



**Somos calidad,  
somos USC**

**Evaluación del sistema de radiación UV-C como estrategia de control  
microbiológico en mesas de consulta y jaulas en clínicas veterinarias.**

**Dahianna Andrea Cardona Grisales**

**Delia Karime Hernandez Suarez**

**Médico Veterinario**

**Directores**

**Cristian Fernando Rodríguez Neira**

**Juan Diego Duque Zapata**

**Grupo de Investigación  
ECOBIO**

**Línea de Investigación  
Medicina de la conservación animal**

**Facultad de ciencias básicas  
Programa de Medicina Veterinaria  
Universidad Santiago de Cali  
Santiago de Cali - Colombia  
2026**

## IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Científico	Evidencia sobre la eficacia de la radiación UV-C en la reducción microbiana en jaulas veterinarias	Comunidad científica e investigadores en microbiología veterinaria
Técnico	Comparación entre UV-C e hipoclorito para optimizar protocolos de desinfección.	Clínicas y hospitales veterinarios, personal técnico.
Social	Reducción del riesgo de infecciones nosocomiales en animales.	Médicos veterinarios, auxiliares y tutores de mascotas.

# EFICACIA DE LA RADIACIÓN UV-C EN EL CONTROL MICROBIOLÓGICO DE JAULAS DE HOSPITALIZACIÓN VETERINARIA EN CALI.

**Dahianna Andrea Cardona Grisales <sup>1</sup>, Delia Karime Hernández Suarez <sup>2</sup>, Cristian Fernando Rodríguez Neira <sup>3</sup>, Juan Diego Duque Zapata <sup>4</sup>**

Estudiantes, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Santiago de Cali. Grupo de Investigación ECOBIO. Campus Pampalinda, Calle 5 # 62-00, Santiago de Cali, Colombia.  
[dahianna.cardona00@usc.edu.co](mailto:dahianna.cardona00@usc.edu.co)<sup>1</sup>, [delia.hernandez00@usc.edu.co](mailto:delia.hernandez00@usc.edu.co)<sup>2</sup>

## RESUMEN

El control microbiológico es un componente necesario de cualquier práctica veterinaria para proteger la seguridad del personal y de los animales y minimizar el riesgo de infecciones nosocomiales. El propósito de este estudio es evaluar la efectividad de la luz ultravioleta C (UV-C) como medio de desinfección de jaulas de hospitalización en una clínica veterinaria en Cali, en contraste con el método tradicional de usar hipoclorito de sodio. Se utilizó un diseño experimental longitudinal, y se realizaron muestreos con hisopos que fueron analizados en un laboratorio cultivando los hisopos en agar nutritivo seguido de incubación durante 24-48 horas a 37 grados Celsius para determinar cualitativamente si había crecimiento bacteriano o no. Los resultados indicaron que las muestras de control tenían crecimiento bacteriano; hubo una reducción parcial en el crecimiento bacteriano con el uso de hipoclorito de sodio; y existió una relación dependiente del tiempo de exposición a UV-C, que resultó en la eliminación total del crecimiento microbiano después de 10 minutos. Los resultados de este estudio contribuyeron al conocimiento de que la luz UV-C es un medio muy efectivo de desinfección de jaulas de hospitalización veterinaria y que existen beneficios operativos y ambientales al usar la desinfección con luz UV-C en lugar de métodos tradicionales de desinfección química, y, por lo tanto, sería una buena adición a las medidas de bioseguridad que se utilizan en los hospitales veterinarios.

**Palabras clave:** Bioseguridad, control microbiológico, desinfección, medicina veterinaria, radiación UV-C.

## **EFFICACY OF UV-C RADIATION IN THE MICROBIOLOGICAL CONTROL OF VETERINARY HOSPITALIZATION CAGES IN CALI**

### **ABSTRACT**

Microbiological control is a necessary component of any veterinary practice to protect the safety of personnel and animals and to minimize the risk of nosocomial infections. The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of ultraviolet C (UV-C) light as a means of disinfecting hospital cages in a veterinary clinic in Cali, in contrast to the traditional method of using sodium hypochlorite. A longitudinal experimental design was used, and sampling was carried out with swabs that were analyzed in a laboratory by culturing the swabs on nutrient agar followed by incubation for 24-48 hours at 37 degrees Celsius to qualitatively determine whether there was bacterial growth or not. The results indicated that the control samples had bacterial growth; there was a partial reduction in bacterial growth with the use of sodium hypochlorite; and there was a relationship dependent on the exposure time to UV-C, which resulted in the total elimination of microbial growth after 10 minutes. The results of this study contributed to the knowledge that UV-C light is a highly effective means of disinfecting veterinary hospitalization cages and that there are operational and environmental benefits to using UV-C light disinfection instead of traditional chemical disinfection methods, and, therefore, it would be a good addition to the biosecurity measures used in veterinary hospitals.

**Keywords:** Biosecurity, microbiological control, disinfection, veterinary medicine, UV-C radiation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La inocuidad de las áreas de trabajo constituye un principio esencial en todas las disciplinas médicas, tanto humanas como veterinarias, ya que garantiza la prevención de la contaminación cruzada y de otros riesgos que comprometen la seguridad de pacientes y profesionales [1].

En el desarrollo de la actividad veterinaria, este objetivo se ha conseguido tradicionalmente mediante el uso de desinfectantes químicos de amplio espectro, debido a su capacidad para eliminar una gran variedad de patógenos y hongos presentes en superficies clínicas, además de zonas de convivencia animal [2]. No obstante, aunque estos productos cumplen adecuadamente su función para desinfectar, también generan residuos tóxicos que deben retirarse para evitar una nueva contaminación o también efectos adversos en los animales además riesgos para el personal, especialmente en el caso de compuestos como el cloro y sus derivados [3][4].

En el contexto colombiano, la disponibilidad de estos desinfectantes es amplia, pero su uso presenta limitaciones desde la perspectiva de la bioseguridad y la sostenibilidad ambiental, dado que los residuos químicos pueden afectar la integridad de los animales o contaminar acuíferos cercanos cuando no se aplican buenas prácticas de manejo [4]. Esta situación ha impulsado la búsqueda de alternativas tecnológicas capaces de reducir la dependencia de desinfectantes convencionales. Entre las soluciones evaluadas a nivel internacional se encuentran agentes menos agresivos, productos de origen orgánico y, de manera destacada, la desinfección mediante radiación ultravioleta, particularmente UV-C, la cual ofrece una eficacia comprobada sin generar residuos ni subproductos indeseados, a diferencia de compuestos como el hipoclorito [5] [4].

La radiación ultravioleta se clasifica en UV-A, UV-B y UV-C; sin embargo, solo esta última posee propiedades desinfectantes debido a su capacidad para inactivar microorganismos mediante la disrupción de su ADN [6]. Su implementación resulta especialmente atractiva en entornos veterinarios donde las condiciones sépticas pueden verse comprometidas por el alto flujo de pacientes, el manejo inadecuado de agentes químicos, los costos asociados o la dificultad de limpiar zonas de acceso limitado, como es el caso de ciertas jaulas o superficies irregulares. Diversos estudios han demostrado que bastan aproximadamente diez minutos de exposición a UV-C para lograr una reducción significativa de la carga microbiana, lo que aporta versatilidad operativa sin generar impactos negativos cuando se siguen las condiciones de uso establecidas [7]. Además, su aplicación en áreas de difícil acceso contribuye a evitar que los residuos químicos terminen en cuerpos de agua o suelos, mitigando riesgos biológicos y ambientales asociados [8].

Considerando estos elementos, surge la necesidad de evaluar rigurosamente alternativas de desinfección que reduzcan los riesgos derivados del uso de sustancias químicas tradicionales. En consecuencia, este proyecto busca responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es la eficacia del sistema de radiación UV-C en la reducción de la carga microbiana jaulas en clínicas veterinarias, en comparación con la desinfección tradicional basada en hipoclorito?

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Zona de muestreo y toma de muestras**

#### **2.1.1. Lugar y condiciones del experimento**

El estudio se llevó a cabo en el área de hospitalización de una clínica veterinaria ubicada en la ciudad de Cali, Colombia, bajo condiciones reales de funcionamiento clínico. Se seleccionaron jaulas de hospitalización de uso rutinario para pacientes caninos y felinos, las cuales presentaban condiciones habituales de uso, incluyendo la permanencia de animales hospitalizados por periodos prolongados.

Como criterio de inclusión, se eligieron jaulas ocupadas por pacientes con un tiempo de hospitalización superior a una semana y con condiciones clínicas similares, con el fin de garantizar una carga microbiana representativa y homogénea. Este enfoque permite evaluar la eficacia de los métodos de desinfección en escenarios clínicos exigentes, donde la acumulación de microorganismos en superficies es frecuente [9]. Los muestreos se realizaron en días distintos y en el turno de la mañana (6:00 a.m. – 2:00 p.m.), con el objetivo de minimizar variaciones asociadas a factores ambientales y operativos propios del entorno clínico, manteniendo condiciones comparables entre las diferentes fases del estudio.

#### **1.1.1. Diseño experimental**

El diseño experimental se desarrolló en tres fases de muestreo, correspondientes a la evaluación de condiciones control, desinfección química y desinfección mediante radiación UV-C, realizadas en días distintos y en el turno de la mañana, con el fin de garantizar la comparabilidad de los resultados.

En la primera fase, se realizó el muestreo de control inicial en dos jaulas de hospitalización (una de caninos y una de felinos), previo a cualquier procedimiento de desinfección, con el

fin de determinar la presencia de carga microbiana basal en condiciones normales de uso clínico.

En la segunda fase, se evaluó la desinfección química utilizando hipoclorito de sodio al 17% (Industrias Patojito S.A.S.), uno de los desinfectantes más utilizados en entornos clínicos por su amplio espectro antimicrobiano y fácil acceso [10]. Para ello, se emplearon las mismas dos jaulas (canina y felina), en las cuales se realizó inicialmente un muestreo de control. Posteriormente, las superficies fueron desinfectadas mediante aspersión directa del producto, respetando un tiempo de contacto de cinco minutos antes de su secado al ambiente. Finalizado este proceso, se efectuó un segundo muestreo en las mismas áreas previamente delimitadas, permitiendo la comparación directa antes y después del tratamiento.

En la tercera fase, correspondiente a la evaluación de la radiación UV-C, se utilizaron seis jaulas de hospitalización (tres de caninos y tres de felinos), seleccionadas bajo el criterio de haber sido ocupadas por pacientes con un tiempo de hospitalización mínimo de una semana y con condiciones clínicas similares, con el fin de garantizar homogeneidad en la carga microbiana inicial. En cada caso, el paciente fue trasladado temporalmente a otra unidad antes del muestreo. Se tomaron muestras de control en todas las jaulas y posteriormente se asignó a cada una un tiempo específico de exposición a radiación UV-C: 5, 10 y 20 minutos.

Con el fin de facilitar la comprensión del diseño experimental y la secuencia de los muestreos realizados, se presenta un resumen de la cronología del estudio en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resumen del diseño experimental y cronología del muestreo

<b>Día / Fase</b>	<b>Tipo de muestreo</b>	<b>Jaulas evaluadas</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Objetivo</b>
Día 1	Control inicial	2 (1 caninos, 1 felinos)	Toma de muestra sin desinfección	Determinar carga microbiana basal
Día 3	Desinfección química	2 (mismas jaulas)	Aplicación de hipoclorito, secado (5 min), nuevo muestreo	Evaluar eficacia del hipoclorito
Día 6	Control UV-C	6 (3 caninos, 3 felinos)	Toma de muestras antes de radiación	Establecer carga basal previa a UV-C
Día 6	UV-C (5 min)	2 jaulas	Exposición 5 min : muestreo	Evaluar efecto corto
Día 6	UV-C (10 min)	2 jaulas	Exposición 10 min : muestreo	Evaluar eliminación
Día 6	UV-C (20 min)	2 jaulas	Exposición 20 min : muestreo	Confirmar estabilidad

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

### 1.1.2. Procedimiento de muestreo y análisis microbiológico

La radiación UV-C se aplicó mediante lámparas germicidas de baja presión con longitud de onda de 254 nm, la cual se reconoce por su eficacia en la inactivación de microorganismos, pues genera daño en el material genético [11]. Las lámparas (marca RICHI) fueron instaladas sobre un soporte móvil que permitió su adecuada ubicación a una distancia aproximada de 10 cm de la superficie. Durante la exposición, se limitó la presencia de pacientes y personal en el área, garantizando condiciones seguras de operación. El muestreo microbiológico se llevó a cabo mediante la técnica de hisopado de superficies, siguiendo protocolos estandarizados para evaluación microbiológica ambiental en entornos clínicos [12]. Se delimitó un área aproximada de 10 cm x 10 cm en superficies internas de contacto frecuente de cada jaula. Los hisopos estériles, previamente humedecidos con solución salina al 0,9%, se utilizaron para realizar la recolección mediante fricción uniforme con movimientos horizontales y verticales.

Para el desarrollo del muestreo se emplearon placas de Petri estériles, hisopos con punta de algodón, tubos estériles usados para transporte de las muestras y pinzas, todos los materiales fueron esterilizados. Cada muestra fue depositada en tubos estériles previamente rotulados y transportada en condiciones de refrigeración, con el fin de preservar la viabilidad microbiana. Todo el proceso de muestreo, transporte y manipulación se realizó conforme a lineamientos de control microbiológico ambiental [12].

Posteriormente, las muestras fueron sembradas mediante técnica de estriado en placas con agar nutritivo estéril, utilizando agua destilada estéril y solución salina al 0,9% para la preparación de las muestras, así como alcohol al 70% para la desinfección del material. Las placas fueron incubadas en una incubadora bacteriológica con control de temperatura a  $37 \pm 1$  °C durante 48 horas, siguiendo protocolos estándar de cultivo microbiológico [13]. Para el control de los tiempos de exposición a radiación UV-C se empleó un dispositivo móvil con función de cronómetro.

Finalizado el periodo de incubación, se realizó una evaluación macroscópica para determinar la presencia o ausencia de crecimiento bacteriano visible. No se realizó conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) ni identificación microbiológica, dado que el objetivo del estudio se centró en evaluar la eficacia de los métodos de desinfección en términos cualitativos. Este enfoque constituye un indicador válido en estudios de control ambiental, permitiendo establecer comparaciones directas entre tratamientos [13][14]. Durante todo el procedimiento se implementaron medidas de bioseguridad, incluyendo el uso de guantes de nitrilo, mascarillas, batas desechables y gafas de seguridad, especialmente durante la manipulación de radiación UV-C, debido a los riesgos asociados a su exposición prolongada [12].

### 2.2.6. Análisis de datos

La información obtenida a partir de la evaluación microbiológica fue organizada en una matriz de datos en Microsoft Excel, en la cual se registraron las variables correspondientes a tipo de tratamiento, condición experimental (antes y después de la desinfección) y tiempo de exposición en el caso de la radiación UV-C.

Dado que la variable de respuesta fue cualitativa dicotómica, el análisis se realizó mediante estadística descriptiva, enfocada en la comparación de la presencia o ausencia de crecimiento microbiano entre los diferentes tratamientos y condiciones evaluadas. No se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales, debido a la naturaleza cualitativa de los datos y al enfoque comparativo del estudio

## 3. RESULTADOS

Se realizaron muestreos microbiológicos en jaulas de hospitalización de caninos y felinos bajo condiciones clínicas reales, con el objetivo de evaluar cuantitativamente la presencia o ausencia de crecimiento microbiano antes y después de la aplicación de métodos de desinfección (hipoclorito de sodio al 17% y radiación UV-C).

En las muestras de control (Figura 1), tomadas previo a cualquier procedimiento de desinfección, se evidenció crecimiento microbiológico en el 100% de las superficies analizadas, tanto en jaulas de perros como de gatos. Este hallazgo confirma que, bajo condiciones habituales de uso clínico, las jaulas de hospitalización actúan como reservorios de microorganismos, lo cual coincide con reportes previos en entornos veterinarios donde se documenta una alta carga microbiana en superficies de contacto frecuente [15].

**Figura 1.** Crecimiento microbiológico en muestras de control de jaulas de hospitalización.

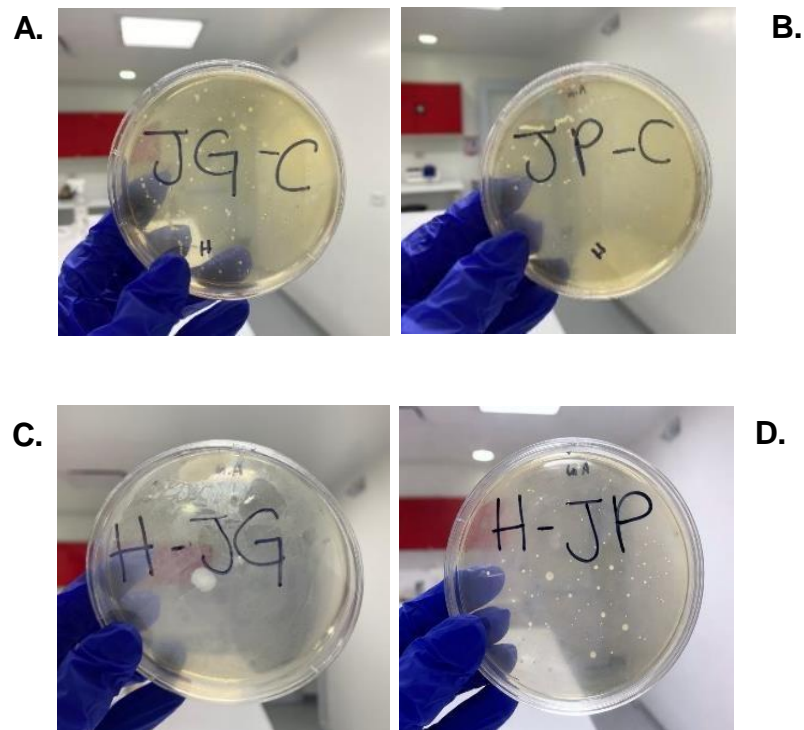


**(A)** Jaula gatos. **(B)** Jaula perros.

Fotografía de las autoras (2026).

Posteriormente, se evaluó la eficacia del hipoclorito de sodio al 17% (Figura 2). Tras su aplicación y respetando el tiempo de contacto establecido, se observó una disminución evidente del crecimiento microbiano, sin embargo, no se logró su eliminación total, ya que persistieron colonias visibles en ambas superficies evaluadas (jaulas de perros y gatos).

Este comportamiento sugiere que, aunque el hipoclorito es un desinfectante de amplio espectro, su eficacia puede verse limitada por factores como la concentración utilizada, el tiempo de contacto, la carga orgánica presente en la superficie y la correcta aplicación del producto. Estudios recientes han demostrado que concentraciones estándar de hipoclorito pueden no ser suficientes para eliminar completamente la carga microbiana en superficies clínicas, especialmente en presencia de materia orgánica [16].



**Figura 2.** Crecimiento microbiológico en muestras de control antes y después de la desinfección con hipoclorito de sodio al 17% en jaulas de hospitalización: **(A)** jaula de gatos antes de la desinfección; **(B)** jaula de perros antes de la desinfección; **(C)** jaula de gatos posterior a la desinfección; **(D)** jaula de perros posterior a la desinfección.

Fotografía de las autoras (2026).

En relación con la evaluación de la radiación UV-C, previo a la aplicación del tratamiento se realizaron muestras de control (Figura 4) en cada una de las jaulas de hospitalización utilizadas en el estudio. Se emplearon tres jaulas, en las cuales posteriormente se evaluarían diferentes tiempos de exposición (5, 10 y 20 minutos), manteniendo constantes las condiciones experimentales, incluyendo distancia de la fuente de radiación, área de muestreo y técnica de recolección. En todas las muestras de control se evidenció crecimiento microbiológico, lo que confirma la presencia inicial de carga microbiana en las superficies analizadas y establece una base comparativa para la evaluación de la eficacia del tratamiento con radiación UV-C.

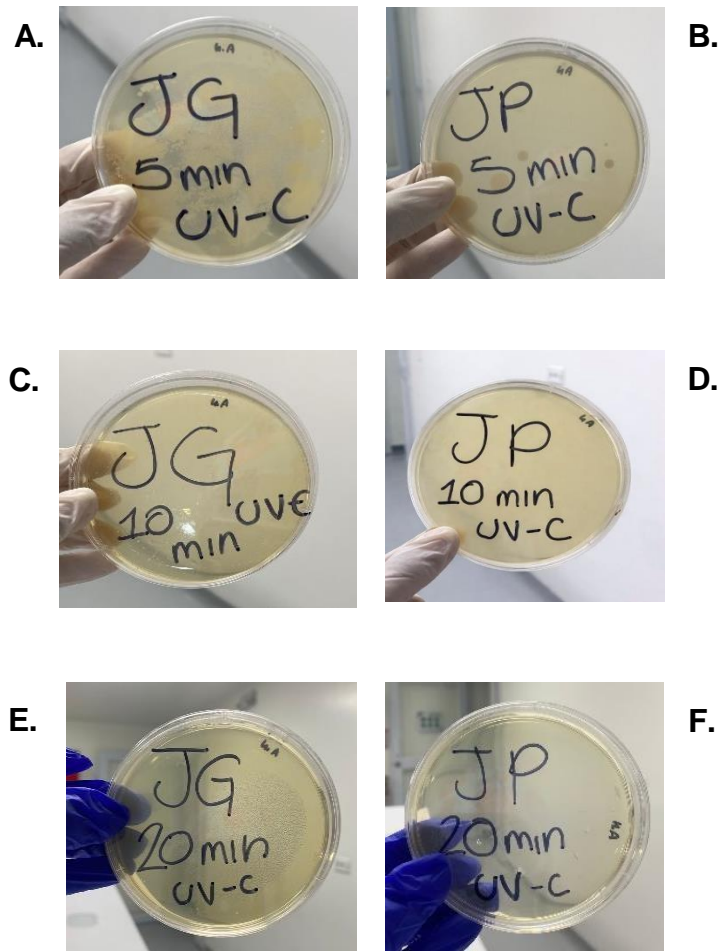
A los 5 minutos de exposición (Figura 5A y 5B), se evidenció una reducción significativa del crecimiento microbiano, aunque aún se observó presencia de colonias en ambas jaulas. Este resultado indica un efecto inicial de inactivación microbiana, pero insuficiente para lograr la desinfección completa.

A los 10 minutos de exposición (Figura 5C y 5D), no se evidenció crecimiento microbiano visible en ninguna de las muestras analizadas (jaulas de perros y gatos), lo que indica una eliminación completa de los microorganismos cultivables bajo las condiciones del estudio. Este resultado se mantuvo igualmente a los 20 minutos de exposición (Figura 5E y 5F), confirmando la estabilidad del efecto desinfectante en el tiempo.



**Figura 4.** Crecimiento microbiológico en muestras de control antes de radiación UV-C en jaulas de hospitalización. (A) Jaula gatos. (B) Jaula perros.

Fotografía de las autoras (2026).



**Figura 5.** Evaluación del crecimiento microbiológico tras exposición a radiación UV-C en diferentes tiempos. (A-C-E) Jaula gatos (5, 10 y 20 min). (B-D-F) Jaula perros (5, 10 y 20 min).

Fotografía de las autoras (2026).

Estos resultados evidencian que la eficacia de la radiación UV-C es dependiente del tiempo de exposición, mostrando una transición clara desde una reducción parcial (5 minutos) hasta una eliminación total ( $\geq 10$  minutos). Este comportamiento ha sido considerablemente descrito en la literatura donde se reporta que la radiación UV-C actúa mediante la alteración del ADN microbiano, impidiendo la replicación celular y provocando la inactivación de bacterias, virus, y hongos [17].

Es importante subrayar que el diseño experimental no se enfocó en la identificación de microorganismos específicos, sino en la evaluación cualitativa de su crecimiento, lo que permitió determinar de manera directa la eficacia de los métodos de desinfección en términos de presencia o ausencia microbiana. Este enfoque es válido en estudios aplicados en el control ambiental, donde el objetivo principal es verificar la efectividad de las estrategias de desinfección en condiciones reales. [18]

Los resultados obtenidos se esquematizan en la Tabla 2, donde se evidencia de manera clara el comportamiento microbiológico en las superficies evaluadas bajo las diferentes condiciones experimentales. En primer lugar, todas las muestras correspondientes al control, que son aquellas tomadas antes de cualquier procedimiento de desinfección, resultaron positivas para crecimiento microbiano tanto en jaulas de caninos como de los felinos. Este hallazgo confirma que las superficies de hospitalización en condiciones reales de uso clínico presentan una carga microbiana indicadora, lo que destaca la importancia de implementar estrategias efectivas de desinfección para reducir el riesgo de contaminación cruzada.

En relación, el uso del Hipoclorito de sodio al 17% evidencio una reducción del crecimiento microbiano en comparación con las muestras control, sin embargo, no se logró su eliminación total ya que persistieron colonias visibles en las superficies probadas. Este comportamiento sugiere que, aunque el hipoclorito posee actividad antimicrobiana, su eficacia puede estar ajustada por factores como la concentración utilizada, el tiempo de contacto, la presencia de materia orgánica o la técnica de aplicación, lo que limita su capacidad para alcanzar una desinfección completa en este tipo de entornos. Por lo tanto, esto indicaría la necesidad de ajustar parámetros como la dosis o el tiempo de contacto para optimizar su eficacia [19].

Por su parte, la radiación UV-C mostro un comportamiento que depende del tiempo de exposición, logrando la eliminación total del crecimiento microbiano a partir de los 10 minutos, independientemente del tipo de jaula evaluada. Este efecto se mantuvo constante a los 20 minutos, lo que indica no solo una alta eficacia del método, sino también una estabilidad en su capacidad como desinfectante bajo las condiciones del estudio. Estos resultados permiten deducir que la radiación UV-C constituye una alternativa muy eficiente para el control microbiológico en superficies de uso clínico veterinario.

De manera adicional, la Tabla 3 resume la eficacia comparando los métodos evaluados, permitiendo una interpretación global de los resultados. En esta se observa que el hipoclorito de sodio presenta una eficacia media, debido que, aunque reduce la carga microbiana, no logra su eliminación completa, por su parte, la radiación UV-C alcanza una eficacia alta a partir de los 10 minutos de exposición, consolidándose como el método más eficiente dentro del estudio. Esta diferencia en el desempeño entre ambos métodos resalta la superioridad de la radiación UV-C en términos de efectividad desinfectante, especialmente en escenarios donde se requiere una eliminación rápida y completa de microorganismos.

**Tabla 2.** Evaluación del control microbiológico en jaulas de hospitalización veterinaria mediante hipoclorito de sodio y radiación UV-C.

<b>Código</b>	<b>Método</b>	<b>Zona</b>	<b>Condición / Tiempo</b>	<b>Resultado (Microorganismos)</b>
JPC_H	Hipoclorito	Jaula Perro	Sin desinfección (control)	Presente
JGC_H	Hipoclorito	Jaula Gato	Sin desinfección (control)	Presente
H-JP	Hipoclorito	Jaula Perro	Post-desinfección	Presente
H-JG	Hipoclorito	Jaula Gato	Post-desinfección	Presente
JPC_UVC	UV-C	Control Perro	Sin desinfección (control)	Presente
JGC_UVC	UV-C	Control Gato	Sin desinfección (control)	Presente
JP5_UVC	UV-C	Jaula Perro	5 min	Presente
JP10_UVC	UV-C	Jaula Perro	10 min	<u>Ausente</u>
JP20_UVC	UV-C	Jaula Perro	20 min	<u>Ausente</u>
JG5_UVC	UV-C	Jaula Gato	5 min	Presente
JG10_UVC	UV-C	Jaula Gato	10 min	<u>Ausente</u>
JG20_UV	UV-C	Jaula Gato	20 min	<u>Ausente</u>

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

**Tabla 3.** Comparación de la eficacia de métodos de desinfección en el control microbiológico.

<b>Método</b>	<b>Condición inicial</b>	<b>Resultado final</b>	<b>Eficacia</b>
Hipoclorito	Presencia	Disminución (no total)	Media
UV-C (5 min)	Presencia	Disminución (no total)	Media
UV-C (10 min)	Presencia	Eliminación total	Alta
UV-C (20 min)	Presencia	Eliminación total	Alta

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian un comportamiento diferencial entre los métodos de desinfección evaluados, destacando la influencia del tipo de tratamiento y del tiempo de exposición sobre el control microbiológico en jaulas de hospitalización veterinaria. La consistencia observada entre las diferentes unidades experimentales y condiciones analizadas permite afirmar que la radiación UV-C presenta un desempeño superior bajo los parámetros establecidos en este estudio, especialmente en términos de rapidez y eficacia en la eliminación de microorganismos. Estos hallazgos aportan evidencia relevante sobre la aplicabilidad de tecnologías no químicas en entornos clínicos veterinarios y constituyen una base sólida para su análisis comparativo e interpretación en el contexto de la bioseguridad y la prevención de infecciones asociadas a la atención animal.

Para comprender de una manera numérica los datos obtenidos se realiza la tabla 4 donde se realiza el cálculo de la frecuencia y la frecuencia relativa de los datos muestreados.

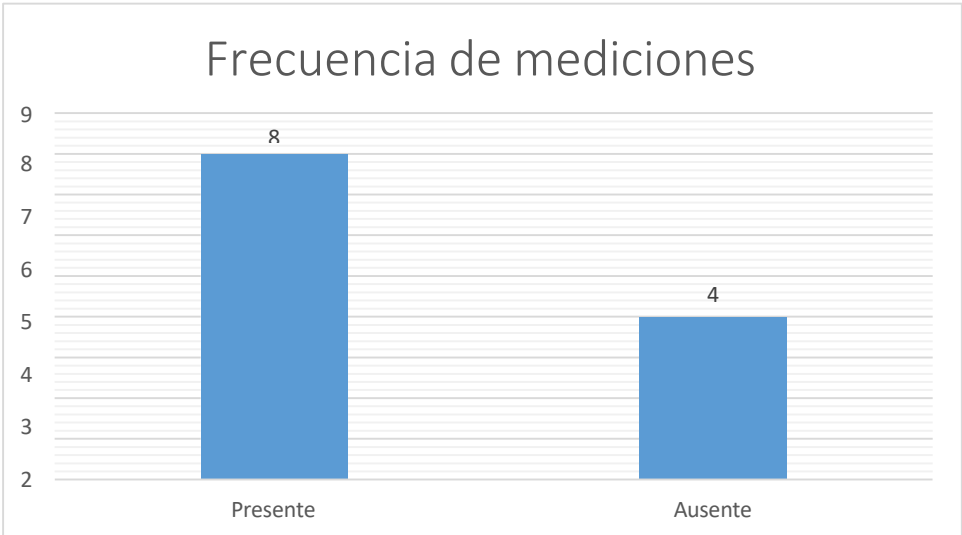
**Tabla 4.** Tabla de frecuencias de datos obtenidos

<b>Clase</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
Presente	8	67%
Ausente	4	33%
Total	12	100%

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

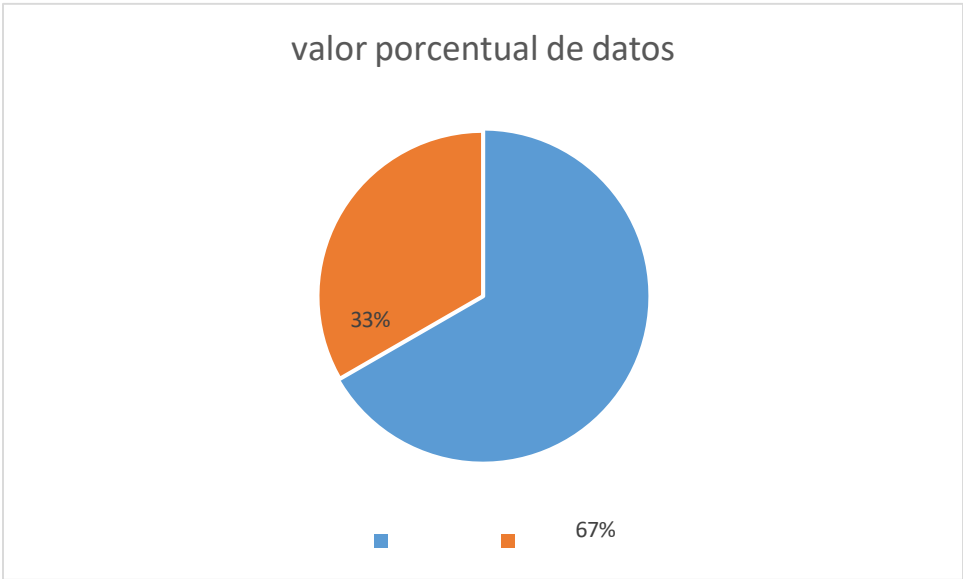
Para una mejor visualización de datos se realizan dos gráficos con los resultados obtenidos en la tabla de frecuencias:

**Gráfico 1.** Medición de resultados mediante el análisis de ausencia y presencia



**Fuente:** Elaboración propia (2026).

**Gráfico 2.** Porcentaje de ocurrencia de los resultados



**Fuente:** Elaboración propia (2026).

#### 4. DISCUSIÓN

Nuestros resultados mostraron mayor eficacia con una UV-c de 10 minutos en adelante, esto se debe a que la luz UV hace rompimiento de la pared celular y mutaciones en las bacterias, se evidencian que las jaulas de hospitalización veterinaria constituyen superficies con una alta carga microbiana, lo cual coincide con lo reportado por *Spratt et al. [20]*, quienes identificaron estos espacios como reservorios importantes de bacterias, virus y hongos en entornos clínicos veterinarios. No obstante, a diferencia de dicho estudio, en esta investigación se adoptó un enfoque cualitativo basado en la presencia o ausencia de crecimiento microbiano posterior a la desinfección, lo que permitió evaluar de manera directa la efectividad de los métodos aplicados. Bajo este enfoque, la radiación UV-C demostró una alta eficacia, especialmente en tiempos de exposición iguales o superiores a 10 minutos, logrando la eliminación casi total de los microorganismos presentes.

En referencia a los métodos de desinfección con luz ultravioleta, Tran y McCormack [21] señalan que, aunque existen más métodos de control de infecciones en los que se puede utilizar la luz ultravioleta, no hay detalles específicos como el tipo de radiación utilizada o los tiempos de exposición, lo que limita la usabilidad de su trabajo. Por otro lado, el estudio actual proporciona la base para parámetros más concretos que permiten el control sobre los parámetros específicos bajo los cuales la radiación UV-C demuestra una inactivación microbiana muy efectiva. Esto refuerza la necesidad de establecer parámetros técnicos diseñados para producir los mismos resultados en escenarios clínicos veterinarios iguales, con el fin de obtener resultados coherentes y uniformes. También, Addie et al. [22] evaluaron una variedad de desinfectantes utilizados en medicina veterinaria. Observaron que, si bien algunos elementos, como el ozono, son costosos y difíciles de implementar operativamente, muestran una gran capacidad desinfectante. Asimismo, se centraron en enfoques de uso de químicos y no evaluaron la radiación UV-C como una alternativa potencial. En este sentido, el presente estudio abre la puerta a proponer la UV-C como una alternativa eficaz y segura que minimiza el riesgo de contaminación cruzada sin requerir contacto directo, ni la generación de residuos químicos, y, en comparación, puede ser utilizada más fácilmente que la tecnología de ozono, mejorando así su potencial uso en prácticas veterinarias.

El uso de la radiación UV-C ha sido ampliamente estudiado en el ámbito hospitalario de uso humano, su aplicación en medicina veterinaria sigue siendo limitada, lo que representa una oportunidad significativa para su incorporación en protocolos de bioseguridad. A partir de esto, estudios desarrollados en entornos no veterinarios ofrecen evidencia notable. Truong et al. [23] demostraron la efectividad de dispositivos portátiles de radiación UV-C en la inactivación viral en espacios reducidos, utilizando tiempos de exposición cercanos a los 10 minutos y distancias controladas, dichas condiciones coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación. Estos hallazgos sugieren que la radiación UV-C no solo es efectiva frente a bacterias, sino también frente a virus, ampliando su aplicabilidad en el control de diversos patógenos.

Complementado lo analizado, Wiśniewski et al. [24], evidenciaron que los sistemas de desinfección con lámparas UV-C permiten una reducción significativa de la carga microbiana en superficies hospitalarias contribuyendo al control de infecciones asociadas a la atención en salud. Aunque estos resultados provienen del ámbito humano, los principios de transmisión microbiana en superficies son comparados a los de los entornos veterinarios, lo que respalda la extrapolación de estos hallazgos. En conjunto, la evidencia analizada y los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la radiación UV-C constituye una opción eficaz, segura y viables para la desinfección de superficies en clínicas veterinarias, con potencial para mejorar las condiciones de bioseguridad y reducir el riesgo de contaminación cruzada.

Las lámparas de radiación UV-C tienen dos connotaciones a tener en cuenta y no cometer equivocaciones una cosa es la potencia de la lámpara para este caso 18 w lo cual indica el consumo energético de la misma y otra es la dosis de radiación que dicha lampara genera la cual para este tipo es de 30 microjoules/cm<sup>2</sup>, la cual puede variar según fabricante de más o menos 5% lo cual es ideal para la inactivación de bacterias y virus [25], Para este caso se usaron dos lámparas lo que mejora en mucho la eficacia del sistema, al usar dos lámparas se cuenta con la posibilidad de tener sistemas duales las cuales permiten el uso de ambas o una sola dependiendo las necesidades del usuario el tiempo de exposición no varía el sistema sigue siendo eficiente, lo que si varia es el consumo energético y si nos basamos en los recibos eléctricos de la veterinaria vemos que el costo de kwh oscila de 775 a 880 pesos [26].

Si lo tomamos con el máximo costo y el uso de las lámparas en su tiempo más prolongado de 20 minutos se podría concluir que el costo del uso de un sistema de dos lámparas por 20 minutos sería de 6.4 pesos lo que lo hace muy económico en términos de consumos, las ecuaciones para calcular estos valores son las siguientes [27]:

$$kwh = \frac{wat}{t}$$

$$100$$

$$0$$

$$tiempo\ de\ uso = kwh * 0,20\ h$$

$$costo = tiempo\ de\ uso * 880\ pesos$$

Por otra parte, dentro del estudio se comparó la eficacia del hipoclorito de sodio con la de la radiación UV-C. En la Tabla 3 se observa que el hipoclorito también produjo una disminución de la carga microbiana; sin embargo, la reducción obtenida fue muy similar a la alcanzada con el uso de las lámparas UV-C durante un tiempo de exposición de 5 minutos.

Es importante tener en cuenta que el tiempo de exposición es un factor fundamental para la eficacia de la radiación UV-C, cuya acción desinfectante ocurre de manera inmediata una vez se alcanza la dosis adecuada [25]. En contraste, el hipoclorito requiere un mayor tiempo de contacto para ejercer su efecto y, además, deja residuos químicos que pueden generar efectos adversos por contacto cutáneo o por la liberación de gases tóxicos cuando se mezcla con otros compuestos, como los ácidos [28].

No obstante, el hipoclorito presenta una ventaja importante, ya que, al aplicarse en estado líquido, puede penetrar en grietas, hendiduras y otras irregularidades de las superficies, dependiendo del diseño y la fabricación de las jaulas. Sin embargo, su eficacia disminuye en presencia de polvo o materia orgánica, y la permanencia de residuos sobre las superficies representa una de sus principales desventajas. En entornos previamente limpios, el hipoclorito es altamente eficaz, aunque requiere un mayor tiempo de permanencia sobre la superficie para lograr una desinfección adecuada.

Por su parte, la radiación UV-C no deja residuos químicos y actúa en un menor tiempo; sin embargo, su eficacia puede verse afectada por la presencia de sombras o zonas donde la luz no incide directamente. Por esta razón, su desempeño es superior en superficies lisas, uniformes y con un adecuado nivel de limpieza [29][30][31][32][33][34][35][36]. Finalmente, en la Tabla 5 se presenta una comparación entre ambos métodos de desinfección.

**Tabla 5.** Comparación general entre métodos hipoclorito vs UV-C

<b>Característica</b>	<b>Hipoclorito de sodio</b>	<b>Radiación UV-C</b>
<b>Mecanismo de acción</b>	Oxida proteínas, lípidos y ADN de los microorganismos	Daño directo al ADN/ARN
<b>Eficacia microbiológica</b>	Muy alta (hasta 99–100% en superficies correctamente tratadas)	Muy alta (≈97–99% o más según dosis y tiempo)
<b>Tiempo de acción</b>	Minutos (depende de concentración y contacto)	Segundos a minutos (dependiente de dosis UV)
<b>Tipo de acción</b>	Química (requiere contacto directo)	Física (requiere exposición directa a la luz)
<b>Alcance</b>	Llega a superficies irregulares y materia orgánica	Limitado por sombras y obstáculos
<b>Efectividad en materia orgánica</b>	Disminuye si hay suciedad (requiere limpieza previa)	Muy afectada (siempre y cuando se generen sobras)
<b>Residuos</b>	Deja residuos químicos	No deja residuos
<b>Riesgos</b>	Irritación, corrosión, toxicidad si se mezcla	Daño a piel y ojos (requiere control de exposición)

**Fuente:** Elaboración propia (2026)

Por otra parte, se realizó un análisis cuantitativo de los datos obtenidos de manera cualitativa. Como se observa en la Tabla 4, el análisis permitió establecer que el 33 % de las muestras correspondieron a resultados obtenidos tras la exposición a la radiación UV-C a partir de los 10 minutos. En este grupo no se evidenció un comportamiento diferenciado entre las jaulas de perros y las de gatos, ya que dicho porcentaje se distribuyó de manera similar en ambas. Además, estos datos correspondieron a la categoría de ausencia de crecimiento bacteriano.

Por otro lado, el 67 % de las muestras se clasificaron dentro de la categoría de presencia de crecimiento bacteriano. Este porcentaje elevado se explica por dos razones. En primer lugar, se incluyeron las muestras de control, las cuales presentaron comunidades bacterianas. En segundo lugar, se consideraron las muestras tratadas con hipoclorito y con radiación UV-C durante 5 minutos, en las que también se evidenció crecimiento bacteriano tanto en las jaulas de perros como en las de gatos, tal como se muestra en la Tabla 3.

Al comparar los datos obtenidos antes y después de la aplicación de los métodos de desinfección, se observó una disminución del crecimiento bacteriano en ambos tratamientos; sin embargo, esta reducción no fue suficiente para alcanzar la ausencia total de microorganismos, por lo que los resultados se clasificaron como presencia de crecimiento bacteriano, lo que corresponde a una desinfección de eficacia media.

En total, se analizaron 12 muestras. De ellas, ocho presentaron crecimiento bacteriano, incluyendo las muestras de control, las tratadas con hipoclorito y las expuestas a radiación UV-C durante 5 minutos. Las cuatro muestras restantes no presentaron crecimiento bacteriano y correspondieron exclusivamente a aquellas expuestas a radiación UV-C durante 10 minutos o más, tanto en las jaulas de perros como en las de gatos.

#### **4.1. Ventajas y desventajas**

El uso de la radiación ultravioleta tipo C (UV-C) presenta ventajas y desventajas claramente definidas (Tabla 6), las cuales deben considerarse antes de su implementación en clínicas veterinarias. Los resultados obtenidos en este estudio, al compararse con investigaciones previas, evidencian una alta eficiencia de este método para disminuir la carga microbiana cuando se emplean tiempos de exposición adecuados y las superficies se encuentran previamente limpias.

Entre sus principales ventajas se destacan su rápida acción desinfectante, la ausencia de residuos químicos y la reducción de la exposición del personal y los animales a sustancias potencialmente irritantes. Sin embargo, su eficacia depende de que la radiación alcance

directamente la superficie, por lo que la presencia de sombras, suciedad o materia orgánica puede disminuir su capacidad de desinfección.

Por otra parte, la radiación UV-C puede utilizarse como una estrategia de doble barrera cuando las condiciones del entorno lo requieran. En estos casos, puede complementarse con desinfectantes químicos de uso convencional, empleando menores concentraciones o una menor frecuencia de aplicación, lo que permite mantener una adecuada desinfección y, al mismo tiempo, reducir la cantidad de residuos químicos presentes en las superficies. En la Tabla 6 se resumen las principales ventajas y desventajas de este método, de acuerdo con los resultados obtenidos y la literatura consultada.

**Tabla 6.** Comparación de la eficacia de métodos de desinfección en el control microbiológico.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Desinfección rápida y eficiente ante bacterias, hongos y virus	Después de radiar el área si no se tiene cuidados asépticos puede volverse a contaminar de manera cruzada.
Aplicable a cualquier área de la veterinaria	Entre más área se requiera radiar más recurso económico se requiere pues necesita más lámparas
Desde el punto de vista económico es una inversión a recuperación a largo plazo	Requiere una inversión algo elevada en el principio.
El sistema de lámparas puede estar instalado de modo fijo o móvil	Requiere tener cuidado al momento de irradiar y no terminar irritando piel o los ojos de los pacientes o personal medico
No requiere limpieza después de irradiar, la jaula queda habilitada de manera inmediata para su uso	
El sistema es de fácil mantenimiento lo que reduce los costos operativos	
Puede usarse como método esterilizante de insumos médicos	
No altera las propiedades físicas del agua o superficies	

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

Los datos presentados en la Tabla 6 indican que la principal desventaja de la radiación UV-C es la inversión inicial necesaria para la adquisición e instalación del sistema. Sin embargo, a mediano y largo plazo representa una alternativa viable y rentable como método de desinfección, ya que su aplicación no se limita únicamente a las jaulas de hospitalización, sino que puede extenderse a quirófanos, salas de espera, áreas de aislamiento para pacientes con enfermedades infecciosas e incluso a la desinfección de algunos insumos y equipos médicos compatibles con esta tecnología.

Aunque el costo inicial puede ser elevado, la inversión puede recuperarse progresivamente gracias a la disminución en el consumo de desinfectantes químicos, la reducción de los tiempos de inactividad de las áreas desinfectadas y la rápida disponibilidad de estos espacios para su reutilización, optimizando el trabajo del personal médico y técnico. Adicionalmente, al no generar residuos químicos, se evita la necesidad de realizar procesos adicionales para su eliminación y se reduce el impacto asociado a la disposición de estos productos. Del mismo modo, al finalizar su vida útil, las lámparas UV-C están compuestas principalmente por materiales reciclables, como vidrio, aluminio y cristal de cuarzo, lo que disminuye el impacto ambiental derivado de su disposición final.

Desde una perspectiva ambiental, la radiación UV-C constituye una alternativa sostenible debido a su bajo consumo energético y a la ausencia de residuos contaminantes durante su funcionamiento. En el caso de clínicas veterinarias que cuentan con sistemas de generación de energía renovable, como paneles solares, el consumo eléctrico de estas lámparas puede ser cubierto parcial o totalmente por esta fuente. En la clínica donde se desarrolló el presente estudio, el sistema fotovoltaico suministra aproximadamente el 50 % de la energía mediante inyección a la red, lo que reduce los costos operativos, favorece la recuperación de la inversión y disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al proceso de desinfección. Incluso en instalaciones que no disponen de energías renovables, el consumo eléctrico de la radiación UV-C continúa siendo bajo, por lo que su costo de operación sigue siendo reducido en comparación con otros métodos de desinfección.

## **4.2 Recomendaciones futuras del estudio**

Para estudios posteriores que se pueda realizar basándose en esta inicial se podría tener en cuenta la determinación de los elementos biológicos que crecieron por ejemplo determinar si hay hongos, bacterias y virus, caracterizarlos y poder aplicar métodos cuantitativos para así medir la eficiencia ante cada uno de los grupos que se puedan separar, con esto se fortalecería el estudio a un nivel que permita una caracterización mayor de su aplicación y así definir tiempos mayores o menores de radiación o dosis mayores o menores de radiación dependiendo del resultado de los microorganismos caracterizados.

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados observados, se concluye que la aplicación de radiación UV-C compone una alternativa eficaz para el control microbiológico en jaulas de uso veterinario. La eliminación total de microorganismos es observada a los 10 minutos de exposición, evidenciando la eficacia del método, destacando por ejemplo su rapidez de acción en comparación con técnicas convencionales. Igualmente, al contrastar estos resultados con el uso de hipoclorito, se comprobó un desempeño superior de la radiación UV-C, lo que sugiere ventajas mayores en términos de efectividad desinfectante. Desde este punto de vista, la implementación de sistemas de desinfección basados en radiación UV-C podría optimizar los protocolos de bioseguridad en entornos clínicos veterinarios, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada y mejorando las condiciones sanitarias de los espacios destinados al manejo de pacientes.

Adicionalmente, el análisis económico sugiere que, aunque la implementación de sistemas de radiación UV-C implica una inversión inicial moderadamente alta en comparación con el uso de hipoclorito, a mediano y largo plazo representa una opción mucho más económica. Esto se debe a la reducción en el consumo periódico de insumos químicos, costos operativos más bajos y una mayor sostenibilidad del proceso. En conjunto, estos hallazgos respaldan tanto la viabilidad técnica como la económica de la radiación UV-C como alternativa para optimizar los protocolos de bioseguridad en entornos clínicos veterinarios, ayudando a la disminución del riesgo de contaminación cruzada y al mejoramiento de las condiciones sanitarias.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Santiago de Cali, a la Facultad de Ciencias Básicas y al Grupo de Investigación SICVET, por el apoyo y los recursos que hicieron posible el desarrollo de este trabajo. también a la clínica veterinaria donde se llevó a cabo este estudio, por abrirnos sus puertas y permitirnos desarrollar el estudio en un entorno real, contribuyendo a nuestra formación.

Finalmente, a nuestras familias y personas que de una u otra manera nos han apoyado en cada paso dado dentro del proceso formativo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. Torres-Castro, “Enfermedades transmitidas por los alimentos: la dieta BARF y el riesgo a la salud pública,” *Bioagrobiencias*, vol. 18, no. 2, Jun. 2025, doi: 10.56369/bac.6393.

[2] K. L. Browne, J. D. Crowley, C. J. Tan, C. B. O’Sullivan, and W. R. Walsh, “Effect of ultraviolet-C light on the environmental bacterial bioburden in various veterinary facilities,” *American Journal of Veterinary Research*, vol. 82, no. 7, pp. 582–588, Jun. 2021, doi: 10.2460/ajvr.82.7.582.

[3] “ToxFAQSTM: Cloro (Chlorine) | ToxFAQ | ATSDR.” [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts172.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts172.html)

[4] F. Memarzadeh, “A review of recent evidence for utilizing ultraviolet irradiation technology to disinfect both indoor air and surfaces,” *Applied Biosafety*, vol. 26, no. 1, pp. 52–56, Jan. 2021, doi: 10.1089/apb.20.0056.

[5] B. Casini *et al.*, “Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 19, p. 3572, Sep. 2019, doi: 10.3390/ijerph16193572.

[6] A. Rózańska *et al.*, “Evaluation of the Efficacy of UV-C Radiation in Eliminating *Clostridioides difficile* from Touch Surfaces Under Laboratory Conditions,” *Microorganisms*, vol. 13, no. 5, p. 986, Apr. 2025, doi: 10.3390/microorganisms13050986.

[7] C. C. R. Ramos *et al.*, “Use of ultraviolet-C in environmental sterilization in hospitals: A systematic review on efficacy and safety,” Dec. 01, 2020. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7644456/>

[8] N. Musee, P. Ngwenya, L. K. Motaung, K. Moshuhla, and P. Nomngongo, “Occurrence, effects, and ecological risks of chemicals in sanitizers and disinfectants: A review,” *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, vol. 5, pp. 62–78, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.enceco.2023.01.003.

[9] H. G. Spratt, N. Millis, D. Levine, J. Brackett, and D. Millis, “Bacterial contamination of environmental surfaces of veterinary rehabilitation clinics,” *Animals*, vol. 14, no. 13, p. 1896, Jun. 2024, doi: 10.3390/ani14131896.

[10] C. Amponsah, E. U. Osiogun, M. Addy, P. Asumang, F. Kwasi Kumah, and E. Owusu, "Evaluating the efficacy of 0.5% sodium hypochlorite disinfection for microbial control in Korle Bu Teaching Hospital's Burns and Plastics Unit," *Ethiopian Journal of Health Sciences*, vol. 35, no. 2, pp. 101–107, Apr. 2025, doi: 10.4314/ejhs.v35i2.6.

[11] M. Resendiz, D. Blanchard, and G. F. West, "A systematic review of the germicidal effectiveness of ultraviolet disinfection across high-touch surfaces in the immediate patient environment," *Journal of Infection Prevention*, vol. 24, no. 4, pp. 166–177, Mar. 2023, doi: 10.1177/17571774231159388.

[12] "F. Muestreo ambiental", *Control de Infecciones*, 8 de enero de 2024. <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/environmental-control/environmental-sampling.html>

[13] J. Chai, T. Donnelly, T. Wong, and E. Bryce, "Environmental sampling of hospital surfaces: Assessing methodological quality.," *EBSCOhost*, Sep. 2018, [Online]. Available: [https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A13%3A33191229/detailv2?sid=ebsco%3Alink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A132996006&crl=c&link\\_origin=scholar.google.com.co](https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A13%3A33191229/detailv2?sid=ebsco%3Alink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A132996006&crl=c&link_origin=scholar.google.com.co)

[14] S. K. Bhardwaj *et al.*, "UVC-based photoinactivation as an efficient tool to control the transmission of coronaviruses," *The Science of the Total Environment*, vol. 792, p. 148548, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148548.

[15] C. A. Akwuobu, E. O. Ngbede, L. M. Mamfe, E. V. Ezenduka, and K. F. Chah, "Veterinary clinic surfaces as reservoirs of multi-drug- and biocide-resistant Gram-negative bacteria," *Access Microbiology*, vol. 3, no. 11, p. 000277, Nov. 2021, doi: 10.1099/acmi.0.000277.

[16] V. Romanovski, A. Paspelau, M. Kamarou, V. Likhavitski, N. Korob, and E. Romanovskaia, "Comparative Analysis of the Disinfection Efficiency of Steel and Polymer Surfaces with Aqueous Solutions of Ozone and Sodium Hypochlorite," *Water*, vol. 16, no. 5, p. 793, Mar. 2024, doi: 10.3390/w16050793.

[17] M. Heßling, K. Hönes, P. Vatter, and C. Lingenfelder, "Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation – review and analysis of coronavirus photoinactivation studies," *PubMed*, vol. 15, p. Doc08, May 2020, doi: 10.3205/dgkh000343.

[18] A. Róžańska *et al.*, “Evaluation of the Efficacy of UV-C Radiation in Eliminating Microorganisms of Special Epidemiological Importance from Touch Surfaces under Laboratory Conditions and in the Hospital Environment,” *Healthcare*, vol. 11, no. 23, p. 3096, Dec. 2023, doi: 10.3390/healthcare11233096.

[19] G. Kampf, “Potential role of inanimate surfaces for the spread of coronaviruses and their inactivation with disinfectant agents,” *Infection Prevention in Practice*, vol. 2, no. 2, p. 100044, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.infpip.2020.100044.

[20] H. G. Spratt, N. Millis, D. Levine, J. Brackett, and D. Millis, “Bacterial contamination of environmental surfaces of veterinary rehabilitation clinics,” *Animals*, vol. 14, no. 13, p. 1896, Jun. 2024, doi: 10.3390/ani14131896.

[21] K. Tran and S. McCormack, “Non-Manual Ultraviolet Light Disinfection for Hospital Acquired Infections: A Review of Clinical Effectiveness and Guidelines,” *NCBI Bookshelf*, Apr. 05, 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544669/>

[22] D. D. Addie *et al.*, “Disinfectant choices in veterinary practices, shelters and households,” *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 17, no. 7, pp. 594–605, Jun. 2015, doi: 10.1177/1098612x15588450.

[23] Truong, C.-S., Muthukutty, P., Jang, H. K., Kim, Y.-H., Lee, D. H., & Yoo, S. Y. (2023). Filter-free, harmless, and single-wavelength far UV-C germicidal light for reducing airborne pathogenic viral infection. *Viruses*, 15(7), 1463. <https://doi.org/10.3390/v15071463>

[24] Wiśniewski, A., Skarżyński, K., Pracki, P., Krupiński, R., Wolska, A., Wisetka, M., & Pawlak, A. (2025). *Surface disinfection systems with UV-C lamps: Verification measurements and design procedure proposal*. LEUKOS, 21(2), 125–140

[25] Chang JC, Ossoff SF, Lobe DC, et al. Inactivación UV de microorganismos patógenos e indicadores. *Appl Environ Microbiol*. 1985; 49(6):1361–1365. doi: 10.1128/aem.49.6.1361-1365.1985.

[26] *Com.co*. [Online]. Disponible: <https://www.emcali.com.co/documents/d/energia/historico-tarifas-2024-1>. [Accedido: 04-abr-2026].

[27] Sotysolar.es. [Online]. Disponible: <https://sotysolar.es/blog/calcular-consumo-electrico>. [Accedido: 04-abr-2026].

[28] G.A. DeQueiroz, D.F. Day. Antimicrobial activity and effectiveness of a combination of sodium hypochlorite and hydrogen peroxide in killing and removing *Pseudomonas aeruginosa* biofilms from surfaces. *J Appl Microbiol*, 103 (2007), pp. 794-802 doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03299.x Medline

[29] World Health Organization, “*Cleaning and disinfection of environmental surfaces in the context of COVID-19*”, WHO, 2020.

[30] Centers for Disease Control and Prevention, “*Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities*”, 2019.

[31] International Ultraviolet Association, “*Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) for Disinfection*”, 2021.

[32] Kowalski, Wladyslaw, *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection*, Springer, 2009.

[33] United States Environmental Protection Agency, “*List N: Disinfectants for Use Against SARS-CoV-2*”, 2020.

[34] Elsevier, “*Estudio comparativo sobre la efectividad del hipoclorito de sodio en la desinfección de superficies*”, 2017.

[35] National Aeronautics and Space Administration, “*Effectiveness of UV-C light in microbial reduction*”, 2018.

[36] Occupational Safety and Health Administration, “*Safety and Health Topics: Sodium Hypochlorite*”, 2021.