

SALUD PÚBLICA Y

ODONTOLOGÍA SOSTENIBLE

HUELLA DE CARBONO, PRÁCTICAS VERDES



JOHANNA REYES-REINOSO • CRISTIAN URGILÉS URGILÉS
ANGEL MOROCHO-MACAS • LUIS COLOMA CALLE
CRISTINA URGILÉS ESQUIVEL • FERNANDA GONZÁLEZ ANDRADE
DANIELA SAN MARTIN ANDRADE • IVÁN VALLADOLID ZHIZHINGO

**HIGH RATE
BOOKS**
BY HIGH RATE CONSULTING

SALUD PÚBLICA Y ODONTOLOGÍA SOSTENIBLE: HUELLA DE CARBONO, PRÁCTICAS VERDES

**JOHANNA ROSALI REYES-REINOSO
CRISTIAN DANILO URGILÉS URGILÉS
ANGEL AURELIO MOROCHO-MACAS
LUIS EMILIO COLOMA CALLE
CRISTINA ESTEFANÍA URGILÉS ESQUIVEL
FERNANDA NATALY GONZÁLEZ ANDRADE
DANIELA FERNANDA SAN MARTIN ANDRADE
IVÁN BOLÍVAR VALLADOLID ZHIZHINGO**



Salud pública y odontología sostenible: huella de carbono, prácticas verdes

Public health and sustainable dentistry: carbon footprint, green practices

USA, Septiembre/September 7, 2026

© Johanna Rosali Reyes-Reinoso, Cristian Danilo Urgilés Urgilés, Angel Aurelio Morocho-Macas, Luis Emilio Coloma Calle, Cristina Estefanía Urgilés Esquivel, Fernanda Nataly González Andrade, Daniela Fernanda San Martin Andrade, Iván Bolívar Valladolid Zhizhingo

Cómo citar / How to cite: Johanna Rosali Reyes-Reinoso, Cristian Danilo Urgilés Urgilés, Angel Aurelio Morocho-Macas, Luis Emilio Coloma Calle, Cristina Estefanía Urgilés Esquivel, Fernanda Nataly González Andrade, Daniela Fernanda San Martin Andrade, Iván Bolívar Valladolid Zhizhingo (2026). Salud pública y odontología sostenible: huella de carbono, prácticas verdes. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludodontologia>

BISAC: SCI026000 (primary), SCI092000, TEC010000, MED016000

Thema: TQ, RNU, MKE

Portada / Cover: Ronald Morillo

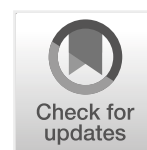
Diseño / Graphic design: Equipo de diseño High Rate Consulting Co

ISNI High Rate Consulting: <https://isni.org/isni/00000000492376119>

e-ISBN: 978-1-969700-28-6 | ISBN: 978-1-969700-29-3

High Rate Consulting, Corp. Plano, TX. USA | Phone: +1 786 566 0795 | Email: wile@higrateco.com

ESTE LIBRO HA SIDO ARBITRADO POR PARES CIEGOS Y ES PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN.
THIS BOOK HAS BEEN REVIEWED BY DOUBLE BLIND PEERS AND IS PRODUCT OF RESEARCH.



Autores/Authors

Johanna Rosali Reyes-Reinoso

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-8238-4367>

jreyesr@ucacue.edu.ec

Cristina Estefanía Urgilés Esquivel

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3272-0910>

cristina.urgiles@ucacue.edu.ec

Cristian Danilo Urgilés Urgilés

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-4077-4601>

curgilesu@ucacue.edu.ec

Fernanda Nataly González Andrade

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues; Facultad de Criminología y Ciencias Forenses, Carrera de Criminología y Ciencias Forenses, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3675-0933>

fngonzaleza@ucacue.edu.ec

Angel Aurelio Morocho-Macas

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Cuenca, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-2946-1284>

amorocho@ucacue.edu.ec

Daniela Fernanda San Martin Andrade

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-9449-7008>

daniela.sanmartin@ucacue.edu.ec

Luis Emilio Coloma Calle

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0009-4260-2353>

luis.coloma@ucacue.edu.ec

Iván Bolívar Valladolid Zhizhingo

Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología-Azogues, Azogues, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0008-4768-5517>

ivan.valladolid@ucacue.edu.ec

Abstract

The contemporary climate emergency has reshaped the relationship between health, the environment, and sustainability, compelling healthcare systems to address the imperative of reducing their environmental footprint without compromising the quality of care. This book examines the carbon footprint as a key indicator for understanding and managing greenhouse gas emissions generated by healthcare services, with particular emphasis on dental practice. Drawing upon a conceptual and evidence-based approach, it explores the foundations of carbon footprint assessment, the principal methodological frameworks used for its quantification, and the role of sustainability as a fundamental component of contemporary healthcare management. Subsequently, the relationship between public health and climate change is analyzed, highlighting how environmental transformations affect the determinants of health and how the healthcare sector itself contributes to greenhouse gas emissions through energy consumption, transportation, the use of clinical supplies, and waste management. From this perspective, dentistry is recognized as a healthcare activity with a significant environmental burden, associated with the intensive use of equipment, clinical materials, sterilization procedures, and complex supply chains. The book further examines the main sources of emissions in dental practice and synthesizes the international evidence on sustainable dentistry, energy efficiency, waste reduction, and decarbonization strategies. Finally, a case study conducted at the Dental Clinic of the Catholic University of Cuenca, Azogues Campus, is presented, applying an internationally recognized methodology to estimate the institution's carbon footprint. The findings enable the identification of critical energy consumption processes and establish a baseline for future mitigation initiatives. Overall, the book advocates for an integrative perspective that brings together public health, environmental management, and sustainable dentistry, promoting professional practice committed to the simultaneous protection of human health and the natural environment.

Keywords: carbon footprint, sustainable dentistry, greenhouse gases, healthcare sustainability, healthcare decarbonization

Resumen

La emergencia climatológica contemporánea ha reconfigurado el nexo entre la salud, la ecología y la sostenibilidad, con la obligación para los sistemas de salud de hacer frente al imperativo de disminuir su huella ecológica sin poner en peligro el calibre de la atención. En este libro se analiza la huella de carbono como un indicador fundamental para comprender y administrar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los consultorios de atención médica, con especial hincapié en las operaciones dentales. Ahora bien, al partir de un examen conceptual y empírico, se investigan los principios de la huella de carbono, los paradigmas metodológicos predominantes para su evaluación y la importancia de la sostenibilidad como elemento fundamental de la gestión contemporánea de los servicios de salud. Con posterioridad, se explora la asociación entre la salud pública y las alteraciones climáticas, subrayando cómo las transformaciones ambientales afectan a los determinantes de la salud y cómo el propio sector de la salud contribuye a la generación de emisiones mediante el uso de la energía, la movilidad, la aplicación de insumos y la gestión de residuos. Desde este punto de vista, la odontología se considera una actividad sanitaria con una carga ambiental considerable, vinculada al uso intensivo de aparatos, materiales clínicos, procedimientos de esterilización y complejas cadenas de suministro. La investigación profundiza aún más en las principales fuentes de emisiones en la práctica dental y resume la evidencia internacional existente sobre la sostenibilidad dental, la eficiencia energética, la minimización de los residuos y las estrategias de descarbonización. Finalmente, se describe un estudio de caso realizado en la Clínica Dental de la Universidad Católica de Cuenca, en el campus de Azogues, en el que se emplea una metodología de cálculo basada en estándares internacionales para estimar la huella de carbono institucional. Los hallazgos facilitan la identificación de los procesos críticos de consumo de energía y establecen una línea de base para las posibles iniciativas de mitigación. En conjunto, esta obra aboga por una perspectiva integradora que armonice la salud pública, la administración ambiental y la odontología sostenible, por medio del fomento de una práctica profesional dedicada a la protección simultánea de la salud humana y el medio ambiente ecológico.

Palabras clave: huella de carbono, odontología sostenible, gases de efecto invernadero, sostenibilidad sanitaria, descarbonización de servicios de salud

PRÓLOGO

La sostenibilidad ha dejado de representar una preocupación periférica y se ha convertido en una necesidad ineludible de los sistemas de salud contemporáneos. Durante décadas, la atención médica se concentró principalmente en ampliar la cobertura, fortalecer la tecnología y mejorar los resultados clínicos; sin embargo, el reconocimiento de la crisis climática como una de las principales amenazas para la salud humana puso de relieve una contradicción estructural: las propias instituciones encargadas de salvaguardar la vida contribuyen, en diversos grados, a la generación de repercusiones ambientales que ponen en peligro el bienestar de las generaciones presentes y futuras. Esta realidad requiere una reevaluación profunda de la manera en que se conciben, organizan y administran los servicios de salud.

En este contexto, la odontología ocupa una posición particularmente importante. Aunque tradicionalmente se ha examinado desde perspectivas clínicas, preventivas y restauradoras, su funcionamiento depende de procesos que implican el consumo de energía, la utilización intensiva de materiales, la movilidad de las personas, los sistemas de esterilización y la generación incesante de residuos. El conjunto de estas actividades constituye una huella ambiental que no puede permanecer oculta en los discursos actuales sobre la sostenibilidad de la salud. Reconocer esta situación no implica cuestionar la importancia de la atención dental, sino aumentarla mediante metodologías que concilien la excelencia clínica con la gestión ambiental.

Este esfuerzo surge precisamente de la necesidad de forjar conexiones entre la salud pública, la gestión ambiental y la práctica dental. Su principal contribución reside en trasladar el discurso sobre el cambio climático y la sostenibilidad de los contextos globales expansivos a la realidad tangible de las clínicas dentales, demostrando que las decisiones cotidianas relacionadas con la utilización de los recursos, la organización de los procesos y la gobernanza institucional tienen ramificaciones ambientales mensurables que son posibles de mejorar.

Más allá de cuantificar las emisiones o delinear los indicadores, este texto nos invita a comprender que la sostenibilidad constituye una dimensión inseparable de la calidad de la atención y la ética profesional contemporánea. La protección de la salud humana depende cada vez más de la capacidad colectiva para mitigar los impactos ambientales asociados a nuestras prácticas. En consecuencia, la odontología sostenible no debe percibirse como una tendencia emergente, sino, más bien, como una evolución esencial de la profesión en respuesta a los desafíos sanitarios y ecológicos del siglo XXI.

INTRODUCCIÓN

La crisis climática contemporánea ha transformado profundamente la manera de comprender la relación entre salud, ambiente y sostenibilidad, al desplazar el análisis desde perspectivas exclusivamente ecológicas hacia enfoques integrales que reconocen el impacto directo de las actividades humanas sobre los sistemas sanitarios y la calidad de vida de las poblaciones (Linares et al., 2020; García-González et al., 2022).

El incremento sostenido de las emisiones de gases de efecto invernadero, el deterioro progresivo de los ecosistemas y la intensificación de fenómenos climáticos extremos evidenciaron que los modelos tradicionales de producción y prestación de servicios resultan incompatibles con las necesidades actuales de sostenibilidad global. Dentro de este escenario, el sector salud ocupa una posición particularmente compleja, debido a que su misión fundamental consiste en proteger la vida humana, mientras sus procesos operativos contribuyen en simultáneo al deterioro ambiental que amenaza esa misma salud.

La odontología forma parte de esta problemática global. A pesar de que históricamente la atención odontológica ha sido asociada principalmente con la prevención y tratamiento de enfermedades bucodentales (Ricaldi, 2024; Borglin et al., 2021). La evolución tecnológica, el incremento del uso de materiales descartables, la dependencia de sistemas de esterilización continua, la digitalización de procesos clínicos y el elevado consumo energético de las clínicas han configurado una práctica asistencial con impacto ambiental significativo (Taco y Chiliquinga Negrete, 2026). Cada procedimiento odontológico involucra consumo de electricidad, agua, materiales clínicos, instrumental, barreras de bioseguridad y procesos de gestión de residuos que, acumulados dentro de la dinámica institucional de clínicas universitarias, hospitales y consultorios privados, generan una huella ambiental cada vez más relevante dentro de los sistemas de salud.

Durante las últimas décadas, la sostenibilidad sanitaria ha dejado de ser una preocupación periférica para convertirse en un eje estratégico dentro de las políticas internacionales de salud pública (Berniak-Woźny y Rataj, 2023; Cavicchi et al., 2022). Organismos multilaterales, redes académicas y asociaciones científicas han señalado la necesidad de avanzar hacia sistemas de atención resilientes y bajos en carbono, capaces de reducir emisiones sin comprometer la calidad asistencial ni la seguridad clínica. En este contexto, la odontología enfrenta el desafío de redefinir sus modelos operativos bajo principios de eficiencia energética, prevención, racionalización de recursos y responsabilidad ambiental, integrando la sostenibilidad como parte estructural de la práctica profesional contemporánea.

La relevancia de estudiar la huella de carbono en odontología radica en que una importante proporción de los impactos ambientales asociados a la práctica clínica permanecen invisibilizados dentro de la gestión institucional tradicional. La atención odontológica no solo depende del acto clínico inmediato, sino también de cadenas de suministro complejas, sistemas de transporte, procesos industriales de fabricación de materiales y mecanismos de disposición final de residuos. Esta interdependencia convierte a la odontología en un espacio estratégico para analizar cómo las decisiones clínicas y administrativas se relacionan con el consumo de recursos y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

En América Latina, y particularmente en Ecuador, la producción científica relacionada con sostenibilidad ambiental aplicada a servicios odontológicos continúa siendo limitada. La mayoría de las investigaciones disponibles proviene de contextos europeos o norteamericanos, donde las condiciones de infraestructura, matriz

energética, gestión de residuos y organización sanitaria difieren de modo considerable de las realidades locales. Esta brecha de conocimiento dificulta la formulación de estrategias contextualizadas y limita la capacidad institucional para implementar modelos de gestión ambiental sustentados en evidencia regional. En consecuencia, resulta necesario generar investigaciones aplicadas que permitan comprender cómo se manifiesta la huella de carbono en clínicas odontológicas universitarias y servicios asistenciales latinoamericanos.

Esta producción surge precisamente de esa necesidad de articulación entre salud pública, sostenibilidad ambiental y práctica odontológica. Su propósito consiste en ofrecer una aproximación científica, crítica y contextualizada sobre las perspectivas actuales de la huella de carbono en la práctica dental, integrando fundamentos conceptuales, análisis metodológicos y evidencia aplicada en clínicas odontológicas. La obra no se limita a describir emisiones o impactos ambientales aislados, sino que busca comprender la sostenibilidad odontológica como un proceso transversal que involucra dimensiones clínicas, tecnológicas, organizacionales, éticas y formativas.

A lo largo de los capítulos se va a desarrollar una reflexión progresiva sobre el cambio climático como determinante contemporáneo de la salud pública, la relación entre sostenibilidad y sistemas sanitarios, las principales fuentes de emisiones dentro de la práctica odontológica y las estrategias orientadas a reducir el impacto ambiental de las clínicas dentales. Asimismo, se incorpora un estudio de caso aplicado en la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, con el objetivo de trasladar los fundamentos teóricos hacia una experiencia institucional concreta basada en cálculo de emisiones, análisis energético y propuestas de mitigación.

La importancia de esta realización radica en su capacidad para vincular la práctica odontológica con los desafíos ambientales contemporáneos desde una perspectiva científica y aplicada. La sostenibilidad ya no puede interpretarse como un elemento complementario de la gestión clínica, sino como una condición necesaria para garantizar la continuidad ética y ambiental de los servicios de salud. En este sentido, comprender la huella de carbono en odontología implica reconocer que la protección de la salud humana depende también de la capacidad institucional y profesional para reducir el impacto ecológico derivado de la atención sanitaria.

Índice

Capítulo 1. Fundamentos de la huella de carbono Chapter 1. Carbon Footprint Basics	11
Capítulo 2. Salud pública y huella de carbono Chapter 2. Public health and carbon footprint	18
Capítulo 3. Huella de carbono en odontología Chapter 3. Carbon footprint in dentistry	25
Capítulo 4. Estudio de caso: huella de carbono en una clínica odontológica Chapter 4. Case Study: Carbon Footprint in a Dental Clinic	32
Conclusiones	47
Referencias	49
Sobre los autores	51
Listado de siglas	54
Contraportada	56

Fundamentos de la huella de carbono

Resumen

La huella de carbono se consolida como un indicador de gestión ambiental y estratégica dentro del sector salud, con especial énfasis en la práctica odontológica. A pesar de su misión orientada a preservar la salud, el sistema sanitario contribuye con el 4,4 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), provenientes principalmente de la cadena de suministro, la energía y la logística. En odontología, la carga ambiental se deriva del consumo eléctrico de equipos de bioseguridad y diagnóstico, el uso masivo de insumos desechables de un solo uso, los desplazamientos de pacientes y profesionales, y las emisiones embebidas en la fabricación de materiales clínicos. La cuantificación en unidades de CO₂-equivalente permite sustituir apreciaciones subjetivas por evidencia objetiva, facilitando la identificación de puntos críticos (hotspots) y la toma de decisiones costo-eficientes. La medición no solo optimiza costos operativos y fortalece procesos de certificación o docencia, sino que responde a una exigencia ética que vincula la práctica dental con la salud planetaria y los compromisos climáticos globales y nacionales.

Palabras clave: huella de carbono, sector salud, odontología sostenible, gases de efecto invernadero, cadena de suministro, gestión ambiental

Carbon Footprint Basics

Abstract

The carbon footprint serves as a strategic indicator to address the paradox of the healthcare sector, which aims to preserve human life while generating 4.4% of net global greenhouse gas (GHG) emissions. Focusing on modern dental practice, the environmental impact stems from high electricity consumption, intensive use of disposable materials, patient and staff transport, and upstream supply chain operations. Measuring emissions in CO₂-equivalent shifts sustainability from a theoretical concept to an evidence-based management tool. Identifying operational critical points (hotspots) enables resource optimization, carbon mitigation, and institutional accreditation, aligning clinical dental practice with global decarbonization goals and national commitments like Ecuador's Nationally Determined Contributions (NDCs).

Keywords: carbon footprint, healthcare sector, sustainable dentistry, greenhouse gas emissions, supply chain, environmental management

La huella de carbono como indicador ambiental en el sector salud

Conceptualización y alcance de la huella de carbono

La huella de carbono se ha consolidado como uno de los indicadores ambientales más relevantes dentro de los estudios contemporáneos sobre sostenibilidad, debido a su capacidad para cuantificar de manera integral las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por actividades humanas, procesos institucionales, cadenas productivas y sistemas de prestación de servicios (Varón-Hoyos et al., 2021; Valls-Val y Bovea, 2022; Paredes-Canencio et al., 2024). Su importancia no reside únicamente en la medición de emisiones, sino en la posibilidad de transformar un problema ambiental complejo en una variable objetiva, verificable y susceptible de intervención técnica. En este sentido, la huella de carbono constituye una herramienta que articula la dimensión ecológica con la gestión organizacional, al permitir que la sostenibilidad deje de ser una aspiración discursiva para convertirse en un componente estratégico de planificación institucional (IPCC, 2023; ISO 14064, 2018).

Desde una perspectiva metodológica, la huella de carbono comprende la cuantificación de la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos directa e indirectamente por una organización o actividad, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq). Esta equivalencia permite integrar emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y gases fluorados bajo una unidad común de comparación, en consideración con sus distintos potenciales de calentamiento global. Aunque muchas discusiones sobre huella de carbono se enfocan en sectores industriales o energéticos, el sector salud también tiene un peso significativo. Recientes estimaciones indican que la huella climática global del sector salud representa aproximadamente 4,4 % de las emisiones globales netas de GEI. La incorporación de este criterio evita reducciones analíticas simplificadas y favorece una visión sistémica del impacto ambiental, en especial en sectores complejos como el sanitario, donde múltiples fuentes emisoras conviven de manera simultánea.

El sector salud representa un escenario particularmente relevante para la aplicación de este indicador, debido a la paradoja estructural que lo caracteriza: su finalidad principal consiste en preservar la vida humana, pero su funcionamiento cotidiano genera una carga ambiental considerable que contribuye al deterioro climático global. Por ello, hospitales, centros de salud y clínicas dependen de sistemas energéticos intensivos, procesos permanentes de esterilización, climatización, refrigeración, movilidad sanitaria, generación de residuos peligrosos y cadenas de suministro de alta complejidad logística. Esta realidad obliga a replantear la sostenibilidad sanitaria no como un complemento administrativo, sino como una exigencia ética vinculada de modo directo con la responsabilidad profesional de proteger la salud sin deteriorar el entorno que la sustenta (Health Care Without Harm & Arup, 2019).

La incorporación de la huella de carbono dentro del análisis sanitario permite, además, reconocer que las emisiones no se limitan a los espacios físicos de atención, sino que se extienden hacia toda la red de producción y distribución de bienes utilizados en los servicios clínicos. Medicamentos, dispositivos médicos, materiales de bioseguridad, instrumental quirúrgico y tecnologías diagnósticas poseen una carga

ambiental previa asociada a su fabricación, transporte y disposición final (Bambarén-Alatrística y Alatrística-Gutiérrez, 2016; Murillo-Rodríguez y Mora-Rivera, 2024). Dentro del sector salud, la mayoría de las emisiones provienen no tanto de las instalaciones en sí (uso de energía, combustibles directos), sino de la cadena de suministro (producción y transporte de insumos, dispositivos médicos, medicamentos, material descartable, gestión de residuos, etc.), así como del transporte de personal, pacientes y residuos. Esta ampliación del enfoque modifica profundamente la manera en que se entiende la sostenibilidad institucional, desplazándola desde una lógica exclusivamente operativa hacia una visión estructural de responsabilidad ambiental.

En el contexto odontológico, esta reflexión adquiere una relevancia creciente. La clínica dental contemporánea funciona mediante una combinación intensiva de equipos eléctricos, sistemas de esterilización, radiología digital, climatización constante y uso masivo de materiales descartables. La aparente pequeña escala del consultorio no implica una baja carga ambiental; por el contrario, la frecuencia de procedimientos, la dependencia tecnológica y la producción constante de residuos convierten a la odontología en una actividad con un impacto significativo dentro del sistema sanitario. La evaluación de la huella de carbono permite visibilizar esta realidad y fundamentar estrategias concretas orientadas a la reducción de emisiones.

La odontología como actividad emisora dentro del sistema sanitario

Durante décadas, la odontología fue escasamente considerada dentro de los debates sobre sostenibilidad ambiental, principalmente porque el foco de atención se concentró en hospitales de alta complejidad y grandes infraestructuras sanitarias. Sin embargo, la evidencia reciente demuestra que esta percepción resulta limitada (Dixon et al., 2024; Bamedhafet al., 2025; Aguilar et al., 2025; Martín et al., 2021). La práctica odontológica moderna posee una alta dependencia de recursos energéticos, materiales industriales y sistemas logísticos que generan emisiones significativas de gases de efecto invernadero, tanto en su funcionamiento directo como en la cadena de suministro que sostiene cada procedimiento clínico (Interview: Say No More, 2017; Martínet al., 2024).

Uno de los principales factores emisores en odontología corresponde al consumo energético (Acuña-Vesga et al., 2022; Roletto et al., 2024; Oskarbski y Biszko, 2023). Las autoclaves, compresores, sistemas de aspiración, equipos radiográficos, lámparas de fotocurado, unidades dentales, computadoras clínicas y sistemas de climatización requieren un uso continuo de electricidad. A diferencia de otros espacios de consulta general, la odontología exige altos estándares de bioseguridad y esterilidad que incrementan el uso energético diario. Esta demanda se intensifica en contextos universitarios o clínicas docentes, donde el volumen de procedimientos y el tiempo operativo son considerablemente mayores.

A ello se suma la dependencia de materiales descartables y dispositivos clínicos de corta vida útil. Guantes, mascarillas, campos estériles, succionadores, vasos plásticos, barreras protectoras, empaques individuales y múltiples insumos restauradores forman parte de una práctica donde la bioseguridad justifica un elevado consumo de materiales de un solo uso. No obstante ser clínicamente necesarios en muchos casos, estos insumos representan una fuente relevante de emisiones indirectas, en particular cuando se

considera la energía utilizada en su fabricación industrial, su transporte internacional y su disposición final como residuos contaminados.

Ahora bien, otro componente crítico corresponde al transporte de pacientes y profesionales. En numerosos estudios de evaluación de ciclo de vida, los desplazamientos diarios hacia consultas odontológicas representan uno de los mayores porcentajes de la huella total del servicio dental. La frecuencia de citas, la atención individualizada y la baja utilización de sistemas colectivos de movilidad convierten al transporte en un *hotspot* estructural de emisiones. Esta situación resulta especialmente visible en ciudades intermedias o territorios con dispersión geográfica, donde la dependencia del vehículo privado incrementa sustancialmente la carga ambiental.

La dimensión menos visible, pero metodológicamente más importante, se encuentra en la cadena de suministro. Por ejemplo, resinas, cementos, yesos, materiales protésicos, sistemas CAD/CAM, autoclaves y equipos radiográficos poseen emisiones embebidas que superan con amplitud el consumo directo observado en clínica. Esto significa que la huella de carbono odontológica no puede reducirse únicamente mediante ahorro energético interno, sino que exige decisiones estratégicas sobre compras sostenibles, prolongación de vida útil de equipos y selección responsable de proveedores. La sostenibilidad clínica comienza mucho antes del acto operatorio y se extiende más allá del tratamiento realizado.

Finalidad de la medición y toma de decisiones sostenibles

La medición de la huella de carbono no constituye un ejercicio meramente descriptivo ni una práctica administrativa secundaria; representa una herramienta de gestión estratégica orientada a la toma de decisiones sostenibles. Conocer el volumen real de emisiones permite sustituir la percepción subjetiva por evidencia cuantificable, lo que hace posible establecer prioridades de intervención y evaluar la efectividad de las acciones implementadas. Sin medición, la sostenibilidad permanece en el terreno de la intención; con medición, se convierte en un proceso técnico de mejora continua.

En las clínicas odontológicas, esta lógica permite identificar con precisión los procesos que concentran mayor carga ambiental. El consumo eléctrico, la esterilización, el transporte de pacientes, el uso de materiales descartables y la gestión de residuos infecciosos suelen aparecer como los principales puntos críticos. Reconocer estos *hotspots* permite orientar recursos hacia intervenciones de mayor impacto, lo cual evita estrategias superficiales que generan escaso beneficio ambiental. La eficiencia energética, por ejemplo, no debe plantearse como una medida aislada, sino como parte de una política institucional de descarbonización.

La medición también posibilita establecer indicadores comparables de desempeño ambiental. Expresar la huella de carbono por paciente atendido, por procedimiento clínico o por unidad operativa facilita el seguimiento longitudinal y la comparación entre servicios. Esta normalización metodológica fortalece la capacidad de auditoría y genera una base objetiva para procesos de acreditación, certificación verde y evaluación institucional. Además, en entornos universitarios, constituye una oportunidad pedagógica para integrar la sostenibilidad en la formación profesional del futuro odontólogo.

Desde una perspectiva económica, la reducción de emisiones con frecuencia coincide con la optimización de recursos. Un menor consumo energético implica

menor costo operativo; una gestión más eficiente de inventarios reduce desperdicios; la digitalización disminuye materiales físicos y desplazamientos innecesarios. La sostenibilidad, por tanto, no debe interpretarse como una carga financiera adicional, sino como una forma más inteligente de administrar recursos clínicos y fortalecer la competitividad institucional.

Por último, existe una dimensión ética ineludible. La profesión odontológica no puede limitar su responsabilidad al tratamiento individual del paciente ignorando el impacto ambiental de sus propias prácticas. La salud humana y la salud planetaria integran una misma ecuación epidemiológica. La medición de la huella de carbono hace posible reconocer esa interdependencia y asumir una práctica clínica más coherente con los principios contemporáneos de salud pública y justicia ambiental. Reducir emisiones no es únicamente una meta ambiental, sino una forma ampliada de responsabilidad sanitaria.

Panorama global y nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero

Contexto mundial de las emisiones de CO₂

El calentamiento global contemporáneo encuentra su principal fundamento en el incremento sostenido de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. La quema de combustibles fósiles, la producción industrial, el transporte, la expansión urbana y los cambios en el uso del suelo han modificado profundamente el equilibrio atmosférico del planeta, lo cual ha generado una acumulación de gases que intensifica el efecto invernadero natural. Esta alteración no constituye una hipótesis emergente, sino una evidencia científicamente consolidada por los informes del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), que reconocen la relación casi lineal entre emisiones acumuladas y aumento de la temperatura media global (IPCC, 2023).

A escala mundial, aproximadamente el 73 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero provienen del uso de energía, incluyendo generación eléctrica, transporte, consumo térmico industrial y residencial. Este predominio convierte al sector energético en el principal objetivo de las políticas de mitigación climática. Sin embargo, otros sectores, como agricultura, residuos, procesos industriales y cambio de uso del suelo mantienen también una contribución significativa, en particular en economías en desarrollo donde la matriz productiva conserva una fuerte dependencia extractiva y agropecuaria.

El sector salud, históricamente excluido de esta discusión, representa alrededor del 4,4 % de las emisiones globales netas de GEI. Si el sistema sanitario mundial fuera considerado un país independiente, se ubicaría entre los principales emisores del planeta. Esta cifra desmonta la falsa neutralidad ambiental de la atención médica y obliga a incorporar la sostenibilidad como parte estructural de la gestión sanitaria. La generación de electricidad hospitalaria, la producción de insumos médicos, la movilidad sanitaria y la gestión de residuos conforman una carga ambiental que ya no puede ser ignorada.

Dentro de este contexto, la odontología participa como una extensión concreta

de esa huella global. La suma de millones de procedimientos clínicos, desplazamientos individuales y consumo de materiales especializados genera una contribución relevante que, aunque menos visible, posee implicaciones acumulativas sustanciales. La comprensión del panorama mundial resulta necesaria porque permite ubicar a la práctica clínica individual dentro de una estructura más amplia de responsabilidad ambiental y descarbonización sanitaria.

La transición hacia sistemas sostenibles exige, por tanto, abandonar la visión fragmentada del problema. La clínica odontológica no es una unidad aislada, sino parte de una red global de producción, consumo y emisiones. Reconocer esta interdependencia constituye el primer paso para construir respuestas coherentes desde la práctica profesional.

En el caso ecuatoriano, los compromisos asumidos mediante las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) establecen metas orientadas a la reducción de emisiones y al fortalecimiento de estrategias de adaptación climática, alineadas con los objetivos del Acuerdo de París (UNFCCC, 2022).

Salud pública y huella de carbono

Resumen

El cambio climático constituye un determinante estructural de la salud pública contemporánea que exacerba vulnerabilidades sanitarias y degrada los sistemas ecológicos. Paralelamente, el sistema de salud enfrenta una paradoja al actuar como protector de la vida y ser simultáneamente un emisor significativo de gases de efecto invernadero (entre el 4 % y el 5 % mundial), debido a su elevado consumo energético, transporte, cadenas de suministro y gestión de residuos. Esta carga ambiental deriva en nuevas amenazas para la salud humana, tales como estrés térmico, afecciones respiratorias, expansión de vectores e inseguridad hídrica y alimentaria. En la práctica odontológica, la alta dependencia energética, el uso masivo de insumos desechables y los desplazamientos continuos amplifican este impacto. La medición de la huella de carbono y la adopción de prácticas sostenibles permiten mitigar el impacto ambiental, garantizar la resiliencia operativa y alinear la atención clínica con los principios de salud planetaria.

Palabras clave: salud pública, cambio climático, huella de carbono, emisiones sanitarias, odontología sostenible, salud ambiental

Public health and carbon footprint

Abstract

Climate change represents a structural determinant of public health that intensifies global health vulnerabilities and degrades ecological systems. Simultaneously, the healthcare sector faces a paradox by acting as both a primary protector of health and a major emitter of net global greenhouse gases (4% to 5%), driven by high energy consumption, transportation, supply chains, and clinical waste. This environmental burden manifests in emerging health threats including heat stress, respiratory conditions, vector-borne diseases, and water or food insecurity. In dental practice, resource-intensive procedures, high energy dependence, disposable material usage, and frequent patient travel contribute to this cycle. Adopting carbon footprint measurements and sustainable practices allows healthcare systems and clinical dentistry to mitigate their environmental footprint, ensure operational resilience, and align clinical delivery with planetary health imperatives.

Keywords: public health, climate change, carbon footprint, healthcare emissions, sustainable dentistry, environmental health

Salud pública en el contexto del cambio climático

El cambio climático como determinante contemporáneo de la salud pública

El cambio climático se ha consolidado como uno de los determinantes estructurales más influyentes sobre la salud pública contemporánea, debido a que sus efectos trascienden el ámbito estrictamente ambiental y penetran de manera profunda en las condiciones materiales, sociales y sanitarias que sostienen la vida humana. Ya no puede interpretarse únicamente como una alteración ecológica vinculada al aumento de la temperatura global, sino como un fenómeno multidimensional que modifica la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua potable, la distribución de enfermedades, la estabilidad económica y la capacidad institucional de respuesta frente a crisis sanitarias colectivas. Esta realidad obliga a reformular el paradigma tradicional de salud pública, integrando la dimensión climática como un componente central del bienestar poblacional (World Health Organization, 2020; IPCC, 2023).

Durante gran parte del siglo XX, la salud pública concentró sus esfuerzos en el control de enfermedades transmisibles, la vacunación masiva, el saneamiento básico, la vigilancia epidemiológica y la prevención de factores de riesgo asociados a estilos de vida individuales. Sin embargo, la crisis climática ha introducido una complejidad distinta, porque no actúa como un factor aislado sino como un amplificador sistémico de múltiples vulnerabilidades preexistentes. La exposición a fenómenos extremos no solo incrementa la incidencia de enfermedades, sino que debilita simultáneamente la infraestructura que debería responder a ellas, lo que genera un círculo de fragilidad institucional difícil de contener.

Las olas de calor prolongadas, las sequías persistentes, las inundaciones recurrentes, los incendios forestales y la contaminación atmosférica sostenida han dejado de ser eventos excepcionales para convertirse en expresiones recurrentes de una nueva normalidad climática (UNEP, 2023). Esta transición redefine la epidemiología contemporánea porque incrementa la carga de enfermedades respiratorias, cardiovasculares, infecciosas y de salud mental, al tiempo que genera desplazamientos poblacionales, pérdidas económicas y deterioro de redes comunitarias de protección. La salud pública debe responder ahora a procesos más complejos que superan la lógica clásica de enfermedad-agente-huésped.

La dimensión temporal de esta crisis también modifica la forma de intervención sanitaria. Los efectos del cambio climático no siempre se manifiestan de manera inmediata; con frecuencia, operan de forma acumulativa, silenciosa y progresiva. La malnutrición derivada de la inseguridad alimentaria, la exposición prolongada a contaminantes atmosféricos o la pérdida gradual de acceso a servicios sanitarios por deterioro territorial producen daños lentos, pero profundamente estructurales. Esto exige abandonar enfoques exclusivamente reactivos y fortalecer modelos preventivos con perspectiva de largo plazo.

El cambio climático profundiza, además, desigualdades históricas ya existentes. Las poblaciones rurales, comunidades indígenas, territorios periféricos y sectores empobrecidos enfrentan mayores riesgos debido a la menor disponibilidad de infraestructura sanitaria, recursos económicos y mecanismos institucionales de

protección. La justicia climática se convierte así en una dimensión inseparable de la justicia sanitaria, pues los grupos que menos contribuyen a las emisiones suelen ser quienes soportan sus consecuencias más severas. La respuesta sanitaria no puede limitarse a la asistencia clínica, sino que debe abordar estas asimetrías estructurales.

En este escenario, la odontología no puede mantenerse al margen. La salud bucal depende directamente de determinantes ambientales como la calidad del agua, la nutrición, la estabilidad alimentaria, la exposición a contaminantes y la continuidad de la atención preventiva. Además, la práctica odontológica participa activamente en la generación de emisiones y residuos, lo que convierte al profesional dental en un actor simultáneamente afectado y responsable dentro de esta crisis. La clínica odontológica forma parte del sistema sanitario que debe repensarse desde la sostenibilidad.

Reconocer el cambio climático como determinante contemporáneo de la salud pública implica aceptar que la sostenibilidad no constituye una dimensión complementaria ni opcional de la atención sanitaria, sino una condición para su viabilidad futura (WHO, 2023). La protección de la salud humana depende inseparablemente de la protección de los sistemas ecológicos que la sostienen, y esta interdependencia redefine de modo profundo el alcance ético, institucional y operativo de toda práctica sanitaria.

La evidencia científica contemporánea admite al cambio climático como una de las principales amenazas para la salud pública global debido a su capacidad para incrementar la carga de enfermedades, exacerbar desigualdades sociales y comprometer la resiliencia de los sistemas sanitarios. Los impactos asociados al aumento de la temperatura, los eventos climáticos extremos, la inseguridad alimentaria y los cambios en la distribución de enfermedades transmisibles han ampliado el alcance de los riesgos sanitarios a escala mundial (Wattset al., 2021).

Nuevas amenazas ambientales para la salud humana

Las amenazas derivadas del cambio climático no se limitan a intensificar riesgos sanitarios previamente conocidos, sino que configuran nuevos escenarios epidemiológicos que desafían la capacidad de adaptación de los sistemas públicos de salud. Una de las manifestaciones más evidentes corresponde al incremento sostenido de temperaturas extremas, fenómeno que ha provocado un aumento de episodios de estrés térmico, deshidratación severa, golpes de calor y exacerbación de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y renales. Las olas de calor prolongadas afectan en particular a adultos mayores, niños, trabajadores expuestos al ambiente y personas con enfermedades crónicas, lo que incrementa de manera significativa la mortalidad evitable y la presión sobre los servicios hospitalarios (World Health Organization, 2023).

La contaminación atmosférica constituye otra amenaza crítica para la salud pública global. La exposición sostenida a partículas finas PM_{2.5}, dióxido de nitrógeno, ozono troposférico y compuestos tóxicos derivados de incendios forestales e industrias intensifica la prevalencia de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer pulmonar, eventos cardiovasculares agudos y múltiples trastornos inflamatorios sistémicos. La mala calidad del aire ya no puede entenderse como una problemática urbana aislada, sino como un determinante transversal de enfermedad con impacto multisistémico y persistente.

Esta problemática no proviene exclusivamente de sectores industriales o del transporte masivo. Las infraestructuras sanitarias también participan indirectamente

en este deterioro mediante un elevado consumo energético, sistemas de climatización intensivos, esterilización permanente y gestión inadecuada de residuos. En odontología, los procesos clínicos cotidianos dependen de electricidad constante, dispositivos tecnológicos y materiales de un solo uso cuya producción y eliminación contribuyen al deterioro ambiental que posteriormente repercute sobre la salud colectiva.

En paralelo, el cambio climático modifica la distribución geográfica de vectores transmisores de enfermedades. Mosquitos como *Aedes aegypti* y *Anopheles* han expandido su presencia hacia zonas templadas y territorios de mayor altitud donde previamente no podían sobrevivir. Esta expansión ha favorecido brotes de dengue, chikunguña, zika y malaria en regiones no acostumbradas a estos riesgos epidemiológicos, lo cual obliga a reformular los sistemas de vigilancia y respuesta sanitaria, especialmente en América Latina, donde la urbanización desordenada y la vulnerabilidad climática intensifican la exposición poblacional.

La degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad también alteran profundamente la seguridad hídrica y alimentaria. La disminución de calidad del agua, la desertificación progresiva, la reducción de productividad agrícola y la alteración de cadenas tróficas favorecen enfermedades gastrointestinales, desnutrición, infecciones hídricas y deficiencias nutricionales persistentes. Estas condiciones tienen consecuencias directas sobre la salud bucal, en particular en niños, donde la inseguridad alimentaria y la falta de acceso a agua segura incrementan la prevalencia de caries, alteraciones del desarrollo y enfermedades periodontales tempranas.

Además, la disminución de la calidad del agua constituye uno de los mecanismos mediante los cuales la degradación ambiental puede afectar la salud humana. En este contexto, el monitoreo sistemático de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos constituye una herramienta fundamental para evaluar el estado de los recursos hídricos, identificar procesos de contaminación y apoyar la gestión preventiva de riesgos ambientales y sanitarios (Kumar et al., 2024).

Los eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías e incendios forestales producen además daños severos sobre la infraestructura sanitaria, interrumpiendo la cadena de suministro de medicamentos, afectando la refrigeración de insumos y limitando la continuidad de tratamientos preventivos. En odontología, esto se traduce en retraso diagnóstico, suspensión de controles periódicos y progresión acelerada de patologías que podrían haberse evitado mediante atención oportuna.

A ello se suma la dimensión psicosocial del cambio climático. La pérdida de vivienda, el desplazamiento forzado, la incertidumbre económica y la exposición repetida a desastres naturales generan estrés crónico, ansiedad, depresión y deterioro de redes familiares y comunitarias. La salud mental se convierte en una expresión silenciosa, pero profundamente estructural, de la crisis climática, y su impacto repercute también sobre la adherencia a tratamientos y el autocuidado bucal (Romanello et al., 2023).

Este conjunto de amenazas demuestra que la salud pública ya no puede responder únicamente desde una lógica curativa y fragmentada. La prevención sanitaria exige una visión ecosistémica, anticipatoria y ambientalmente responsable, donde proteger la salud humana implica intervenir sobre las condiciones ambientales que la hacen posible. La clínica comienza mucho antes del paciente y se extiende mucho más allá del consultorio.

El rol dual del sistema sanitario: curador y emisor de GEI

El sistema sanitario contemporáneo enfrenta una paradoja estructural de profunda implicación ética: su misión esencial consiste en proteger la vida humana, pero su funcionamiento cotidiano contribuye significativamente al deterioro climático que amenaza esa misma vida. Esta contradicción obliga a cuestionar críticamente los modelos tradicionales de prestación de servicios, pues no resulta coherente sostener instituciones dedicadas a la curación mientras intensifican las condiciones ambientales que producen enfermedad. La sostenibilidad sanitaria deja de ser una aspiración administrativa para convertirse en una exigencia moral, profesional y política.

Diversos estudios internacionales han demostrado que el sector salud representa entre el 4 % y el 5 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Esta carga proviene del uso intensivo de electricidad, climatización hospitalaria, transporte sanitario, producción de medicamentos, esterilización continua, dispositivos médicos y generación masiva de residuos clínicos. Si el sistema sanitario mundial fuera considerado como una unidad económica independiente, estaría entre los principales emisores del planeta, lo que desmonta definitivamente la idea de neutralidad ambiental institucional (Health Care Without Harm & Arup, 2019).

Los hospitales constituyen instalaciones altamente energointensivas. La climatización permanente, la ventilación mecánica, la refrigeración de medicamentos, la iluminación continua y el funcionamiento ininterrumpido de equipos biomédicos generan una demanda energética excepcionalmente alta. Las unidades quirúrgicas, laboratorios y áreas de cuidados intensivos presentan consumos aún mayores debido a los estrictos requisitos de bioseguridad y control ambiental. Esta dependencia estructural convierte a la infraestructura sanitaria en una fuente emisora constante.

El transporte sanitario representa otro componente significativo. Ambulancias, distribución de insumos, movilidad de personal, traslado de pacientes y cadenas logísticas internacionales incrementan de manera considerable las emisiones indirectas del sistema. En regiones rurales o dispersas, donde la atención depende fuertemente del transporte motorizado, la huella por paciente atendido puede ser aún más elevada. La sostenibilidad clínica no puede analizarse sin considerar esta dimensión territorial y operativa.

La odontología se encuentra plenamente inserta en esta paradoja. Aunque su función primaria es preservar la salud bucal y mejorar la calidad de vida, su operación cotidiana depende de una estructura altamente consumidora de recursos. Autoclaves, radiología digital, lámparas de fotocurado, sistemas de aspiración, compresores, climatización y equipos rotatorios exigen un uso energético continuo. A ello se suma la dependencia de materiales industriales y descartables cuya fabricación y eliminación incrementan considerablemente la huella ambiental de cada procedimiento.

Los residuos clínicos constituyen una expresión visible de esta contradicción. Entre ellos se hallan: guantes, mascarillas, campos estériles, succionadores, empaques individuales, materiales restauradores y desechos infecciosos, que requieren procesos complejos de segregación, transporte y disposición final. Cuando estos sistemas son ineficientes, no solo aumentan las emisiones, sino también los riesgos de contaminación secundaria y exposición ocupacional. La bioseguridad, indispensable para la práctica clínica, no puede continuar desligada de la sostenibilidad ambiental.

El reconocimiento del sistema sanitario como emisor de GEI ha impulsado

movimientos internacionales orientados a construir sistemas de salud resilientes y bajos en carbono. La transición hacia energías renovables, la eficiencia energética, la economía circular, las compras sostenibles y la reducción de residuos forman parte de esta agenda global. Sin embargo, estos cambios no dependen únicamente de innovación tecnológica; requieren una transformación cultural profunda en los profesionales de la salud y en las instituciones formadoras.

Paradójicamente, mientras los sistemas de salud desempeñan un papel fundamental en la protección de las poblaciones frente a los efectos del cambio climático, también contribuyen de manera significativa a las emisiones globales de gases de efecto invernadero mediante el consumo de energía, la adquisición de bienes y servicios, el transporte y la generación de residuos. Esta doble condición ha impulsado el desarrollo de estrategias orientadas a la descarbonización progresiva de los servicios sanitarios sin comprometer la calidad de la atención (Watts et al., 2021).

La odontología posee una oportunidad estratégica dentro de este proceso. Su escala operativa permite implementar intervenciones de mitigación relativamente rápidas mediante prevención clínica, digitalización, reorganización de citas, reducción de materiales de un solo uso y educación ambiental del paciente. La sostenibilidad odontológica no representa una tendencia complementaria ni un añadido reputacional, sino una expresión concreta de responsabilidad sanitaria contemporánea.

Huella de carbono en odontología

Resumen

La odontología sostenible se consolida como una transformación conceptual que integra la responsabilidad ambiental en la calidad asistencial, la bioseguridad y la gestión sanitaria. Mediante la cuantificación de la huella de carbono y el análisis de ciclo de vida, se evidencia que la práctica dental genera un impacto ambiental significativo derivado del transporte de pacientes y personal, el consumo energético, la cadena de suministro y la gestión de residuos. La evaluación de las emisiones directas e indirectas demuestra que la sostenibilidad depende prioritariamente de la prevención bucodental, la optimización de citas, las compras responsables y el manejo adecuado de desecho clínico. La incorporación de criterios ambientales en las rutinas asistenciales y en los currículos universitarios alinea a la odontología con los objetivos globales de descarbonización sanitaria, convirtiendo a las clínicas en espacios de protección integral de la salud humana y planetaria.

Palabras clave: odontología sostenible, huella de carbono, análisis de ciclo de vida, emisiones sanitarias, gestión ambiental, cadena de suministro

Carbon footprint in dentistry

Abstract

Sustainable dentistry emerges as a paradigm shift that integrates environmental responsibility into clinical quality, safety, and healthcare management. Measuring the carbon footprint through life cycle assessments reveals that dental practices generate significant emissions driven by patient and staff travel, electricity consumption, supply chain operations, and waste disposal. Evaluating direct and indirect emissions demonstrates that sustainability depends heavily on disease prevention, optimized appointment scheduling, responsible procurement, and proper waste management. Integrating environmental criteria into clinical routines and academic curricula aligns dentistry with global healthcare decarbonization goals, transforming dental clinics into spaces that preserve both oral and planetary health.

Keywords: sustainable dentistry, carbon footprint, life cycle assessment, healthcare emissions, environmental management, supply chain

Odontología sostenible: sentido, alcance y pertinencia actual

La odontología sostenible representa una transformación conceptual profunda en la forma de comprender la práctica clínica contemporánea, al integrar la dimensión ambiental como un componente inseparable de la calidad asistencial, la bioseguridad y la responsabilidad sanitaria. No se trata únicamente de reducir residuos o disminuir el consumo energético de una clínica, sino de replantear la lógica operativa de la atención odontológica desde una perspectiva sistémica que considere el impacto ambiental de cada decisión clínica, administrativa y tecnológica. Esta visión reconoce que la salud bucal no puede sostenerse sobre prácticas que deterioran los sistemas ecológicos que hacen posible la salud humana.

Tradicionalmente, la odontología fue concebida como una disciplina centrada en el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades bucodentales, con énfasis casi exclusivo en la eficacia clínica y el control del riesgo biológico inmediato. Sin embargo, el contexto contemporáneo exige ampliar esa mirada. La evidencia sobre cambio climático, contaminación ambiental y degradación de recursos naturales ha demostrado que el sector salud participa activamente en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, y la odontología no constituye una excepción. Por lo tanto, consultorios, clínicas universitarias, hospitales odontológicos y centros especializados integran una red sanitaria que consume recursos de manera intensiva y genera impactos acumulativos de relevancia ambiental.

La práctica odontológica cotidiana implica iluminación permanente, climatización, esterilización continua, radiología, sistemas de aspiración, compresores, instrumental rotatorio, equipos digitales, materiales restauradores, barreras de bioseguridad, empaques, transporte de pacientes y gestión de residuos clínicos. A pesar de que cada procedimiento pueda parecer de baja escala, la repetición constante de estas actividades genera una carga ambiental significativa. La huella de carbono no surge de actos aislados, sino de la suma sistemática de decisiones pequeñas que, acumuladas, configuran una presión considerable sobre el entorno.

Desde la perspectiva metodológica, la sostenibilidad odontológica exige herramientas rigurosas de medición. La cuantificación de la huella de carbono mediante inventarios de emisiones y análisis de ciclo de vida permite diferenciar emisiones directas, emisiones asociadas al consumo energético y emisiones indirectas vinculadas a transporte, materiales, residuos y cadena de suministro (WHO, 2020). Esta clasificación resulta fundamental porque gran parte del impacto ambiental no se encuentra dentro del sillón dental, sino en la fabricación de resinas, el transporte de insumos, el embalaje de productos y la eliminación final de materiales clínicos.

La aplicación del análisis de ciclo de vida modifica profundamente la forma de interpretar la sostenibilidad clínica. Un procedimiento en apariencia eficiente puede resultar ambientalmente costoso cuando se analiza todo su proceso de producción y disposición final. Del mismo modo, ciertas decisiones preventivas simples pueden evitar tratamientos restauradores complejos con alta carga de carbono. Esto demuestra que la sostenibilidad no depende exclusivamente de grandes inversiones tecnológicas, sino de decisiones clínicas racionales sustentadas en evidencia y visión preventiva.

La odontología sostenible no implica reducir la calidad del tratamiento ni sustituir procedimientos necesarios por alternativas inseguras. Su propósito no es simplificar la atención, sino optimizarla. La prevención de caries y enfermedad periodontal, la

planificación eficiente de citas, el mantenimiento preventivo de equipos, la selección responsable de proveedores, la digitalización prudente y la reducción del desperdicio representan estrategias que fortalecen simultáneamente la calidad clínica y la sostenibilidad ambiental. La eficiencia deja de ser una variable económica aislada y se convierte en un principio de responsabilidad sanitaria.

Además, existe una dimensión ética que no puede ignorarse. La profesión odontológica tiene como misión preservar la salud y mejorar la calidad de vida, pero esta finalidad pierde coherencia si se sostiene sobre prácticas que contribuyen al deterioro climático y al incremento de enfermedades ambientales. La sostenibilidad, por tanto, no constituye una moda institucional ni una exigencia reputacional, sino una extensión natural del principio de no maleficencia aplicado a escala colectiva. Cuidar la salud del paciente también implica reducir el daño ambiental que afectará su bienestar futuro.

La formación universitaria desempeña un papel decisivo en este proceso. No es posible consolidar una odontología sostenible si los futuros profesionales continúan su formación nada más que bajo modelos técnicos desvinculados de la salud pública ambiental. La sostenibilidad debe incorporarse como competencia transversal en la educación odontológica, articulando conocimientos clínicos, gestión institucional, ética profesional y compromiso social. Así pues, formar odontólogos ambientalmente responsables implica transformar no solo procedimientos, sino también la cultura académica y profesional que los sustenta.

La creciente preocupación por la sostenibilidad en odontología se enmarca dentro de un proceso más amplio de transformación de los sistemas sanitarios, impulsado por la necesidad de reducir las emisiones asociadas a la atención en salud y fortalecer la resiliencia frente a los efectos del cambio climático (Watts et al., 2021).

En este marco, la odontología sostenible se articula directamente con la salud pública ambiental, porque reducir emisiones, minimizar residuos y optimizar recursos no solo protege al ambiente, sino que disminuye riesgos sanitarios asociados a contaminación, exposición ocupacional y deterioro de determinantes sociales de la salud. La clínica dental deja de ser una unidad aislada y se comprende como parte de un sistema ecológico y sanitario interdependiente. Esta comprensión redefine el alcance de la profesión y fortalece su papel dentro de la respuesta global frente al cambio climático.

Principales fuentes de emisiones en la práctica odontológica

La huella de carbono en odontología no responde a una única fuente de emisión, sino a la interacción simultánea de múltiples procesos clínicos, administrativos, tecnológicos y logísticos que sostienen la atención diaria. Para su análisis, la literatura especializada agrupa estas emisiones en cuatro grandes dimensiones: transporte, consumo energético, materiales y cadena de suministro, y gestión de residuos. Esta clasificación permite comprender que la sostenibilidad de una clínica no depende únicamente del ahorro eléctrico o del reciclaje, sino de una visión integral que abarque toda la estructura operativa del servicio odontológico.

El transporte de pacientes y personal constituye una de las fuentes más relevantes de emisiones, en particular en sistemas de atención ambulatoria donde la consulta presencial es frecuente, individualizada y de corta duración. Cada cita implica desplazamientos de pacientes, estudiantes, docentes, especialistas, proveedores y personal administrativo, lo que genera emisiones asociadas al uso de vehículos privados, transporte público o

logística institucional. Estudios desarrollados en servicios odontológicos del NHS han identificado que esta dimensión puede representar la mayor proporción de la huella total, con lo que se supera incluso al consumo energético clínico.

La magnitud del impacto depende de variables como distancia recorrida, frecuencia de visitas, ocupación media del vehículo y tipo de movilidad utilizada. En territorios rurales o en ciudades con baja conectividad de transporte público, la dependencia del automóvil incrementa considerablemente la carga ambiental. Asimismo, la fragmentación de tratamientos en múltiples citas innecesarias amplifica el problema. La organización eficiente de agendas clínicas y la reducción de desplazamientos evitables constituyen, por tanto, una de las intervenciones más efectivas en términos de mitigación inmediata.

El consumo energético representa la segunda gran fuente de emisiones. Las clínicas odontológicas requieren electricidad constante para unidades dentales, compresores, autoclaves, lámparas de fotocurado, radiología digital, sistemas de aspiración, iluminación, climatización, computadoras y dispositivos administrativos. En clínicas universitarias, donde múltiples sillones funcionan simultáneamente y la jornada asistencial se extiende durante largos periodos, esta demanda puede incrementarse de modo sustancial. La energía consumida no solo implica emisiones directas según la matriz energética del país, sino también costos financieros que afectan la sostenibilidad institucional.

La eficiencia energética no puede reducirse al reemplazo de luminarias. Requiere mantenimiento preventivo de equipos, control de horarios de funcionamiento, revisión de sistemas de climatización, renovación progresiva de unidades obsoletas y monitoreo periódico del consumo real. Muchas clínicas operan con equipos técnicamente funcionales, pero energéticamente ineficientes, por lo que generan una huella silenciosa que se normaliza por costumbre institucional. La sostenibilidad exige intervenir precisamente sobre esas rutinas invisibilizadas.

Los materiales odontológicos y la cadena de suministro concentran una parte sustancial de las emisiones indirectas, en especial dentro del denominado Alcance 3. Por ejemplo, resinas, cementos, siliconas, yesos, materiales protésicos, sistemas CAD/CAM, guantes, mascarillas, campos estériles, empaques y dispositivos de un solo uso requieren extracción de materias primas, fabricación industrial, embalaje, transporte, almacenamiento y eliminación. Esta dimensión suele ser subestimada porque el clínico observa únicamente el momento de uso, pero la mayor carga ambiental muchas veces ya ocurrió antes de que el material llegue al consultorio.

La selección de proveedores y la gestión de compras adquieren en este momento una importancia estratégica. Equipos costosos con alta huella embebida, sobre compra de materiales, vencimiento de insumos y dependencia de productos innecesariamente descartables aumentan de manera significativa las emisiones institucionales. La sostenibilidad no depende solo de consumir menos, sino de comprar con mayor criterio técnico y ambiental.

La generación de residuos completa el núcleo de fuentes emisoras. Los residuos odontológicos incluyen materiales infecciosos, punzocortantes, químicos, restos de amalgama, plásticos, empaques y residuos comunes. Su impacto ambiental depende no solo del volumen producido, sino de la correcta segregación en origen y del tratamiento final aplicado. Cuando los residuos clínicos se mezclan incorrectamente, aumenta el volumen que requiere incineración o manejo especializado, por lo cual se incrementan

los costos, las emisiones y los riesgos sanitarios.

La gestión de residuos no debe entenderse como una tarea secundaria delegada al personal auxiliar, sino como una responsabilidad clínica compartida. Cada error de segregación refleja una falla de formación profesional y una omisión de responsabilidad sanitaria. La sostenibilidad comienza también en decisiones en apariencia pequeñas, como clasificar correctamente un residuo, evitar un desechable innecesario o prolongar la vida útil de un equipo clínico.

Evaluaciones previas y evidencia internacional sobre la huella dental

La evidencia internacional sobre huella de carbono en odontología ha crecido de manera sostenida durante la última década, impulsada por la necesidad de comprender el papel real del sector dental dentro de la sostenibilidad sanitaria global. Pese a que todavía persisten limitaciones metodológicas y escasez de estudios en regiones específicas, los trabajos existentes han permitido identificar patrones consistentes sobre las principales fuentes de emisión y sobre las estrategias de mitigación con mayor impacto potencial. La literatura demuestra que la odontología no constituye una actividad ambientalmente neutra, sino una práctica sanitaria con una carga climática medible y gestionable.

Uno de los estudios más influyentes corresponde al análisis del servicio dental del National Health Service (NHS) en Inglaterra, desarrollado por Duane et al., (2020), donde se estimó la huella de carbono nacional del sistema odontológico público. Los resultados mostraron que aproximadamente el mayor porcentaje de emisiones provenía de los desplazamientos de pacientes y personal, seguido por la adquisición de bienes y servicios y posteriormente por el consumo energético institucional. Este hallazgo modificó de manera radical la percepción tradicional que atribuía el mayor impacto únicamente al uso de equipos clínicos, dado que demostró que la sostenibilidad debía abordarse desde una lógica sistémica y no exclusivamente tecnológica.

A partir de este punto, los análisis de ciclo de vida comenzaron a enfocarse en procedimientos específicos como exámenes clínicos, profilaxis, restauraciones, tratamientos endodónticos, extracciones, prótesis e impresiones dentales. Estos estudios permitieron observar que procedimientos en apariencia simples, pero muy frecuentes, pueden generar una carga ambiental acumulativa considerable por volumen de repetición. De igual manera, procedimientos complejos y menos habituales presentan una huella alta por unidad debido al uso intensivo de instrumental, materiales especializados, laboratorio y consumo energético prolongado.

La comparación entre técnicas convencionales y flujos digitales ha constituido otra línea importante de investigación. La radiografía digital, los escáneres intraorales y los sistemas CAD/CAM suelen presentarse como soluciones ambientalmente superiores frente a técnicas tradicionales; sin embargo, los resultados muestran que esta superioridad depende del contexto. La reducción de impresiones físicas, transporte de modelos y uso de químicos puede ser significativa, pero debe contrastarse con el consumo energético de los dispositivos, su obsolescencia tecnológica y la frecuencia real de uso.

De manera similar, los análisis de ciclo de vida aplicados a kits de examen dental reutilizables y desechables han demostrado que las diferencias ambientales dependen

no solo del tipo de insumo empleado, sino también de las condiciones de uso, limpieza, esterilización y gestión organizacional asociadas a cada alternativa (Byrne et al., 2022). La sostenibilidad tecnológica no puede asumirse automáticamente, sino demostrarse mediante evaluación contextualizada.

En países de ingresos medios y bajos, la evidencia sigue siendo limitada, lo cual representa una brecha importante en la construcción de políticas sostenibles. Las condiciones de infraestructura energética, movilidad urbana, gestión de residuos y acceso a tecnologías verdes difieren sustancialmente de los contextos europeos y norteamericanos. La simple transferencia de resultados internacionales puede producir decisiones equivocadas si no se consideran las particularidades locales. Esta necesidad de contextualización adquiere mayor relevancia ante los efectos diferenciados que el cambio climático genera sobre la salud de las poblaciones y sobre la capacidad de respuesta de los sistemas sanitarios. La magnitud de estos impactos está condicionada por las características ambientales y socioeconómicas de los territorios, así como por la capacidad institucional y la infraestructura disponible para prevenir, responder y adaptarse a los riesgos climáticos (World Health Organization, 2023). Estudios desarrollados en clínicas privadas de Egipto, América Latina y Asia han confirmado que los patrones generales se mantienen, pero la magnitud relativa de cada fuente emisora cambia según la realidad territorial.

Esta limitación metodológica resalta la necesidad de investigaciones aplicadas en clínicas universitarias y servicios odontológicos locales. La generación de evidencia propia no solo mejora la precisión de las decisiones institucionales, sino que fortalece la producción científica regional y evita depender exclusivamente de extrapolaciones externas. Experiencias desarrolladas en clínicas odontológicas municipales han demostrado además que la evaluación sistemática del desempeño ambiental constituye una herramienta útil para identificar oportunidades de mejora en la gestión institucional y fortalecer los procesos de sostenibilidad organizacional (Saldano et al., 2011). Una clínica odontológica universitaria puede convertirse simultáneamente en espacio asistencial, laboratorio de sostenibilidad y centro de formación ambiental aplicada.

Las guías internacionales elaboradas por organizaciones profesionales como la FDI, Centre for Sustainable Healthcare y redes de salud sostenible han aportado herramientas prácticas para la implementación de cambios clínicos y administrativos (Martín et al., 2021). Sin embargo, estas recomendaciones solo adquieren valor cuando se traducen en medición, seguimiento e intervención real. Declarar compromiso ambiental no reduce emisiones; lo que transforma la práctica es la capacidad de medir, comparar, corregir y sostener decisiones en el tiempo.

La evidencia disponible converge en una conclusión clara: las mayores reducciones de huella de carbono en odontología no provienen de una única intervención aislada, sino de la combinación de reducción de viajes, eficiencia energética, compras responsables, prevención bucodental y gestión adecuada de residuos. La sostenibilidad clínica no es un resultado espontáneo, sino una construcción institucional deliberada basada en evidencia verificable.

Estudio de caso: huella de carbono en una clínica odontológica

Resumen

Este estudio evalúa la huella de carbono organizacional de la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca (sede Azogues) durante el año 2024, aplicando el GHG Protocol para los Alcances 1 y 2. Las emisiones totales anuales alcanzaron 4.705,59 kg CO₂-eq (4,71 t CO₂-eq), dominadas de manera casi exclusiva por el consumo eléctrico del Alcance 2 (4.700,28 kg CO₂-eq, correspondiente al 99,89 %), mientras que el Alcance 1 por combustibles y propelentes sumó 5,31 kg CO₂-eq. Los puntos críticos operativos coincidieron con los picos del calendario académico (principalmente agosto y marzo) y estuvieron concentrados en la infraestructura de soporte, en especial compresores y autoclaves. El plan de mitigación propuesto incluye la consolidación de autoclaves, la transición a iluminación LED y la forestación local (~489-526 árboles), proyectando una reducción del 10,02 % en la demanda eléctrica a dos años. Los hallazgos aportan una línea base para la descarbonización institucional y respaldan el valor pedagógico del cálculo de emisiones en la gestión clínica universitaria.

Palabras clave: huella de carbono, clínica odontológica, consumo energético, GHG Protocol, mitigación de emisiones, odontología sostenible

Case Study: Carbon Footprint in a Dental Clinic

Abstract

This study evaluates the organizational carbon footprint of the Dental Clinic at the Universidad Católica de Cuenca (Azogues campus) during 2024, following GHG Protocol guidelines for Scopes 1 and 2. Total annual emissions were calculated at 4,705.59 kg CO₂-eq (4.71 t CO₂-eq), dominated almost exclusively by Scope 2 electricity consumption (4,700.28 kg CO₂-eq, representing 99.89%), while Scope 1 direct emissions from fuels and propellant gases accounted for 5.31 kg CO₂-eq. Operational hotspots coincided with peak academic periods (mainly August and March) and were driven by support infrastructure, specifically air compressors and autoclaves. A mitigation plan featuring autoclave consolidation, LED lighting retrofits, and local afforestation (~489–526 trees) projects a 10.02% reduction in power demand over two years. The findings establish a baseline for institutional decarbonization and illustrate the utility of GHG accounting in academic clinical management.

Keywords: carbon footprint, dental clinic, energy consumption, GHG Protocol, emission mitigation, sustainable healthcare

Contexto institucional y pertinencia del caso de estudio

La Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, inició sus actividades académicas el 4 de octubre de 2008, con un equipo inicial de nueve docentes y 103 estudiantes. Desde entonces, la institución ha consolidado progresivamente su estructura formativa, clínica y académica, hasta constituirse en un espacio de atención odontológica, docencia universitaria y práctica profesional supervisada. Esta trayectoria otorga pertinencia al estudio de la huella de carbono, porque las clínicas odontológicas universitarias concentran procesos asistenciales, educativos y administrativos que generan consumo energético, uso de materiales, movilidad de usuarios y producción de residuos clínicos.

La renovación de la Clínica Odontológica, iniciada en el primer trimestre de 2024, representa una oportunidad estratégica para incorporar criterios de sostenibilidad ambiental dentro de la gestión institucional. En este contexto, medir la huella de carbono no debe entenderse como una acción aislada, sino como un componente técnico del proceso de modernización clínica. Toda renovación de infraestructura sanitaria implica decisiones sobre energía, equipos, organización de procesos, bioseguridad, adquisición de insumos y manejo de residuos; por ello, integrar el cálculo de emisiones permite orientar la mejora institucional hacia un modelo de clínica odontológica más eficiente y ambientalmente responsable.

El caso de estudio se justifica porque la odontología universitaria posee una dinámica distinta a la de un consultorio privado convencional. En una clínica docente confluyen estudiantes, docentes, personal administrativo, pacientes, proveedores y equipos de uso compartido. Esta complejidad incrementa el volumen de procedimientos y exige altos estándares de control, esterilización y funcionamiento tecnológico. Por tanto, la medición de la huella de carbono permite visibilizar el impacto ambiental de una práctica formativa que, además de prestar atención bucodental, moldea los hábitos profesionales de futuros odontólogos.

La elección de una clínica odontológica universitaria también posee valor científico y pedagógico. Al cuantificar sus emisiones, la institución no solo obtiene un diagnóstico ambiental, sino que genera evidencia local para fortalecer la enseñanza de la sostenibilidad en odontología. Esta información puede incorporarse en asignaturas clínicas, proyectos de investigación estudiantil, prácticas de gestión ambiental y procesos de mejora continua. De esta manera, el estudio supera la lógica meramente contable de emisiones y se convierte en una herramienta de formación profesional, gestión institucional y responsabilidad social universitaria.

Desde una perspectiva territorial, el estudio adquiere mayor relevancia porque existen limitaciones en la disponibilidad de inventarios subnacionales de emisiones aplicables al sector salud y, específicamente, a la odontología. En este escenario, el análisis de una clínica concreta permite producir evidencia primaria contextualizada, útil para comprender cómo se manifiesta la huella de carbono en una institución odontológica del cantón Azogues. Esta aproximación contribuye a llenar vacíos de información y abre la posibilidad de replicar el modelo en otras clínicas universitarias o servicios odontológicos de la provincia del Cañar.

Diseño metodológico del cálculo de huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono de la clínica odontológica se estructuró a partir del enfoque organizacional propuesto por el GHG Protocol, al considerar como unidad de análisis a la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues. Esta decisión metodológica resulta pertinente porque permite delimitar las fuentes de emisión bajo control institucional y diferenciar los consumos directos e indirectos asociados al funcionamiento clínico. El año de análisis corresponde a 2024, periodo en el cual se registraron datos de actividad vinculados con consumo energético, combustibles y funcionamiento operativo de la clínica.

Los límites operativos definidos para este estudio se concentraron en los alcances 1 y 2.

- El Alcance 1 comprende las emisiones directas generadas por fuentes bajo control de la organización, como el consumo de combustibles en instalaciones fijas y posibles fugas de gases fluorados en equipos de refrigeración.
- El Alcance 2 comprende las emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad adquirida por medio de la empresa eléctrica local.

Esta delimitación permite obtener una primera aproximación cuantificable y verificable de la huella institucional, aunque deja pendiente para estudios futuros la incorporación del Alcance 3.

No obstante, la exclusión inicial del Alcance 3 debe reconocerse como una limitación metodológica relevante. En odontología, una parte considerable de la huella ambiental suele estar asociada al transporte de pacientes y personal, la fabricación de insumos, la adquisición de materiales, los residuos clínicos y la cadena de suministro. Sin embargo, para un primer estudio institucional, iniciar con los alcances 1 y 2 resulta metodológicamente viable, en especial cuando el objetivo es establecer una línea base de emisiones directas y energéticas. Esta línea base puede ampliarse con posterioridad mediante instrumentos de registro de movilidad, inventario de insumos y caracterización de residuos.

El procedimiento general de cálculo responde a la fórmula ampliamente utilizada en inventarios de gases de efecto invernadero: emisiones de CO₂ equivalente = dato de actividad × factor de emisión. El dato de actividad corresponde al volumen consumido de cada fuente, por ejemplo, kilovatios hora de electricidad, litros de etanol o kilogramos de gas propelente. El factor de emisión permite convertir ese consumo en kilogramos de CO₂ equivalente, considerando el potencial de calentamiento global de los gases involucrados. Esta lógica metodológica garantiza transparencia, reproducibilidad y posibilidad de comparación.

Procesos que se realizan en la clínica odontológica de la UCACUE Azogues

En la Tabla 1 se presentan los procedimientos odontológicos que se realizaron dentro de la facultad desde enero del 2024 hasta diciembre del mismo año, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Bajo las premisas anteriores, se procede al cálculo de emisiones identificando, para cada fuente, el dato de la actividad y el factor de emisión en el año de cálculo 2024.

En la Tabla 1 es posible observar que la distribución mensual de procedimientos odontológicos evidencia una dinámica asistencial altamente variable, con una marcada concentración de actividades clínicas durante los meses de febrero, marzo, julio, agosto y septiembre. El mes de agosto representa el periodo de mayor demanda asistencial, en particular en procedimientos de diagnóstico y profilaxis (1971), operatoria simple con ángulo (644), operatoria simple sin ángulo (740) y diagnóstico general (632), lo que sugiere una intensificación simultánea de actividades preventivas, restauradoras y evaluativas. Esta concentración clínica implica un incremento proporcional en el uso de equipos eléctricos, sistemas de esterilización, materiales restauradores, radiología, instrumental rotatorio y barreras de bioseguridad, lo que configura un periodo crítico desde la perspectiva del consumo energético y la generación de emisiones asociadas a la práctica odontológica.

Los resultados también revelan que los procedimientos de operatoria, diagnóstico, profilaxis y ortodoncia constituyen los principales ejes funcionales de la clínica odontológica, los cuales superan con amplitud a procedimientos quirúrgicos, periodontales o protésicos complejos. Esta tendencia demuestra que la carga ambiental de la clínica no depende exclusivamente de tratamientos de alta complejidad, sino de la repetición masiva de procedimientos de atención rutinaria y preventiva. Asimismo, la continuidad relativamente estable de tratamientos ortodónticos entre abril y diciembre refleja una demanda constante de controles clínicos y seguimiento terapéutico, lo que incrementa la frecuencia de desplazamientos de pacientes y el uso recurrente de recursos clínicos. En conjunto, la distribución observada permite identificar patrones operativos esenciales para comprender la intensidad asistencial y su relación directa con la huella de carbono institucional.

Tabla 1.

Procesos que se realizan en la clínica odontológica de la UCACUE Azogues

N°.	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	CIRUGÍA	5	41	84	4	1	8	9	84	21	0	0	1
2	CONTENCIÓN EN MAXILAR FIJA O REMOVIBLE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	CONTENCIÓN UNIMAXILAR FIJA O REMOVIBLE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CORONAS	5	11	88	2	0	0	10	78	42	0	0	0
5	DIAGNÓSTICO Y PROFILAXIS	78	598	1435	37	1	15	287	1971	512	8	8	9
6	ENDODONCIA MULTIRRADICULAR	1	11	42	1	0	0	2	32	7	0	0	0
7	ENDODONCIA UNIRRADICULAR	3	25	101	3	0	0	11	44	25	0	0	0
8	(M) ANESTESIA	3	27	56	3	1	28	14	133	36	0	4	0
9	EXODONCIA HASTA 2 ANESTESIAS	2	40	114	2	2	10	55	28	0	2	0	1
10	FLUORIZACIÓN	1	10	26	1	0	0	26	405	116	0	0	0
11	INFILTRACIÓN	7	6	36	0	0	0	9	44	10	0	0	0
12	OBTURACIÓN PROVISIONAL 1	0	1	1	0	0	0	1	0	4	0	0	0
13	OBTURACIÓN PROVISIONAL 2	3	36	110	4	0	0	55	218	75	0	1	2

Nº.	Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
14	OPERATORIA SIMPLE CON ÁNGULO	16	335	436	2	1	0	69	644	86	1	0	0
15	OPERATORIA SIMPLE SIN ÁNGULO	30	326	919	10	2	0	76	740	171	0	1	0
16	ORTODONCIA ESTÉTICA DE AUTOLIGADO	0	0	0	0	0	0	4	2	0	1	2	1
17	ORTODONCIA METÁLICA AUTOLIGADA	0	32	20	49	28	59	43	62	39	44	54	38
18	ORTODONCIA METÁLICA CONVENCIONAL	1	50	16	68	42	71	74	62	47	64	52	65
19	ORTODONCIA METÁLICA DE AUTOLIGADO CONVENCIONAL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	ORTODONCIA REMOVIBLE	6	21	17	1	0	0	11	78	19	0	0	0
21	ORTOPEDIA FIJA Y/O REMOVIBLE	2	7	5	15	8	5	3	8	6	6	9	8
22	CURACIÓN	2	23	62	2	0	0	6	49	16	0	0	0
23	PERIODONCIA, CIRUGÍA PERIODONTAL	0	14	10	1	0	0	8	54	13	0	0	0
24	PRÓTESIS ACRÍLICO PARCIAL SUPERIOR O INFERIOR	21	19	0	0	0	0	2	39	9	0	0	0
25	PRÓTESIS ACRÍLICO TOTAL BIMAXILAR	3	19	25	0	0	0	4	30	1	0	0	0
26	PRÓTESIS ACRÍLICO UNIMAXILAR	0	17	24	0	0	0	5	35	1	0	0	0
27	PRÓTESIS FIJA POR CADA PIEZA	2	8	66	3	0	0	15	151	18	0	0	0
28	PRÓTESIS PARCIAL DE CROMO	2	27	46	1	0	0	3	43	6	0	0	0
29	PRÓTESIS PARCIAL FLEXIBLE	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0
30	RADIOGRAFÍA PANORÁMICA	41	38	21	90	1	0	0	0	0	0	0	0
31	DIAGNÓSTICO	1	94	781	17	17	6	69	632	225	4	10	0
32	CLÍNICA	41	123	42	0	0	0	0	3	0	0	0	4
33	REPOSICIÓN BRACKETS UNIDAD	0	1	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
34	SELLANTE POR DIENTE	9	95	199	12	0	0	61	253	83	0	0	0

Consumo energético de equipos en la clínica odontológica

A continuación, en la Tabla 2, se presenta el análisis del consumo energético de los equipos de la clínica odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues. Se analizaron todos los equipos tecnológicos dentro de la clínica, en donde se tomaron en cuenta el número, el voltaje, la potencia, el uso máximo en el día y el consumo

energético diario.

La Tabla 2 evidencia que la mayor carga de demanda eléctrica se concentra en los sistemas de soporte operativo y esterilización, más que en los equipos clínicos de uso individual. El compresor URRDENTAL representa el principal punto crítico energético, alcanzando un consumo estimado de 96,8 kWh/día, valor ampliamente superior al resto de dispositivos evaluados. Esta situación demuestra que la infraestructura de soporte técnico constituye el núcleo del impacto energético institucional. De igual manera, los autoclaves presentan consumos elevados, en particular el modelo Stermax con 24,2 kWh/día, que refleja la fuerte dependencia de procesos de esterilización continua dentro de la dinámica asistencial universitaria.

Los resultados también revelan que equipos clínicos aparentemente simples, como sillones odontológicos, sistemas de iluminación y computadoras, generan una carga acumulativa considerable debido a su uso prolongado y simultáneo. Los 19 sillones Intego alcanzan un consumo estimado de 20,9 kWh/día, mientras que los focos de iluminación registran 10,1 kWh/día, lo cual evidencia que la operación continua de múltiples unidades incrementa considerablemente la demanda eléctrica global. En contraste, equipos especializados como localizadores apicales, motores endodónticos y lámparas de fotocurado presentan consumos relativamente bajos. Esta distribución confirma que las estrategias de reducción de huella de carbono deben priorizar sistemas de soporte energético y operación continua antes que dispositivos clínicos de baja demanda individual.

Tabla 2.
Consumo energético de equipos de la clínica odontológica de la UCACUE
Azogues

Nº	Descripción	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)	Uso máximo de (horas)/ día	Energético kWh/día
1	FOCOS	20	42	840	12	10,1
2	SILLÓN INTEGO	100	19	1900	11	20,9
3	CÁMARAS ACTI	5,5	13	71,5	11	0,8
4	COMPUTADORES SAMSUNG	200	3	600	11	6,6
5	DETECTOR DE INCENDIOS	1	11	11	11	0,1
6	AUTOCLAVE MEMMERT	1600	1	1600	11	17,6
7	AUTOCLAVE STERMAX	2200	1	2200	11	24,2
8	AUTOCLAVE HORIZONTAL PHOENIX LUFERCO	1297	1	1297	11	14,3
9	REVERSE OSMOSIS SYSTEM	70	1	70	11	0,8
10	FILTRO DE AGUA (DENTSPLY SIRONA)	120	1	120	11	1,3
11	LAMPARA DE FOTOCURADO (GNATUS)	8	5	40	6	0,2
12	CAVITRONES (IMPLANTMED)	110	5	550	8	4,4
13	X-SMARTPLUS (ENDO MOTOR) (DENTSPLY MAILLEFER)	55	2	110	3	0,3

N°	Descripción	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)	Uso máximo de (horas)/ día	Energético kWh/día
14	X-SMART (ENDO MOTOR) (DENTSPLY MAILLEFER)	55	2	110	3	0,3
15	LOCALIZADOR APICAL (DENTSPLY MAILLEFER)	6	3	18	3	0,1
16	ELECTRO BISTURÍ (EASTEN MAGICAL)	300	1	300	0	0,0
17	SUCCIONADOR PORTATIL(EGO)	720	1	720	3	2,2
18	COMPRESOR (URRDENTAL)	2200	4	8800	11	96,8
19	TV SAMSUNG	151	4	604	0	0,0
20	DETECTOR DE HUMO	1	4	4	11	0,0
21	LAMPARAS DE EMERGENCIA	4	4	16	24	0,4
22	LUZ ESTROBO FIRE	12	1	12	24	0,3
23	IMPRESORA (EPSON)	55	1	55	11	0,6
24	COMPUTADORA GI	200	1	200	11	2,2
25	RX PERIAPICAL SIRONA	180	1	180	6	1,1
						205,56

Consumo energético por procesos de la clínica odontológica

Para el cálculo del consumo de energía, se seleccionó el mes de agosto, ya que registra el mayor volumen de procesos. En este período, se asumió un uso intensivo de los equipos, lo que resulta en un consumo diario de 205,6 kWh/día. En consecuencia, los valores mensuales restantes se estiman proyectando el porcentaje correspondiente de cada mes en relación con el de mayor consumo.

En este sentido, la Tabla 3 indica que el comportamiento del consumo energético de la clínica odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, evidencia una marcada concentración operativa durante determinados periodos académicos y asistenciales, en particular durante agosto, marzo y febrero. El mes de agosto registra el mayor nivel de demanda energética, puesto que se alcanza un consumo estimado de 6166,8 kWh mensuales y 205,560 kWh/día, equivalente al 100 % del patrón de referencia utilizado para la proyección anual. El mes de marzo, por su parte, representa el segundo periodo de mayor intensidad operativa con 4990,3 kWh mensuales, seguido de febrero con 2120,2 kWh. Esta distribución confirma que la actividad clínica universitaria presenta una dinámica estacional directamente relacionada con el volumen de procedimientos odontológicos realizados durante el calendario académico.

La variabilidad observada entre meses refleja que el consumo energético institucional depende principalmente de la intensidad asistencial y del uso simultáneo de equipos clínicos, sistemas de esterilización y soporte tecnológico. Los meses con menor actividad, como mayo, octubre, noviembre y diciembre, presentan consumos

notablemente reducidos, inferiores a 150 kWh mensuales en algunos casos, lo que demuestra una relación proporcional entre carga clínica y demanda eléctrica. Asimismo, el costo anual asociado al consumo energético, estimado sobre una tarifa de 10 centavos por kWh, revela que la sostenibilidad ambiental también posee implicaciones económicas relevantes para la gestión universitaria. En conjunto, el consumo anual estimado de 17.217,1 kWh confirma que la eficiencia energética constituye el principal eje estratégico para la reducción de la huella de carbono institucional.

Tabla 3.

Resumen del consumo energético por procesos de la clínica odontológica de la UCACUE Azogues

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Porcentajemensual de consumo	4,4%	34,4%	80,9%	5,5%	1,7%	3,3%	15,5%	100,0%	27,0%	2,1%	2,4%	2,1%
Consumo diario en kWh-día	9,061	70,674	166,342	11,215	3,419	6,736	31,764	205,560	55,424	4,411	4,889	4,411
Consumo mensual en kW/h	271,8	2120,2	4990,3	336,4	102,6	202,1	952,9	6166,8	1662,7	132,3	146,7	132,3
Factura mensual de consumo (10ctv Kwh) \$	27,2	212,0	499,0	33,6	10,3	20,2	95,3	616,7	166,3	13,2	14,7	13,2
Costo kWh (centavos)	10											
Consumo total kWh estimado al año	17217,1											

Consumo energético de combustibles utilizados en la clínica odontológica

En la Tabla 4 se exhibe que el consumo de combustibles registrado en la clínica odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, evidencia una participación relativamente baja dentro de la estructura general de demanda energética institucional, especialmente cuando se compara con el consumo eléctrico total de la clínica. El etanol industrial al 99 %, utilizado mayormente en lámparas y procedimientos operativos específicos, alcanzó un consumo anual estimado de 12 litros, derivado de una relación promedio de 0,25 litros por estudiante/año. Este comportamiento sugiere que el uso de alcohol industrial responde a actividades puntuales de apoyo clínico y bioseguridad, más que a procesos continuos de alta demanda energética. No obstante, su incorporación en el inventario refleja una adecuada aplicación metodológica al considerar fuentes directas de emisión, las que se omiten con habitualidad en análisis simplificados.

En contraste, el consumo anual de gases propelentes como butano y propano fue considerablemente reducido, registrando apenas 0,26 kg y 0,07 kg, respectivamente. Estos valores demuestran que las emisiones derivadas de combustibles en la clínica poseen un impacto marginal frente a las emisiones asociadas al consumo eléctrico institucional. Sin embargo, aunque cuantitativamente pequeñas, estas fuentes conservan relevancia metodológica porque permiten construir un inventario organizacional más

completo y técnicamente consistente. La identificación de estos consumos confirma que la huella de carbono institucional no depende solo de grandes fuentes energéticas, sino también de múltiples consumos menores que, acumulados, forman parte de la dinámica operativa de la práctica odontológica universitaria.

Tabla 4.

Resumen del consumo energético de combustibles utilizados en la clínica odontológica de la UCACUE Azogues

Combustible	Descripción	Valor	Unidad
Alcohol industrial (Etanol 99%)	Alcohol usado Etanol 99 % industrial en lámparas/ Estudiante año	0,25	Litros
	Consumo de alcohol industrial en lámparas/ año	12	Litros
Butano C ₄ H ₁₀ /Propano C ₃ H ₈	Cantidad de butano consumido anual	0,26	Kg
	Cantidad de propano consumido anual	0,07	Kg

Datos de actividad

Clínica dental:

- Consumo de Etanol (E100): 12 litros
- Consumo de Butano como gas propelente: 0,26 Kg
- Consumo de Propano como gas propelente: 0,07 Kg
- Consumo de electricidad: 17217,1 kWh a través de la empresa eléctrica Azogues

Factores de emisión

Se utilizan los factores de emisión desglosados por gases publicados en la página web del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono expuestos en la siguiente tabla. No obstante, se indica, además, el correspondiente factor de emisión expresado en kg CO₂equivalente para cada fuente de emisión.

La Tabla 5 evidencia los factores de emisión utilizados para transformar los datos de actividad energética y de combustibles en emisiones equivalentes de dióxido de carbono dentro del inventario de huella de carbono de la clínica odontológica. Los resultados muestran que el butano y el propano presentan factores directos de emisión de 2,996 kg CO₂eq por kilogramo consumido, lo que refleja un comportamiento homogéneo asociado a su combustión y composición energética. En contraste, el etanol E100 no registra emisiones directas de CO₂ fósil, aunque sí incorpora emisiones equivalentes derivadas de metano y óxido nitroso, alcanzando un factor total de 0,360 kg CO₂eq por litro consumido. Esta diferenciación evidencia la necesidad de considerar el potencial de calentamiento global combinado de distintos gases y no únicamente el dióxido de carbono aislado.

El factor de emisión de la electricidad, establecido en 0,273 kg CO₂eq/kWh, adquiere especial relevancia metodológica debido a que el consumo eléctrico constituye la principal fuente de emisiones de la clínica odontológica. Este valor refleja la intensidad

de carbono asociada a la matriz energética utilizada para abastecer el sistema eléctrico local y determina directamente la magnitud final de la huella institucional calculada. La comparación entre combustibles y electricidad demuestra que, aunque los combustibles poseen factores unitarios elevados, su bajo volumen de consumo limita su contribución relativa frente al impacto acumulativo de la demanda eléctrica. En consecuencia, la tabla confirma que las estrategias prioritarias de mitigación deben centrarse en eficiencia energética y optimización del consumo eléctrico institucional.

Tabla 5.

Factores de emisión de gases de efecto invernadero aplicados al cálculo de la huella de carbono en la clínica odontológica

FUENTE	Kg CO ₂ /ud	g CH ₄ /ud	g NO ₂ /ud	Kg CO ₂ eq/ud
Butano (Kg)	2,996	0	0	2,996
Propano (Kg)	2,996	0	0	2,996
Etanol E100 (L)	0	12,75	0,013	0,360
Electricidad (kWh)				0,273

Para obtener el resultado de emisiones de forma desagregada para cada gas (CO₂, CH₄ y N₂O), se deberá multiplicar el dato de actividad por el factor de emisión que corresponde a cada gas. Posteriormente, para obtener el resultado de emisiones de forma agregada, se debe expresar en kilogramos o toneladas de dióxido de carbono equivalente, multiplicándolo por el correspondiente PCG, o bien utilizar el factor de emisión expresado en CO₂eq. A partir de estos datos, resulta inmediato el cálculo de las emisiones asociadas a la actividad de la organización, así como el cálculo de su intensidad emisiva.

La Tabla 6 refleja que la distribución de emisiones muestra que la huella de carbono de la clínica odontológica se encuentra dominada casi exclusivamente por el consumo de electricidad correspondiente al Alcance 2, el cual generó 4700,28 kg CO₂eq del total institucional de 4705,59 kg CO₂eq. Este comportamiento demuestra que la demanda energética asociada al funcionamiento continuo de equipos clínicos, sistemas de esterilización, iluminación, compresores y soporte tecnológico constituye el principal determinante del impacto ambiental institucional. En contraste, las emisiones directas del Alcance 1 derivadas de combustibles líquidos y gases propelentes alcanzaron únicamente 5,31 kg CO₂eq, lo que refleja una participación marginal dentro de la estructura total de emisiones registradas durante el periodo de análisis.

El análisis detallado de las emisiones parciales muestra que el etanol representa la fuente más relevante dentro del Alcance 1, principalmente debido a las emisiones equivalentes asociadas a metano y óxido nitroso, alcanzando 4,32 kg CO₂eq. Por su parte, el butano y el propano presentaron contribuciones considerablemente menores, con 0,79 y 0,20 kg CO₂eq, respectivamente. Esta distribución confirma que, aunque las emisiones directas por combustibles existen y deben incorporarse en el inventario organizacional, su impacto resulta reducido frente a la magnitud del consumo eléctrico anual de la clínica. En consecuencia, los resultados orientan con claridad las estrategias de mitigación hacia la eficiencia energética institucional como principal mecanismo de reducción de huella de carbono.

Tabla 6.

Emisiones de gases de efecto invernadero por alcance y fuente energética en la clínica odontológica de la UCACUE Azogues

ALCANCE	FUENTE	DATO ACTIVIDAD		EMISIONES PARCIALES			EMISIONES TOTALES
		CIFRA	UNIDAD	Kg CO ₂	g CH ₄	g NO ₂	Kg CO ₂ eq
ALCANCE 1	Butano	0,26	Kg	0,79	0	0	0,79
ALCANCE 1	Propano	0,07	Kg	0,20	0	0	0,20
ALCANCE 1	Etanol	12,00	L	0	152,94	0,16	4,32
TOTAL EMISIONES ALCANCE 1				0,99	152,9	0,16	5,31
ALCANCE 2	Electricidad	17217	kWh				4700,28
TOTAL EMISIONES ALCANCE 1+2				0,99	152,9	0,16	4705,59

Interpretación de resultados y discusión del caso

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la huella de carbono calculada para la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, durante 2024 fue de 4.705,59 kg CO₂-eq, equivalente a 4,71 toneladas de CO₂-eq. Este valor corresponde exclusivamente a los alcances 1 y 2 considerados en el estudio, por lo que debe interpretarse como una línea base inicial y no como la huella total integral de la clínica. La precisión de esta afirmación es fundamental para evitar conclusiones sobredimensionadas y para mantener rigor metodológico.

La concentración de emisiones en el consumo eléctrico revela que la operación diaria de equipos clínicos y sistemas de soporte constituye el componente más relevante dentro del alcance medido. En una clínica odontológica universitaria, esta situación es esperable debido a la cantidad de equipos activos, la duración de las jornadas, la necesidad de esterilización permanente y la demanda tecnológica del proceso formativo. El resultado confirma que la sostenibilidad energética debe ocupar un lugar central en la gestión ambiental de la clínica.

La baja contribución de combustibles no implica que deban ignorarse, sino que su peso relativo dentro de los alcances medidos es mínimo. Los 5,31 kg CO₂-eq asociados a combustibles representan una proporción marginal frente al consumo eléctrico. Por ello, cualquier plan de mitigación que centre sus esfuerzos únicamente en reducir etanol, butano o propano tendría un impacto muy limitado sobre la huella total. La toma de decisiones debe basarse en proporcionalidad ambiental: intervenir primero donde la reducción potencial sea mayor.

Un aspecto importante es que el resultado probablemente subestima la huella real de la clínica, porque no incluye Alcance 3. En odontología, el transporte de pacientes y personal, la fabricación de materiales, el consumo de insumos descartables, la gestión de residuos y las compras institucionales suelen representar una proporción significativa de las emisiones totales. Por tanto, el valor de 4,71 t CO₂-eq debe entenderse como una estimación parcial centrada en la energía y combustibles bajo control institucional.

Aun así, el estudio posee valor aplicado porque establece una primera línea base cuantificable. Toda estrategia de mejora requiere un punto de partida. Sin medición inicial, la sostenibilidad se reduce a declaraciones generales. Con esta estimación, la clínica puede iniciar un proceso de gestión ambiental basado en indicadores, comparar resultados futuros y evaluar si las acciones implementadas reducen de manera efectiva

las emisiones.

También es importante vincular los resultados con la función formativa de la clínica. Una institución universitaria no solo debe reducir su impacto ambiental, sino formar profesionales capaces de comprender, medir y gestionar dicho impacto. El caso permite introducir a los estudiantes en el uso de datos reales, factores de emisión, interpretación de resultados y formulación de planes de mitigación. En consecuencia, el estudio tiene un doble aporte: ambiental e institucional.

Plan de mitigación y estimación de reducción

El plan de mitigación debe responder directamente a los resultados obtenidos. Dado que el consumo eléctrico representa el 99,89 % de la huella calculada, las acciones prioritarias deben orientarse a reducir la demanda energética de la clínica. Esto implica una combinación de medidas inmediatas de bajo costo, intervenciones técnicas de mediano plazo y decisiones institucionales de largo alcance. La mitigación no debe plantearse como una lista genérica de buenas prácticas, sino como una respuesta proporcional al diagnóstico realizado.

En la Tabla 7 se muestran las líneas de acción orientadas al plan de mitigación.

La primera línea de acción consiste en implementar un programa de eficiencia energética. Este programa debe incluir apagado programado de equipos fuera de uso, revisión de horarios de funcionamiento, mantenimiento preventivo de compresores y autoclaves, sustitución progresiva de luminarias por tecnología LED, regulación de climatización y capacitación del personal. Estas acciones pueden reducir el consumo sin afectar la calidad asistencial ni la bioseguridad clínica.

La segunda línea de acción corresponde a la gestión técnica de equipos. En clínicas odontológicas, algunos dispositivos pueden permanecer encendidos durante periodos prolongados sin uso efectivo. Identificar estos consumos pasivos resulta fundamental para reducir emisiones. Se recomienda elaborar una matriz de uso real de equipos, establecer responsables de apagado, revisar el estado de mantenimiento y priorizar la adquisición futura de equipos con certificación de eficiencia energética.

La tercera línea de acción consiste en incorporar indicadores de seguimiento. La clínica debería monitorear mensualmente el consumo eléctrico total, el consumo estimado por procedimiento, el número de procedimientos realizados y la emisión aproximada por paciente atendido. Estos indicadores permitirían evaluar no solo la reducción absoluta de emisiones, sino también la eficiencia ambiental de la atención. Una clínica puede aumentar su productividad sin aumentar proporcionalmente su huella si gestiona mejor sus recursos.

La cuarta línea de mitigación corresponde a la compensación ambiental mediante forestación. En lugar de emplear un promedio genérico de captura de carbono por árbol, esta propuesta se fundamenta en el estudio de servicios ecosistémicos desarrollado por la Unidad de Sostenibilidad de la UCACUE para proyectos de forestación urbana en Azogues, el cual midió tasas de captura de carbono específicas por especie mediante el software i-Tree® Suite (Unidad de Sostenibilidad UCACUE, 2025). Considerando una mezcla de especies orientada a múltiples servicios ecosistémicos —equivalente a la “Propuesta 2: Optimización Integral Multiservicio” de dicho estudio, con una tasa de captura promedio de 8,95 kg CO₂/individuo/año—, serían necesarios aproximadamente 526 árboles para compensar la huella actual de la clínica (4.705,59 kg CO₂-eq/año), o

bien 489 árboles si la forestación se implementa junto con el plan de eficiencia energética descrito a continuación. Esta estimación, al basarse en especies efectivamente evaluadas en el contexto local de Azogues, resulta más representativa que un promedio genérico y ofrece, además, el beneficio adicional de diversificar servicios ecosistémicos como la regulación hídrica y la calidad del aire.

Tabla 7.
Plan de mitigación propuesto para la clínica odontológica

Línea de acción	Medida concreta	Horizonte	Indicador sugerido
Consolidación de autoclaves	Unificar los 3 autoclaves a 1.300 W (reemplazo de 2 unidades de mayor potencia en 2 años)	Mediano plazo (2 años)	-6,37 % consumo eléctrico
Iluminación	Sustitución del 50 % de focos de 20W por LED de 10W (norma EN 12464-1)	Corto plazo	-3,65 % consumo eléctrico
Equipos clínicos	Mantenimiento preventivo	Mediano plazo	Número de equipos revisados
Gestión operativa	Control de horarios de uso	Corto plazo	Horas de operación/equipo
Monitoreo ambiental	Registro mensual de consumo	Permanente	kg CO ₂ -eq/mes
Compensación	Forestación con especies multiservicio (~489-526 árboles, según estudio i-Tree local)	Mediano-largo plazo	Árboles vivos al año; kg CO ₂ capturado/año
Formación	Capacitación a estudiantes y personal	Permanente	Participantes capacitados

Huella residual y proyección de mejora institucional

La huella residual corresponde a las emisiones que permanecen después de aplicar medidas de reducción y compensación. Para la clínica analizada, el plan de mejora elaborado por el equipo consultor (IMENTOR Consulting, 2025) identificó dos intervenciones concretas sobre el consumo eléctrico principal fuente de emisiones: la consolidación de los tres autoclaves de la clínica a una potencia estándar de 1.300 W, reemplazando en un plazo de dos años las dos unidades de mayor potencia (reducción del 6,37 % del consumo), y la sustitución del 50 % de los focos de 20 W por luminarias LED de 10 W conformes a la norma EN 12464-1 (reducción del 3,65 % del consumo). En conjunto, estas dos medidas reducirían el consumo energético en un 10,02 % en un plazo de dos años, al llevar las emisiones de 4.705,59 kg CO₂-eq a 4.370,38 kg CO₂-eq, es decir, una reducción de la huella total de carbono del 7,12 %.

Más allá de los escenarios hipotéticos presentados en la Tabla 8, el plan de mejora efectivamente propuesto por el equipo consultor equivale a una reducción del 10,02 % del consumo eléctrico anual, cifra que se sitúa entre los escenarios de 5 % y 15 % allí presentados. Esto permite dimensionar el esfuerzo real requerido: no se trata de una meta hipotética, sino de dos intervenciones técnicas específicas y ya identificadas, como la consolidación de autoclaves y la sustitución parcial de luminarias, con un horizonte de

implementación de dos años y sin comprometer la calidad asistencial ni la bioseguridad clínica.

La Tabla 8 muestra que la reducción progresiva del consumo eléctrico tendría efectos directos sobre la huella total de la clínica. Incluso una disminución del 5 % generaría una reducción relevante, mientras que un escenario del 20 % permitiría bajar la huella residual a aproximadamente 3,77 t CO₂-eq. Estos escenarios no deben interpretarse como resultados ya logrados, sino como proyecciones de gestión que permiten establecer metas institucionales verificables.

La huella residual debe ser entendida como un indicador dinámico. Una clínica no elimina completamente sus emisiones, pero puede reducirlas progresivamente mediante eficiencia energética, mejoras operativas y compensación responsable. El objetivo institucional no debe ser únicamente declarar neutralidad de carbono, sino demostrar reducción real mediante datos comparables año tras año. Esta perspectiva evita el riesgo de convertir la sostenibilidad en un discurso simbólico.

En términos académicos, la estimación de escenarios también fortalece el valor formativo del caso. Los estudiantes pueden comprender cómo se traduce una decisión técnica en un resultado ambiental concreto. Reducir horas de uso innecesario, mantener equipos o reorganizar procesos no son acciones administrativas menores, sino decisiones cuantificables en términos de emisiones. Esta relación entre gestión clínica y resultado ambiental es uno de los principales aprendizajes del caso.

Cabe destacar que la misma metodología de cálculo fue replicada por el equipo consultor en dos consultorios odontológicos adicionales de la ciudad de Azogues, con huellas de 1.376,31 kg CO₂-eq y 2.122,32 kg CO₂-eq, respectivamente, para 2024 (IMENTOR Consulting, 2025). Esta replicación confirma la viabilidad de la herramienta de cálculo como instrumento estandarizado para la gestión ambiental de consultorios odontológicos de distinta escala, más allá del caso institucional universitario aquí desarrollado.

Tabla 8.
Escenarios estimados de reducción de emisiones eléctricas

Escenarios	Reducción del consumo eléctrico	Emisiones evitadas estimadas	Huella residual aproximada
Escenario base	0 %	0 kg CO ₂ -eq	4.705,59 kg CO ₂ -eq
Escenario 1	5 %	235,01 kg CO ₂ -eq	4.470,58 kg CO ₂ -eq
Escenario 2	10 %	470,03 kg CO ₂ -eq	4.235,56 kg CO ₂ -eq
Escenario 3	15 %	705,04 kg CO ₂ -eq	4.000,55 kg CO ₂ -eq
Escenario 4	20 %	940,06 kg CO ₂ -eq	3.765,53 kg CO ₂ -eq

Finalmente, el estudio de caso demuestra que la sostenibilidad odontológica puede ser abordada desde metodologías accesibles, siempre que exista claridad en los límites, datos confiables y voluntad institucional de mejora. La Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, dispone de una primera línea base que puede ser fortalecida en futuros estudios mediante la incorporación del Alcance 3. El siguiente paso científico consiste en medir transporte, residuos, materiales e insumos para obtener una huella más integral y orientar estrategias de reducción más completas.

CONCLUSIONES

La huella de carbono en la práctica odontológica constituye una expresión concreta de la relación existente entre los sistemas de salud y la crisis climática contemporánea. La odontología, históricamente centrada en la resolución clínica de patologías bucodentales, enfrenta actualmente el desafío de incorporar la sostenibilidad ambiental como parte integral de su ejercicio profesional, debido a que sus procesos asistenciales, tecnológicos y administrativos participan de manera activa en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, consumo energético intensivo y producción constante de residuos clínicos. En este contexto, la sostenibilidad deja de representar una dimensión complementaria de la práctica dental y se consolida como un componente ético, sanitario e institucional indispensable para la viabilidad futura de los servicios odontológicos.

El análisis desarrollado a lo largo del libro permitió evidenciar que la huella de carbono en odontología responde a una dinámica multifactorial donde convergen movilidad, consumo eléctrico, esterilización, funcionamiento de equipos, adquisición de insumos, gestión de residuos y organización operativa de las clínicas. Esta complejidad demuestra que el impacto ambiental odontológico no puede reducirse únicamente al procedimiento clínico individual, sino que debe interpretarse desde una lógica sistémica que considere la totalidad del ciclo asistencial. La incorporación de enfoques metodológicos basados en inventarios de emisiones, análisis de ciclo de vida y clasificación por alcances permitió comprender que gran parte de las emisiones institucionales proviene de procesos indirectos frecuentemente invisibilizados dentro de la gestión clínica tradicional.

La relación entre salud pública y cambio climático evidenció que la degradación ambiental modifica con profundidad las condiciones epidemiológicas y sanitarias contemporáneas, afectando infraestructura hospitalaria, seguridad alimentaria, acceso a agua potable y estabilidad de los sistemas de atención. Dentro de este escenario, la odontología no permanece aislada, debido a que la salud bucal depende directamente de determinantes ambientales y sociales alterados por la crisis climática. Asimismo, la práctica odontológica participa en simultáneo como receptora y generadora de impactos ambientales, al configurar una paradoja ética que obliga a replantear los modelos tradicionales de atención bajo principios de responsabilidad ecológica y prevención sanitaria.

La revisión de evidencia internacional confirmó que las principales fuentes de emisión en odontología se concentran en el transporte de pacientes y personal, el consumo energético institucional, la adquisición de materiales y la gestión de residuos clínicos. Del mismo modo, los estudios analizados demostraron que las estrategias de mitigación más efectivas corresponden a la reorganización operativa de citas, eficiencia energética, compras sostenibles, digitalización racional y fortalecimiento de la prevención bucodental. La sostenibilidad clínica no depende exclusivamente de innovaciones tecnológicas complejas, sino de decisiones organizacionales coherentes orientadas a disminuir desperdicios y optimizar recursos sin comprometer la calidad asistencial ni la bioseguridad.

El estudio de caso desarrollado en la Clínica Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, permitió trasladar los fundamentos teóricos hacia una aplicación institucional concreta, al poner en evidencia que el consumo eléctrico representa el principal componente de la huella de carbono calculada. Los resultados obtenidos mostraron que la operación energética de equipos clínicos, autoclaves, compresores, iluminación y sistemas de soporte constituye el núcleo crítico de emisiones institucionales. Esta evidencia confirma que la gestión energética debe convertirse en una prioridad estratégica dentro de los procesos de modernización y sostenibilidad de clínicas odontológicas universitarias y privadas.

La investigación también permitió identificar limitaciones importantes asociadas a la ausencia de medición integral del Alcance 3, particularmente en relación con transporte, cadena de suministro, materiales clínicos y residuos. Sin embargo, esta limitación no reduce el valor científico del estudio, sino que revela la necesidad de fortalecer futuras investigaciones mediante inventarios más completos y metodologías de monitoreo continuo. La construcción de líneas base institucionales constituye un paso indispensable para avanzar hacia sistemas de gestión ambiental odontológica sustentados en indicadores verificables y procesos permanentes de mejora.

Desde una perspectiva académica y profesional, la obra demuestra que la sostenibilidad debe integrarse transversalmente en la formación odontológica universitaria. La preparación de futuros profesionales no puede limitarse al dominio técnico-clínico desvinculado de los desafíos ambientales contemporáneos. Formar odontólogos ambientalmente responsables implica desarrollar competencias relacionadas con eficiencia energética, gestión sostenible de recursos, interpretación de emisiones, prevención ambiental y responsabilidad social sanitaria. En consecuencia, la educación odontológica adquiere un papel estratégico en la transición hacia modelos asistenciales bajos en carbono.

De este modo, las perspectivas actuales sobre la huella de carbono en la práctica dental evidencian que la sostenibilidad no constituye una aspiración abstracta, sino una necesidad concreta para garantizar la continuidad ética, sanitaria y ambiental de la atención odontológica. La transformación de las clínicas dentales hacia modelos más eficientes y ambientalmente responsables exige investigación aplicada, compromiso institucional y capacidad de articulación entre salud pública, gestión ambiental y práctica clínica. La odontología sostenible representa, en última instancia, una redefinición del cuidado sanitario contemporáneo, donde proteger la salud humana implica también preservar las condiciones ecológicas que la hacen posible.

REFERENCIAS

- Acuña-Vesga, A.P., Díaz-Ramírez, L.C., Almario-Barrera, A.J., Peñuela-Sánchez, A.E., & Castellanos-Domínguez, Y.Z. (2022). Niveles de ruido generados en procedimientos realizados en una facultad de odontología. *Revista Cuidarte*, 13(1), e2251. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.2251>
- Aguilar, D.R., Guimarães, N.S., Cruz, A.J.S., Pinto, A.L.B.V., Pordeus, I.A., & Abreu, M.H.N.G. (2025). Sustainability of oral healthcare services: A mapping review. *Healthcare*, 13(23), 3023. <https://doi.org/10.3390/healthcare13233023>
- Bambarén-Alatrística, C., & Alatrística-Gutiérrez, M. del S. (2016). Carbon footprint in five third-level health care centers in Peru, 2013. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2), 274-277. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2141>
- Bamedhaf, O., Salman, H., Tegginmani, S.A., & Guraya, S.S. (2025). Environmental sustainability in the dental curriculum: A scoping review. *BMC Medical Education*, 25, 844. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07441-y>
- Berniak-Woźny, J., & Rataj, M. (2023). Towards green and sustainable healthcare: A literature review and research agenda for green leadership in the healthcare sector. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 908. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020908>
- Borglin, L., Pekarski, S., Saget, S., & Duane, B. (2021). The life cycle analysis of a dental examination. Quantifying the environmental burden of an examination in a hypothetical dental practice. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 49(6), 581-593. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33686705/>
- Byrne, D., Saget, S., Davidson, A., Haneef, H., Abdeldaim, T., Almudahkah, A., Basquille, N., Bergin, A.M., Prida, J., Lyne, A., & Duane, B. (2022). Comparing the environmental impact of reusable and disposable dental examination kits: A life cycle assessment approach. *British Dental Journal*, 233, 317-325. <https://doi.org/10.1038/s41415-022-4912-4>
- Cavicchi, C., Oppi, C., & Vagnoni, E. (2022). Back and forth on sustainable development: A focus on healthcare organisations. *Sustainability*, 14(9), 4958. <https://doi.org/10.3390/su14094958>
- Dixon, J., Field, J., Gibson, E., & Martin, N. (2024). Curriculum content for environmental sustainability in dentistry. *Journal of Dentistry*, 147, 105021. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105021>
- Duane, B., Stancliffe, R., Miller, F. A., Sherman, J., & Pasdeki-Clewer, E. (2020). Sustainability in dentistry: A multifaceted approach needed. *Journal of Dental Research*, 99(9), 998-1003. <https://doi.org/10.1177/0022034520919391>
- García-González, M.C., Higuera García, E., Gallego Gamazo, C., Pozo Menéndez, E., & Román López, E. (2022). Prevención en salud desde el diseño del espacio público. El proyecto URB_HealthS como experiencia de transferencia de conocimiento. *Ciudades*, 25, 59-78. <https://doi.org/10.24197/ciudades.25.2022.59-78>
- Health Care Without Harm & Arup (2019). *Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action*. https://noharm-global.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf
- IMENTOR Consulting (2025). Huella de carbono en clínicas odontológicas: Universidad Católica de Cuenca sede Azogues [Informe técnico no publicado]. Unidad de Sostenibilidad, Universidad Católica de Cuenca.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- International Organization for Standardization (2018). *ISO 14064-1:2018 greenhouse gases—Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:en>
- Interview: Say no more... An insight into the Behavioural Insights Team. *British Dental Journal*, 223, 560-562. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.914>
- Kumar, D., Kumar, R., Sharma, M., Awasthi, A., & Kumar, M. (2024). Global water quality indices: Development, implications, and limitations. *Total Environment Advances*, 9, 200095, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.teadva.2023.200095>
- Linares, C., Martínez, G.S., Kendrovski, V., & Díaz, J. (2020). A new integrative perspective on early warning systems for health in the context of climate change. *Environmental Research*, 187, 109623. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109623>
- Martín, N., Hunter, A., Constantine, Z., & Mulligan, S. (2024). The environmental consequences of

- oral healthcare provision by the dental team. *Journal of Dentistry*. 141, 104822. <https://doi.org/10.15131/shef.data.24996509>
- Martín, N., Sheppard, M., Gorasia, G.P., Arora, P., Cooper, M., & Mulligan, S. (2021). Awareness and barriers to sustainability in dentistry: a scoping review. *Journal of Dentistry*, 112, 103735. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103735>
- Murillo-Rodríguez, E., & Mora-Rivera, W. (2024). Global trends to reduce carbon footprint: challenges and opportunities for the Costa Rican health sector. *Revista Población y Salud en Mesoamérica*, 22(1), 1-27. <https://doi.org/10.15517/psm.v22i1.57743>
- Oskarbski, J., & Biszko, K. (2023). Estimation of vehicle energy consumption at intersections using microscopic traffic models. *Energies*, 16(1), 233. <https://doi.org/10.3390/en16010233>
- Paredes-Canencio, K.N., Lasso, A., Castrillón, R., Vidal-Medina, J.R., & Quispe, E.C. (2024). Carbon footprint of higher education institutions. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 30239–30272. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04596-4>
- Ricaldi Soto, L. (2024). Una odontología sustentable para Chile: revisión narrativa desde una perspectiva ecológica y sustentable. *ARS Medica Revista de Ciencias Médicas*, 49(2), 38–48. <https://doi.org/10.11565/arsmed.v49i2.2020>
- Roletto, A., Zanardo, M., Bonfitto, G.R., Catania, D., Sardanelli, F., & Zanoni, S. (2024). The environmental impact of energy consumption and carbon emissions in radiology departments: a systematic review. *European Radiology Experimental*, 8(35). <https://doi.org/10.1186/s41747-024-00424-6>
- Romanello, M., Di Napoli, C., Green, C., Kennard, H., Lampard, P., Scamman D., Walawender, M., Ali, Z., Ameli, N., Ayeb-Karlsson, S., Beggs, P.J., Belesova, K., Ford, L.B., Bowen, K., Cai, W., Callaghan, M., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cross, J., ..., Costello, A. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, 402(10419), 2346–2394. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01859-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01859-7)
- Saldano, S.M., Pfitscher, E.D., & Uhlmann, V.O. (2010). Análise de sustentabilidade ambiental: Estudo de caso em uma clínica odontológica municipal. *Revista de Contabilidade da UFBA*, 4(3), 32–49. <https://doi.org/10.9771/rcufba.v4i3.4611>
- Taco Tobar, J.E., & Chiliquinga Negrete, A.G. (2026). Revisión bibliográfica sobre la aplicación de materiales ecológicos y técnicas sostenibles en odontología. *Nexus Research Journal*, 5(1), 105–133. <https://doi.org/10.62943/nrj.v5n1.2026.473>
- United Nations Environment Programme (2023). *Emissions gap report 2023: Broken record—Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)* [Report]. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>
- United Nations Climate Change. (2022). *Nationally determined contributions under the Paris Agreement: Ecuador updated NDC*. UNFCCC. <https://unfccc.int>
- Unidad de Sostenibilidad, Universidad Católica de Cuenca (2025). Optimización ecoeconómica de forestación urbana: comparación de escenarios para captura de carbono y servicios ecosistémicos múltiples [Informe técnico no publicado]. UCACUE.
- Valls-Val, K., & Bovea, M.D. (2022). Carbon footprint assessment tool for universities: CO2UNV. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 791–804. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.020>
- Varón-Hoyos, M., Osorio-Tejada, J., & Morales-Pinzón, T. (2021). Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management*, 12(1), 93–107. <https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1876531>
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J., Coleman, S., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Di Napoli, C., ..., Costello, A. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet*, 397(10269), 129–170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)
- World Health Organization. (2020 October 12). *WHO guidance for climate resilient and environmentally sustainable health care facilities*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240012226>
- World Health Organization. (2023 October 12). *Climate change and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

SOBRE LOS AUTORES



Johanna Rosalí Reyes-Reinoso

Doctora en Ciencias Sociales, magíster en Auditoría Integral y en Derechos Humanos, e ingeniera en Contabilidad, Auditoría, Marketing y Negociación Comercial Internacional. Tiene diplomados en Género, Criminología, Pensamiento Crítico, Comercio Exterior, Análisis de Datos y Formación de Investigadores. Es docente investigadora en la Universidad Católica de Cuenca, responsable Observatorio de género (RIOUC), coordinadora del Grupo de Investigación Ciencia y Diversidad (GIC&D), coordinadora editorial del Observatorio de Datos Abiertos “Al Dato” y par evaluadora del CACES. También es autora de libros y artículos con enfoque de género entre ellos: Trayectorias interrumpidas: Metáforas de género y brechas profesionales en el ámbito académico global. Un estudio bibliométrico.



Cristian Danilo Urgiles Urgiles

Doctor en Ciencias Odontológicas por la Universidad del Zulia; especialista en Rehabilitación Oral por la Universidad Estatal de Cuenca y especialista en Docencia Clínica por la Universidad del Zulia. Es máster en Implantes Dentales y Cirugía Oral por TECH y Diplomado en Estética y Diseño de Sonrisa por la Fundación Universitaria San Martín de Colombia. Se desempeña como docente Investigador de la Universidad Católica de Cuenca y fue docente de posgrado de Rehabilitación Oral en la Universidad Estatal de Cuenca (2015–2016). Ha ejercido como director de la Carrera de Odontología, sede Azogues, desde 2017 hasta 2022 y nuevamente en 2026. Ha participado como conferencista en eventos científicos nacionales e internacionales, además de publicar artículos científicos, capítulos de libros y libros relacionados con rehabilitación oral, odontología digital, estética dental, odontología preventiva e investigación.



Angel Aurelio Morocho Macas

Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Santander; magíster en Administración de Tecnologías de la Información por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Católica de Cuenca y diplomado en Formador de Investigadores por la Universidad de la Rioja. Se desempeña como docente investigador de la Universidad Católica de Cuenca y docente de posgrado de la Universidad Estatal de Cuenca. Es miembro del Centro de Investigación Azogues. Ha participado como conferencista en eventos científicos nacionales e internacionales, además de publicar artículos científicos, capítulos de libros y libros relacionados con la formación de competencias investigativas.



Luis Emilio Coloma Calle

Odontólogo por la Universidad Estatal de Guayaquil y especialista en Endodoncia por la misma universidad. Fue docente del Diplomado de Endodoncia de la Universidad Estatal de Guayaquil en 2018 y docente del Diplomado de Endodoncia de la Universidad Católica de Cuenca en 2022. Actualmente es docente de pregrado de la Universidad Católica de Cuenca y docente de posgrado de la Universidad de Cuenca y de la Universidad Católica de Cuenca (2025). Se desempeñó como speaker de Septodont entre 2018 y 2021 y en la actualidad es speaker de RoginDental. Es autor y coautor de artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales y ha participado como conferencista en eventos nacionales e internacionales. Es miembro de la Sociedad de Endodoncistas del Guayas, de la Asociación de Endodoncistas del Ecuador, de la Sociedad Latinoamericana de Endodoncistas y de la Federación Internacional de Asociaciones de Endodoncia. Además, es presidente del Colegio de Odontólogos del Cañar y miembro del directorio de ASEEC. Ejerce práctica privada exclusiva en Endodoncia.



Cristina Estefanía Urgiles Esquivel

Odontóloga por la Universidad de Cuenca, especialista en Ortodoncia por la Universidad Católica de Cuenca y magíster en Docencia en Ciencias de la Salud por la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Es docente de la Carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues. Ha ejercido profesionalmente como odontóloga general y ortodoncista tanto en la práctica privada como en el ámbito de la atención pública, desempeñándose como odontóloga del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), a través del Seguro Social Campesino. Su actividad investigativa se enfoca en las áreas de ortodoncia, anomalías del desarrollo dentario, biomateriales para la regeneración del complejo dentino-pulpar e investigación odontológica. Es autora y coautora de artículos científicos, capítulos de libros y libros.



Fernanda Nataly González Andrade

Odontóloga por la Universidad Católica de Cuenca, especialista en Atención Primaria de Salud por la Universidad Estatal de Bolívar, magíster en Medicina Forense por la Universidad Estatal de Guayaquil, magíster en Ortopedia y Ortodoncia por TECH y magíster en Docencia en Ciencias de la Salud por la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Se desempeña como docente a tiempo completo de la Universidad Católica de Cuenca, en las carreras de Odontología y Criminología y Ciencias Forenses. Es miembro consultora externa del Comité de Bioética de la Universidad Católica de Cuenca (CEISH-UCACUE), docente colaboradora en proyectos de investigación y miembro del Grupo de Investigación GIBCE. Su producción académica incluye libros, artículos científicos y capítulos de libros vinculados con la formación

odontológica y las ciencias forenses.



Daniela Fernanda San Martin Andrade

Odontóloga por la Universidad Católica de Cuenca, especialista en Rehabilitación Oral por la Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile, y magíster en Docencia en Ciencias de la Salud por la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Se desempeña como docente a tiempo completo de la Universidad Católica de Cuenca, en la carrera de Odontología. Es directora y colaboradora en proyectos de Investigación y miembro del Grupo de Investigación GIBCE. Ha fortalecido su formación mediante ponencias, cursos y certificaciones en investigación y producción científica, actualización profesional, tecnologías educativas y diversas áreas de la salud. Su producción académica incluye libros, artículos científicos y capítulos de libro vinculados con la formación odontológica.



Iván Bolívar Valladolid Zhizhingo

Médico por la Universidad Católica de Cuenca e ingeniero mecánico automotriz por la Universidad Politécnica Salesiana. Es especialista superior en Gestión para la Reducción de Riesgos de Desastres por la Universidad Andina Simón Bolívar y magíster en Docencia en Ciencias de la Salud por la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Se desempeña como docente a tiempo completo de la Universidad Católica de Cuenca. Ha fortalecido su formación mediante cursos y certificaciones en investigación y producción científica, bioética, actualización profesional, tecnologías educativas y diversas áreas de la salud. Su producción académica incluye libros y artículos científicos vinculados con la formación odontológica, el diseño de sonrisa, la actividad anti-*Candida albicans* y la desinfección de prótesis acrílicas.

LISTADO DE SIGLAS

Término / Sigla	Definición	Aplicación en odontología
Adaptación climática	Ajuste frente a los efectos del cambio climático	Clínicas resilientes
ACV (Análisis de Ciclo de Vida)	Evaluación ambiental de un producto o servicio durante todo su ciclo	Análisis de materiales dentales
Agenda 2030	Marco global para el desarrollo sostenible	Orientación de políticas sanitarias
Auditoría ambiental	Evaluación del desempeño ambiental institucional	Control ambiental clínico.
Bioseguridad	Medidas para prevenir riesgos biológicos	Esterilización y control de infecciones.
CAD/CAM	Diseño y manufactura asistidos por computadora	Prótesis y restauraciones digitales
Cambio climático	Alteración prolongada del clima por causas naturales o humanas	Riesgo para la salud pública
Carbono neutral	Equilibrio entre emisiones generadas y compensadas	Meta de sostenibilidad institucional
Clínica verde	Establecimiento sanitario con gestión ambiental sostenible	Reducción de residuos y consumo
CO ₂	Principal gas de efecto invernadero de origen antropogénico	Indicador de emisiones clínicas
CO ₂ eq	Unidad que expresa emisiones en equivalentes de CO ₂	Cálculo de huella de carbono
Compensación de carbono	Neutralización de emisiones mediante reducción o captura equivalente	Programas ambientales institucionales
Consumo energético	Energía utilizada por equipos o procesos	Operación de equipos odontológicos
Contaminación ambiental	Alteración nociva del entorno natural	Impacto de residuos clínicos
COP	Conferencia internacional sobre cambio climático	Referente para políticas ambientales
Descarbonización	Reducción progresiva de emisiones de carbono	Eficiencia energética clínica
Desarrollo sostenible	Desarrollo que satisface necesidades presentes sin afectar las futuras	Atención odontológica responsable
Economía circular	Modelo basado en reutilización y reducción de residuos	Gestión sostenible de insumos
Ecoeficiencia	Uso eficiente de recursos con menor impacto ambiental	Optimización operativa
Eficiencia energética	Menor consumo energético con igual desempeño	Reducción del consumo eléctrico
Emisión indirecta	Emisión asociada a actividades externas	Electricidad y proveedores
Emisión directa	Emisión generada por fuentes propias	Combustibles institucionales
Energía renovable	Energía proveniente de fuentes regenerativas	Disminución de emisiones
Esterilización	Eliminación total de microorganismos	Bioseguridad clínica
Factor de emisión	Coefficiente para convertir actividad en emisiones	Inventarios de carbono
Gases de efecto invernadero	Gases que contribuyen al calentamiento global	Base de la huella de carbono
GEI	Conjunto de gases responsables del efecto invernadero	Medición de emisiones sanitarias
GHG Protocol	Estándar internacional para cuantificar emisiones	Cálculo de huella institucional
Gestión ambiental	Acciones para controlar impactos ambientales	Administración sostenible de clínicas
HCFC	Refrigerantes con potencial de calentamiento global	Sistemas de climatización
Huella de carbono	Total de emisiones generadas por una actividad u organización	Evaluación ambiental clínica
Huella ecológica	Indicador de presión humana sobre los ecosistemas	Valoración de sostenibilidad.
IPCC	Organismo científico de evaluación climática	Referente técnico internacional
ISO	Organización internacional de normalización	Normas ambientales aplicadas.
ISO 14064	Norma para cuantificación y reporte de GEI	Inventarios de carbono
kWh	Unidad de medida del consumo eléctrico	Monitoreo energético
LED	Tecnología de iluminación eficiente	Ahorro energético clínico
Matriz energética	Composición de fuentes de generación eléctrica	Determinación de emisiones
Mitigación climática	Acciones para reducir emisiones de GEI	Estrategias ambientales odontológicas
Odontología sostenible	Práctica odontológica con menor impacto ambiental	Atención bucodental responsable
OMS	Organismo rector de la salud mundial	Referente sanitario internacional
Prácticas verdes	Acciones para reducir impactos ambientales	Gestión sostenible de recursos
Prevención bucodental	Acciones para evitar enfermedades orales	Disminución de tratamientos invasivos
Residuos clínicos	Desechos generados durante la atención sanitaria	Gestión diferenciada y segura
Salud pública ambiental	Relación entre ambiente y salud poblacional	Evaluación de servicios odontológicos
Scope 1 (Alcance 1)	Emisiones directas bajo control institucional	Combustibles y gases
Scope 2 (Alcance 2)	Emisiones indirectas por electricidad adquirida	Consumo eléctrico clínico
Scope 3 (Alcance 3)	Emisiones indirectas de cadena de valor	Transporte, insumos y residuos
Sostenibilidad sanitaria	Atención en salud ambientalmente responsable	Gestión integral de clínicas

Término / Sigla	Definición	Aplicación en odontología
Teleodontología	Atención odontológica mediante tecnologías digitales	Reducción de desplazamientos
Trazabilidad ambiental	Seguimiento del desempeño ambiental institucional	Monitoreo de consumos y residuos

CONTRAPORTADA

SALUD PÚBLICA Y ODONTOLOGÍA SOSTENIBLE: HUELLA DE CARBONO, PRÁCTICAS VERDES, forma parte del proyecto titulado “Huella de carbono generada por la práctica odontológica en la provincia del Cañar durante 2024. Caso Colegio de Odontólogos” presentado en la XV Convocatoria de Proyectos de Investigación de la Universidad Católica de Cuenca, Cambio Global (PICCG24-20) y código de aprobación CEISH-UCACUE-2023-173. Constituye una obra orientada a comprender la relación entre sostenibilidad ambiental, salud pública y práctica odontológica contemporánea. Mediante un enfoque científico y argumentativo, el libro analiza cómo las actividades clínicas odontológicas participan en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero y cuáles son las principales estrategias para avanzar hacia modelos de atención más sostenibles y responsables con el ambiente.

La obra integra fundamentos teóricos sobre cambio climático, salud pública ambiental y huella de carbono, junto con el análisis de las principales fuentes de emisiones en odontología, incluyendo consumo energético, transporte, materiales clínicos y gestión de residuos. Además, presenta un estudio de caso aplicado en una clínica odontológica universitaria, por medio de la incorporación de cálculos de emisiones, análisis energético y propuestas de mitigación.

Este libro representa una contribución académica orientada a fortalecer la formación, investigación y gestión ambiental dentro de la odontología contemporánea.

