

**APLICACIÓN DE LUMINOMETRÍA EN PROCESOS DE LIMPIEZA Y  
DESINFECCIÓN EN INSTITUCIONES DE SALUD. REVISIÓN NARRATIVA**

**INGRITH VIVIANA CHAPARRO OCHOA**

**UNIVERSIDAD DE BOYACÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA  
TUNJA  
2022**

**APLICACIÓN DE LUMINOMETRÍA EN PROCESOS DE LIMPIEZA Y  
DESINFECCIÓN EN INSTITUCIONES DE SALUD. REVISIÓN NARRATIVA**

**INGRITH VIVIANA CHAPARRO OCHOA**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Profesional en Instrumentación Quirúrgica**

**Directora  
LUZ ÁNGELA BUITRAGO ORJUELA  
Profesional en Instrumentación Quirúrgica  
Especialista en Salud Ocupacional  
Magister en Tecnología Educativa y Competencias Digitales**

**Codirectora  
ADRIANA NUMPAQUE PACABAQUE  
Profesional en Instrumentación Quirúrgica  
Magister en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad**

**UNIVERSIDAD DE BOYACÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
INSTRUMENTACIÓN QUIRÚRGICA  
TUNJA  
2022**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente de Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Tunja, 16 de mayo de 2022

“Únicamente el graduando es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo”. (Universidad de Boyacá. Acuerdo 958 del 30 de marzo de 2017, Artículo décimo primero)

Primero quiero dedicarlo a Dios por acompañarme y guiarme en todo mi camino, además me ha dado la oportunidad de culminar este proceso tan bonito de mi carrera profesional. Confío plenamente que Él seguirá orientando mis proyectos, sueños y metas.

Inmensamente dedicado a mi familia, en especial a mi padre quien con mucho esfuerzo me ayudo a culminar este proceso. A mi esposo y mis amadas hijas, recuerden que todos mis logros son por y para ustedes, son mi motor, la razón para continuar creciendo en todos los aspectos de mi vida. Los amo y gracias por apoyarme con su amor desde el inicio de mis estudios profesionales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todo el equipo docente del programa de Instrumentación Quirúrgica, a mis asesoras del proyecto de grado y los jurados. Ustedes han formado en mí las ganas de ejercer con excelencia profesional en Instrumentación Quirúrgica, a la altura de lo que me ha enseñado cada uno.

Doy gracias a la Universidad de Boyacá, por ayudarme en mi formación profesional y abrir las puertas de su campus para aprender a valorar más esta carrera profesional.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. ASPECTOS METODOLÓGICOS	15
1.1 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS PERTINENTES	15
1.2 SELECCIÓN DE ESTUDIOS DEFINITIVOS	16
2. PRINCIPIOS QUE APLICA LA LUMINOMETRÍA	19
3. APLICACIÓN DE LA LUMINOMETRÍA EN LOS PROCESOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN EN LAS INSTITUCIONES DE SALUD	22
4. TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA LUMINOMETRÍA	26
5. CONCLUSIONES	31
6. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	39

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tabla de selección de estudios	16
Cuadro 2. Matriz Categorías temáticas	18
Cuadro 3. Interpretación Unidades relativas de luz RLUs	19

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo	17
Figura 2. Luminómetro NovaLUM	27
Figura 3. Luminómetro 3m Clean Trace	28
Figura 4. Luminómetro Hygiena SystemSure II (Hygiena, Camarillo, CA) con hisopo Ultrasnap	29
Figura 5. Luminómetro Lightning MVPTM	30

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Anteproyecto	40
Anexo B. Tabla de selección de estudios	83
Anexo C. Categorías temáticas	88

## RESUMEN

Chaparro Ochoa, Ingrith Viviana

Aplicación de luminometría en procesos de limpieza y desinfección en instituciones de salud. Revisión narrativa / Ingrith Viviana Chaparro Ochoa. - - Tunja : Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias de la Salud, 2022.

147 p. : il. + 1 CD ROM. - - (Trabajos de Grado UB, Instrumentación Quirúrgica ; n° )

Trabajo de Grado (Profesional en Instrumentación Quirúrgica). - - Universidad de Boyacá, 2022.

Es estudio presenta un análisis general de la aplicación de la luminometria, en procesos de limpieza y definfección, mediante el conocimiento de los principios que aplica la luminometría, el uso en procesos de limpieza y desinfección, por último, la identificación de las tecnologías existentes para luminometría.

El objetivo principal de la investigación es analizar la efectividad de aplicación de la luminometría en los procesos de limpieza y desinfección en las instituciones de salud.

Los aspectos metodológicos de la monografía se basaron en una investigación bibliográfica ,para la obtención de resultados producto del ejercicio investigativo de otros autores, donde se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados entre 2011 y 2021 en idioma inglés, portugués o español, derivados de procesos de investigación, revisión y libros que presenten resultados en temáticas Luminometry AND bioluminescence AND disinfection AND health centers, disponibles en texto completo en los índices: Pubmed, Science direct, Cochaine library, LilacProquest, Redalyc, Scielo y Google Scholar.

La luminometría de adenosín trifosfato (ATP) como método innovador y eficiente en la evaluación de los procesos de limpieza y desinfección de instituciones de salud ha tenido aplicación en procesos de control y verificación de la carga biológica presente en una superficie o elemento, con capacidad de permitir ver el crecimiento de microorganismos o también llamado colonización de bacterias, virus y hongos. En conclusión, existe una relación directa entre las falencias que se evidencian con la inspección visual y la toma de muestra del hisopo del luminómetro en áreas de difícil acceso, permitiendo reflejar los niveles de contaminación, no solo en zonas y superficies externas, sino ademas en utensilios que se pueden reusar y que entran en contacto directo y frecuente con el producto.

**Palabras clave:** Luminometría, bioluminiscencia, desinfección, centros de salud.

## ABSTRACT

Chaparro Ochoa, Ingrith Viviana

Application of luminometry in cleaning and disinfection processes in health institutions. Narrative review / Ingrith Viviana Chaparro Ochoa. - - Tunja : University of Boyacá, Faculty of Health Sciences, 2022.

147 p. : il. + 1 CD-ROM. - - (UB Degree Projects, Surgical Instrumentation ; n° )

Degree Work (Professional in Surgical Instrumentation). - - University of Boyaca, 2022.

This study presents a general analysis of the application of luminometry, in cleaning and disinfection processes, through the knowledge of the principles applied by luminometry, the use in cleaning and disinfection processes, finally, the identification of existing technologies for luminometry.

The main objective of the research is to analyze the effectiveness of the application of luminometry in cleaning and disinfection processes in health institutions.

The methodological aspects of the monograph were based on a bibliographical research, to obtain results resulting from the investigative exercise of other authors, where the following inclusion criteria were taken into account: articles published between 2011 and 2021 in English, Portuguese or Spanish , derived from research processes, review and books that present results in thematic areas Luminometry AND bioluminescence AND disinfection AND health centers, available in full text in the indexes: Pubmed, Science direct, Cochaine library, LilacProquest, Redalyc, Scielo and Google Scholar.

Adenosine triphosphate (ATP) luminometry as an innovative and efficient method in the evaluation of cleaning and disinfection processes in health institutions has been applied in processes of control and verification of the biological load present on a surface or element, with the capacity to allow to see the growth of microorganisms or also called colonization of bacteria, viruses and fungi. In conclusion, there is a direct relationship between the shortcomings that are evident with the visual inspection and the taking of the luminometer swab sample in areas of difficult access, allowing to reflect the levels of contamination, not only in external areas and surfaces, but also in Utensils that can be reused and that come into direct and frequent contact with the product.

**Keywords:** Luminometry, bioluminescence, disinfection, health centers.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación aborda la teoría actualizada sobre la aplicación de la luminometría en los procesos de limpieza y desinfección que se realizan en las instituciones de salud, para aportar a mejorar los protocolos y guías que regulan o direccionan las prácticas de desinfección. El Instrumentador Quirúrgico tiene un rol importante en todos los procesos que controlan la seguridad del paciente, entre los cuales están, la supervisión de cada proceso de limpieza y desinfección que se realiza en áreas y superficies, asegurando que estos se encuentren libres de microorganismos, evitando el riesgo de infecciones asociadas a la atención en salud.

Las superficies microbiológicamente contaminadas son medio de colonización para bacterias. La transferencia de microorganismos de las superficies a los pacientes se realiza primordialmente por contacto manual con las mismas, por ello, el lavado de manos es fundamental para la prevención del contagio de bacterias en diferentes áreas. “La limpieza y sanitización de las áreas, según proceda, es elemental para minimizar su viable contribución a la incidencia de infecciones relacionadas a la ayuda sanitaria” (1).

La limpieza de las superficies es reconocida como una medida de control de la diseminación de microorganismos en el ambiente hospitalario, por lo cual se ha convertido en un punto importante para profundizar en los protocolos de las instituciones de salud. Dentro de este contexto, la luminometría es una herramienta útil para vigilar este tipo de procesos, dentro de las principales aplicaciones se encuentran la detección y evaluación de contaminantes en las superficies o áreas críticas que requieren una mayor atención. Además, se ha utilizado como referente en el diseño de inmuno ensayos, “detección de virus, control de procesos biotecnológicos, procesos de biorremediación, valoración de expresión de promotores, dispersión y colonización de bacterias patógenas en sus hospedadores, etc.” (2). Su aplicabilidad es extensa y los resultados de procesos seguros y apropiados para los protocolos de las Instituciones de Salud.

En el área de la salud, la luminometría representa un papel importante en los procesos de limpieza y desinfección de áreas, elementos biomédicos y lavado de manos, los cuales son procedimientos que requieren cumplir altos estándares de calidad, disminuyendo márgenes de infección cruzadas que afecten el bienestar propio y de los pacientes. “Se debe asegurar que los procedimientos de limpieza y desinfección se realicen de manera consistente y correcta, de acuerdo con lo establecido en el manual de bioseguridad de la entidad prestadora de salud” (3). Igualmente se debe profundizar en los procesos de monitorización, no solamente

visual, se debe implementar estrategias de control específicas para los microorganismos residuales presentes en las superficies de áreas críticas. Por medio del uso de luminómetros se pretende a nivel mundial generar ambientes seguros libres de microorganismos para brindar una atención en salud (1).

## **1. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

El trabajo tuvo como finalidad analizar la efectividad de aplicación de la luminometría en los procesos de limpieza y desinfección en las instituciones de salud. Los aspectos metodológicos del proyecto se basaron en una investigación bibliográfica de tipo revisión narrativa de la literatura, para la obtención de resultados producto del ejercicio investigativo de otros autores, donde se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados entre 2011 y 2021 en idioma inglés, portugués o español, derivados de procesos de investigación, revisión y libros que presenten resultados en temáticas Luminometry AND bioluminescence AND disinfection AND health centers, disponibles en texto completo en los índices: Pubmed, Science direct, Cochaine library, LilacProquest, Redalyc, Scielo y Google Scholar.

### **1.1 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS PERTINENTES**

De acuerdo a la búsqueda realizada se identificaron 98 estudios, los cuales fueron revisados por título y abstract consolidando 50 estudios para el documento final. La bibliografía fue organizada en la matriz de selección de estudios (cuadro 1) de acuerdo con los parámetros definidos para la investigación.

Cuadro 1. Tabla de selección de estudios

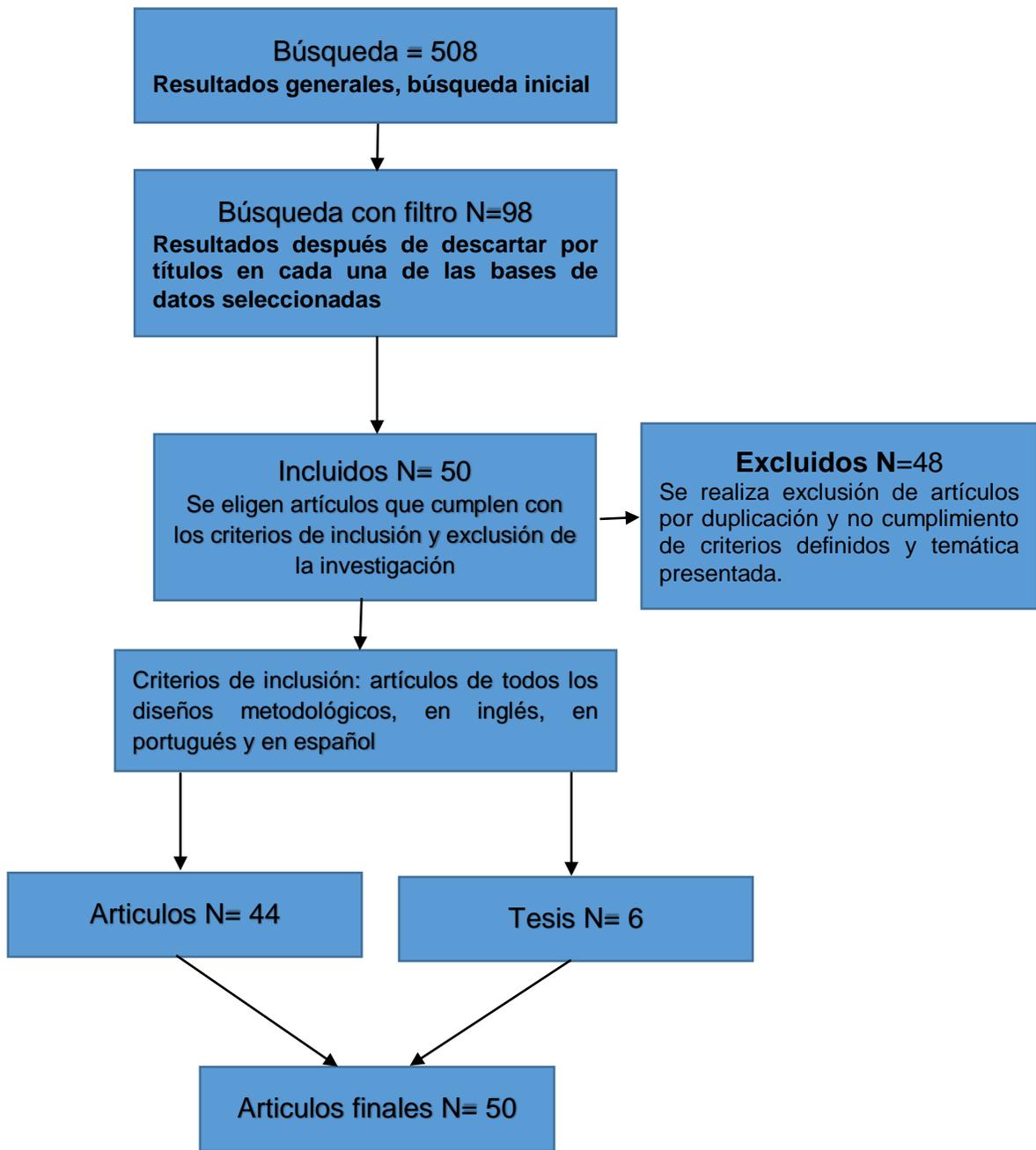
Tabla de selección de estudios				
Base de datos	Fecha de búsqueda	Resultados generales (en numero)	Resultados después de descartar por títulos (en número)	Resultados después de descartar por resúmenes (en número y con referencia bibliográfica)
PROQUEST	15 – jul - 2021	161	12	10
PUBMED	16- jul - 2021	29	17	10
COCHRANE LIBRARY	16 – Jul - 2021	2	0	0
SCIENCE DIRECT	17 – Jul - 2021	109	33	13
REDALYC	25 – jul - 2021	56	6	0
LILACS	30 – Jul - 2021	12	4	2
SCIELO	30 – Jul - 2021	15	4	5
GOOGLE SCHOLAR	1 – ago - 2021	124	22	10
TOTAL		508	98	50

Fuente: selección autora

## 1.2 SELECCIÓN DE ESTUDIOS DEFINITIVOS

Para identificar los estudios finales se realizó un flujograma (ver figura 1), donde se resume la cantidad de estudios seleccionados, las causas de exclusión y el número de artículos finales con los criterios de inclusión para elaboración del informe final.

Figura 1. Diagrama de flujo



Fuente: autora

Una vez realizada la selección de los estudios, se procede a organizar la información de acuerdo a las siguientes categorías temáticas: Aplicación y/o manejo en salud, efectividad del proceso y tecnologías existentes, donde se incluyó la

información necesaria de cada estudio seleccionado, título, diseño y año, objetivo del estudio, sus resultados principales.

Se estructuró la matriz de estudios definitivos (ver cuadro 2). Considerando las siguientes variables del estudio y los referentes teóricos que se relacionan con cada uno, generando a su vez un análisis de cada categoría de acuerdo a los objetivos propuestos (anexo B):

- Aplicación y/o manejo en salud: 13 artículos
- Efectividad del proceso: 26 artículos
- Tecnologías existentes: 11 artículos

Cuadro 2. Matriz Categorías temáticas

Categorías temáticas. Aplicación de luminometría en procesos de limpieza y desinfección en instituciones de salud							
Item	Referencia	Pais	Base de datos	Tipo de estudio	Intervencion en instituciones de salud	Aplicación	Equipos tecnologicos
1							

Fuente: autora

## 2. PRINCIPIOS QUE APLICA LA LUMINOMETRÍA

La Luminometria es un sistema de control microbiológico mediante la identificación de trifosfato de adenosina, la cual es “una molécula portadora de la energía primaria presente en todas las formas de vida (bacterias, levaduras, mohos, algas, vegetales, células animales)” (4). El primer principio que aplica la luminometria es el uso del trifosfato de adenosina como indicador de resultado, este reacciona con el complejo enzimático luciferin-luciferasa, produciendo un nivel de intensidad de luz (RLUs). De acuerdo con los valores en unidades relativas de luz, presentan un rango, entre una escala <250-500 limpio y >501 sucio. El marcado fluorescente se realiza con una solución de marcado ambientalmente estable que emite fluorescencia cuando se expone a una luz ultravioleta (UV) (5). Es decir, que los valores de ATP <500 unidades de luz relativa se consideran como una buena higiene (6), debido a la baja carga de moléculas de trifosfato de adenosina (cuadro 3).

Cuadro 3. Interpretación Unidades relativas de luz RLUs

Valores RLUs	Interpretación RLUs
<100	Muy limpia
101 – 250	Limpia
251 – 500	Algo limpia (restos de suciedad, limpieza límite)
501 – 750	Sucio
751 – 1000	Muy sucio
>1000	Contaminado (nivel de suciedad intolerable)

Fuente: autora

Otro principio de aplicación de la luminometria del método trifosfato de adenosina es que funciona como un recurso educativo para medir la calidad de la limpieza de superficies de alto contacto y las medidas estandarizadas que disminuyen la probabilidad de infecciones asociadas a la atención en salud (7). Es por ello, que, en el campo de la salud, la escala visual y el método trifosfato de adenosina, son de gran importancia al seguimiento de espacios libres de microorganismos. De la misma manera, la luminometria se presenta como un método tecnológico, en el cual se puede obtener datos cuantitativos e inmediatos, además, de ser una poderosa herramienta para la formación de lineamientos estandarizados para guías y/o protocolos de seguridad del paciente, limpieza y desinfección de áreas y superficies (8).

Cabe señalar, que, para realizar este tipo de procedimiento, se debe contar con los elementos necesarios, como el luminómetro y las puntas de los hisopos. Lo anterior establece un principio clave de la luminometría, el cual combina el uso de la microbiología en su efectividad, por medio de agar, para respaldar la identificación de microorganismos que afecten la integridad de los pacientes. Cuando los componentes enzimáticos de los hisopos entran en contacto con el Adenosín Trifosfato reacciona y emite luz, esta emisión de luz es cuantificada por el luminómetro. Definiendo que “la cantidad de luz emitida es directamente proporcional a la cantidad de Adenosín Trifosfato, dando así una medida cuantitativa de la limpieza de la superficie” (9), que se visualizan en el luminómetro los valores en Unidades Relativas de Luz.

El luminómetro combina la bioluminescencia con el dispositivo de muestreo en la detección del Adenosín Trifosfato como verificador de la limpieza (10), entendiendo que la presencia de partículas de Adenosín Trifosfato, evidencia una higiene incorrecta. Este Adenosín Trifosfato se relaciona directamente con aquellos residuos de materia orgánica en una superficie, que a su vez “se convierten en una fuente de nutrientes para los microorganismos y además los protegen frente a la acción de algunos productos detergentes y/o desinfectantes” (11).

Por lo anterior, si se identifica una superficie deficientemente higienizada, es igual a un lugar con riesgo de contaminación y probable punto de partida de una infección (12). Por lo cual, el ideal es eliminar el Adenosín Trifosfato, por métodos eficientes de limpieza y desinfección, con ello se eliminará la fuente de alimento para las bacterias evitando así su crecimiento y reproducción.

Dentro de los principios fundamentales de la luminometría, esta la integralidad de los métodos de limpieza y desinfección que se utilizan para brindar una atención segura a los pacientes, en este caso a las zonas más críticas. En esa misma línea, la Organización Mundial de la Salud en su lista de chequeo de Seguridad del paciente, “estipula que antes de realizar una cirugía se deben comprobar la esterilidad de los instrumentos quirúrgicos que serán utilizados en el paciente”, así mismo los procesos de limpieza y desinfección de las áreas y el lavado de manos. Por ello, es de gran utilidad la luminometría en servicios críticos como salas de cirugía y la Central de Esterilización, integrando, validando, implementando normas, estandarizando procesos de limpieza y desinfección (manual y/o automática), capacitando continuamente al personal responsable (13), así mismo, incluye la simplicidad y facilidad de uso, la capacidad de adquirir resultados cuantitativos en tiempo real (dentro de los 20 segundos posteriores al muestreo) y proporcionar retroalimentación instantánea directa y objetiva (14), abre las puertas a la creación de políticas y procedimientos basados en evidencia, selección de productos de

limpieza y desinfección adecuados, monitoreo del cumplimiento (por ejemplo, limpieza minuciosa, uso del producto) (5).

La retroalimentación directa de los niveles de Adenosín Trifosfato, junto con la educación y la introducción de protocolos de limpieza escritos, son herramientas efectivas para mejorar la limpieza. La evaluación visual se correlacionó con el nivel de Adenosín Trifosfato, pero la correlación no fue absoluta (15). Finalmente, los principios de la luminometría se podrían agrupar según la búsqueda de información, es el uso de bioluminiscencia para controlar la limpieza y desinfección de áreas y superficies, asociado con retroalimentación y educación para mejorar la limpieza en los entornos hospitalarios y clínicos (16).

### **3. APLICACIÓN DE LA LUMINOMETRÍA EN LOS PROCESOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN EN LAS INSTITUCIONES DE SALUD**

La luminometría de adenosín trifosfato (ATP) como método innovador y eficiente en la evaluación de los procesos de limpieza y desinfección de instituciones de salud ha tenido aplicación en procesos de control y verificación de la carga biológica presente en una superficie o elemento, con capacidad de permitir ver el crecimiento de microorganismos (17) o también llamado colonización de bacterias, virus y hongos. Este método es un instrumento que evalúa la limpieza ambiental con el fin de reducir la colonización microbiana y las infecciones asociadas a la atención médica en las instituciones de salud (18-19).

La luminometría tiene aplicación en el campo de la microbiología, porque la presencia de adenosina trifosfato (ATP) que es derivada de suciedad orgánica y microorganismos, permite la identificación de los métodos adecuados de actuación en la limpieza y desinfección, reconociendo su efectividad inmediata al uso (1, 20). Es claro que la presencia de adenosín Trifosfato indicara el nivel de suciedad de la superficie, por lo cual es un indicador de que los procesos de limpieza y desinfección no se desarrollaron efectivamente. Se puede inferir que la bioluminiscencia de ATP es una herramienta sensible y rápida para evaluar la calidad de la limpieza (12).

Principalmente se estudia la aplicación de la luminometría en la verificación de áreas y en servicios como salas de cirugía en la evaluación de procesos, que requieren cumplir con altos estándares de calidad estipulados en sus protocolos, brindando ambientes seguros que rompan con la cadena epidemiológica de la infección y minimicen los factores de riesgo (3). Es por ello, que la luminometría permite conocer las fallas en los procesos de limpieza y desinfección de las superficies de los servicios de salud, que pueden resultar en la propagación y transferencia de patógenos que a menudo se asocian con infecciones y brotes relacionados con la atención médica (21).

En cuanto a los ambientes y superficies, la literatura menciona que la luminometría se enfoca en la evaluación de los métodos que se realizan para remover la carga microbiana, la limpieza rutinaria y la terminal. Algunos estudios experimentales, evalúan los procesos de limpieza de acuerdo con el grado de complejidad, como: terminal básica, dirigida y terminal. Es decir, la limpieza rutinaria debe ser rigurosa y eficiente entre los tiempos intermedios de los procedimientos quirúrgicos y la terminal presenta un mayor porcentaje de severidad al terminar las jornadas y/o procedimientos de mayor complejidad. De esta manera, se determina la efectividad de las prácticas y se busca mejorar los procesos e insumos para la ejecución acertada de la remoción de suciedad, creando e incentivando un programa

mejorado de limpieza terminal de fácil adopción que reduzca la carga biológica de Adenosín Trifosfato superficial en las salas (22). Por ello, algunos estudios resaltan la importancia de la luminometría en la realización del seguimiento a los procesos de limpieza - desinfección rutinaria y terminal en el quirófano, como un paso fundamental para prevenir la transmisión de patógenos asociados con la atención médica (23). Igualmente, capacitar significativamente a todo el personal, mostrando la evidencia de las zonas donde no se realiza la limpieza, por medio de la luminometría, así se da paso a una retroalimentación de las prácticas y/o protocolos que se aplican en las superficies, buscando mejorar cada uno de los procesos (24).

Del mismo modo, se señala que la bioluminiscencia presenta resultados óptimos junto con la inspección visual y las pruebas microbiológicas, gracias a que los resultados resultan ser un complemento del uso de la luminometría y el análisis de los resultados del laboratorio. La inspección visual no se muestra como una medida confiable para evaluar la limpieza de las superficies, se requiere asegurar la identificación de microorganismos por medio de cultivos y toma de muestras microbiológicas (20). En algunos estudios se evaluaron en los diferentes servicios de las instituciones de salud como hospitalización, unidades de cuidados intensivos y salas de cirugía, superficies como: barandilla, mesa auxiliar, bomba de infusión, sillas del personal asistencial y “mesa de prescripción médica antes y después de la ejecución de la limpieza y desinfección” (25). Evidenciando una correlación significativa entre los métodos de cuantificación de Adenosín Trifosfato y el recuento microbiano, dando especificidad de la clasificación del microorganismo, para usar los insumos necesarios de eliminación (26-27).

A nivel internacional, los estudios destacan el uso de la luminometría en la inspección de los equipos biomédicos, en especial aquellos de uso frecuente e invasivo que cuentan con procesos de desinfección manual, los cuales deben ser auditados. (28, 12). Una de las especialidades que alcanza la luminometría como proceso de evaluación de la limpieza y desinfección es la gastroenterología. En términos generales, la delicada estructura y la naturaleza del material (endoscopio, colonoscopia), la limpieza y el proceso de desinfección requieren un cuidadoso reprocesamiento para prevenir este tipo de infección (12, 28). En 4 artículos realizados en Taiwán y Estados Unidos, resaltan en sus guías que “la inspección visual de endoscopios es suficiente para asegurar una adecuada limpieza; sin embargo, este proceso está sujeto al error humano” (28). Cabe resaltar que estos tienen un diseño diferente, debido a sus áreas de difícil acceso y el deterioro o acumulación de humedad, derivados de los procesos de desinfección que se le realizan, favoreciendo la acumulación de detritus, bilis y otras secreciones y requieren reprocesamiento minuciosa. Incluso, se han descrito múltiples brotes, asociado a la inadecuada reprocesamiento de duodenoscopios. Es por esto, que existen indicadores rápidos, como la detección de adenosin trifosfato (ATP) que, mediante bioluminiscencia, permite monitorizar endoscopios cuando se realiza la

desinfección de alto nivel. Además, junto con esta se registran procesos como: cultivos microbiológicos y pruebas de carga biológica para control de calidad en el proceso de reprocesamiento de endoscopios (11, 29, 30).

Igualmente, la bioluminiscencia del ATP “se considera un importante recurso educativo y método complementario a la inspección visual y el análisis microbiológico de la evaluación de la efectividad de la limpieza y desinfección” (12). La prevención del desarrollo de biopelículas dentro de los canales de difícil acceso de los equipos como el endoscopio, debe ser una prioridad en los procedimientos de desinfección (31), con el fin de detectar a simple vista las zonas propensas a crecimiento bacteriano y detener su crecimiento. Así mismo en los elementos o insumos que en muchas instituciones usan constantemente o aplican reuso, como el gancho monopolar (desechable), la cánula Frazier (reutilizable) y la mesita de medicamentos (superficie ambiental) presentan mayor carga microbiana y pueden detectarse por medio del uso del luminómetro (32). Es claro, que la aplicabilidad de métodos prácticos como este, permite utilizar los parámetros de vigilancias de acuerdo a las guías, en elementos que quizás pasan desapercibidos, como el estetoscopio (33), que requiere limpieza diaria para no dar paso a la colonización de bacterias.

En países orientales, cobra gran importancia en el control de los procesos de limpieza y desinfección en zonas críticas, como la unidad de cuidados intensivos y salas de cirugía. En ellas, se debe contar con “una buena ventilación en el quirófano para prevenir la contaminación de heridas quirúrgicas por aire contaminado y por los microorganismos que se desprenden de la piel” (7, 18, 27). El grado en que las prácticas de limpieza diarias de la unidad de cuidados intensivos (UCI) impactan la carga bacteriana es controvertido. La descontaminación de las salas de aislamiento de los hospitales se puede realizar y verificar rápidamente por medio de la bioluminiscencia, un indicador biológico más rápido, dando beneficios en la rotación y ocupación de las habitaciones para otros pacientes (34-35).

Un punto importante dentro del uso de la luminometría, se trata del lavado de manos, evaluando la efectividad de la técnica clínica y quirúrgica, junto con el grado de eficiencia en el cumplimiento (4). Si bien es cierto que, las manos contaminadas pueden contribuir a la transmisión de patógenos, en la prevención de infecciones asociadas a la asistencia sanitaria, el efecto de los métodos de desinfección debería ser idealmente posible de medir de forma sencilla (36). Así, poder evidenciar el nivel de contaminación que esta presente en las manos, antes o después de un procedimiento, al contacto con pacientes o muestras patológicas y la importancia del lavado de manos para reducir esa contaminación, observada en la medición. Los trabajadores de la salud, al ver cuantificado la contaminación de sus manos en unidades relativas de luz y de manera inmediata, con un reporte físico, accederá a

un aprendizaje efectivo, “donde el lavado de manos adquiere la relevancia para que sea considerado un procedimiento esencial y casi automatizado, para la prevención en la transmisión de enfermedades” (37).

No obstante, un estudio realizado en Estados Unidos, involucra la luminometría en el diagnóstico de células anormales, debido a la carga energética que se expresa en moléculas de adenosin trifosfato, un ejemplo de esto es los tumores malignos, con ayuda de la espectroscopia que permite visualizar las imágenes digitales para identificar la fluorescencia de tumores (2).

A nivel nacional, 6 estudios realizados con luminometría, se enfocan en temas como el monitoreo del reprocesamiento de algunos insumos y/o elementos de reuso, para corroborar el lavado, secado y esterilidad que debe cumplir para su efectivo uso (17, 38). De la misma manera, se desarrollan investigaciones en las zonas críticas como salas de cirugía que requieren estandarizar el procedimiento de limpieza en superficies y en elementos de reuso para garantizar un riesgo bajo de infecciones intraoperatorias (4).

Por otra parte, se encuentra un estudio que relaciona el uso de la luminometría en el manejo de los residuos hospitalarios, “es necesario estandarizar el procedimiento de limpieza en superficies ambientales y monitorizar el proceso de ruta sanitaria de residuos peligrosos en la institución” (26). La implementación del luminómetro en pruebas de ambiente, concientiza al departamento de servicios generales en la verificación de la limpieza de paredes, pisos y techos, que pueden dar lugar a infecciones cruzadas.

Por último, dentro de los estudios seleccionados el 50 % muestran que la prueba de bioluminiscencia es un método rápido y económico para la identificación de microorganismos (9). Además, de resaltar que la luminometría, permite evaluar a todo el personal, para dar paso a la capacitación con relación a los procesos de limpieza y desinfección de superficies como una de las estrategias costo-eficientes en la prevención de las infecciones intrahospitalarias, que permite un mayor crecimiento y buenos resultados (9).

#### 4. TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA LUMINOMETRÍA

La Bioluminiscencia se basa en la medición del ATP (adenosin trifosfato) que se encuentra en todas las células como fuente de energía. Se resalta que el ATP hace que su mecanismo de acción presente un efecto similar al de las luciérnagas. Por lo tanto, “Una enzima, la luciferasa, se combina con el ATP para producir luz mediante la siguiente reacción: Luciferina + luciferasa + ATP = LUZ, si se coloca la luciferina + luciferasa en un hisopo y el ATP es provisto por una muestra (hisopado) se puede medir el ATP cuantificando la LUZ producida en la reacción” (37-38).

La teoría encontrada, indica que el luminómetro “es un instrumento que permite la evaluación objetiva del control de calidad en el proceso de desinfección en salas de cirugía, unidades de cuidados intensivos y Central de esterilización” (14). Existen varios tipos de equipos de luminometría, que se caracteriza por su evolución tecnológica y practicidad. Una lectura digital cuantitativa dio a la medición de adenosin trifosfato en forma de unidades de luz relativa (RLU) con resultados informados como, que los valores de menor a 500 unidades de luz relativa se consideraron una buena higiene (6,40). Cada uno cuenta con ayuda de hisopos estériles humedecidos con agua destilada para ser sembrados en agar (41). Cabe recordar, que el reactivo que está dentro del bulbo del dispositivo está formado por un enzima que se encuentra en las luciérnagas llamada luciferasa, “esta enzima entra en contacto con el adenosin trifosfato reacciona y emite luz, esta emisión de luz es cuantificada por el luminómetro” (41).

Existe varios tipos de luminómetro, pero están diseñados para el mismo objetivo, funcionan bajo la luz producida por la reacción entre las moléculas de adenosin trifosfato y la enzima del reactivo que es emitida en forma de fotones. El equipo detecta estos fotones, los cuantifica y los muestra como valores en unidades de luz relativa. Se indica entonces, que “cuanto mayor es la presencia de ATP sobre una superficie significa que se generará mayor cantidad de luz en la reacción por lo que los resultados que se visualizarán en el luminómetro será mayores” (37, 19).

Según estudios realizados en Estados Unidos, la reproducibilidad del luminómetro se ha probado con métodos microbiológicos como: suspensión estándar de *E. coli* y *S. aureus*, para mayor especificidad en los resultados (10, 42). La alta prevalencia y las altas tasas de mortalidad asociadas con las infecciones asociadas a la atención de la salud indican que es necesario evitar que se propaguen. La limpieza y desinfección de las superficies hospitalarias son fundamentales para prevenir las infecciones intrahospitalarias, así como la confirmación del éxito de estos procesos. Se ha identificado la bioluminiscencia de trifosfato de adenosina como una forma

más rápida de confirmar la limpieza, pero quedan dudas sobre su especificidad con respecto a los microorganismos importantes (40).

Estos estudios indican que la consideración cuidadosa de la aplicación tecnológica y el desempeño del instrumento son criterios importantes para la selección de un sistema de monitoreo de Adenosin trifosfato. Los tres sistemas de luminometría ATP más comunes utilizados según la literatura encontrada, son los sistemas: (SY1): NovaLUM (Charm Sciences, Inc, Lawrence, MA) con el Hisopo PocketSwab plus; sistema 2 (SY2): Clean-Trace (3M Health Care, Hammfelddamm, Alemania) con el hisopo UXC; y sistema 3 (SY3): Hygiena SystemSure II (Hygiena, Camarillo, CA) con hisopo Ultrasnap (19, 37, 44).

Comenzamos con el luminómetro NovaLUM, este es portátil, “tiene menor fondo espectral, un rango dinámico más grande, una respuesta más rápida y una mejor exactitud a un rango de temperatura más grande” (44). Es usado por industrias diversas incluyendo alimentos y bebidas, farmacéutica, procesos industriales, cuidado personal, cosméticos y de salud. Ya que es completamente programable y puede ser programado para satisfacer procesos únicos de muestreo. Este tiene un procesador de datos de alta velocidad permite una lectura en 5 segundos. Por ello, permite evaluar los riesgos de manera inmediata, ejecutar acciones correctivas y en tan caso, continuar con los procesos de seguridad. Por último, utiliza un tubo “fotomultiplicador (TFM) que es más sensible a la presencia de adenosin trifosfato permitiendo la detección de niveles menores de contaminación microbiana y de residuos orgánicos” (44).

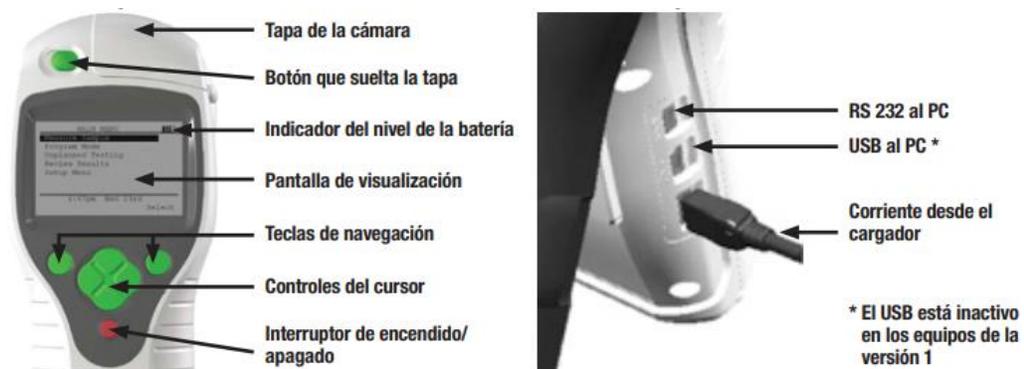
Figura 2. Luminómetro NovaLUM



Fuente: Zambrano AA, Jones A, Otero P, Ajenjo MC, Labarca JA. Assessment of hospital daily cleaning practices using ATP bioluminescence in a developing country. Braz J Infect Dis. 2014;18(6):675-677.

El luminómetro otorga resultados en 10 minutos, de acuerdo a los elementos que complementan el uso del luminómetro, se menciona un Kit de prueba de superficie, incluido el 3M Clean-Trace ATP hisopos de superficie y luminómetro 3M Clean-Trace NGi (3M Health Care). En este se utilizan hisopos de superficie 3M Clean-Trace ATP para limpiar las superficies o equipos durante 30 s; siguiente los hisopos se activan y colocan en el luminómetro Clean-Trace NGi para su análisis respectivo (21). El software “convierte rápidamente los datos recolectados en información que proporciona análisis de tendencias que permiten la identificación de áreas prioritarias y la mejora continua de las normas de higiene” (45).

Figura 3. Luminómetro 3m Clean Trace



Fuente: Zambrano AA, Jones A, Otero P, Ajenjo MC, Labarca JA. Assessment of hospital daily cleaning practices using ATP bioluminescence in a developing country. Braz J Infect Dis. 2014;18(6):675-677.

De la misma manera, se determinó la capacidad de los instrumentos para medir la estabilidad a largo plazo del Adenosin trifosfato secado en superficies. En la investigación de Sciortino et al, se secaron diluciones de 3 especies de microorganismos y una muestra de sangre sobre una superficie y se analizaron. Las características de rendimiento de los instrumentos se compararon en paralelo para determinar su capacidad para recuperar ATP derivado de microorganismos de las superficies (44).

Figura 4. Luminómetro Hygiena SystemSure II (Hygiena, Camarillo, CA) con hisopo Ultrasnap



Fuente: Zambrano AA, Jones A, Otero P, Ajenjo MC, Labarca JA. Assessment of hospital daily cleaning practices using ATP bioluminescence in a developing country. *Braz J Infect Dis.* 2014;18(6):675-677.

El nuevo protocolo con un luminómetro portátil proporciona una respuesta rápida (30 s) y puede usarse como una herramienta para la evaluación rápida de toxicidad in situ de muestras ambientales de agua dulce como efluentes (9). Este utiliza la evaluación cinética de flash de la bioluminiscencia bacteriana (46). La técnica que “permite una medición cuantitativa rápida de los residuos orgánicos de superficie, por la cuantificación de cantidad de Adenosín Trifosfato (ATP)”. Empleándose un Luminómetro, 3M™ Clean-Trace™ (44). Luminómetro de mano (Clean-Trace ATP System; 3M™) y un Clean Trace Kit - un hisopo específico (47).

Figura 5. Luminómetro Lightning MVPTM



Fuente: Zambrano AA, Jones A, Otero P, Ajenjo MC, Labarca JA. Assessment of hospital daily cleaning practices using ATP bioluminescence in a developing country. *Braz J Infect Dis.* 2014;18(6):675-677.

La efectividad del uso de luminómetro portátiles, se evidencia en los procesos de limpieza y desinfección, permitiendo reducir la carga microbiana y la materia orgánica de las superficies inspeccionadas, demostrado por los valores obtenidos por el ensayo de bioluminiscencia de trifosfato de adenosina y análisis microbiológico (48). Este tipo de tecnología se recomienda en “para controlar la limpieza del entorno hospitalario asociado con retroalimentación y educación para mejorar la limpieza en las áreas críticas” (49). Es necesario no solo centrar la atención en los procesos de limpieza y desinfección del personal de servicios generales, sino evaluar la parte de Enfermería y todo el personal que se desempeña ahí, como complemento en el aseguramiento de la calidad de la atención de los pacientes (48, 50).

## 5. CONCLUSIONES

Dentro de los principios que aplica se destaca la efectividad y rapidez de los resultados tomado en las muestras que se realicen en el momento, también la relación directa con los estudios microbiológicos demostrando mayor efectividad. Así, la aplicación de estos principios trae ventajas como la realización de acciones correctivas en el momento de la ejecución de los procesos de limpieza y desinfección de las superficies, y la identificación de algunos microorganismos residentes en las superficies.

Los resultados permiten determinar la aplicación de la luminometría en los procesos de control, verificación y efectividad de la limpieza y desinfección, igualmente la relación directa entre las fallencias que se evidencian con la inspección visual y la toma de muestra del hisopo del luminómetro en áreas de difícil acceso, según un estudio internacional, en Brasil, que profundiza en reflejar los niveles de contaminación, no solo en zonas y superficies externas, sino además en utensilios que se pueden reusar y que entran en contacto directo y frecuente con el producto. Así mismo, estudios nacionales como el de Vargas et al, indican que en el área de salud se enfoca en que la luminometría permite brindar espacios, áreas y superficies seguras y libres de agentes infecciosos para la atención de los pacientes.

Dentro de la identificación de las tecnologías existentes, se encontraron equipos con avanzada tecnología que cumplen con los requisitos necesarios para la ejecución de las auditorías en las instituciones de salud, se resalta el uso del luminómetro portátil para controlar la limpieza del entorno hospitalario, por su acción de respuesta inmediata ante la presencia de suciedad, además permite una retroalimentación y educación que mejora la limpieza en las áreas críticas diferencia pero se deriva pocos estudios entorno a la descripción de cada uno. El ideal es contar con equipos de alta tecnología y fácil uso en las instituciones de salud, para ejercer su uso frecuente en todas las áreas dispuestas para la atención de las personas.

## 6. RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar realizando estudios del uso de la luminometría en el campo de la salud, para ampliar la teoría sobre su efectividad en los procesos de calidad de las Instituciones. Además enfatizar en el uso frecuente de esta tecnología para el seguimiento de los procesos de limpieza y desinfección de las áreas críticas.

Proponer la estandarización del procedimiento de luminometría en los métodos de limpieza y desinfección de superficies áreas y en elementos de reuso en salas de cirugía, determinando las unidades relativas de luz aceptadas en estas zonas críticas, con el fin de implementar con más frecuencia este tipo de tecnología inmediata para la disminución de factores de riesgo que puedan complicar la vida del paciente. De la misma manera protocolizar a partir de la teoría su correcta aplicación, determinando la zona o el área donde se debe usar. Además se debe enseñar sobre los diferentes equipos de luminometría, familiarizando al personal con cada pieza que lo compone y su correcto uso en el servicio.

Ampliar estudios sobre las tecnologías existentes para la aplicación de la luminometría, de la misma manera estudios experimentales que soporten la veracidad de estos equipos en técnicas y procedimientos que certifiquen las entidades de salud en el ámbito de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Martín A, Serrano S, Santos A, Marquina D, Vázquez C. Bioluminiscencia bacteriana. REduca (Biología). [Internet]. 2010 [citado 2 Ago 2021];3(5):75-86. Disponible en: <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/822/837>
2. Judy RP, Keating JJ, Dejesus EM, Jiang JX, Okusanya OT et al. Quantification of tumor fluorescence during intraoperative optical cancer imaging. Sci Rep [Internet]. 2015 [citado 2 Ago 2021];5:1-11. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/srep16208#citeas>
3. Arias Huaman IY, Mateo Salas VG. Eficacia de la bioluminiscencia con trifosfato de adenosina en la calidad de limpieza en superficies de dispositivos biomédicos en centrales de esterilización [Tesis]. [Internet]. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener; 2018 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2681/TRABAJO%20ACAD%c3%89MICO%20Mateo%20Ver%c3%b3nica%20-%20Arias%20Iris.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Bustamante F, Nuñez-Contreras J, Arellano-Villalon M, Crot W, Navarro P, Fuentes R. Bioluminiscencia: herramienta de medición y análisis en lavado de manos clínico aplicado a la odontología. Int J Odontostomat. 2018;12(2):160-168.
5. Rutala WA, Weber DJ. Best practices for disinfection of noncritical environmental surfaces and equipment in health care facilities: A bundle approach. Am J Infect Cont. 2019;47:A96–A105.
6. Lam SC, Cheung MMF, Au JKL, Suen LKP. Bioluminescence-based hygiene evaluation of public washroom environment: Repeated measurement of posthandwashing facilities on baseline and before and after cleaning schedule. Am J Infect Cont. 2021;49(6):746-752.
7. de León RNS, Martínez LMJ, Guardado MMÁ. Ambiente limpio en el quirófano y descontaminación de instrumentos quirúrgicos en ortopedia. Ortho-tips. 2020;16(1):16-23.
8. Macedo MMLP. Avaliação da higiene das superfícies em unidade de saúde com aplicação do luminómetro e da escala visual. [Tesis Doctoral]. [Internet]. Portugal: Instituto Politécnico de Viseu; 2017 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/4538>

9. Apaza Idme OB, Calsina Diaz YR. Eficacia del reprocesamiento con validación de laboratorio y ATP, para optimizar la desinfección de alto nivel en endoscopios. [Tesis]. [Internet]. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener; 2018 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/2370>
10. Han G, Yan S, Fan B. Regulaciones regionales y percepciones de seguridad pública sobre problemas de calidad de vida: estudio empírico sobre seguridad alimentaria en China. *Rev Sal.* 2020;8(3):275-277.
11. Ajenjo MC. Indicadores rápidos para la detección de residuos orgánicos en endoscopios. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2014 [citado 2 Ago 2021];31(5):628-628. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182014000500019&lng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182014000500019&lng=es)
12. de Oliveira AC, El Hariri Vianal R. Adenosina trifosfato bioluminescência para avaliação da limpeza de superfícies: uma revisão integrativa. *Rev Bras Enferm.* 2014;67(6):987-993.
13. Gonzaga Ramírez GM, Yancul Carrillo ER. "Eficacia del lavado manual versus lavado automático en la desinfección del instrumental quirúrgico." [Tesis]. [Internet]. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener; 2017 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/449>
14. Mitchell B, McGhie A, Whiteley G, Farrington A, Hall L, Halton K, White N. Evaluating bio-burden of frequently touched surfaces using adenosine triphosphate bioluminescence (ATP): results from the researching effective approaches to cleaning in hospitals (REACH) trial. *Inf Dis Health.* 2020;25(3):168-174.
15. Knape L, Hambraeus A, Lytsy B. The adenosine triphosphate method as a quality control tool to assess "cleanliness" of frequently touched hospital surfaces. *J Hosp Infect.* 2015;91(2):166–170.
16. Zambrano A, Jones A, Otero P, Ajenjo MC, Labarca JA. Evaluación de las prácticas de limpieza diaria de los hospitales utilizando bioluminiscencia de ATP en un país en desarrollo. *Braz J Infect Dis.* 2014;18(6):675-677.
17. Vargas JW, Cruz BH. Evaluación medioambiental de residuos hospitalarios peligrosos mediante luminometría y cultivos microbiológicos en una institución hospitalaria de Bogotá. *Rev Colomb Enferm.* 2016;12,61-68.
18. Huang YS, Chen YC, Chen ML, Cheng A, Hung IC, Wang JT, Sheng WH, Chang SC. Comparing visual inspection, aerobic colony counts, and adenosine

- triphosphate bioluminescence assay for evaluating surface cleanliness at a medical center. *Am J Infect Control*. 2015;43(8):882-886.
19. Pupuche MD, Quiroz LA. Procesos de desinfección seguros en la central de esterilización [Tesis]. [Internet]. Lima: Universidad Privada Norbert Wiener; 2017 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/453>
  20. Menis A, Andrade D, Rigotti A, Ferrareze MV. Condiciones de limpieza de superficies próximas al paciente en una unidad de terapia intensiva. *Rev Latino-Am Enfermagem* [Internet]. 2011 [citado 2 Ago 2021];19(3):1-8. Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v19n3/es\\_15.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v19n3/es_15.pdf)
  21. Santos-Junior AG, Ferreira AM, Frota OP, Rigotti MA, Barcelos LDS, Lopes de Sousa AF, de Andrade D, Guerra OG, R Furlan MC. Efectividad de la limpieza y desinfección de superficies en un centro de salud brasileño. *Open Nurs J*. 2018;12:36-44.
  22. Amin SR, Folkert CM, Erie JC. Assessing the effectiveness of surface cleaning methods in intravitreal injection procedure rooms. *Ophthalmology*. 2014;121(1):276-282.
  23. Lewis BD, Spencer M, Rossi PJ, Lee CJ, Brown KR, Malinowski M, Edmiston CE. Assessment of an innovative antimicrobial surface disinfectant in the operating room environment using adenosine triphosphate bioluminescence assay. *Am J Inf Cont*. 2015;43(3):283–285.
  24. Hopman J, Nillesen M, de Both E, Witte J, Teerenstra S, Hulscher M, Voss A. Mechanical vs. manual cleaning of hospital beds: a prospective intervention study. *J Hosp Infect*. 2015;90(2):142-146
  25. Menis Ferreira A, Andrade de D, Rigotti MA, Gottardo de Almeida MT, García Guerra O, García dos Santos A. Evaluación de la desinfección de superficies hospitalarias por diferentes métodos de monitorización. *Rev Latino-Am Enfermagem*. 2015;23(3):466-474
  26. Ribeiro MC, Ferreira AM, Guerra O, Rigotti MA, de Andrade D. Correlation among monitoring methods of Surface cleaning and disinfection in outpatient facilities. *Acta Paul Enferm*. 2019;32(3):282-289.
  27. Chan MC, Lin TY, Chiu YH, Huang TF, Chiu SK, Liu TL, Hung PS, Chang CM, Lin JC. Applying ATP bioluminescence to design and evaluate a successful new intensive care unit cleaning programme. *J Hosp Infect*. 2015;90(4):344-346.

28. Kweon O, Park ES, Paek E. Efficacy of ATP bioluminescence as an evaluation method of endoscopic disinfection. *Amer J Infect Cont.* 2013;41(6):s32.
29. Díaz-Gordillo CA, Manrique-Martín A, Chávez-García MA, Espino-Cortés H, Pérez-Valle E, Cerna-Cardona J, et al. Duodenoscopios mediante bioluminiscencia de ATP. *Endoscopia.* 2017;29(4):215-219.
30. Alfa MJ, Olson N. Simulated-use validation of a sponge ATP method for determining the adequacy of manual cleaning of endoscope channels. *BMC Res Notes.* 2016;9:1-6.
31. Neves MS, da Silva MG, Ventura GM, Côrtes PB, Duarte RS, de Souza HS. Effectiveness of current disinfection procedures against biofilm on contaminated GI endoscopes. *Gastrointest Endosc.* 2016;83(5):944-53.
32. Dávila-Ramírez FA, Díaz-Villamil NT, Fajardo-Granados D, Jiménez-Cruz C. Calidad de higiene en salas de cirugía por luminometría de adenosín trifosfato. *Rev Gerenc Polít Salud.* 2014;13(27):266-273.
33. Holleck JL, Campbell S, Alrawili H, Frank C, Merchant N, Rodwin B, Dembry L. Stethoscope hygiene: Using cultures and real-time feedback with bioluminescence-based adenosine triphosphate technology to change behavior. *Am J Infect Cont.* 2019;48(4):380-385.
34. Deshpande A, Dunn AN, Fox J, Cadnum JL, Mana TSC, Jencson A, Fraser TG, Donskey CJ, Gordon SM. Monitoring the effectiveness of daily cleaning practices in an intensive care unit (ICU) setting using an adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence assay. *Am J Infect Control.* 2020;48(7):757-760.
35. Colbert EM, Gibbs SG, Schmid KK, High R, Lowe JJ, Chaika O, Smith PW. Evaluation of adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence assay to confirm surface disinfection of biological indicators with vaporised hydrogen peroxide (VHP). *Healthc Infect.* 2015;20(1):16–22.
36. Breidablik HJ, Johannesen L, Kleiven OT, Lysebo DE, Skare Å, Andersen JR. Can adenosine triphosphate be a proxy measure in evaluation of hand disinfection effect? *J Hosp Infec.* 2020;105(3):558-560.
37. Contreras S, Caro G, Cuevas J, Barrientos C, Opazo A. La bioluminiscencia como herramienta para evaluar el lavado de manos durante la formación de profesionales relacionadas con la salud pública. *Rev Investig Vet Perú [Internet].* 2020 [citado 9 Ago 2021];31(3):e18178. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172020000300024&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000300024&lng=es).

38. Pérez D, Diago Y, Corona M, Espinosa R, González J. Enfoque actual de la salud ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2011 [citado 28 Mar 2022];49(1):84-92. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032011000100010&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000100010&lng=es).
39. Véliz E, Vergara T, Pearcy M, Dabanch J. Importancia del proceso de limpieza y desinfección de superficies críticas en un servicio dental. Impacto de un programa de intervención. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2018 [citado 2 Ago 2021];35(1):88-90. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182018000100088&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182018000100088&lng=es).
40. Gibbs SG, Sayles H, Chaika O, Hewlett A, Colbert EM, Smith PW. Evaluation of the relationship between ATP bioluminescence assay and the presence of organisms associated with healthcare-associated infections. *Healthc Infect.* 2014;19(3):101–107.
41. Pozo Céspedes MJ, Paltas Miranda M. Presencia de microorganismos en guantes de manejo nuevos no estériles previo a su empleo mediante el uso del luminómetro. Estudio in vitro. [Tesis]. [Internet]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2021 [citado 2 Ago 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23856>
42. Weber DJ, Rutala WA, Anderson DJ, Chen LF, Sickbert-Bennett EE, Boyce JM. Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *Am J Infect Cont.* 2016;44(5):e77–e84.
43. Barakat MT, Huang RJ, Banerjee S. Simethicone is retained in endoscopes despite reprocessing: impact of its use on working channel fluid retention and adenosine triphosphate bioluminescence values (with video). *Gastrointest Endosc.* 2019;89(1):115-123.
44. Sciortino CV, Giles RA. Validation and comparison of three adenosine triphosphate luminometers for monitoring hospital surface sanitization: a rosetta stone for adenosine triphosphate testing. *Am J Infect Control.* 2012;40(8):e233-e239.
45. Masner P, Javůrková B, Bláha L. Rapid in situ toxicity testing with luminescent bacteria *Photobacterium luminescens* and *Vibrio fischeri* adapted to a small portable luminometer. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017;24(4):3748-3758

46. Havill NL, Havill HL, Mangione E, Dumiga DG, Boyce JM. Cleanliness of portable medical equipment disinfected by nursing staff. *Am J Infection Control*. 2011;39(7):602–604.
47. Frota OP, Ferreira AM, Guerra O, Rigotti MA, de Andrade D, et al. Eficiencia de limpieza y desinfección de superficies: correlación entre métodos de evaluación. *Rev Brasil Enferm*. 2017;70(6):1176-1183.
48. Nascimento EAS, Poveda VB, Monteiro J. Evaluación de diferentes métodos de monitoreo de limpieza superficial en quirófanos. *Rev Bras Enferm* [Internet]. 2021 [citado 2 Ago 2021];74(3):1-6. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/reben/a/8Kv5hhsW5tnkFPvhCTWqw9F/?format=pdf&lang=en>
49. Torres Montoya S, Chavarria T. Identificación de los riesgos asociados al procesamiento de sondas en urodinamia mediante AMFE y simulación computacional. *Rev Calid Asist*. 2020;22(6):299-309.
50. Véliz E, Vergara T, Pearcy M, Dabanch J. Importancia del proceso de limpieza y desinfección de superficies críticas en un servicio dental. Impacto de un programa de intervención. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2018 [citado 2 Ago 2021];35(1):88-90. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071610182018000100088&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071610182018000100088&lng=es).