

Artículo original

Calidad bacteriológica del aire en ambientes académicos administrativos de la Universidad Central del Ecuador.

Bacteriological air quality in academic administrative environments of the Central University of Ecuador.

González-Escudero Marco^{1,2}, Chavez-Chamorro Andrea¹, Araque-Rangel Judith¹, Andueza-Leal Félix^{1,3*}.

¹FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP. Ecuador. ²Facultad de Odontología. Universidad Politécnica Salesiana. Quito. CP. ³Departamento de Microbiología y Parasitología. Escuela de Bioanálisis. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes. Mérida. CP. Venezuela.

Recibido: septiembre de 2023–Aceptado: noviembre de 2023

RESUMEN

La contaminación del aire de los ambientes de trabajo es un problema resaltante a nivel mundial, constituyéndose en un fenómeno con incidencia en la salud del trabajador a través de infecciones y enfermedades crónicas, lo cual produce una reducción de la esperanza de vida de las personas, así como pérdidas económicas por el ausentismo laboral que provoca. En este sentido el objetivo de la presente investigación fue cuantificar la microbiota bacteriana del aire interior de unidades académico administrativas de la Universidad Central del Ecuador. El diseño experimental aplicado fue el de una investigación exploratoria, observacional descriptiva. Se recolectaron 304 muestras en 38 sitios seleccionados. Se utilizó como técnica de muestreo la deposición por gravedad utilizando placas Compact Dry® para bacterias aerobias, expuestas por diez minutos en cada uno de los ambientes seleccionados, incubándose posteriormente a 37°C durante un máximo de 7 días. La cuantificación de bacterias aerobias se expresó en unidades formadoras de colonias por metro cúbico. Los valores promedios más altos de colonias bacterianas se obtuvieron en los ambientes de las facultades de ciencias administrativas (8,40 x 10²), filosofía (8,30 x 10²), comunicación social (7,40 x 10²) y del hospital del

día universitario (7,52 x 10²). Los resultados evidencian la presencia de una microbiota bacteriana en el aire interior de la mayoría de las instalaciones de la Universidad Central del Ecuador dentro de los límites establecidos a nivel internacional, lo cual representa un riesgo bajo para la salud de los usuarios.

PALABRAS CLAVE

Calidad bacteriológica, contaminación del aire, ambientes laborales universitarios, microbiota del aire.

ABSTRACT

Air pollution in workplaces is a significant problem worldwide and constitutes a phenomenon that has an impact on worker health, causing infections and chronic diseases, which affects a reduction in people's life expectancy as well as economic losses due to the work absenteeism, thus the objective of research was to quantify the bacterial microbiota of the indoor air of academic-administrative units of the Central University of Ecuador. The experimental design applied was that of an exploratory, descriptive observational research. 304 samples were collected at 38 selected points. Gravity deposition was used as a sampling

technique using Compact Dry® plates for aerobic bacteria, exposed for ten minutes in each of the selected environments, subsequently incubated at 37 °C for a maximum of 7 days. The quantification of aerobic bacteria was expressed in colony-forming units per cubic meter. The highest average values of bacterial colonies of air were obtained in the environments of the faculties of administrative sciences (8.40×10^2), philosophy (8.30×10^2), and social communication (7.40×10^2) and the university day hospital (7.52×10^2). The results show the presence of a bacterial microbiota in the indoor air of most of the facilities of the Central University of Ecuador within the limits established internationally, which does not represent a risk to the health of users.

KEY WORDS

Bacteriological quality, air pollution, university work environments, air microbiota.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más apremiantes en el mundo, está presente en todos los países, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico; además constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre y de los animales [1].

A pesar de que no se cuenta con suficientes investigaciones que permitan tener una cuantificación exacta de los problemas de salud relacionados con la calidad del aire, la Organización Mundial de la Salud estima que, en el mundo, aproximadamente de 7 a 8 millones de muertes pueden ser atribuidas a la contaminación atmosférica [1].

De igual forma, la Agencia Europea de Medio Ambiente, ha planteado que la contaminación atmosférica puede causar una reducción de la esperanza de vida de alrededor de 8,6 meses por persona [2].

La contaminación del aire puede darse por elementos químicos tales como la mezcla de partículas sólidas y de gases en el ambiente,

provocada por emisiones de automóviles, fábricas, industria, construcción, desforestación y por desastres naturales como las erupciones volcánicas, así mismo puede ser provocada por contaminación con elementos biológicos como los microorganismos [3-6].

En lo que se refiere al componente microbiológico, la atmósfera no tiene una microbiota autóctona, pero es un medio que sirve para la dispersión rápida y global de muchos tipos de microorganismos que tienen una gran importancia biológica y económica, dado a que una gran parte de ellos producen enfermedades en animales, humanos y plantas [6-9].

En lo referente a la microbiota de ambientes cerrados, se han realizado pocos estudios en Latinoamérica [8], por lo cual se desconoce la magnitud de esta población microbiana y su biodiversidad; lo que se conoce hasta la fecha, proviene de estudios llevados a cabo en países asiáticos, europeos y de los Estados Unidos de Norteamérica [6,7,9-14]

Las investigaciones epidemiológicas realizadas en diversas partes del mundo han demostrado que altas concentraciones de microorganismos en el aire de viviendas y sitios de trabajos pueden ser perjudicial para la salud de sus moradores, causando distintos tipos de enfermedades agudas y crónicas, entre ellas enfermedades respiratorias, cardíacas, dermatológicas, mentales y alérgicas [1,2,6,12-16].

Los entornos y factores antes mencionados se han relacionado con la presentación de una afección denominada síndrome del edificio enfermo (del inglés sick building syndrome), por el cual las personas experimentan diversos síntomas agudos en la salud, originado por alergias, infecciones e intoxicaciones [9,15], que parecen estar relacionados con el tiempo que pasan en los edificios [10,17].

Al revisar la información sobre la microbiología del aire, el síndrome del edificio enfermo y los diferentes factores que existen con relación al aire, los microorganismos y la salud, se observa que existen situaciones y ambientes que generan riesgos que pueden afectar la salud e higiene laboral [17].

En el caso de Ecuador, no existen trabajos publicados en los últimos diez años sobre

investigaciones desarrolladas sobre esta temática, existiendo un desconocimiento de la contaminación bacteriana que pueda estar presente en los distintos ambientes laborales. Por ello, la finalidad del presente estudio fue cuantificar la microbiota bacteriana del aire interior de unidades académico administrativas de la Universidad Central del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se utilizó un diseño exploratorio, observacional, descriptivo. Se seleccionaron 19 dependencias de la sede central de la Universidad Central del Ecuador ubicada en la parroquia de Miraflores de la ciudad de Quito, Ecuador.

Los sitios seleccionados para el estudio, así como sus principales características se resumen en

la Tabla 1, siendo las dependencias las siguientes: Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental (FIGEMPA), Biblioteca integrada UCE, Facultad de Ciencias Veterinarias, Hospital Universitario del Día, Facultad de Ciencias Químicas, Rectorado, Consejo Universitario, Facultad de Psicología, Facultad de Ciencias de la Comunicación, Facultad de Artes, Facultad de Arquitectura, Facultad de Ciencias Económicas, Facultad de Cultura Física, Facultad de Odontología, Facultad de Administración, Facultad de Ciencias Agrícolas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Facultad de Filosofía y Facultad de Jurisprudencia.

En cada uno de los sitios antes señalados se seleccionaron salones y oficinas con una mayor afluencia de personal docente, estudiantes y/o de personal administrativo (Tabla 1).

TABLA 1.

Instalaciones evaluadas y características de los sitios y ambientes de muestreo

Instalación	Sitio de muestreo	Características generales
Facultad FIGEMPA	Salón de Profesores Museo de Ciencia de la Tierra	150 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial 600 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Servicio Integral de Bibliotecas	Salón de documentos históricos Salón de lectura planta baja Salón de lectura primer piso	600 m ² climatizado, cerrado. 500 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial 500 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias Veterinarias	Salón del decanato Quirófano veterinario	80 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial 80 m ² climatizado, cerrado.
Hospital Universitario del Día	Oficina de recaudación Consultorio	60 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 20 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias Químicas	Salón planta baja Salón primer piso Salón segundo piso	800 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 800 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial 800 m ² ventanales amplios, ventilación natural, luz natural y artificial
Rectorado	Secretaria	30 m ² ventilación natural, sin ventanales, ventilación natural, luz artificial.
Consejo Universitario	Salón reuniones	400 m ² ventilación natural, ventanas pequeñas, ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias Psicológicas	Secretaria Biblioteca	50 m ² ventilación natural, luz artificial 100 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias de la Comunicación	Secretaria Biblioteca	30 m ² ventilación natural, luz artificial, 80 m ² ventilación natural, luz artificial

TABLA 1.

Instalaciones evaluadas y características de los sitios y ambientes de muestreo. (Continuación)

Instalación	Sitio de muestreo	Características generales
Facultad de Artes	Salón decanato Secretaria Biblioteca	30 m ² ventilación natural, luz artificial 20 m ² ventilación natural, luz artificial 60 m ² ventilación natural, luz artificial
Facultad de Arquitectura y Urbanismo	Salón decanato Secretaria Salón planta baja	80 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 30 m ² ventilación natural, luz artificial 200 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias Económicas	Salón de profesores Salón planta baja	80 m ² ventilación natural, luz artificial 60 m ² ventilación natural, luz artificial
Facultad de Cultura Física	Salón de profesores Salón planta baja	30 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 100 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Odontología	Secretaria Información Salón primer piso	30 m ² ventilación natural, luz artificial 300 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Ciencias Administrativas	Salón decanato Secretaria Salón planta baja	40 m ² ventilación natural, luz artificial 20 m ² ventilación natural, luz artificial y natural 60 m ² ventilación natural, luz artificial
Facultad de Ciencias Agrícolas	Salón decanato Secretaria	50 m ² ventilación natural, luz artificial 20 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de ingeniería y Ciencias Aplicadas	Secretaria Información	40 m ² ventilación natural, luz artificial 20 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Filosofía	Secretaria Información	50 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 20 m ² ventilación natural, luz natural y artificial
Facultad de Jjurisprudencia	Salón decanato Secretaria	80 m ² ventilación natural, luz natural y artificial 30 m ² ventilación natural, luz natural y artificial

En los ambientes de trabajo estudiados (38 localidades) se realizaron 2 muestreos microbiológicos del aire interior en diferentes días, con un total de 152 muestras primarias, a razón de 4 muestras por localidad, lo cual representó en total de 304 muestras. Una vez realizada la toma de muestras, a través de la exposición de las cajas de Compact Dry®, las mismas fueron transportadas al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental (FIGEMPA) para su incubación y posterior cuantificación.

Para tomar las muestras del aire interno del ambiente de los sitios o áreas de trabajo seleccionados, se aplicó la técnica de sedimentación por gravedad [18,19], utilizando las placas Compact Dry® para bacterias aerobias [20,21]. Para poder utilizar la técnica de

sedimentación por gravedad en los ambientes seleccionados, previamente se prepararon las placas de medio de cultivo Compact Dry® para bacterias aerobias, agregando un volumen de 1 mL de agua estéril a cada una de las placas a ser utilizadas, dejando transcurrir diez minutos para su solidificación en condiciones de esterilidad. Posteriormente se colocaron las placas de medios de cultivo bacteriano expuestas al aire, por espacio de diez minutos. Seguidamente se recogieron y taparon las placas con una tapa de plástico estéril y se transportaron inmediatamente al laboratorio para su procesamiento.

Una vez en el laboratorio, las placas se incubaron a 37°C por siete días. Finalizado el tiempo de incubación, se contaron las colonias crecidas mediante un contador de colonias y se expresaron los resultados como Unidades

Formadoras de Colonias por centímetro cuadrado por minuto (UFC/cm²/minuto). Posteriormente cada valor obtenido fue transformado a las unidades UFC/m³, utilizando la ecuación de Omeliansky [19,22].

$$N = \frac{5 \times A \times 10^4}{B \times T} \quad (1)$$

N= UFC/m³ de aire en el ambiente interno, A = número de colonia por placa de Petri, B= superficie de la placa de Petri (cm²) y T = tiempo de exposición en minutos.

Finalmente se calculó el promedio de los resultados obtenidos en las muestras duplicadas,

expresada en UFC/m³. Se realizó una comparación de los valores obtenidos en la cuantificación de la microbiota bacteriana con los límites microbiológicos aceptados a nivel internacional [23,24] y con los señalados por algunos autores [25,26].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de la cuantificación de bacterias aeróbicas obtenidas en el aire interior de cada uno de los sitios de muestreo se resumen en la Tabla 2.

TABLA 2.

Valores promedios de la cuantificación de bacterias aerobias en el aire de ambientes de trabajo de la Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador

Instalación	Sitio de muestreo	Promedio de Bacterias aerobias (UFC/m ³ ± DE)
Facultad FIGEMPA	Salón de Profesores Museo de Ciencia de la Tierra	2,52 x 10 ² ± 2,35
Servicio Integral de Bibliotecas	Salón de documentos históricos Salón de lectura planta baja Salón de lectura primer piso	1,96 x 10 ² ± 104,50
Facultad de Ciencias Veterinarias	Salón del decanato Quirófano veterinario	3,77 x 10 ² ± 125,54
Hospital Universitario del Día	Oficina de recaudación Consultorio	7,52 x 10 ² ± 2,33
Facultad de Ciencias Químicas	Salón planta baja Salón primer piso Salón segundo piso	2,51 x 10 ² ± 2,13
Rectorado	Secretaría	2,51 x 10 ² ± 3,30
Consejo Universitario	Salón reuniones	0
Facultad de Ciencias Psicológicas	Secretaría Biblioteca	3,37 x 10 ² ± 119,57
Facultad de Comunicación Social	Secretaría Biblioteca	7,52 x 10 ² ± 4,85
Facultad de Artes	Salón decanato Secretaría Biblioteca	2,51 x 10 ² ± 3,21
Facultad de Arquitectura y Urbanismo	Salón decanato Secretaría Salón planta baja	2,49 x 10 ² ± 3,73
Facultad de Ciencias Económicas	Salón de profesores Salón planta baja	5,00 x 10 ² ± 8,58
Facultad de Cultura Física	Salón de profesores Salón planta baja	2,53 x 10 ² ± 3,77
Facultad de Odontología	Secretaría Información Salón primer piso	4,21 x 10 ² ± 118,28
Facultad de Ciencias Administrativas	Salón decanato Secretaría Salón planta baja	8,40 x 10 ² ± 478,10
Facultad de Ciencias Agrícolas	Salón decanato Secretaría	2,52 x 10 ² ± 4,43
Facultad de ingeniería y Ciencias Aplicadas	Secretaría Información	4,23 x 10 ² ± 231,13
Facultad de Filosofía	Secretaría Información	8,30 x 10 ² ± 794,33
Facultad de Jurisprudencia	Salón decanato Secretaría	2,58 x 10 ² ± 8,49

Nota: UFC/m³: Unidades formadoras de colonias por metro cubico. DE: Desviación estándar

Al analizar las cifras obtenidas en las determinaciones realizadas se puede observar en primer lugar que, en la mayoría de los sitios evaluados, se pudo detectar la presencia de bacterias aerobias en sus aires interiores, excepto en el aire interior del salón de reuniones del consejo universitario, en el cual no se detectó la presencia de bacterias aerobias para el momento del estudio realizado, obteniéndose un promedio total de bacterias aerobias para toda la institución universitaria de $3,91 \times 10^2$ UFC/m³ (Tabla 2).

De igual forma, se puede indicar que el valor máximo de bacterias aerobias se obtuvo en el aire interior de la zona administrativa del decanato de la Facultad de Ciencias Administrativas, con un valor promedio de $8,40 \times 10^2$ UFC/m³, mientras que el menor valor se observó en el aire interior de las áreas del servicio integral de biblioteca, con un valor promedio de $1,96 \times 10^2$ UFC/m³ (Tabla 2).

En 4 dependencias se observaron valores moderados en la concentración de bacterias aerobias en sus aires interiores, estas representan el 21 % de los sitios analizados, correspondiendo a las Facultades de ciencias administrativas, filosofía, comunicación social y en el Hospital Universitario del Día, evidenciándose valores superiores a $5,00 \times 10^2$ UFC/m³ (Tabla 2).

Es importante tener en cuenta que la presente investigación se realizó en los ambientes de trabajo de diferentes dependencias administrativas y centros ubicados en el campus universitario de la Universidad Central del Ecuador, ubicado en la ciudad de Quito, Ecuador, a una altura de 2800 m.s.n.m.

Los resultados obtenidos en el trabajo y que se resumen en la Tabla 2 son muy parecidos a los señalados por algunos investigadores que han estudiado la concentración de bacterias aerobias en el aire interior de áreas de oficinas públicas y de lugares de trabajo en universidades de diferentes países [9,11,27,28], en la presente investigación, en el 79% de las muestras de aire interior evaluadas, los valores del número de bacterias aerobias estuvieron en un rango de 0 a $5,00 \times 10^2$ UFC/m³, resultados que se consideran satisfactorios y sin peligro para un aire interior en sitios de trabajo [23-26], lo cual indicaría una buena calidad microbiológica del mismo.

Al comparar los valores promedios obtenidos en los ambientes de trabajo de las instalaciones de la Universidad Central del Ecuador en Quito (Tabla 2), con los valores de límites máximos indicados por la Comunidad Económica Europea y de España [23,24], se considerarían bajo, a excepción de los observados en las áreas administrativas de las facultades de ciencias administrativas, filosofía, ciencias de la comunicación, y las áreas administrativas del Hospital del Día de la Universidad, sitios con un personal promedio de 5 personas por dependencia y en donde los resultados obtenidos se encuentran por encima del valor máximo permitido por la normativa de la Comunidad Económica Europea [23] de $5,00 \times 10^2$ UFC/m³ y de la normativa española [24] de $8,00 \times 10^2$ UFC/m³, correspondiendo a una concentración moderadamente alta.

En general, diferentes investigadores [5,6,25,26,29] e instituciones [2,4,23,24], incluyendo la Organización Mundial de la Salud [10] plantean que un ambiente interior con una concentración mayor a 1000 UFC/m³ se considera contaminado y no saludable. En Brasil se considera que un ambiente interior con una concentración bacteriana superior a las 700 UFC/m³, representa un ambiente contaminado [30]

Se ha señalado que la contaminación del aire en oficinas y sitios de trabajos es la responsable de una gran cantidad de enfermedades que tiene repercusiones, no solo en el área de salud laboral, sino que incide negativamente en la economía de muchas empresas, debido al ausentismo laboral que causan [2,6].

Los resultados obtenidos en la investigación son similares a los indicados por Sryjakowska-Sekulska y cols., en el año 2007 [31], quienes realizaron un estudio sobre la microbiota microbiana presente en el aire en interiores en varias salas de edificios universitarios en Poznań, encontrando la presencia significativa de esporas y células vegetativas de hongos, aunque los valores observados fueron bajos para bacterias.

Soto y cols., en el año 2009 [18], en un estudio realizado en los ambientes laborables de la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia, señalan que se obtuvo concentración bacteriana aerobia que corresponde a un nivel de contaminación bajo-intermedio según las pautas

establecidas por la Comisión de las Comunidades Europeas, resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.

Dang y cols., en el año 2020 [32] en un trabajo realizado en los salones de clase de la Universidad de Chengjiang en China, indican valores de bacterias aerobias en el rango de $2,09 \times 10^2$ y $8,38 \times 10^2$ UFC/m³, valores semejantes a los encontrados en la Universidad Central del Ecuador y que señalarían aires interiores no contaminados desde el punto de vista bacteriano.

Por otra parte, los valores obtenidos en la cantidad de bacterias aerobias presentes en el aire interior de dependencias administrativas universitarias de la Universidad Central del Ecuador (Tabla 2) son menores a los reportados en algunas investigaciones realizadas en instalaciones universitarias de otras partes del mundo [27,28,33].

Los microorganismos están presentes en todo tipo de entorno, tales como agua, suelo, aire, plantas, animales y humanos. Cuando se asocian con el aire, se definen como "microorganismos en el aire" o "bioaerosoles", los cuales pueden ser transportados por corrientes de aire a diferentes tipos de ambientes y zonas, incluidos edificios y viviendas [6,34]

La presencia de agentes microbianos contaminantes al interior de los ambientes universitarios estudiados puede obedecer a múltiples factores intrínsecos específicos del sitio donde se lleven a cabo los estudios, entre los cuales destacan la carencia o inadecuada aplicación de procedimientos de limpieza y desinfección, la llegada de gérmenes procedentes de personas portadoras y la contaminación cruzada debido al tránsito de personal administrativo, estudiantes, docentes y público usuario en general [35,36]

Por otra parte, se deben tener en cuenta algunas razones que pueden explicar las diferencias observadas entre los valores promedios de bacterias obtenidos en el presente estudio y los indicados en los distintos estudios realizados en diversas partes del mundo, entre los que se pueden mencionar la situación geográfica de la ciudad de Quito (alta incidencia de radiación solar), la altitud (mayor a 2800 m.s.n.m.), corrientes de aire de la zona de ubicación de la Universidad Central del Ecuador, la temperatura en la zona (temperatura promedio de 14°C) y la poca humedad, todos ellos

factores que inciden el crecimiento bacteriano [36] y que pudieran estar influyendo en los bajos niveles bacterianos observados en el presente estudio.

De igual forma, es importante señalar que la baja concentración de bacterias observadas (Tabla 2) pudiera estar relacionada con la arquitectura de las edificaciones, ya que todos los espacios administrativos analizados presentan una área de trabajo considerable (Tabla 1), además de una buena ventilación natural caracterizada por la presencia de ventanales de grandes extensiones en la mayoría de los lugares administrativos (Tabla 1).

Es importante considerar los procesos de limpieza rigurosos que se llevan a cabo en la institución de forma diaria por parte del personal de limpieza destacado en cada una de estas dependencias, también serían un factor para considerar en la baja estimación de la carga bacteriana detectada en la mayoría de los sitios estudiados.

Los microorganismos en el aire interior provienen no solo de las actividades de los ocupantes, sino también de los materiales de construcción contaminados, el mobiliario y la entrada al aire libre; por lo tanto, una tasa adecuada de ventilación, renovación y cambio de aire interior podría ser un procedimiento esencial para la salud de los ocupantes y para la disminución de la carga microbiana en interiores [35-37].

En el caso de la mayoría de las instalaciones universitarias evaluadas se pudo constatar durante la vista realizada para la toma de muestra, que existía una buena ventilación de las áreas administrativas, así como una excelente iluminación natural y artificial y poca humedad, además de que en ninguna de los sitios evaluados existía ventilación artificial con aires acondicionados, factor que se ha señalado en varios estudios como asociado a la mala calidad microbiológica del aire [7,9,11,18,31,38]

El muestreo con la técnica de sedimentación utilizado en los experimentos constituyó un sistema eficaz y económico para realizar un monitoreo adecuado de los ambientes internos y externos, de igual forma como lo han señalado otros estudios [22,26,31].

En el presente estudio no se pudo contar con un equipo para toma de muestras de aire, por lo que se utilizó el método de sedimentación por gravedad,

lo cual permite obtener datos generales muy similares a los obtenidos con los métodos dinámicos [26].

En Ecuador no existen estándares que indiquen los límites bacterianos máximos permitidos en ambientes interiores de edificios y oficinas, así como tampoco normativas que señalen los tipos de agentes microbianos que se deben considerar para realizar estudios de esta naturaleza, es por ello que al momento de plantear esta investigación se tuvo en cuenta uno de los indicadores que se utilizan para determinar la calidad microbiológica de diferentes matrices, entre ellas el aire, como lo es el recuento de bacterias aerobias que no requiere de grandes inversiones para su evaluación.

Se pretende que la investigación realizada sirva de línea base para posteriores estudios que incluyan además de la cuantificación de la microbiota bacteriana, la identificación taxonómica de las principales especies de bacterias aeróbicas presentes en el aire, así como la utilización de técnicas metagenómicas que faciliten la identificación y caracterización del grupo de bacterias viables no cultivables que pudieran estar presentes en estos ambientes internos. Todo ello con la idea de recabar datos que permitan en el futuro elaborar una normativa ecuatoriana sobre límites microbiológicos en ambientes de trabajo y de esta manera garantizar la salud de la población de trabajadores públicos y privados, sobre todo de los trabajadores universitarios.

CONCLUSIONES

La investigación realizada ha permitido evidenciar la presencia de una microbiota bacteriana en el aire interior de la mayoría de dependencias de la Universidad Central del Ecuador, que, por los valores observados, no representa un riesgo para la salud de los usuarios de estos espacios, sin embargo, señalan la necesidad de realizar estudios complementarios más amplios, completos y periódicos de manera de evitar problemas de enfermedades laborales por causa de la contaminación ambiental.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigaciones de la Universidad Central del Ecuador por el financiamiento otorgado a través del programa de Proyectos Semillas, y que hizo posible la realización del presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Health Organization (WHO). Global Platform on Air Quality and Health. World Health Organization. 2018. [Acceso 07 de Agosto 2023]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- [2] Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Señales de la AEMA 2020. Hacia una contaminación cero en Europa. 2020. [Acceso el 07 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/publications/senales-de-la-aema-20203>.
- [3] Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Hoja de ruta de calidad del aire de la OPS/OMS. Agenda estratégica para la inclusión de salud en la gestión de la calidad del aire. Organización mundial de la salud. Ginebra, Suiza; 2018. [Acceso 15 de agosto 2023]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=guías-9833&alias=45330-hoja-ruta-calidad-aire-ops-oms-agenda-estrategica-inclusion-salud-gestion-calidad-aire-2018-330&Itemid=270&lang=es
- [4] Comunidad de Madrid. Calidad del Ambiente del Interior en edificios de uso público. Publicaciones de la comunidad de Madrid. Madrid, España; 2018. [Acceso 15 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM020191.pdf>
- [5] González-Martín J, Richardus Kraakman NJ, Pérez C, Lebrero R, Muñoz R. A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control, *Chemosphere*. 2021; 262: 128376. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128376>.

- [6] Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Airborne bioaerosols and their impact on human health. *J Environ Sci.* 2018; 67: 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.08.027>
- [7] Cádiz J, Triadó-Margarit X, Camarero L, Casamayor EO. A long-term survey unveils strong seasonal patterns in the airborne microbiome coupled to general and regional atmospheric circulations. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018; 115 (48):12229-12234.
- [8] Rengifo P, Wester J. Calidad microbiológica ambiental en oficinas de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana los Andes – Huancayo. [Tesis de pregrado]. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Peruana los Andes. Huancayo. Perú; 2017 <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/852?show=full>
- [9] Sibanda T, Selvarajan R, Ogola HJ, Chinedu Christopher Obieze, Memory Tekere. Distribution and comparison of bacterial communities in HVAC systems of two university buildings: Implications for indoor air quality and public health. *Environ Monit Assess.* 2021; 193 (47): 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08823-z>
- [10] World Health Organization (WHO). Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Ginebra. Suiza; 2009. [Acceso el 07 de agosto 2023]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164348/9789289041683-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Brągoszewska E, Biedroń I, Kozielska B, Józef S, Pastuszka A. Microbiological indoor air quality in an office building in Gliwice, Poland: analysis of the case study. *Air Qual Atmos Health.* 2018; 11: 729–740. <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0579-z>
- [12] Kelly MS, Bunyavanich S, Phipatanakul W, Lai PS. The Environmental microbiome, allergic disease, and asthma. *JAIP.* 2022; 10 (9): 2206-2217. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2022.06.006>
- [13]. Yang J, Kim E, Park H, McDowell A, Kim Y. The impact of bacteria-derived ultrafine dust particles on pulmonary diseases. *Exp Mol Med.* 2020; 52: 338–347. <https://doi.org/10.1038/s12276-019-0367-3>
- [14] Carrazana E, Ruiz-Gil T, Fujiyoshi S, Tanaka D, Noda J, Maruyama F, Jorquera MA. Potential airborne human pathogens: A relevant inhabitant in built environments but not considered in indoor air quality standards. *Sci Total Environ.* 2023; 901: 165879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165879>
- [15] Chirico F, Ferrari G, Taino G, Oddone E, Giorgi I, Imbriani M. Prevalence and Risk Factors for Sick Building Syndrome among Italian Correctional Officers: A Pilot Study. *J Health Soc Sci.* 2017; 2 (1): 31-46.
- [16] Kumar P, Singh AB, Arora T, Singh S, Singh R. Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management. *Sci Total Environ.* 2023; 872: 162163. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162163>
- [17] Cereceda E. Síndrome del Edificio Enfermo. [Tesis de Master]. Universidad Miguel Hernández. Alicante. España; 2020. [acceso el 07 de agosto 2023]. Disponible en: http://dspace.umh.es/bitstream/11000/7123/1/Botella_Cereceda_Eduardo_TFM.pdf
- [18] Soto T, García-Murcia RM, Franco A, Vicente-Soler J, Cansado J, Gacto M. Indoor airborne microbial load in a Spanish university (University of Murcia, Spain). *An Biol.* 2009; 31:109-115.
- [19] Romero Bohórquez CA, Castañeda Alvarado DF, Acosta Peñaloza GS. Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. *Nova.* 2016; 14(26): 103-111.
- [20] HyServe. Compact Dry. HyServe GmbH & Co. KG. Hechenraine. Alemania; 2018. [Acceso el 07 de Agosto 2023]. Disponible en: https://www.humeau.com/media/blfa_files/ME_Compact-Dry-EC_FR_050209.pdf
- [21] Kodaka H, Mizuochi S, Teramura H, Nirazuka T. Comparison of the Compact Dry TC Method with the Standard Pour Plate Method (AOAC

- Official Method 966.23) for Determining Aerobic Colony Counts: Performance-Tested. Method. J AOAC Inter. 2005; 88: 1702-1713. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16526454/>
- [22] Awad A, Mawla H. Sedimentation with Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungus. Pol J Environ Stud. 2012; 21 (6): 1539-1541.
- [23] European Communities Commission (ECC). Indoor air quality and its impact on man Biological particles in indoor environments. European Communities Commission. Report 12. Cost Project 613. EUR. 14988 EN. 1993
- [24] Asociación Española de Normalización (UNE). Higienización de sistemas de climatización. Norma 100012. Normalización Española. Madrid. España; 2005.
- [25] Dehghani M, Sorooshian A, Nazmara S, Baghani AN, Delikhoo M. Concentration and type of bioaerosols before and after conventional disinfection and sterilization procedures inside hospital operating rooms. Ecotoxicol Environ Saf. 2018; 164: 277-282.
- [26] Mohammed, MOA. Surface Microbial Contamination and Air Quality before and after Regular Cleaning Procedures. Atmos. 2023, 14: 352: 2-18. <https://doi.org/10.3390/atmos14020352>.
- [27] Amengialue O, Okwu G, Oladimeji O, Iwuchukwu A. Microbiological Quality Assessment of Indoor Air of a Private University in Benin City, Nigeria. IOSRJPBS. 2017; 12 (3): 19-25.
- [28] Al Taweil HI, Al Dawood Y, Al Sedra B. Microbiological Quality Assessment of Indoor Air in Medical College in Saudi Arabia. J Earth Environ Sci. 2020; 4: 184.
- [29] Bogomolova EV, Kirtsideli I, 'Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg underground railway system'. Int Biodeter Biodegr. 2009; 63 (2): 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.05.008>.
- [30] Radler de Aquino, F, De Góes LF. 'Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil'. Proceedings of Healthy Buildings. 2000; 4: 549-553.
- [31] Stryjakowska-Sekulska M, Piotraszewska-Pająk A, Szyszka A, Nowicki M, Filipiak M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms. Polish J Environ Stud. 2007; 16 (4): 623-632.
- [32] Dang Diep YN, Hong Nhung V, Thi Tam N, Thi Thanh T. Microbiological contamination of indoor air in university classrooms (Case study: University of Science - Vietnam National University, Ho Chi Minh city. VJSTE, [S.l.]. 2020; 62 (4): 30-35. [https://doi.org/10.31276/VJSTE.62\(4\).30-35](https://doi.org/10.31276/VJSTE.62(4).30-35).
- [33] Abdel-Zaher Abdel-Aziz Reda, Mahmoud Radwan Samir. Microbial pollution of indoor air in Riyadh city government schools. WJARAI. 2020; 8 (1): 209-216. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2020.8.1.0375>.
- [34] De la Rosa MC, Mosso MA, Ullán C. El aire: Hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Obs Medioambient. 2002; 5: 375-402.
- [35] Nag PK. Sick Building Syndrome and Other Building-Related Illnesses. In: Office Buildings. Design Science and Innovation. Springer, Singapore; 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2577-9_3
- [36] Anduaem Z, Gizaw Z, Bogale L, Henok D. Indoor bacterial load, and its correlation to physical indoor air quality parameters in public primary schools. Multidiscip Respir Med. 2019; 14 (2): 1-7. <https://doi.org/10.1186/s40248-018-0167-y>
- [37] Viani I, Colucci ME, Pergreffi M, Rossi D, Veronesi L, Bizzarro A, Capobianco E, Affanni P, Zoni R, Sacconi E, Albertini R, Pasquarella C. Passive air sampling: the use of the index of microbial air contamination. Acta Biomed. 2020; 91(3-S): 92-105. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i3-S.9434>.
- [38] Rodríguez M. Cuantificación y caracterización biológica de bacterias halotolerantes provenientes del aire de una zona costera del norte de Colombia. [Tesis de maestría]. Universidad tecnológica de Bolívar. Bolívar. Colombia. 2019.

Marcos, González Escudero: Doctor en Odontología. Especialista en atención primaria en salud. Master en seguridad y desarrollo. Profesor

de pregrado y postgrado de la Universidad Politecnica Salesiana y de la Universidad Central del Ecuador. Correo Electrónico: magonzalesro@hotmail.com. **ORCID ID:** 0000-0003-4415-6579,

Andrea, Chavez Chamorro: Ingeniera Química. Magister en sistemas de gestión ambiental. Profesor de pregrado de la Universidad Central del Ecuador. Correo Electrónico: apchavez@uce.edu.ec. **ORCID ID:** 0000-0002-0753-7965

Judith, Araque Rangel: Farmacéutica. Magister en Microbiología. Ayudante de Investigación área

de Microbiología. Universidad Central del Ecuador. Correo electrónico: juditharaque@gmail.com. **ORCID ID:** 0000-0002-6423-9622

Félix, Andueza: Biólogo. Magister en Biología Molecular y Fermentaciones. Doctor en Microbiología. Profesor de pregrado y postgrado en el área de microbiología Figempa Universidad Central del Ecuador y Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes. Correo electrónico: felixandueza@hotmail.com. **ORCID ID:** 0000-0002-9046-8883