



REVISTA ODONTOLOGÍA

Sistema HACCP para mejorar la inocuidad de unidades odontológicas

HACCP system to improve the safety of dental units

José Amable Araujo-Blanco^{1-a} | Jorge Homero Wilches-Visbal^{1-b} | Midian Clara Castillo-Pedraza^{1-c} | Rosa Lía Bustillo-Verbel^{1-d} | Angela Edith Coral-Córdoba^{1-e} | Cristian Camilo Morales-Lastre^{1-f}

¹ iD | Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recepción: 04-04-2024
Aceptación: 30-05-2024
Publicación: 30-06-2024

PALABRAS CLAVE

E. coli, coliformes, calidad del agua, odontología, APPCC.

KEY WORDS

E. coli, coliforms, water quality, dentistry, HACCP.

ORCID

^a <https://orcid.org/0000-0002-7247-901X>
^b <https://orcid.org/0000-0003-3649-5079>
^c <https://orcid.org/0000-0003-3170-3959>
^d <https://orcid.org/0009-0001-0935-9269>
^e <https://orcid.org/0000-0002-6676-7736>
^f <https://orcid.org/0000-0001-9837-6361>

CORRESPONDENCIA AUTOR

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA, BLOQUE 6
PLANTA BAJA, UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA,
CIUDADELA UNIVERSITARIA, CALLE 29H3 No
22 - 01, SAN PEDRO ALEJANDRINO, SANTA
MARTA, COLOMBIA

E-MAIL: JARAJO@UNIMAGDALENA.EDU.CO

RESUMEN

Objetivo. Implementar un sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) para mejorar de la calidad del agua de las unidades dentales de una universidad del caribe colombiano. **Metodología.** Se consideraron los siete principios de implementación del sistema HACCP con la instalación de dos equipos de seis etapas de osmosis inversa de alta tecnología. Después, se hizo una auditoría interna más un análisis microbiológico previo como prerequisite en el desarrollo del sistema. **Resultados.** Se encontró que existía un peligro físico en la etapa de llenado de las botellas de las unidades dentales, así como en la etapa de entrada de la línea de agua de la fuente externa con aumento de especies de coliformes totales y *Escherichia coli*. A raíz de esto fue necesario establecer los puntos críticos de control (PCC) en el proceso y se generaron las medidas de control de los límites críticos, junto a los esquemas de monitoreo y actividades de corrección en caso de desvío. Se aplicó la actualización de los registros, para la verificación y control de los diversos puntos del sistema. **Conclusión.** Se logró un mejor sistema de control y desinfección de las unidades dentales y se mejoró la calidad del servicio odontológico.

ABSTRACT

Objective. To implement a Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system to improve the quality of water in the dental units of a university in the Colombian Caribbean. **Methodology.** The seven principles of the HACCP system were considered, with the installation of two high-tech, six-stage reverse osmosis systems. An internal audit and a preliminary microbiological analysis were conducted as prerequisites for system development. **Results.** A physical hazard was found in the bottle-filling stage of the dental units and at the entry point of the water line from the external source, with an increase in total coliform species and *Escherichia coli*. Consequently, it was necessary to establish critical control points (CCPs) in the process and to develop control measures for critical limits, along with monitoring schemes and corrective actions in case of deviations. Record updates were applied for the verification and control of the various system points. **Conclusion.** An improved system of control and disinfection of the dental units was achieved, enhancing the quality of dental services.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua en espacios clínicos es un hecho mundial de interés para el mantenimiento de la salud oral, diversos patógenos oportunistas pueden estar presentes con prevalencias variables¹. Las bacterias presentes en las unidades dentales incluyen bacterias de interés ambiental como *Flavobacterium* y *Bacillus subtilis*^{2,3}. También se han reportado bacterias que pueden encontrarse en el ambiente y que además pueden actuar como patógenos oportunistas. Este grupo incluye a *Propionibacterium*, *Shewanella*, *Stenotrophomonas*, *Pasteurella*, *Moraxella*, *Ochrohaetrum*, *Aeromonas spp.* y *Acinetobacter spp.*⁴⁻⁶. De igual manera, se han podido recuperar bacte-

rias ambientales que también pueden actuar como patógenos oportunistas y afectar la salud humana. En esta categoría se encuentran *Acinetobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*⁷, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus salivarius*, *Staphylococcus sp.*, *Staphylococcus cohnii*, *Staphylococcus warneri*, *Enterobacterias* (incluyendo *Klebsiella*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*) y *Enterococcus faecalis*⁸⁻¹⁰. Por último, con especial interés se encuentran *Mycobacterium spp.* y *Legionella spp.* que son patógenos humanos de interés clínico^{1,6}.

Debido a la evidencia de posible contaminación de las unidades, por parte de las líneas de agua es necesario la aplicación de acciones que permitan disminuir los riesgos de contaminación con un estándar de calidad microbiológica más alto que en el ámbito doméstico¹⁰.

Las unidades dentales presentan la formación de una biopelícula conformada por una diversidad y estructura variada en donde conviven especies ambientales y de interés para el humano, por su parte el estancamiento del agua en las unidades dentales aumenta la carga de microorganismos⁴, es por esto que la contaminación microbiana en las líneas de agua de las unidades dentales son un riesgo potencial¹¹. Por tal razón es necesario aplicar métodos y protocolos de, limpieza, desinfección, tratamiento del agua y monitoreo de la calidad del agua², junto la capacitación y educación del personal en relación con las prácticas para el control de infecciones y el manejo adecuado de las unidades dentales garantizando la seguridad y protección de los pacientes, teniendo en cuenta las regulaciones y directrices locales, e internacionales en materia de control de infecciones y calidad del agua en el ámbito odontológico, adoptando estrategias que permitan la prevención y control a las necesidades específicas de cada entorno⁶.

La OMS / WHO estableció una serie de directrices en el que se debe incluir un plan de seguridad, este plan debe incluir medidas de control y prevención basadas en un enfoque de múltiples barreras y el desarrollo de un sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)^{10,12}.

El HACCP se utiliza para analizar un sistema de suministro de agua desde la entrada hasta el grifo, de esta manera se identifican los puntos donde la falla de los sistemas de control puede conducir a una reducción en la calidad o el suministro del agua. Se trata de una herramienta útil para el análisis sistemático de un proceso donde se identifican los pe-

ligros potenciales y se planifica el control de esos peligros¹³.

Los principios del sistema de HACCP establecen los elementos fundamentales sobre los requisitos para aplicar el sistema de HACCP, mientras que las directrices ofrecen orientaciones generales para la aplicación práctica¹⁴.

Debido a la necesidad de mejora continua y aplicación de la normativa nacional vigente junto al establecimiento de estándares de calidad, este trabajo tuvo por objetivo implementar un sistema HACCP en las líneas del agua de las unidades dentales, realizando una auditoría previa con análisis microbiológicos, de seguridad e higiene pertinentes, cumpliendo los prerrequisitos para tal fin, y se aplicó un sistema HACCP de siete pasos implementando dos sistemas de osmosis de alta tecnología, se cubrieron todas las etapas del sistema y se desarrolló un sistema de registro, control y monitorio.

METODOLOGÍA

Se desarrolló un sistema para identificación de los PCC en el sistema HACCP¹⁰, y los controles fueron dirigidos al control de los procesos establecidos, el agua de las unidades está sujeta a una posible contaminación por eso es necesario controlar la calidad mediante la aplicación de un sistema HACCP¹⁵, esta aplicación se realiza mediante los principios establecidos en el *codex alimentarium* siguiendo las norma establecidas y los 7 principios fundamentales para la aplicación de un sistema HACCP^{13,14}.

1. Formación y entrenamiento del personal
2. Identificación de peligros
3. Acciones correctivas
4. Planificación y organización
5. Recursos y suministros
6. Supervisión y seguimiento
7. Registro y documentación
8. Revisión y mejora continua

Posteriormente se implementó un sistema de calidad de agua con 6 etapas con osmosis inversa, del equipo que se encuentra en la clínica *Figura 1*.



Figura 1. Sistema de filtros de osmosis inversa instalados en la clínica universitaria.

Se determinó la calidad microbiológica del agua con el análisis microbiológico de coliformes totales y fecales antes y después de la instalación del sistema de filtros de Osmosis inversa, aplicando el estándar ISO 9308-1 del 2014, con el sistema de detección Chromocult Agar para coliformes (CCA) Merck Millipore. Posteriormente se desarrolló la implementación de un programa de control microbiológico y medidas predeterminadas.

RESULTADOS

Determinación de puntos de control (CP) y puntos críticos de control (CCP) en el sistema HACCP.

Se identificó que el CP 1, relacionado con los niveles de microorganismos por encima de la norma establecida, debía ser controlado mediante el CCP 1, que garantizaba el cumplimiento de los valores normativos de microorganismos en el agua. Con relación al CP 2, referente a la entrada de agua en el sistema de tuberías de la clínica, se estableció como punto crítico de control el CCP 2, que aseguraba el cumplimiento de los estándares de sedimentos del agua. En cuanto al CP 3, centrado en la manipulación y procesamiento de la botella de agua de la unidad dental, se determinaron dos puntos críticos de control: el CCP 3, encargado de mantener los niveles adecuados de cloro, fluoruro y elementos orgánicos en el agua, y el CCP 4, para garantizar la calidad organoléptica del agua. Finalmente, el CP 4, relacionado con el protocolo de desinfección de la unidad dental, requería dos puntos críticos de control: el CCP 5, para asegurar el cumplimiento de los valores límite después de la descontaminación química en las salidas, y el CCP 6, que supervisaba el procesamiento de filtros de Activados y de Osmosis Inversa *Tabla 1*.

Tabla 1. Relación entre puntos de control (CP) y puntos críticos de control (CCP) en el sistema HACCP para la clínica odontológica de la Universidad del Magdalena.

Punto de Control (CP)	Punto Crítico de Control (CCP)
CP 1: Niveles de Microorganismos por encima de la Norma establecida	CCP 1: Cumplimiento de los valores normativos de microorganismos en el agua
CP 2: Entrada de agua en el sistema de tuberías a la clínica	CCP 2: Cumplimiento de los estándares de sedimentos del agua
CP 3: Manipulación y procesamiento de la botella de agua de la unidad dental	CCP 3: Cumplimiento de los niveles de cloro, fluoruro y elementos orgánicos del agua
	CCP 4: Cumplimiento de la calidad organoléptica del agua
CP 4: Protocolo de desinfección de la unidad dental	CCP 5: Cumplimiento de los valores límite después de la descontaminación química en las salidas
	CCP 6: Vigilancia del procesamiento de filtros de Activados y de Osmosis Inversa
CP 5: Registro y control de los procesos	CCP 7: Actualización de los registros de control y cronograma de evaluación de los procesos

Implementación del sistema de Filtro de Osmosis inversa

Según los puntos anteriores, se diseñó y estableció un sistema de calidad con osmosis inversa de 6 etapas para garantizar la pureza y seguridad del agua utilizada en la clínica odontológica de la Universidad del Magdalena *Tabla 2*.

Tabla 2. Proceso de purificación del agua mediante sistema de osmosis inversa de 6 etapas.

Etapa	Descripción
1	Filtro de Sedimentos de Polipropileno: Remueve partículas, polvo, tierra, etc.
2	Filtro de Carbón Activado Granular (GAC): Remueve cloro, orgánicos, olores, sabores, etc.
3	Filtro de Carbón Activado en Block (CTO): Remueve cloro, orgánicos, olor, sabor, etc.
4	Membrana de Ósmosis Inversa: Remueve bacterias, metales pesados, sal, sustancias minerales dañinas, etc.
5	Post Filtro de Carbón Activado: Ajuste final al sabor del agua.
6	Luz Ultravioleta: Esteriliza bacterias, virus, y microorganismos del agua.

Determinación de la Calidad Microbiológica del agua en las unidades Odontológicas

Análisis de coliformes totales y fecales *e. coli* en evaluación pre y post instalación del sistema de osmosis inversa en la clínica odontológica de la Universidad del Magdalena.

Tabla 3. Proceso de purificación del agua mediante sistema de osmosis inversa de 6 etapas.

Unidad	Coliformes Totales (Pre) (UFC / 100 ml)	Coliformes Totales (Post) (UFC / 100 ml)	Coliformes Fecales <i>E. coli</i> (Pre) (UFC / 100 ml)	Coliformes Fecales <i>E. coli</i> (Post) (UFC / 100 ml)
Primer Piso				
- Unidad 2	0	0	3	0
- Unidad 4	1	0	2	0
- Unidad 7	3	0	3	0
- Unidad 12	0	3	0	0
- Unidad 13	4	2	1	4
- Unidad 17	1	0	8	0
- Unidad 18	2	1	0	1
- Unidad 19	11	3	1	0
- Unidad 20	1	0	3	0
Subtotal	23	9	21	5
Segundo Piso				
- Unidad 2	10	0	1	0
- Unidad 5	2	2	0	0
- Unidad 7	4	0	0	0
- Unidad 10	5	1	0	1
- Unidad 11	8	2	2	2
Subtotal	29	5	3	3
Zona de Esterilización				
- Piso 1				
- Toma 1	1	0	2	0
- Toma 2	3	0	2	0
- Piso 2				
- Toma 1	0	0	8	0
- Toma 2	6	0	4	0
Subtotal	10	0	16	0
Total	33	9	37	5

Unidad dental de la clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena; Coliformes totales; Coliformes Fecales *E. coli*: Evaluado por el sistema Chromocult Agar para coliformes (CCA) Merck Millipore ISO 9308-1 del 2014, según norma NTC 5242:2002 y método de validación GTC 84:2003. Resultados medidos en Unidades Formadoras de Colina UFC / 100 ml.

Se observó un aumento significativo en el cumplimiento de las normas para coliformes totales y coliformes fecales *E. coli* después del tratamiento implementado. *Tabla 3. Tabla 4.*

Tabla 4. Análisis del cumplimiento de normativas para coliformes totales y coliformes fecales *E. coli*.

Parámetro	Pre-tratamiento (UFC / 100 ml)	Post-tratamiento (UFC / 100 ml)	Aumento en Unidades (UFC / 100 ml)	Proporción (Post)	Aumento en %
Coliformes Totales	7	8	1	0.6154	14.29%
Coliformes Fecales <i>E. coli</i>	4	6	2	0.4615	50%

Coliformes totales; Coliformes Fecales *E. coli*: Evaluado por el sistema Chromocult Agar para coliformes (CCA) Merck Millipore ISO 9308-1 del 2014, según norma NTC 5242:2002 y método de validación GTC 84:2003. Resultados medidos en Unidades Formadoras de Colina UFC / 100 ml.

Antes del tratamiento, se observaron 7 unidades que cumplían con las normas establecidas para coliformes totales, mientras que después del tratamiento, este número aumentó a 8 unidades. Este aumento de una unidad es notable, representando un incremento del 14.29% en la proporción de unidades que cumplen con los estándares.

Para los coliformes fecales *E. coli*, el aumento es aún más pronunciado. Antes del tratamiento, solo 4 unidades cumplían con las normas, mientras que después del tratamiento, este número aumentó a 6 unidades. Este aumento de 2 unidades representa un incremento del 50% en la proporción de unidades que cumplen con los estándares.

Los resultados muestran un aumento considerable en la calidad del agua tratada, destacando cómo el tratamiento implementado ha contribuido significativamente a la reducción de la contaminación por coliformes totales y fecales *E. coli*, lo que potencialmente garantiza un ambiente más seguro y saludable para los usuarios.

Implementación de un programa de control y medidas predeterminadas

Los resultados muestran la evaluación de riesgos y los parámetros de control del agua en la clínica odontológica de la Universidad del Magdalena. Se identificaron lugares dentro de la clínica, como el agua externa del alcantarillado público, el agua interna y el agua tratada posterior al sistema de osmosis inversa de 6 etapas *Tabla 5.*

Tabla 5. Evaluación de riesgos y parámetros de control del agua en la clínica odontológica.

Clínica	Riesgo	Parámetro	Advertencia	Límite	Alerta	Peor de los Casos
Agua Externa / (Alcantarillado Público)	Alto	Microorganismos	Presencia de microorganismos en niveles altos	Niveles aceptables pero elevados	Presencia preocupante de microorganismos	Contaminación grave con riesgo para la salud pública
(Alcantarillado Público)						
Agua Interna	Moderado	Calidad Físicoquímica y Microbiológica	Presencia de sedimentos o sustancias extrañas en el agua	Calidad aceptable con posibles contaminantes	Presencia de contaminantes en niveles preocupantes	Contaminación severa afectando la calidad del agua
Agua Analizada Después	Bajo	Microbiológico	Presencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i> en niveles superiores a los permitidos	Presencia mínima o ausencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Presencia preocupante de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Contaminación microbiológica del agua tratada
Agua tomada del Sistema de 6 Etapas						
Primer Piso y Segundo	Variable	Microbiológico	Presencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i> en niveles superiores a los permitidos	Presencia mínima o ausencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Presencia preocupante de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Contaminación microbiológica con riesgo para la salud de los pacientes y el personal

Zona de Esterilización	Variable	Microbiológico	Presencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i> en niveles superiores a los permitidos	Presencia mínima o ausencia de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Presencia preocupante de coliformes totales o fecales <i>E. coli</i>	Contaminación de los instrumentos de trabajo odontológico
------------------------	----------	----------------	---	--	--	---

Cada ubicación fue evaluada en términos de riesgo y niveles de control para diversos parámetros, incluida la presencia de microorganismos y la calidad físicoquímica. Se categorizó el riesgo como alto para el agua del alcantarillado, moderado para el agua interna y bajo para el agua tratada. Los parámetros de control incluyeron la presencia de coliformes totales y fecales *E. coli*, con niveles establecidos para advertencia, límite, alerta y el peor de los casos. Los riesgos muestran la necesidad de medidas de control rigurosas para garantizar la seguridad y la calidad del agua en la clínica odontológica, con un enfoque en la prevención de la contaminación microbiológica y la protección de la salud de pacientes y personal.

Sistema HACCP implementado en la clínica de la Universidad del Magdalena

- 1. Formación y entrenamiento del personal:** Se capacitó al personal de diversas áreas técnicas, apoyo y docente para el mantenimiento y control de las líneas de agua sobre los diversos procedimientos de limpieza, desinfección y monitoreo de la calidad. De igual manera se desarrolló un programa de formación sobre los principios del sistema HACCP y la importancia del control de calidad del agua en las unidades dentales en el Personal que labora en la Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena *Tabla 6*.

Tabla 6. Personal que labora en la Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena.

Rol / Cargo	Cantidad
Director	1
Coordinadores	2
Docentes	60
Auditora	2
Técnico Administrativo	1
Auxiliar Administrativo	1
Técnicos de Mantenimiento	2
Instrumentadora Quirúrgica	2
Auxiliares en Salud Oral	19
Total	90

Coordinación del Servicio de Odontología de la Universidad del Magdalena, 2024-I.

- 2. Identificación de peligros:** Se identificaron los posibles peligros asociados con la calidad del agua, como presencia de bacterias indicadoras de contaminación (coliformes totales y *E. coli*), así como los parámetros establecidos en ley sobre metales pesados, sustancias químicas y otros contaminantes, se evaluaron los peligros y se estableció su nivel de riesgo, así mismo se establecieron los puntos críticos de control (CCP): como control en el suministro de agua, las etapas del sistema de ósmosis inversa (etapas 4 y 6), los filtros cartucho y la manipulación adecuada de los tanques de las unidades dentales, se establecieron los límites críticos para cada (CP), como niveles máximos de contaminación aceptable según la normativa nacional vigente (*Tabla 1-5*).
- 3. Planificación y organización:** Se designaron las responsabilidades de forma clara para la gestión del sistema de control de calidad del agua *Tabla 6*. Posteriormente se estableció un cronograma para la aplicación de las diversas actividades y tareas de mantenimiento, limpieza y monitoreo de los sistemas de ósmosis inversa y los filtros cartucho *Figura 1*.
- 4. Recursos y suministros:** Se evaluó la disponibilidad de recursos necesarios para el desarrollo del sistema, incluyendo los recursos humanos con personal capacitado, equipos de limpieza y desinfección, productos químicos-tecnológicos adecuados para los equipos de ósmosis inversa instalados *Tabla 6*.
- 5. Supervisión y seguimiento:** Junto a las distintas coordinaciones académicas clínicas y la dirección del programa de odontología se realizaron inspecciones periódicas asegurando el cumplimiento de los procedimientos establecidos, se realizaron análisis de calidad microbiológica del agua de forma regular según la normativa vigente para evaluar el antes y monitorear el después de la puesta en marcha

de los sistemas de ósmosis inversa con la intención de detectar posibles problemas para su corrección *Tabla 3. Tabla 4.*

6. **Registro y documentación:** se crearon y establecieron registros detallados para las diversas labores ya actividades realizadas, incluyendo limpieza, desinfección, monitoreo y análisis de la calidad del agua en las unidades dentales, se documentaron las acciones correctivas tomadas en caso de contaminaciones o desperfectos, junto con el análisis microbiológico pertinente. Esta actualización se indicó en listas de Chequeo para Manejo de Residuos, Esterilización y Dispositivos Médicos.
7. **Revisión y mejora continua:** Se diseñó un cronograma para realizar revisiones periódicas del sistema HACCP en búsqueda de áreas de mejora. De igual manera se implementaron 5 pasos previos en la aplicación de HACCP que fueron:
 - **Paso 1:** Reunión con equipo de I+D para el HACCP
 - **Paso 2:** Descripción de los pasos para el servicio odontológico relacionado con el agua en las unidades dentales
 - **Paso 3:** Identificación previa de la calidad microbiológica del agua de las unidades dentales
 - **Paso 4 y 5:** Construcción y desarrollo del diagrama de flujo junto a la actualización de los documentos y automatización para el protocolo de limpieza y esterilización como un sistema que permita cambios continuos.

DISCUSIÓN

La introducción del sistema HACCP *Tabla 1.* en las unidades dentales ha sido fundamental para cumplir con los estándares internacionales microbiológica (*Tabla 3. Tabla 4*) de calidad del agua⁹. Mediante la formación y capacitación del personal (*Tabla 6*) en el mantenimiento y control de la limpieza, desinfección y monitoreo de las líneas de agua, se ha garantizado un ambiente de trabajo seguro y libre de contaminantes¹⁵. La identificación de peligros, la determinación de puntos críticos de control (*Tabla 5*) y la aplicación de medidas preventivas (*Tabla 3. Tabla 4*) han contribuido significativamente a mejorar la calidad del agua y proteger la salud de los pacientes

y el personal^{3,10}. Los análisis pre y post tratamiento del agua han revelado una mejora notable en el cumplimiento de las normativas para coliformes totales y fecales *E. coli*⁴. Además, la evaluación de riesgos y parámetros de control (*Tabla 1*) ha permitido identificar áreas de riesgo y establecer medidas de control (*Tabla 5*) adecuadas para garantizar la seguridad del agua en la clínica odontológica¹². La implementación de un sistema de registros detallados y la revisión periódica del sistema HACCP aseguran la continuidad en la mejora de los procesos y la calidad del agua en la clínica odontológica¹⁰. La implementación de un sistema de purificación de agua mediante ósmosis inversa de 6 etapas (*Tabla 2*) en la clínica odontológica de la Universidad del Magdalena (*Figura 1*) ha sido un paso crucial en el aseguramiento de la calidad y seguridad del agua utilizada en los procedimientos odontológicos¹. Los resultados del análisis microbiológico evaluados (*Tabla 4*), revelan un impactante aumento en el cumplimiento de las normativas para coliformes totales y fecales *E. coli* después del tratamiento del agua⁶.

Antes de la implementación del sistema de ósmosis inversa, se observó la presencia de coliformes totales y en especial de *E. coli*, lo que indicaba un potencial riesgo para la salud de los pacientes y el personal⁴. Sin embargo, después del tratamiento, estos niveles se redujeron considerablemente es especial para los coliformes fecales *E. coli* donde se redujo en un 50% , lo que refleja la eficacia del sistema en la eliminación de contaminantes microbiológicos¹. Estos resultados son respaldados por el proceso detallado de purificación del agua (*Tabla 2*) que destaca las seis etapas críticas del sistema de ósmosis inversa⁷. Esta tecnología de membrana de ósmosis inversa, proporciona una precisión de 0.001 micrones, y emerge como el componente central que remueve bacterias, metales pesados, sales minerales y otras sustancias químicas disueltas en el agua, garantizando su pureza y seguridad⁵. Además, la evaluación de riesgos y parámetros de control (*Tabla 4*) proporciona una guía invaluable para identificar y mitigar posibles riesgos asociados con el agua en la clínica odontológica¹⁵. La categorización de riesgos (*Tabla 5*) como alto, moderado o bajo, junto con la definición de niveles de advertencia, límite y alerta, establece un marco sólido para el monitoreo continuo y la gestión proactiva de la calidad del agua³.

CONCLUSIÓN

La investigación y desarrollo, respaldados por decisiones ejecutivas, han sido cruciales para asegurar la máxima seguridad microbiológica en todas las operaciones de las clínicas de la Universidad del Magdalena, de esta manera se establece de forma inédita la implementación del sistema HACCP en las unidades dentales esencial para cumplir con los estándares internacionales de calidad del agua. La capacitación del personal en el mantenimiento y control de la limpieza de las líneas de agua ha garantizado un entorno de trabajo seguro y libre de contaminantes. La identificación de peligros, la determinación de puntos críticos de control y la aplicación de medidas preventivas han mejorado significativamente la calidad del agua y protegido la salud de pacientes y personal. La instalación de un sistema de purificación de agua mediante osmosis inversa ha sido fundamental para garantizar la seguridad del agua utilizada en los procedimientos odontológicos, demostrando una notable reducción en los niveles de contaminantes microbiológicos. En conjunto, nuestros resultados muestran la importancia

de un enfoque sistemático y proactivo en la gestión de la calidad del agua en espacios de salud pública como la clínica odontológica de la universidad.

Cuestiones bioéticas

Este estudio no utilizó muestras biológicas para la comprobación de sus resultados solo se utilizaron muestras sintéticas, para lo cual no se necesitó la aprobación de Comités de Bioética o Intervención en seres humanos o animales.

Financiamiento

La presente Investigación contó con el aval del Programa de Odontología y fue posible gracias a la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad del Magdalena.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Declaración de contribución

Los autores declaran que participaron de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Bayani M, Raisolvaezin K, Almasi-Hashiani A, Mirhoseini SH. Bacterial biofilm prevalence in dental unit waterlines: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):158. <https://bmccoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-023-02885-4>
2. O'Donnell MJ, Boyle MA, Russell RJ, Coleman DC. Management of dental unit waterline biofilms in the 21st century. *Future Microbiol*. 2011;6(10):1209–26. <https://www.futuremedicine.com/doi/10.2217/fmb.11.104>
3. DEPAOLA LG, MANGAN D, MILLS SE, COSTERTON W, BARBEAU J, SHEARER B, et al. A review of the science regarding dental unit waterlines. *J Am Dent Assoc*. 2002;133(9):1199–206. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002817714635911>
4. Costa D, Mercier A, Gravouil K, Lesobre J, Delafont V, Bousseau A, et al. Pyrosequencing analysis of bacterial diversity in dental unit waterlines. *Water Res*. 2015;81:223–31. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135415300476>
5. Zhang Y, Ping Y, Zhou R, Wang J, Zhang G. High throughput sequencing-based analysis of microbial diversity in dental unit waterlines supports the importance of providing safe water for clinical use. *J Infect Public Health*. 2018;11(3):357–63. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876034117302514>
6. Tuvo B, Totaro M, Cristina ML, Spagnolo AM, Di Cave D, Profeti S, et al. Prevention and Control of Legionella and Pseudomonas spp. Colonization in Dental Units. *Pathogens*. 2020;9(4):305. <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/4/305>
7. Wirthlin MR, Marshall GW, Rowland RW. Formation and Decontamination of Biofilms in Dental Unit Waterlines. *J Periodontol*. 2003;74(11):1595–609. <https://aap.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1902/jop.2003.74.11.1595>
8. Szymańska J, Sitkowska J. Bacterial contamination of dental unit waterlines. *Environ Monit Assess*. 2013;185(5):3603–11. <http://link.springer.com/10.1007/s10661-012-2812-9>
9. Alkhulaifi MM, Alotaibi DH, Alajlan H, Binshoail T. Assessment of nosocomial bacterial contamination in dental unit waterlines: Impact of flushing. *Saudi Dent J*. 2020;32(2):68–73. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1013905219304134>
10. Dyck A, Exner M, Kramer A. Experimental based experiences with the introduction of a water safety plan for a multi-located university clinic and its efficacy according to WHO recommendations. *BMC Public Health*. 2007;7(1):34. <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-7-34>
11. Spagnolo AM, Sartini M, Cristina ML. Microbial Contamination of Dental Unit Waterlines and Po-

- tential Risk of Infection: A Narrative Review. *Pathogens*. 2020;9(8):651. <https://www.mdpi.com/2076-0817/9/8/651>
12. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second [Internet]. 4^o Edición. 2022. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK579461/>
 13. Osimani A, Aquilanti L, Babini V, Tavoletti S, Clementi F. An eight-year report on the implementation of HACCP in a university canteen: impact on the microbiological quality of meals. *Int J Environ Health Res*. 2011;21(2):120–32. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09603123.2010.515669>
 14. BERLINGIERI F, BRUNO A, NJEUMI F, CAVIRANI S. Evolución de la cooperación entre la Organización Mundial de sanidad animal (OIE) y la Comisión del Codex Alimentarius. *Rev Sci Tech l'OIE*. 2007;26(3):607–17. <https://doc.oie.int/dyn/portal/index.xhtml?page=alo&aloId=30704>
 15. Tsitsifli S, Tsoukalas DS. Water Safety Plans and HACCP implementation in water utilities around the world: benefits, drawbacks and critical success factors. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;28(15):18837–49. <http://link.springer.com/10.1007/s11356-019-07312-2>

COMO CITAR

Araujo-Blanco JA, Wilches-Visbal JH, Castillo-Pedraza MC, Bustillo-Verbel RL, Coral-Córdoba AE, Morales-Lastre CC. Sistema HACCP para mejorar la inocuidad de unidades odontológicas. *ODONTOLOGÍA*. 30 de junio de 2024; 26(2):25-33. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/6744>