de los desinfectantes en empresas alimenticias

Los microorganismos pueden alterar características de los alimentos como su color, sabor, pH, textura entre otro, por este motivo se debe lograr la eliminación de estos patógenos que son los causantes de estas alteraciones.

Para poder eliminar los microorganismos que se tienen en la planta de alimentos, se debe identificar qué tipo se desea destruir, se tiene mohos, levaduras, microbacterias, virus, bacterias Gram + y Gram – así como también en esporas. Muchos desinfectantes tienen un amplio espectro de eliminación, pero si se tiene algún problema, es bueno saber que desinfectante será más adecuado en cada caso.

Al momento de utilizar los desinfectantes,

es importante tener en cuenta las causas que reducen su eficacia, estas pueden ser: Presencia de materia orgánica y suciedad en la zona a tratar, la caducidad del producto. Es decir, si el producto ya caducó no será eficiente a la hora de aplicarlo; reducir el tiempo de actuación antes del enjuague final, utilizar la dosis recomendada por el fabricante y, por último, monitorear periódicamente las dosis utilizadas. (Betelgeux, 2010, p. 5)

7.1.5. Agentes Desinfectantes

Los desinfectantes más utilizados en la industria alimentaria son:

7.1.5.1. Glutaraldehído

“Son biocidas de amplio espectro, eficientes contra bacterias, mohos, virus y microbacterias.” (Betelgeux, 2010, p.6)

7.1.5.2. Sales de amonios cuaternarios

“Estos son bactericidas, fungicidas y virucidas, son efectivos tanto en el medio alcalino como ácido, mostrados mejores resultados en el alcalino.” (Betelgeux, 2010, p. 6)

7.1.5.3. Alcoholes

“Son antimicrobianos, son buenos solventes de otros productos y poseen una rápida acción. Actúan sobre bacterias gram positivas y gram negativas, incluyendo además micro bacterias, hongos y virus.” (Betelgeux, 2010, p. 7)

7.1.5.4. Peróxido de hidrógeno

“Este es efectivo frente a bacterias y virus según la concentración y condiciones de utilización. Demuestra amplio espectro de eficacia frente a bacterias gram positivas.” (Betelgeux, 2010, p. 8)

7.1.5.5. Ácidos y álcalis

“Estas son altamente bactericidas, la eficacia de estos dos agentes está ligada a la concentración de iones H^+ y OH^- .” (Betelgeux, 2010, p. 7)

7.1.5.6. Ácido peracético

“Es un antiséptico de tipo oxidante, en concentraciones inferiores a 100 ppm inhibe y mata bacterias gram positivas, gram negativas, micro bacterias, hongos y levaduras.” (Betelgeux, 2010, p. 8)

7.1.5.7. Biguanidas poliméricas

Este es muy efectivo frente a pseudomonas spp, es por ello que su uso se recomienda especialmente para empresas embotelladoras de agua, posee un elevado espectro de actividad biocida, especialmente en pH alcalinos. Por su efecto no espumante son ideales para la desinfección de circuitos e instalaciones CIP. (Betelgeux, 2010, p. 9)

7.1.6. Efectividad en la desinfección

Para lograr la efectividad en la desinfección se deben tener en cuenta varios aspectos, tanto del proceso en sí como de los microorganismos a eliminar, para esta investigación se tomará en cuenta los siguientes:

7.1.6.1. Número y localización de los microorganismos

Si todos los demás factores permanecen constantes, hay una relación directa entre el número de microorganismos presentes y el tiempo necesario para destruirlos completamente. La limpieza previa a la desinfección disminuye la carga microbiana hasta en un 99 %. Determinadas localizaciones pueden ser más inaccesibles a los desinfectantes, como las juntas y los canales de los endoscopios o los catéteres. (Rags, 2020, p. 2)

Los microorganismos cuando se establecen en una superficie pueden formar *biofilms*; “A veces los microorganismos producen espesas masas de células y materiales extracelulares formando *biofilms*. Una vez formados estos *biofilms*, los desinfectantes deben saturar y penetrar en la matriz para poder destruir los microorganismos del interior.” (Rags, 2020. p. 2)

7.1.6.2. Resistencia innata de los microorganismos

Los microorganismos por sus características específicas pueden presentar resistencia a los desinfectantes, según Pérez, Santiago, y Castillo (2005).

Se pueden ordenar de la siguiente forma de la mayor a menor resistencia.

- Priones

- Parásitos coccidios (*Cryptosporidium*)
- Esporas bacterianas (*Bacillus spp*, *Clostridium spp*)
- Micobacterias (*Mycobacterium tuberculosis*)
- Quistes de parásitos (*Giardia*)
- Virus de pequeño tamaño sin envoltura (*poliovirus*, *rinovirus...*)
- Trofozoítos de parásitos (*Acanthamoeba*)
- Bacterias Gram negativas (*Pseudomonas spp* muestra una resistencia excepcional a algunos desinfectantes)
- Hongos (*Aspergillus spp*, *Candida spp*)
- Virus lipídicos o virus de mediano tamaño sin envoltura (*Adenovirus...*)
- Formas vegetativas de bacterias Gram positivas (*Staphylococcus spp*)
- Virus con envoltura (HIV, VHB)."

7.1.6.3. Concentración y potencia de los desinfectantes

Generalmente si se tiene mayor concentración de los desinfectantes, se obtendrá mayor eficacia de estos disminuyendo su tiempo de contacto, lo sugerido es tener un balance entre el tiempo y la concentración, para lograr el objetivo en el área a desinfectar.

7.1.6.4. Factores físico-químicos

La temperatura es un factor muy importante para realizar la desinfección, ya que puede aumentar la eficacia de esta, se debe tener cuidado de que no sea muy alta porque puede provocar vapores, que pueden ser tóxicos depende de la composición que tenga el desinfectante.

El pH puede influir en la actividad antimicrobiana por alteración de la molécula desinfectante o de la superficie de las células. El aumento de pH mejora

la actividad antimicrobiana de algunos desinfectantes (glutaraldehído, compuestos de amonio cuaternario, etc.) y disminuye la actividad de otros (fenoles o hipocloritos). La humedad relativa influye en la actividad de desinfectantes gaseosos, como el óxido de etileno o el formaldehído. (Pérez, Santiago, y Castillo, 2005, p. 5)

7.1.6.5. Materia orgánica

Un factor muy importante en la limpieza y desinfección es la cantidad de materia orgánica que se tiene en la superficie, esta puede ser sangre, restos de vegetales, tierra, materia fecal, entre otros; aumentan la cantidad de microorganismos y así disminuye la efectividad de los desinfectantes, puede ser una barrera protectora para los microorganismos y también puede reaccionar con los desinfectantes dando una menor efectividad.

Por lo anterior es de suma importancia limpiar muy bien todas las superficies a desinfectar, empezando con la eliminación total de la materia orgánica, para disminuir la carga microbiana, y así poder tener la eficiencia esperada en el proceso de desinfección.

7.1.6.6. Duración de la exposición al desinfectante

Generalmente cuando se deja mayor tiempo de contacto del desinfectante, aumenta también la efectividad del desinfectante bajo las mismas condiciones.

Es difícil precisar el tiempo necesario para desinfectar los aparatos médicos dada la multitud de factores que influyen en la eficacia de un desinfectante; no obstante, de forma general se ha visto que son efectivos

tiempos de contacto de 20 minutos para desinfección de alto nivel, más de 10 minutos para la de nivel intermedio y menos de 10 minutos para una desinfección de bajo nivel. (Pérez, Santiago, y Castillo, 2005, P. 6)

7.1.6.7. Naturaleza del objeto a desinfectar

La porosidad de las sustancias tiene que ver mucho en lograr la máxima efectividad de los desinfectantes, entre más lisa una superficie será más fácil eliminar la materia orgánica y eliminar todos los microorganismos presentes.

“Algunos desinfectantes pueden atacar los metales o alterar las lentes o las gomas de determinados instrumentos. Habrá que tener en cuenta la compatibilidad con los diferentes desinfectantes de los objetos a desinfectar.” (Pérez, Santiago, y Castillo, 2005, p. 7)

7.2. Bioluminiscencia

Los métodos de identificación y cuantificación en la industria incluyen el marcado fluorescente (quimioluminiscencia), bioluminiscencia ATP, cromatografía, espectrofotometría, reducción de colorantes, resistencia eléctrica, monitoreo de enzimas y la tecnología de interacción con fagos entre otras. Algunos métodos requieren de tiempos prolongados, equipos y reactivos costosos.

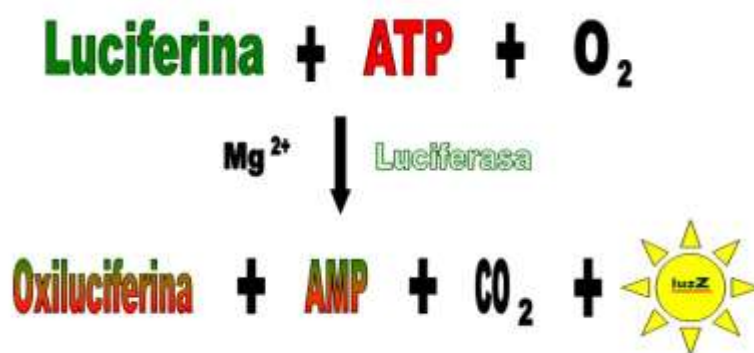
La bioluminiscencia de ATP es una técnica rápida para evaluar el estado higiénico de las instalaciones, y permite medir los niveles residuales de restos orgánicos o microbiológicos en superficies y aguas. Esta técnica está basada en la reacción de las moléculas de ATP, presentes en restos celulares con enzimas

de tipo luciferasa, que resulta en la emisión de luz con una intensidad proporcional a la cantidad de ATP presente en la muestra. (Feldman, 2020 p. 1)

7.2.1. Mecanismo de reacción ATP

El ATP (Adenosín Trifosfato o Trifosfato de adenosina) es una molécula orgánica del tipo nucleótido. Los nucleótidos son moléculas orgánicas compuestas por un enlace covalente entre un nucleósido y un grupo fosfato (PO₄³⁻). Los nucleósidos, en cambio, son moléculas orgánicas compuestas por un azúcar del tipo pentosa y una base nitrogenada. (Feldman, 2020 p.1)

Figura 2. Mecanismo de reacción.



Fuente: Feldman, (2020), *Bioluminiscencia en la industria alimentaria*

La ATP-Bioluminiscencia está basada en una reacción que ocurre en forma natural en las luciérnagas (*Photinus pyralis*). La reacción bioluminiscente catalizada por la luciferasa utiliza la energía química contenida en la molécula de ATP para producir la descarboxilación oxidativa de la luciferina a oxiluciferina, dando como resultado la producción de luz.” (Feldman, 2020 p.1)

Las unidades relativas de luz (URL), son proporcionales a la cantidad de materia orgánica presente en la superficie, por lo que, si se tiene mucha materia

orgánica, es muy probable que se tengan muchos microorganismos en el área evaluada.

7.2.2. Evaluación de los resultados de ATP

Al evaluar de forma instantánea la limpieza de las superficies de producción, permite tomar acciones correctivas inmediatas antes de que comience la producción, permite también reducir el uso de métodos de pruebas microbiológicas convencionales que son lentos, cansados y costosos.

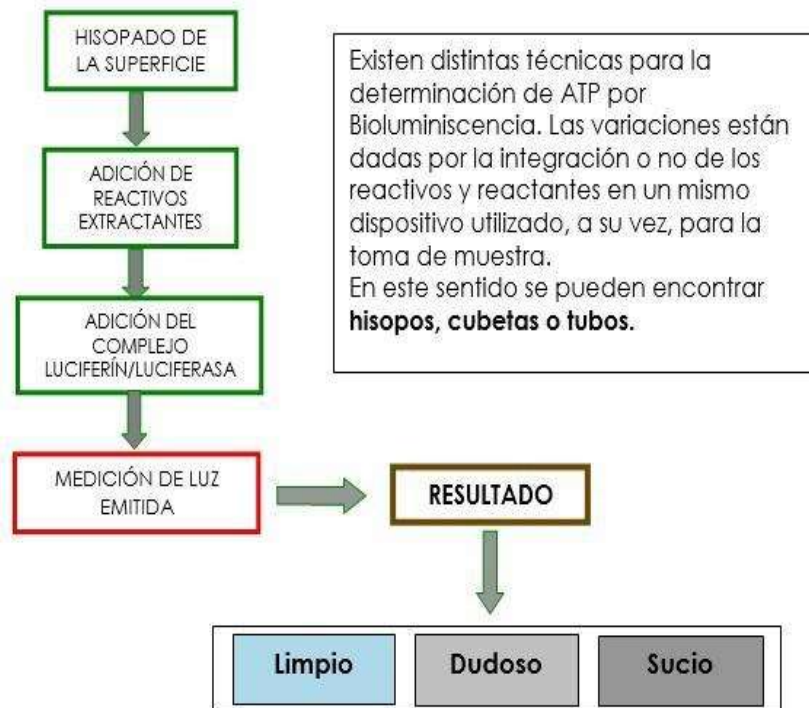
Según los resultados que se obtenga del ATP, permite mejorar la capacitación de limpieza y desinfección con retroalimentación inmediata sobre el desempeño, optimizar productos químicos de limpieza, equipos y mano de obra para que la planta pueda mantener un alto nivel de limpieza sin una cantidad excesiva de residuos, ayuda a estandarizar el nivel de limpieza y verificar los esfuerzos del personal de saneamiento,

Esta herramienta ayuda a garantizar la calidad del producto y evitar su retiro del mercado que protegerá la imagen y reputación de marca, aumentar la calidad del producto y extender su vida útil mediante la prevención de residuos del producto y otra contaminación al entrar en contacto con productos nuevos y registrar y monitorear los resultados de las pruebas para identificar las áreas problemáticas, hacer mejoras y mostrar la debida diligencia y el cumplimiento de ARPCC, Procedimientos Estándares de Operación Sanitaria (POES) y regulaciones de la industria. (Feldman, 2020 p.1)

7.2.3. Aplicación de la metodología por medio de ATP

Existen varias metodologías para poder realizar el análisis de ATP por medio de bioluminiscencia, pero la más utilizada actualmente es la siguiente, en donde se garantiza que la sustancia se mezcla adecuadamente con el hisopo para tener un resultado certero.

Figura 3. Metodología por medio de ATP



Fuente: Feldman, (2020), *Bioluminiscencia en la industria alimentaria*

7.2.4. Evaluación de impacto ambiental de los desinfectantes

Los compuestos cuaternarios de amonio están relacionados fuertemente con la contaminación de mantos acuíferos, considerados como muy tóxicos para

organismos acuáticos. El elevado uso de compuestos cuaternarios puede incluir resistencia antimicrobiana, formación de subproductos de desinfección e impactos sobre los organismos y microorganismos en aguas superficiales.

Comercialmente, el APA está disponible como una mezcla líquida cuaternaria en equilibrio de ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y agua. El APA es un líquido transparente e incoloro, sin capacidad de formación de espuma y cuyos productos de descomposición reportados son ácido acético y oxígeno, por lo que se lo considera respetuoso con el medio ambiente. (Mouteira y Basso, 2013, p. 2)

Lo ideal para poder utilizar un desinfectante sería que cumpliera con los siguientes objetivos:

- Alta eficacia
- Sin daños relevantes a la salud o completamente inocuos
- Que no contaminen el medio ambiente y microorganismos acuáticos
- Que no aceleren la resistencia antimicrobiana

7.2.5. Variables importantes en el proceso de limpieza.

Cuatro variables dentro del proceso de limpieza pueden afectar la eliminación de suciedad:

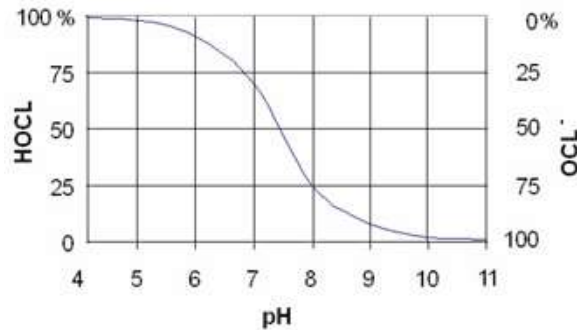
- Detergente / concentración
- Tiempo de contacto
- Temperatura
- Acción física

Al seleccionar un desinfectante, es importante tener en cuenta también su toxicidad, los restos de residuos y el impacto de la dureza del agua. Nuevamente, la temperatura es importante, porque algunos desinfectantes pueden no ser tan efectivos en ambientes fríos. Los productos químicos utilizados para desinfectar dependen en gran medida del tipo de producto que se produce, por ejemplo, lácteos, carne o cerveza, y el entorno de producción.

Sin embargo, los detergentes altamente cáusticos, basados en hidróxido de sodio o potasio, son comunes en una lechería, ya que saponifican o descomponen las grasas lácteas insolubles. En la industria alimentaria, la suciedad puede ser muy alta en grasas y grasas, y estas responden bien al uso de surfactantes; El detergente líquido tradicional. Cuando las proteínas pueden estar presentes, los detergentes clorados tienen distintas ventajas. (Mouteira y Basso, 2013, p. 5)

Un aspecto fundamental de la química del agua es la eficacia de los productos químicos en diferentes intervalos de pH. Por ejemplo, mientras que el cloro es efectivo con un pH neutro y bajo, es tres veces menos efectivo con un pH de 8. (Mouteira y Basso, 2013, p. 6)

Figura 4. **Curva de actividad del cloro**



Fuente: Mouteira y Basso, (2013), *Limpieza y desinfección en las salas de extracción de miel*

7.3. Parámetros físicos

Los parámetros son valores que se pueden colocar sobre diferentes características que se quiera medir según el proyecto que se realice, se tienen diferentes tipos de parámetros como los físicos y los químicos.

7.3.1. Porcentaje Residual

Los desinfectantes se usan con frecuencia en la industria alimentaria contra organismos nocivos (micro) en los equipos (superficies, tuberías, etc.) que pueden entrar en contacto con los alimentos. En los Países Bajos, tales usos de desinfectantes solo están permitidos cuando se registran de acuerdo con las disposiciones de la ley nacional de plaguicidas. En la mayoría de los casos, los usos (registrados) requieren un procedimiento operativo que consta de 3 pasos consecutivos: limpieza, desinfección y enjuague del equipo con agua limpia, evitando así la contaminación de los alimentos tanto como sea posible. Sin embargo, en algunos casos, las trazas de los compuestos utilizados en los alimentos son inevitables. (Mouteira y Basso, 2013, p. 6)

Se recomienda el uso responsable y eficiente de productos químicos en la desinfección dentro del entorno alimentario, especialmente en equipos y superficies en contacto con los alimentos, incluidas las manos. El objetivo es garantizar que el riesgo de residuos de sustancias químicas en los alimentos se minimice, al mismo tiempo que se garantiza la eficacia microbiológica.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Desinfección

1.1.1. Tipos de desinfectantes

1.1.2. Características de los desinfectantes

1.1.2.1. Características fisicoquímicas

1.1.3. Utilización de desinfectantes

1.1.3.1. Empresas alimenticias en Guatemala

1.1.3.2. Empresas productoras de químicos para la

limpieza.

1.1.4. Agentes Desinfectantes

1.1.4.1. Ingredientes activos

1.1.4.2. Efectividad en la desinfección

1.2. Bioluminiscencia

1.2.1. Mecanismo de reacción ATP

1.2.2. Evaluación de los resultados de ATP

- 1.2.3. Aplicación de la metodología por medio de ATP
- 1.3. Evaluación de impacto ambiental de los desinfectantes
 - 1.3.1. Parámetros químicos
 - 1.3.2. Concentración (ppm)
 - 1.3.3. Potencial de hidrógeno (Ph)
- 1.4. Parámetros físicos
 - 1.4.1. Porcentaje Residual
- 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 2.1. Características del Estudio
 - 2.2. Unidades de análisis Variables
 - 2.3. Variables
 - 2.4. Fases del Estudio
 - 2.4.1. Fase 1: Revisión Bibliográfica
 - 2.4.2. Fase 2: Evaluación de la efectividad de los desinfectantes
 - 2.4.3. Fase 3: Comparativa entre desinfectantes.
 - 2.4.4. Fase 4: Informe para minimizar el impacto ambiental de Descarga
- 3. PRESENTACIÓN
 - 3.1. Efectividad del amonio cuaternario.
 - 3.2. Efectividad del ácido peracético.
 - 3.3. Evaluación del impacto ambiental de los desinfectantes estudiados.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

La siguiente investigación utilizará un diseño experimental, el cual incluye un método de investigación lógico hipotético deductivo, ya que, a partir de la observación, creación de hipótesis, deducción de consecuencias y verificación de la verdad se llegará a resolver la problemática planteada.

La hipótesis planteada, está relacionada a la efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético y su impacto al ambiente. Todo lo anterior, llevará a trabajar un estudio tipo predictivo, considerando las variables de desinfección, ingrediente activo e impacto ambiental. Se utilizarán variables cualitativas y cuantitativas, las cuales estarán definidas según el análisis de bioluminiscencia realizado. Teniendo como objetivo, conocer la efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético, y su impacto ambiental al utilizarlos.

El diseño adoptado será experimental, debido a que se tomarán muestras y se realizarán las evaluaciones específicas, para comparar los resultados con los parámetros establecidos, dichos valores serán numéricos. El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que, se indican variables cuantitativas continuas para las concentraciones de los desinfectantes a utilizar, y de las cantidades remanentes.

El alcance será de tipo exploratorio ya que, se investigará y analizará la información obtenida de la de los experimentos realizados, para determinar cuál

desinfectante es mejor utilizar, según las diferentes alternativas para definirlo según su efectividad y su evaluación ambiental.

9.2. Unidades de análisis

La investigación se realizará en una empresa agroexportadora de vegetales, ubicada específicamente en la 4ta calle 5-01 zona 1 Santiago Sacatepéquez. Sus operaciones son de 12 horas de 6 de la mañana a 6 de la tarde, actualmente utilizan los dos tipos de desinfectante para distintas áreas en el proceso de limpieza y desinfección.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla II. **Desglose de variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA
Desinfección	Es un proceso que logra matar los microorganismos que causan las infecciones, como virus o bacterias. Al producto que permite este resultado se lo conoce como desinfectante.	Cantidad de microorganismo Resultado del análisis de bioluminiscencia
Ingrediente activo	Es la parte biológicamente activa del producto fitosanitario presente en una formulación, los ingredientes activos constituyen la menor parte de todo el producto	Concentraciones diferentes de los ingredientes activos (ácido peracético, amonio cuaternario)
Impacto ambiental	Abarca los distintos efectos que la actividad humana y el modelo de vida humano desatan sobre el medio ambiente natural.	Características de las aguas residuales

Fuente: elaboración propia (2022).

9.4. Fases del estudio

Para la investigación a continuación se describirán tres fases del estudio. Se realizará por medio de recolección de muestras, se tomarán las muestras *in situ*.

9.4.1. Fase 1: Exploración bibliográfica

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles, relacionadas a la efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético.

9.4.2. Fase 2: Evaluación de la efectividad de los desinfectantes

En esta fase tiene como objetivo el análisis de la efectividad de los desinfectantes por medio de bioluminiscencia utilizando tres concentraciones diferentes en condiciones similares, para obtener la información necesaria. También se tomará muestra del agua residual teniendo como objetivo los resultados para el análisis del impacto ambiental según el porcentaje de trazas que se tenga de cada caso.

9.4.3. Fase 3: Comparativa entre desinfectantes

Se realizará un análisis comparativo para evaluar cada desinfectante según los resultados obtenidos y así concluir cuál de los ingredientes activos utilizados en cada uno es mejor y cual concentración realizada.

9.4.4. Fase 4: Informe para minimizar el impacto ambiental.

En esta última fase se realizará un informe, donde se recomendará el desinfectante y la metodología necesaria, para minimizar el impacto ambiental de estos desinfectantes utilizados diariamente para desinfección en la industria alimentaria.

9.5. Resultados a obtener

Para esta investigación, se pretende obtener los valores de ATP para cada caso estudiado, a tres diferentes concentraciones y la cantidad de trazas de desinfectantes de las aguas residuales utilizadas para la desinfección. Informe para minimizar el impacto ambiental utilizando el desinfectante adecuado y la metodología adecuada para desechar el agua utilizada en el proceso.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el presente estudio tiene un enfoque cuantitativo y descriptivo, esto debido a que se recolectará información de las muestras y se utilizarán herramientas estadísticas, para con ello determinar el valor calculado y valor crítico, estableciendo la regla de decisión para indicar si se acepta o se rechaza la hipótesis nula.

La técnica descriptiva ayudará al momento de recopilar los resultados de las muestras y así se obtendrán los resultados a partir de las medidas de tendencia central y dispersión, considerando el promedio y desviación estándar para medir la variabilidad de los datos.

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, ya que se indican variables cuantitativas continuas para las concentraciones de los parámetros de calidad del agua utilizada en el proceso.

Las herramientas estadísticas a utilizar serán:

- Medidas de tendencia central: debido a que se reunirán datos, se realizarán los cálculos para determinar la media aritmética y sus desviaciones en cada caso.
- Prueba de hipótesis: se utilizará para la variable cualitativa y cuantitativa.

Para realizar esta medición se tomarán datos en condiciones iguales para cada uno de los escenarios y se llenará la siguiente tabla para documentar los resultados:

Tabla III. Análisis de ATP

No.	DESINFECTANTE	CONCENTRACIÓN	SUPERFICIE	DIMENSIÓN	ESTADO (CUMPLE/NO CUMPE)
1	Ácido Peracético			URL	
2	Ácido Peracético			URL	
3	Ácido Peracético			URL	
1	Amonio Cuaternario			URL	
2	Amonio Cuaternario			URL	
3	Amonio Cuaternario			URL	

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla IV. Eficiencia de Desinfectante

Superficie	Desinfectante	Promedio (URL)	Criterio (<50URL)

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla V. **Evaluación de Impacto Ambiental**

Desinfectante	pH	ppm (ingrediente activo)	Solidos Totales

Fuente: elaboración propia, 2022.

11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma de actividades

Actividades	Inicio	fin	2022												2023							
			ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP	OCT	
Tesis Maestría (Energía y Ambiente)	11/04/2022	25/10/2023																				
Elaboración de anteproyecto	11/04/2022	15/06/2022																				
Busqueda de Asesor	15/09/2022	15/10/2022																				
Desarrollo del protocolo de investigación	5/08/2022	25/10/2022																				
Aprobación del protocolo por escuela de estudios de postgrado	1/11/2022	15/01/2023																				
Recopilación de información bibliográfica	20/01/2023	25/02/2023																				
Autorizaciones respectivas en la industria de alimentos para realizar las pruebas.	5/02/2023	25/02/2023																				
Realización de las pruebas en la la industria alimenticia.	25/02/2023	25/03/2023																				
Pruebas de agua luego del proceso para realizar evaluación de impacto ambiental entre los desinfectantes	5/03/2023	25/03/2023																				
Realización de conclusiones sobre los desinfectantes y concentraciones utilizadas.	5/04/2023	25/04/2023																				
Realizar la comparativa entre los desinfectantes tomando en cuenta su impacto ambiental al usuario.	5/04/2023	25/04/2023																				
Evaluación de propuestas de tratamiento para evitar el impacto ambiental debido a la utilización de estos desinfectantes.	5/05/2023	25/05/2023																				
Recopilación de toda la información y resultados finales	5/05/2023	25/06/2023																				
Redacción de informe final y artículo	5/06/2023	25/06/2023																				
Revisión y defensa de Tesis	25/06/2023	15/07/2023																				
Impresión y entrega de Tesis	20/07/2023	15/08/2023																				
Graduación	20/08/2023	25/10/2023																				

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel (2022).

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Y se cuenta con los recursos humanos, financieros, tecnológicos, acceso de información y permisos.

Recurso humano: se tiene el apoyo del asesor de esta investigación, personal del Departamento de Servicios Varios, Unidad de Planificación y Modernización Institucional, Unidad Administrativo Financiero y Dirección Administrativa.

Recurso financiero: actualmente se tiene ahorros para cubrir todos los gastos de la investigación.

Recurso tecnológico: se tiene identificado el laboratorio donde se realizarán las pruebas. Computadoras para el análisis e ingreso de la información.

Acceso a la información: se dispone de las herramientas necesarias para la consulta de bibliografía, por temas de pandemia se utilizó las bibliotecas virtuales tales como Google Académico, Google y Biblioteca. Recursos en línea de la Universidad Rafael Landívar.

Permisos: En la planta de alimentos ya se tuvo acercamiento con la gerente de calidad de la Cooperativa Cuatro Pinos, para darle a conocer el proyecto.

A continuación, se detalla el presupuesto para la investigación:

Tabla VI. **Presupuesto**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario		Total	
1	Electricidad	500	hora	Q	1.00	Q	500.00
2	Internet	6	mes	Q	320.00	Q	1,920.00
3	Computadora	1	unidad	Q	5,000.00	Q	5,000.00
4	Impresora	1	unidad	Q	1,200.00	Q	1,200.00
5	Insumos de impresora y encuadernación	100	hojas	Q	3.00	Q	300.00
6	Recurso Humano	100	horas	Q	100.00	Q	10,000.00
7	Análisis de Laboratorio	2	análisis	Q	2,000.00	Q	4,000.00
8	Honorarios Asesor	5	horas	Q	500.00	Q	2,500.00
TOTAL						Q	25,420.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel (2022).

13. REFERENCIAS

1. Bartumeu, R. O., Cepero, O., Castillo, J. C., y Pérez, S. (2005). *Evaluación de la efectividad de un desinfectante derivado del grupo de los amonios cuaternarios para el enfrentamiento a los desastres biológicos*. REDVET. [Fecha de Consulta 4 de junio de 2022]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612812011>
2. Betelgeux (2010). *Desinfectantes utilizados en la industria alimentaria: características, modo de actuación y aspectos que inciden en su eficacia*, p.2-3.
3. Herrera Z. Jenifer (2016). *Efecto bactericida de desinfectantes sobre cepas de escherichia coli y listeria innocua en superficies de uso en la industria alimentaria*. Tesis de pregrado.
4. Mouteira y Basso. (2013). *Limpieza y desinfección en las salas de extracción de miel*.
5. Orihuel E. (1991). *El uso de las sales de amonio cuaternario en la industria alimentaria*. Alimentación equipos y tecnología.
6. Perez, Barrera y Castello. (2017). *Métodos para la desinfección en la industria alimentaria la desinfección debe conseguir la eliminación de los microorganismos patógenos, y la reducción*

hasta niveles considerados aceptables de los microorganismos alterantes.

7. Pérez, Santiago, y Castillo, Julio César, y Cepero, Omelio, y Bartumeu, Rolando Omar (2005). *Evaluación de la efectividad de un desinfectante derivado del grupo de los amonios cuaternarios para el enfrentamiento a los desastres biológicos*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, VI(3),. [Fecha de Consulta 4 de junio de 2022]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612812011>
8. Rags (2020). *Características de los desinfectantes*, p. 2-5.
9. Ramos, Yusibeska y Alonso, Guillermina. (2011). *Evaluación de la resistencia a agentes desinfectantes de bacterias aisladas de ambientes naturales*. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, 31(2), 130-137. Recuperado en 15 de octubre de 2023, de http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562011000200009&lng=es&tlng=es.
10. Van de Velde, F., Piagentini, A., Güemes, D., Salsi, S., Tiburzi, M., Moguilevsky, M., & Pirovani, M. (2013). *Modelado del potencial bioactivo y calidad de frutillas prescas cortadas en el lavado*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14(2), 230-237.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia y conceptualización

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Impacto ambiental y efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético evaluada por medio de la bioluminiscencia	Determinar el impacto ambiental y la efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético por medio de bioluminiscencia.	Desinfección Tipos de desinfectantes Características de los desinfectantes	Existe una relación entre la efectividad de desinfección y los resultados del análisis de bioluminiscencia. Existe relación entre la efectividad de desinfección y el agente activo del producto utilizando	Desinfección Ingrediente Activo Impacto ambiental.	Cantidad de microorganismos. Resultado del análisis de bioluminiscencia. Concentraciones diferentes de los ingredientes activo (ácido peracético, amonio cuaternario Características de las aguas residuales de proceso.
PREGUNTA PRINCIPAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Utilización de desinfectantes	Existe relación entre el ingrediente activo y el impacto ambiental al utilizarlos.		
¿Cuál es el impacto ambiental y la efectividad de los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético evaluada por medio de la bioluminiscencia ?	1. Determinar la relación que existe entre la efectividad de desinfección y los resultados del análisis de bioluminiscencia 2. Determinar la relación que existe entre la efectividad de desinfección y el	Agentes Desinfectantes Bioluminiscencia Mecanismo de reacción ATP Evaluación de los resultados de ATP			
PREGUNTAS SECUNDARIAS					

Continuación Apéndice 1.

<p>1. ¿Cuál es la relación entre la efectividad de la desinfección y los resultados de la bioluminiscencia por medio del ATP?</p> <p>2. ¿Cuál es la relación que existe entre la efectividad de desinfección y el desinfectante utilizado?</p> <p>3. ¿Se tiene algún impacto al ambiente al utilizar los diferentes desinfectantes?</p>	<p>ingrediente activo del producto utilizado</p> <p>3. Realizar una evaluación de impacto ambiental entre los desinfectantes a base de amonio cuaternario y ácido peracético, para impulsar su uso en la industria de alimentos.</p>	<p>Aplicación de la metodología por medio de ATP</p> <p>Evaluación de impacto ambiental de los desinfectantes</p> <p>Parámetros químicos</p> <p>Parámetros físicos</p>			
--	---	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel (2022).

Apéndice 2. Matriz de operacionalización

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V1	Desinfección	Es un proceso que logra matar los microorganismos que causan las infecciones, como virus o bacterias. Al producto que permite este resultado se lo conoce como desinfectante.	Microorganismos Efectividad	Cantidad de microorganismo Resultado del análisis de bioluminiscencia
V2	Ingrediente activo	Es la parte biológicamente activa del producto fitosanitario presente en una formulación, los ingredientes activos constituyen la menor parte de todo el producto	Formulación	Concentraciones diferentes de los ingredientes activos (ácido peracético, amonio cuaternario)
V3	Impacto ambiental	Abarca los distintos efectos que la actividad humana y el modelo de vida humano desatan sobre el medio ambiente natural.	Ambiente	Características de las aguas residuales del proceso.

Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Excel (2022).