

CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO POR LA PRESENCIA DE BIOAEROSOL EN EL ÁREA DE URGENCIAS DE UN HOSPITAL PRIVADO DE BOGOTÁ (NIVEL IV).

CHARACTERIZATION OF THE RISK BY THE PRESENCE OF BIOAEROSOLS IN THE EMERGENCY AREA AT MEREDI HOSPITAL

¹ Rivera Sánchez Karen Johana ¹ Suarez Ramírez Paola Andrea

¹ Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Ambiental Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C., Colombia.

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de un estudio sobre la calidad microbiana del aire realizado en el área de urgencias de un Hospital privado en Bogotá, durante el periodo comprendido entre octubre y diciembre de 2016. El objetivo principal fue determinar el riesgo de transmisión de infecciones por la presencia de microorganismos en bioaerosoles, como agentes que pueden causar infección, alergia o inducir un efecto tóxico en el cuerpo humano; especialmente en pacientes inmunodeficientes. Fueron tenidos en cuenta, los límites permisibles fijados para bacterias y hongos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), estableciendo el riesgo por microorganismos a partir de sus concentraciones en los diferentes puntos de muestreo, su implicación clínica y la frecuencia de aparición, además de las variables ambientales de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Así mismo, se señaló la relación entre las variables, el flujo; y cantidad de personas. Las muestras de bacterias y hongos en el aire se recolectaron mediante el método de impactación de Andersen, utilizando el equipo MAS 100- ECO®. Como resultado se obtuvo un total de 42 morfotipos: 29 bacterias y 13 hongos; evidenciando que estos últimos sobrepasan los límites permisibles, siendo los pasillos que conectan a la salida de las ambulancias y salas de cuidado intermedio; las zonas de mayor riesgo de infección por *Cladosporium spp*, es decir, lugares donde hay un alto flujo de personas.

Palabras clave: Bioaerosol, riesgo e infecciones intrahospitalarias, agentes microbiológicos

ABSTRACT

This article presents the results of a study on microbial quality of the air developed in the emergency area department at private Hospital in Bogotá, Colombia over the period of October until December in the year 2016. The main objective was to determine the risk of transmission of infections by bioaerosols as agents that can cause infection, allergy, or induce a toxic effect on the human body, especially in immunodeficient patients. In this regard, this study took into account the permissible limits set for bacteria and fungi by the World Health Organization (WHO), establishing the risk for microorganisms from their concentrations in the different sampling points, their clinical implication and frequency of occurrence, but also the environmental variables of temperature, relative humidity and wind speed. Likewise, it has been pointed out the relationship of these variables with the flow and amount of people. The samples of bacteria and fungi in the air were collected with method Andersen impactor sampler, which consists in aspirating the air through a perforated lid using the Mas 100- Eco®..

The sampling resulted in a total of 42 morphotypes: 29 bacteria and 13 fungi, demonstrating that the latter exceed the permissible limits and as a main finding, the greatest risk is presented by *Cladosporium spp* in corridors or halls that connect to the output of the ambulances, and rooms for intermediate care, that is to say, places where there is a high flow of people.

Key words: Bioaerosol, risk, and hospital-acquired infections, microbiological agents

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en hospitales es considerada un factor de riesgo importante para la salud del personal y los pacientes que se encuentran al interior, debido a que si resulta inadecuada se pueden transmitir infecciones nosocomiales que pueden afectar pacientes inmunodeficientes [1]. En este sentido, las infecciones asociadas a la atención sanitaria son adquiridas por el paciente en cualquier tipo de entorno en el que reciba atención. Dichas infecciones pueden aparecer incluso después de que el paciente ha sido dado de alta y son consideradas como el evento adverso más común en la prestación de servicios de salud [2].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año más de 1,4 millones de personas en el mundo contraen infecciones en los centros hospitalarios; y entre el 5 % y 10% de los pacientes que ingresan a hospitales modernos del mundo desarrollado contraen una o más infecciones. En centros hospitalarios, ambulatorios o de consulta externa, los pacientes se ven afectados por infecciones nosocomiales, adquiridas durante su tratamiento. Por ende, esto ha aumentado la prolongación de las estancias hospitalarias, mayor resistencia de los microorganismos a los antimicrobianos, además de proporcionar costos adicionales para los sistemas de salud, los pacientes y familiares, provocando muertes innecesarias [3].

Estas infecciones son un grave problema dentro de la salud ambiental, pues además de estar asociadas a la contaminación biológica son recurrentes en las áreas intrahospitalarias, muchas veces por la dificultad de determinar las cargas microbianas, el grado o nivel de riesgo. Los bioaerosoles son contaminantes ambientales biológicos que pueden estar relacionados con las diferentes enfermedades transmitidas en los hospitales; estos agentes están constituidos por diferentes tipos de partículas que pueden proceder de un organismo vivo. La naturaleza del bioaerosol hace necesario determinar aquellos microorganismos que se encuentran en esas partículas, e investigar sobre los factores ambientales que permiten su prevalencia en el ambiente, pues para que estos contaminantes sobrevivan y se reproduzcan dependen de la temperatura, humedad relativa, dirección del viento, entre otras [4,5].

Se han desarrollado diversos estudios para bioaerosoles en interiores, donde los mayores avances se encuentran en países de América del Norte y Europa Occidental. Por razones socioeconómicas, la mayoría de estudios de Europa central y oriental se llevaron a cabo en instalaciones industriales y han contribuido significativamente a las ciencias de la salud en el trabajo. Por el contrario, hasta poco antes de los 90 no se habían realizado estudios sobre bioaerosoles en áreas residenciales (viviendas, oficinas, escuelas, etc.) [4]. Se han realizado estudios sobre bioaerosoles en interiores en otros países de Europa central y oriental: Lituania, Letonia, Estonia, Federación de Rusia, Ucrania, República Checa, Eslovaquia, Bulgaria y Hungría, sin embargo, la falta de valores límite de referencia para los bioaerosoles dificulta la interpretación de los resultados obtenidos en varios países [5] .

Por otro lado en Irán para el 2012 se desarrolló el primer estudio considerando los límites permisibles sugeridos por la OMS (100 UFC/m³ para bacterias y 50 UFC/m³ para hongos). Se detectaron 17 tipos de bacterias, incluyendo *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Viridians*, *Pneumococcus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Diphtheroid*, *Citrobacter* y *Enterobacter* [6]. En Asia, más específicamente en Korea se realizó un estudio para áreas hospitalarias, donde existe una contaminación constante tanto por hongos como por bacterias; en el área de vestíbulos. Además, en el estudio se indica que la época del año y algunas variables ambientales se relacionan con la contaminación microbiana, dependiendo del tipo de microorganismo [7]. En Estados Unidos se reporta un estudio en donde las

infecciones asociadas a la atención sanitaria más frecuentes, se presentan en salas de urgencia y son provocadas por Enterococos, estableciendo que las vías de entrada más frecuentes (flujo sanguíneo, vías urinarias y vías respiratorias) casi siempre están asociadas al uso de un dispositivo invasivo (Catéter) [8].

México realizó un estudio el cual consistió en determinar la calidad del aire en dos hospitales en León y Guanajuato, en áreas donde se encuentran pacientes vulnerables sometidos a quimioterapias, cirugías, y terapias intensivas. Los resultados indicaron que las concentraciones para bacterias y hongos en algunas áreas de dichos hospitales sobrepasaron los límites establecidos por la OMS. Para el caso del hospital 1 se obtuvieron 17 géneros de bacterias y 15 de hongos con concentraciones de 40 a 280 UFC/m³ para bacterias; en el hospital 2, el cual contaba con más años de servicio y mayor flujo de pacientes, presentó mayores concentraciones tanto para hongos como para bacterias las cuales se ubicaron en un rango de 32 a 442 UFC/m³ y 90 a 548 UFC/m³ respectivamente. Por otro lado las especies predominantes y de mayor importancia clínica en dicho estudio correspondieron a *Escherichia coli*, *Enterobacter cancerogenus* y *Acinetobacter sp.* *Bacillus*, *Microsporum audouinii*, *Cladosporium spp oxysporum*, *Mucor ramosissimus*, *Alternaria arborescens* y *Cryptococcus albidus* [9].

Por otra parte, en Santa Marta Colombia, se realizó un estudio en el hospital Universitario Fernando Troconis, donde se evaluó la calidad biológica del aire en tres áreas de cuidados intensivos, teniendo en cuenta variables ambientales como humedad relativa, temperatura, número de pacientes y personal asistencial de dichas unidades obteniendo como resultado que un 39% de los cultivos corresponden a *Staphylococcus aureus*, seguido de *Staphylococcus xylosus* con 20%, *Staphylococcus lentus* con 14% y 23% de especies sin identificar, mientras que para el caso de los Gram negativos, *Pseudomona aeruginosa* reportó 11% y *Pseudomona luteola* con 8% [10].

Ya para el contexto de Bogotá se han realizado estudios para el recuento de UFC/m³ de microorganismos patógenos en unidades de emergencias, cuidados intensivos, hematológica trasplantes y salas de cirugía, como por ejemplo el estudio realizado por Aguirre, que estableció que las áreas con concentraciones microbianas más altas son: urgencias, salas de cirugía y unidad de cuidados intensivos; presentándose las mayores concentraciones en los sitios de acceso, los cuales están cerca a áreas de circulación como escaleras y ascensores [11]. Pachón y Guzmán (2016) realizaron un diseño muestral similar, en donde el área con cargas microbianas más altas correspondía al área de adultos, específicamente en el ingreso del personal y pacientes [12].

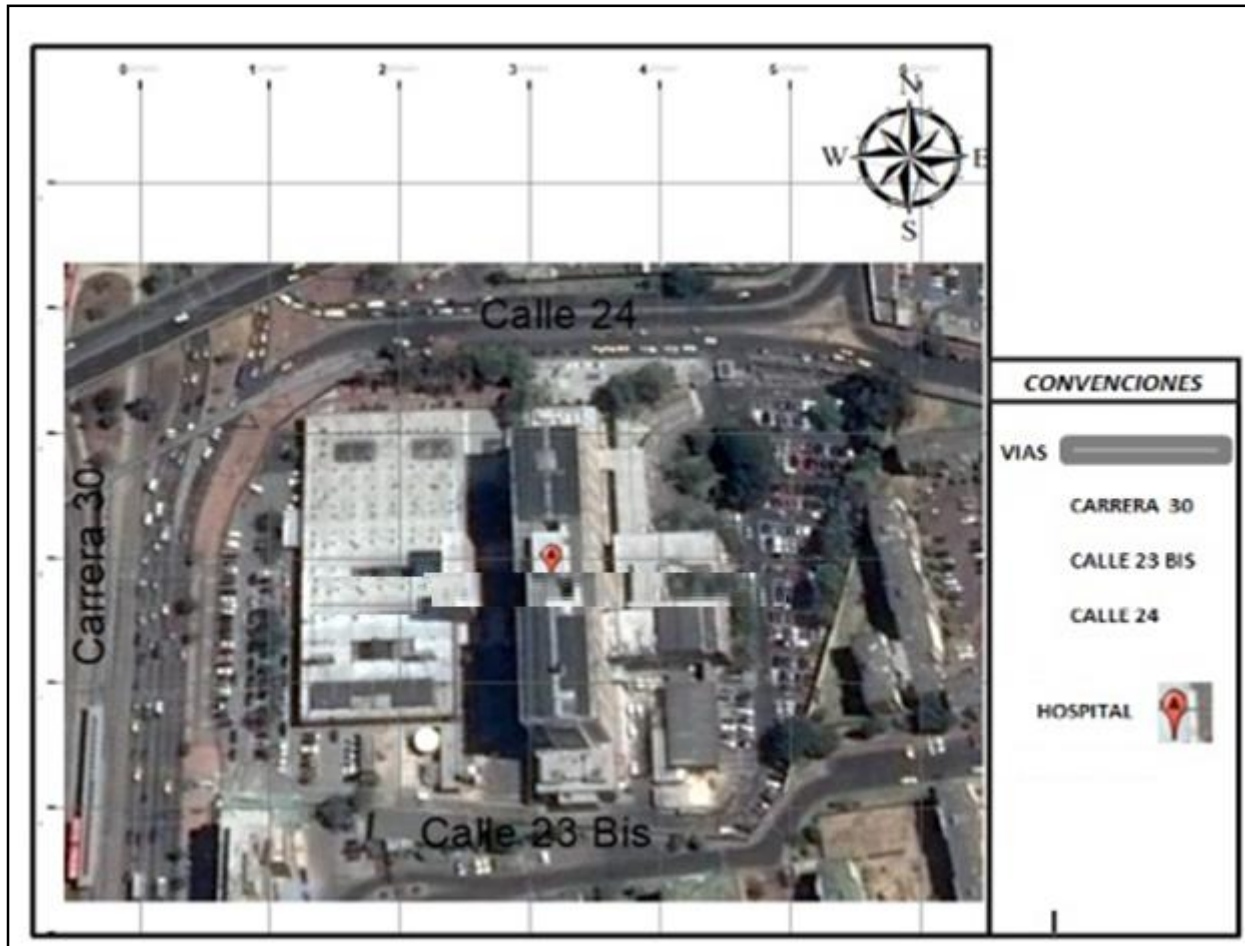
Apoyándose en lo anterior, el presente estudio caracterizó el riesgo de transmisión de infecciones intrahospitalarias por la presencia de bioaerosoles en las diferentes áreas de la sala de urgencias del Hospital privado de Bogotá, evaluando la concentración de microorganismos, frecuencia de aparición, el flujo de personas, la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, para finalmente correlacionar estas variables con las manifestaciones clínicas por microorganismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del lugar de estudio

El hospital privado de Bogotá, se encuentra ubicado en la calle 24 No 29-45, en la localidad Los Mártires, las entradas principales colindan con la Avenida Norte-Quito-Sur (NQS) tal como se muestra en la Ilustración 1. Actualmente cuenta con una importante infraestructura que le permite ser posicionada como una de las más importantes a nivel nacional, prestando servicios hasta el nivel IV de complejidad.

Ilustración 1. Ubicación Hospital Privado de Bogotá



Fuente: Los autores. **Recurso:** Google maps, arcgis.

El servicio de Urgencias del Hospital privado de Bogotá clasifica las urgencias en cuatro grupos:

- ❖ **Triage 1:** pacientes que por su gravedad deben ser atendidos de primera elección. Tiempo estimado de atención: inmediato.
- ❖ **Triage 2:** son aquellos pacientes que por su alteración de salud requieren de mantenerse en observación. pero no están en riesgo inminente de complicación. Tiempo estimado de atención: menos de 1 hora.
- ❖ **Triage 3:** la condición del paciente no es grave, no están en riesgo de complicación o de fallecer. Tiempo estimado de atención; menos de 2 horas.
- ❖ **Triage 4:** son los pacientes que no presentan compromiso agudo de su condición y pueden ser vistos de forma ambulatoria prioritaria en su dispensario. Tiempo estimado de atención: menos de 6 horas en consulta prioritaria [13] .

Además, el Hospital cuenta con: 10 consultorios de urgencias, 3 consultorios en el triage, 2 salas de hidratación, zona de rayos x, salas de procedimientos, unidad de cuidado coronario, sala de cuidado intermedio, 13 salas de observación y una sala de emergencias médicas (SALEM).

Tipo de estudio: Estudio observacional descriptivo

Se realizó un estudio observacional descriptivo que evaluó diferentes parámetros en el ambiente hospitalario, siendo más importante la presencia de diferentes tipos de bioaerosoles, durante los siete días de la semana en el periodo comprendido entre el 27 de octubre y el 5 de diciembre de 2016.

Cálculo puntos de muestreo:

Para la determinación del número de puntos de muestreo se tuvo en cuenta la aplicación de la metodología de la norma ISO 14644, la cual se utiliza para ambientes controlados; esta normatividad estipula números mínimos de puntos de muestreo según el área (por m²) que se pretende monitorear [14]. Se calculó el número de puntos para el área de urgencias del hospital privado de Bogotá, obteniendo un total de 69 por día, sin embargo, por limitaciones en el tiempo de análisis de muestras, insumos e infraestructura, se redujo el número de muestras a 32, ajustándose así a los recursos disponibles (Tabla 1).

Tabla 1. Número de Muestras

PUNTOS DE MUESTREO	ÁREA TOTAL (m ²)	NÚMERO DE MUESTRAS ESTIMADAS	% AREA TOTAL	NÚMERO DE MUESTRAS REALES	% AREA DEL MUESTREO
PASILLOS	851.7	11.3	36%	11	15.8%
SALAS DE HIDRATACIÓN	124.54	1.6	5%	2	2.8%
MICROCIRUGIA	75.87	1.0	3%	1	1.4%
CONSULTORIOS DE URGENCIAS	145.97	1.9	6%	2	2.8%
SALAS DE OBSERVACIÓN	446.7	5.9	19%	6	8.6%
SALA DE ESPERA	416.13	5.5	17%	4	5.7%
SALEM	131.73	1.7	6%	2	1.4%
SALA DE PROCEDIMIENTOS	21.08	0.2	1%	1	1.4%
UNIDAD DE CUIDADO CORONARIO	99.02	1.3	4%	1	1.4%
TRIAGE	12,56	0,17	1%	1	1.4%
SALA CUIDADO INTERMEDIO	71.12	0.9	3%	1	1.4%
TOTAL	2383.86	69.13194	100%	32	46%

Fuente: Los autores

De acuerdo a la tabla 1 se observó el mismo esfuerzo de muestreo para todas las áreas, pues a partir de los 32 puntos y tomando en cuenta el área total (m²) por cada sitio de monitoreo, se calculó el número de muestras que podían ser tomadas; obteniendo un 46% de representatividad del muestreo.

Los puntos de muestreo se localizaron como se muestra en el anexo 1, tomando en cuenta las zonas que podrían llegar a tener un mayor riesgo, por los pacientes que alberga; además del flujo de personas que circula por dichas áreas.

Medios de cultivo para el desarrollo del proyecto

Durante el diseño experimental se estableció el uso de dos medios de cultivo teniendo en cuenta los microorganismos a analizar (bacterias y hongos):

- **Plate Count Agar:** medio de cultivo recomendado para el recuento de poblaciones microbianas como bacterias [15].
- **Papa dextrosa Agar:** medio de cultivo utilizado para hongos y levaduras. La dextrosa y la infusión de patata favorecen el crecimiento de microorganismos fúngicos al tener un pH ácido de 5,6 [16].

Monitoreo Microbiológico – Succión

Para la toma de muestras se utilizó el método de impactación de Andersen, que consiste en aspirar el aire mediante una tapa perforada utilizando el equipo MAS 100- ECO®. Un ventilador radial, controlado por un sensor de flujo, regula con precisión el flujo de aire en tiempo real. El aire aspirado impacta con un medio de crecimiento en una placa de contacto. Dentro de dicha tapa perforada se encuentra una caja de Petri con el medio de cultivo seleccionado [17]. El equipo opera con un caudal constante de 100 litros por minuto; regulándolo automáticamente de acuerdo a la presión y temperatura ambiental. Si la corriente de aire es irregular a causa de factores externos, o bien fuera limitada por cajas de Petri sobrecargadas, la cantidad de aire es automáticamente reajustada [17].

Registro de variables Ambientales

Las variables ambientales de humedad relativa, temperatura se midieron con un termohigrómetro; este instrumento posee dos sensores en forma de espiral: el primero permite medir la humedad relativa, usando un tejido de cloruro de litio que, al aplicar una tensión alterna, genera un equilibrio entre la evaporación por calentamiento del tejido y la absorción de agua de la humedad en el ambiente, esto gracias a que el cloruro de litio es también un material higroscópico. Para la medición de la velocidad del viento el equipo cuenta con hélices, las cuales están unidas al eje central, cuyo giro proporcional a la velocidad del viento, activa un generador eléctrico, que permite la medición; el termohigrómetro usado tiene un rango de error de 0.1+/-, por lo tanto el equipo no tenía la sensibilidad que se requería para mediciones intramurales, razón por la cual esta variable no fue analizada en el estudio [18].

Dichas variables ambientales fueron escogidas en base a la revisión bibliográfica realizada, donde se encontró que la humedad relativa, temperatura y velocidad del viento son factores que afectan la densidad microbiana en los diferentes ambientes hospitalarios.

Se utilizó un diario de campo, donde se anotaron características del día de muestreo tales como: flujo de personas (asignando un valor de 1 para alto flujo y 0 para bajo), condiciones del tiempo atmosférico, momentos de limpieza y desinfección, entrega de alimentos, entre otros; con el fin de tener una mejor interpretación y análisis de los datos obtenidos.

Caracterización e Identificación

Para el almacenamiento, caracterización e identificación de las muestras se utilizaron las instalaciones del laboratorio de proteómica y micosis humana de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, el cual cuenta con controladores de parámetros ambientales; las muestras obtenidas se almacenaron a temperatura y humedad relativa ambiente.

Luego de esto se procedió a la identificación.

- **Bacterias:** para su identificación se utilizó el equipo *Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-Of-Flight*. (Maldi -Tof), el cual es utilizado como un método rápido para la identificación de rutina de microorganismos patógenos mediante el perfil de proteínas. La espectrometría de masas permite la identificación de una molécula mediante la medición de su masa en relación a su carga (relación masa/carga), así como la de los fragmentos generados a partir de ella, en donde se obtiene el género y especie del microorganismo [19], [20].
- **Hongos:** su identificación se realizó a partir de las características macroscópicas y microscópicas, siguiendo las clases de identificación.

Cuantificación de Colonias

Para las diferentes muestras obtenidas se realizó el conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) distinguiendo morfotipos. A partir de esto, para establecer la concentración de colonias en un metro cúbico, se aplicó para cada microorganismo la fórmula establecida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en la NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire [21].

$$N^{\circ} \text{ (UFC/ m}^3\text{)} = \frac{Nc * 1000}{V * NU}$$

Dónde:

NC: número de colonias por placa

V: volumen de muestreo (litros)

NU: número de unidades de tiempo empleadas en el muestreo

Para el presente estudio no se tuvo en cuenta la corrección de Feller, establecida en el manual del equipo MAS 100- ECO®, ya que en el recuento de microorganismos se hizo distinción entre bacterias y hongos, y la corrección de Feller aplica solo para el recuento de UFC totales. [22]

Análisis de datos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de componentes principales con el fin de evaluar la relación entre las variables humedad relativa, temperatura, UFC m³ y flujo de personas; además se llevó a cabo una estadística descriptiva de los datos para analizar la distribución de los mismos.

Mapas de concentración

Inicialmente se actualizaron los planos de consultorios de microcirugía y de yeso en el programa AutoCAD. Para hacer más fácil la manipulación del plano en el programa ArcGis se colocaron las coordenadas reales en planas, directamente en AutoCAD; esta conversión se hizo en el programa Magna pro 3.

En Arcgis se convirtieron las capas dwg a polígonos y polilíneas, conservando la localización geográfica. Luego se generó una capa de puntos para las 32 muestras, pero antes se proyectaron todos los shapefiles (con la herramienta **Define projection**) al datum Magna Sirgas Bogotá. Después en la tabla de atributos del shapefile se añadió el campo de muestra; y se exportó la tabla de Excel con los promedios de concentraciones diarias de los 32 puntos de monitoreo a dicho campo. Por último, se utilizó la herramienta de interpolación **IDW**, obteniendo el mapa de distribución de las concentraciones para el área de urgencias.

La herramienta IDW permite una mejor observación de las concentraciones en los distintos puntos de muestreo, siendo un método determinístico que realiza la interpolación mediante la distancia inversa, donde la superficie que se interpola debe ser una variable dependiente de la ubicación y cuanto más cerca este un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio. Los 32 puntos de monitoreo tienen una corta distancia entre sí, por lo que este método se ajusta mejor a la distribución de las muestras. [23].

Evaluación del Riesgo

Para la evaluación del riesgo por la exposición a bioaerosoles se tuvieron en cuenta las siguientes características y variables:

- **Población expuesta:** la población expuesta del hospital privado de Bogotá hace referencia a cualquier persona que se encuentre al interior del área de urgencias como lo son trabajadores, pacientes y acompañantes, cabe recalcar que el área de urgencias de este hospital no le brinda atención a la población infantil y la población a la cual le brinda atención en su mayoría corresponde a adulto mayor.
- **Ruta de exposición:** los bioaerosoles al ser contaminantes atmosféricos se encuentran presentes en el aire, por lo tanto es la principal ruta de exposición para efectos del presente estudio.
- **Vías de Exposición:** para que tenga lugar la transmisión en el aire, los microorganismos de interés deben entrar en la corriente de aire que puede suceder a través de una variedad de modos de transmisión. Los microorganismos pueden ser dispersados en el aire como gotas respiratorias / núcleos de condensación cuando una persona infectada tose o estornuda. Hay diferentes vías de exposición a los microorganismos; la ingestión o inhalación de bioaerosoles creados durante la dispersión de partículas, vía parenteral como consecuencia de pinchazos y cortes, vía dérmica a través de lesiones en la piel, vía ocular a través de la conjuntiva, sin embargo las vías de exposición están relacionadas con el área en la que se encuentra el paciente, ya que los procedimientos que allí se realicen permitirán o no la exposición de este [24].

- **Concentración de bioaerosoles según la Organización Mundial de la Salud:** la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere el límite de 100 UFC/m³ para bacterias y 50 UFC/m³ para hongos [22]. Dentro del cálculo del riesgo se le dará un puntaje de 1 si cumple y de 3 si no cumple.
- **Importancia clínica:** la OMS en el manual de bioseguridad en el laboratorio, hace referencia a cuatro grupos de riesgo para los microorganismos infecciosos los cuales se describirán a continuación [25]:

Grupo de Riesgo 1: (riesgo individual o poblacional escaso o nulo). Microorganismos que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales

Grupo de Riesgo 2: (riesgo individual moderado, riesgo poblacional bajo) Agentes patógenos que pueden provocar enfermedades humanas o animales pero que tienen pocas probabilidades de entrañar un riesgo grave, la población, los animales o el medio ambiente. La exposición en el laboratorio puede provocar una infección grave, pero existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces y el riesgo de propagación es limitado [25].

Grupo de Riesgo 3: (riesgo individual elevado, riesgo poblacional bajo) Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades humanas o animales graves, pero que de ordinario no se propagan de un individuo a otro. Existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces [25].

Grupo de Riesgo 4: (riesgo individual y poblacional elevado) Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves en el ser humano o los animales y que se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces [25].

- **Frecuencia de aparición:** esta variable se define como la cantidad de veces que aparece cada microorganismo en los puntos y días de muestreo. La frecuencia de aparición se obtuvo a partir de las 224 muestras tomadas en el área de urgencias del hospital privado de Bogotá, estableciendo este como el valor más alto. Al evaluar este parámetro se dividió en tres categorías donde el 100% son las 224 muestras. Dentro del cálculo del riesgo se les dio valores de 1 a 3, siendo baja, media o alta su frecuencia de aparición respectivamente.
- **Factores Ambientales:** los factores ambientales se evaluaron bajo lo estipulado en la Norma Técnica de Prevención (NTP) 859, la cual hace referencia a la ventilación general en hospitales; en esta se resalta la norma UNE-100713:2005 sobre instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales, teniendo en cuenta que el sentido de circulación del aire será desde las zonas más limpias hacia las zonas más sucias, y las condiciones termo-higrométricas han de ser las adecuadas para cada lugar [26].
 - **Humedad Relativa:** haciendo referencia a lo estipulado en la NTP 859, teniendo en cuenta la norma UNE-100713:2005, se establece que el porcentaje de humedad relativa mínima es de 45% y el porcentaje máximo es de 55% [26]. Dentro del cálculo del riesgo se le dará un puntaje de 1 si cumple y de 3 si no cumple.
 - **Temperatura:** en la NTP 859 y de acuerdo a la norma UNE-100713:2005, se establece que la temperatura mínima es de 24°C y la temperatura máxima de 26°C [26]. Dentro del cálculo del riesgo se le dará un puntaje de 1 si cumple y de 3 si no cumple.

- **Ventilación:** en el caso de la ventilación para la sala de urgencias, se tuvo en cuenta la NTP 859 y la norma UNE-100713:2005 se establece que el caudal mínimo de aire para la sala de urgencias es de 30 m³/ (h.m2) [26]. Dentro del cálculo del riesgo se le dará un puntaje de 1 si cumple y de 3 si no cumple.

En cuanto a la variable categórica de importancia clínica se le otorgo un valor de acuerdo al riesgo del microorganismo, de 1 a 3, desde el grupo de riesgo 1 hasta el grupo de riesgo 3. Si el microorganismo está catalogado en el grupo de riesgo 4 se valora con 16 puntos por el simple hecho de ser un microorganismo patógeno que representa un riesgo para la población del hospital privado de Bogotá.

Para la evaluación del cálculo del riesgo se procedió a realizar la suma correspondiente por microorganismo para cada variable, los puntajes obtenidos se clasificaron teniendo en cuenta los siguientes rango definidos; definidos por el documento guía: ***“Caracterización del riesgo por transmisión de infecciones respiratorias mediada por bioaerosoles”*** [14].

Riesgo	Puntaje
Alto	≥ 16
Medio	$10 \leq X \leq 15$
Bajo	≤ 9

Fuente: Los autores

Mapas de concentración para microorganismos más relevantes

A partir de la evaluación del riesgo se realizó un mapa de concentración para las especies que presentaron una mayor probabilidad de generar enfermedad en las personas (pacientes, visitantes o personal del hospital) por su importancia clínica, frecuencia de aparición y las variables ambientales medidas, analizando así las concentraciones en las diferentes áreas.

Implicación clínica

A partir de los microorganismos identificados se realizó una revisión bibliográfica con el fin de determinar si estos eran considerados como patógenos humanos o no y cuales enfermedades podrían llegar a transmitir, con el fin de correlacionar dicha información con la evaluación del riesgo calculada para cada microorganismo, señalando la probabilidad de transmisión de dichas enfermedades.

RESULTADOS

A partir de los 224 muestreos realizados en el área de urgencias del Hospital privado de Bogotá, se obtuvieron para microorganismos cremosos quince especies Gram positivas, catorce Gram negativas y para hongos nueve especies filamentosas y cuatro para levaduras (Ilustración 2).

Identificación de microorganismos

Ilustración 2. Identificación de los microorganismos localizados en 32 puntos de muestreo en los siete días de la semana en el área de urgencias del Hospital privado de Bogotá.

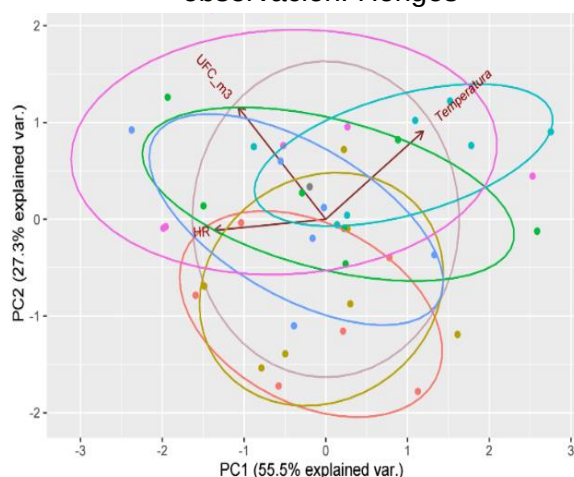


Fuente: Los autores

Análisis de Componentes principales

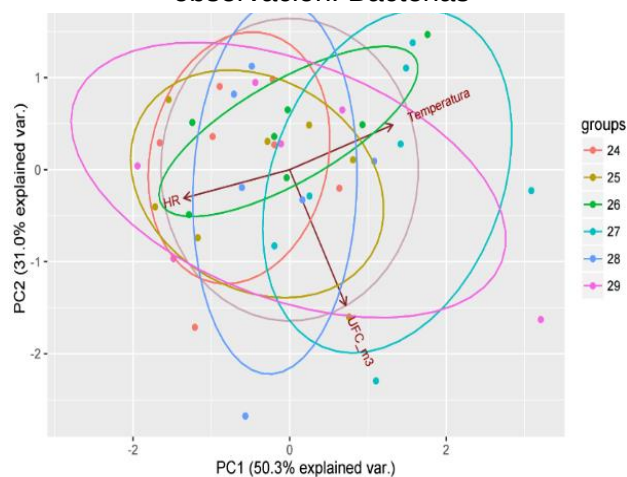
Para las concentraciones (UFC/m³) de bacterias y hongos no se observó una correlación entre las variables: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y flujo de personas con respecto a las concentraciones (Ilustraciones 3 y 4), mostrando una centralización en las variables, donde ninguno de los factores varía de manera simultánea.

Ilustración 3. Análisis de componentes principales grupos de las salas de observación. Hongos



Fuente: Los autores

Ilustración 4. Análisis de componentes principales grupos de las salas de observación. Bacterias



Fuente: Los autores

Distribución de los microorganismos

Para el muestreo en general la tendencia fue de 0 UFC/m³, sin embargo, para los hongos filamentosos se obtuvo el mayor promedio y mayores concentraciones de UFC/m³, siendo estos los que presentaron una mayor variabilidad en los datos. Además de esto, mediante el uso de percentiles se observó que las concentraciones más altas se presentaron por encima del percentil 90, indicando asimetría en la distribución de los datos

Para las levaduras se observó que el 25% de las UFC/m³ encontradas estuvo en el rango de 10 a 264, mientras que para las bacterias gram positivas y gram negativas se presentaron menores concentraciones con rangos de 2 a 138 y de 0 a 208 UFC/m³, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de las concentraciones de bacterias y hongos (UFC/m³) en el Hospital privado de Bogotá.

Microorganismo	Mediana	Desviación Estandar	Media	Moda	Mínimo	Máximo	Percentil 75	Percentil 90
Hongos								
Hongos Filamentosos	17,8	49,10	0	0	0	496	4	64
Levaduras	8,41	20,68	0	0	0	264	10	22
Bacterias								
Gram positivas	3,85	11,48	0	0	0	138	2	10
Gran Negativas	1,12	4,96	0	0	0	208	0	4

Fuente: Los autores

En cuanto a los hongos filamentosos se estableció que las especies que presentaron concentraciones más altas durante los 7 días de monitoreo (en la sala de espera, el día jueves) fueron: *Cladosporium spp* con 496 UFC/m³ y *Penicillium spp*, siendo este último el de mayor frecuencia y el único hongo filamentoso que presentó una moda diferente de 0 (Tabla 3).

Para el género *Cladosporium spp* las concentraciones encontradas se localizaron entre los 69 a 156 UFC/m³, mientras para el género *Penicillium spp* el rango estuvo entre los 22 a 56 UFC/m³. Para

los hongos *Rhizopus sp* y Micelio estéril se evidenció que solo un 10% de las concentraciones encontradas se localizó entre los 4 y 68 UFC/m³; en los géneros *Ulocladium sp*, *Fusarium sp*, *M. canis sp*, *Alternaria sp* y *Mucor sp* sólo el 10% de las concentraciones encontradas se ubicó entre los 2 a 24 UFC/m³; finalmente en menos del 10% de las muestras se encontraron concentraciones superiores a 8 UFC/m³ para *Aspergillus spp*, siendo el hongo filamentoso con menores concentraciones y menor frecuencia de aparición (Tabla 3).

Para las levaduras el género *Rhodotorula sp* presentó las concentraciones más altas con un máximo de 264 UFC/m³ en el pasillo de las salas de observación para el día sábado, además de tener la media más alta; de igual manera el 50% de las concentraciones se ubicaron en el rango de 6 a 26 UFC/m³, lo cual indico una mayor frecuencia en el monitoreo (Tabla 3).

El género *Cryptococcus sp* y la especie *Cryptococcus Magnus*, el 25% de las concentraciones encontradas se ubicó entre los 4 a 88 y 8 a 242 UFC/m³, respectivamente, mientras para la especie *Rhodotorulla mucilaginosa* se registraron concentraciones en menos del 10% de las muestras, siendo la levadura con menores concentraciones y menor frecuencia de aparición.

Tabla 3. Comportamiento de las concentraciones de Hongos filamentosos y levaduras (UFC/m³) en el Hospital privado de Bogotá.

Microorganismo	Media	Desviacion Estandar	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90
Hongos Filamentosos									
<i>Alternaria sp</i>	0,48	1,22	0	0	0	8	0	0	2
<i>Cladosporium spp</i>	123,66	87,60	110	0	0	4,96	69	156	252
<i>Penicillium spp</i>	47,15	45,17	34	20	0	3,68	22	56	102
<i>Ulocladium sp</i>	0,87	2,70	0	0	0	24	0	0	2
<i>Rhizopus sp</i>	1,43	4,90	0	0	0	68	0	2	4
<i>Fusarium sp</i>	1,02	2,73	0	0	0	22	0	0	4
<i>M. Canis sp</i>	0,43	1,49	0	0	0	10	0	0	2
<i>Mucor sp</i>	0,56	2,23	0	0	0	24	0	0	2
<i>Micelio Estéril</i>	2,08	5,04	0	0	0	46	0	2	6
<i>Aspergillus spp</i>	0,33	1,23	0	0	0	8	0	0	0
Levaduras									
<i>Cryptococcus sp</i>	4,25	9,39	0	0	0	88	0	4	10
<i>Cryptococcus Magnus</i>	7,30	21,86	2	0	0	242	0	8	14
<i>Rhodotorula sp</i>	21,86	29,67	14	0	0	264	6	26,5	44
<i>Rhodotorulla Mucilaginosa</i>	0,23	1,53	0	0	0	20	0	0	0

Fuente: Los autores

En cuanto al comportamiento de las bacterias Gram-positivas la mayor concentración se presentó para *Bacillus pumilus* con un máximo de 138 UFC/m³, además de una mayor variabilidad en las concentraciones en todo el monitoreo, al igual que el mayor promedio con respecto a los otros 12 microorganismos. El 50% de las concentraciones se ubicaron en el rango de 14 a 46 UFC/m³, señalando que fue la bacteria con mayor frecuencia de aparición durante el monitoreo (Tabla 4).

Los géneros *Dermacoccus*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter* y *Arthrobacter psychrolactaphilus* presentaron concentraciones superiores a 2 UFC/m³ en un 10% de las muestras, lo que indicó una baja frecuencia de aparición y concentraciones muy bajas. Ya para los géneros *Exiguobacterium* sp, *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Bacillus* sp, *Arthrobacter luteolus* se encontraron concentraciones en menos del 10% de las muestras, por lo tanto, fueron las bacterias gram positivas con menor presencia durante el monitoreo (Tabla 4).

Para las bacterias gram negativas se presentó una mayor concentración para *Acinetobacter* sp con un máximo de 208 UFC/m³ (El día jueves en la entrada a urgencias), sin embargo, la bacteria se encontró en menos del 10% de las muestras, indicando una baja frecuencia de aparición. Por otra parte para la especie *Klebsiella oxytoca*, y los géneros *Pantoea* spp y *Massilia* spp el 25% de las muestras se ubicaron en el rango de 2 a 30 UFC/m³, mostrando bajas concentraciones, mientras que para *Pseudomona* sp y *Chyseeobacterium* sp el 10% de las muestras presentaron concentraciones de 2 hasta 24 UFC/m³. Por último *Pseudomona stutzeri*, *Pseudomona oryzihabitans*, *Acinetobacter johnsonii*, *Rahnella* sp, *Masillia timonae* y *Chyseeobacterium scopthalmun* presentaron rangos entre 0 a 28 UFC/m³, en menos del 10% de las muestras, indicando una baja frecuencia de aparición (Tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento de las concentraciones de bacterias Gram Positivas y Gram Negativas (UFC/m³) en el Hospital privado de Bogotá.

Microorganismo	Media	Desviación Estándar	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90
Gram Positivos									
<i>Exiguobacterium</i> sp	0,07	0,53	0	0	0	6	0	0	0
<i>Dermacoccus</i> sp	0,80	3,57	0	0	0	42	0	0	2
<i>Staphylococcus xylosus</i>	0,20	0,76	0	0	0	4	0	0	0
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	0,25	1,19	0	0	0	10	0	0	0
<i>Staphylococcus</i> sp	0,58	1,66	0	0	0	14	0	0	2
<i>Bacillus Mycoides</i>	0,91	1,93	0	0	0	10	0	0,5	4
<i>Bacillus</i> sp	0,12	0,61	0	0	0	4	0	0	0
<i>Bacillus pumilus</i>	31,46	24,0	28	0	0	138	14	46	65,4
<i>Bacillus megaterium</i>	3,75	7,73	2	0	0	94	0	4	8
<i>Arthrobacter globiformis</i>	8,07	10,2	6	0	0	64	0	12	23,4
<i>Arthrobacter</i> sp	0,60	1,6	0	0	0	12	0	0	2
<i>Arthrobacter psychrolactaphilus</i>	0,5	1,5	0	0	0	8	0	0	2
<i>Arthrobacter polychromogenes</i>	1,15	2,7	0	0	0	18	0	2	3,4
<i>Arthrobacter luteolus</i>	0,04	0,55	0	0	0	8	0	0	0
<i>Micrococcus luteus</i>	9,3	16,2	2	0	0	112	0	14	29,4
Gram Negativos									
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2,82	5,71	0	0	0	30	0	2	10
<i>Pseudomona stutzer</i>	0,008	0,13	0	0	0	2	0	0	0
<i>Pseudomona oryzihabitans</i>	0,008	0,13	0	0	0	2	0	0	0
<i>Pseudomona</i> sp	0,48	1,64	0	0	0	18	0	0	2
<i>Pseudomona putida</i>	2,73	4,11	2	0	0	28	0	4	8

<i>Pantoea agglomerans</i>	2,82	6,65	0	0	0	48	0	4	7,4
<i>Pantoea sp</i>	0,86	1,72	0	0	0	10	0	2	4
<i>Chyseobacterium sp</i>	0,83	2,69	0	0	0	22	0	0	2
<i>Chyseobacterium scopthalmum</i>	0,29	1,08	0	0	0	8	0	0	0
<i>Acinetobacter spp</i>	2,43	14,29	0	0	0	208	0	0	5,4
<i>Acinetobacter johnsonii</i>	0,06	0,81	0	0	0	12	0	0	0
<i>Rahnella spp</i>	0,45	2,43	0	0	0	28	0	0	0
<i>Massilia timonae</i>	0,20	0,83	0	0	0	6	0	0	0
<i>Massilia spp</i>	1,66	2,99	0	0	0	24	0	2	6

Fuente: Los autores

Promedios de UFC/m³ para los días de muestreo

Solo 6 especies y 2 géneros de bacterias del total que fueron identificadas se muestran en los siete días de monitoreo (Tabla 5). El día con mayor concentración de UFC/m³ correspondió al día 4 (miércoles), siendo *Bacillus pumilus* el microorganismo con mayor frecuencia de aparición y de mayor concentración. Además se evidencio que el género *Dermacoccus spp* present las menores concentraciones en los siete días de muestreo. En el anexo 2 se muestran los promedios para todas las bacterias identificadas.

Tabla 5. Promedios diarios (UFC/m³) de bacterias identificadas en el Hospital privado de Bogotá.

Día de Muestra	1	2	3	4	5	6	7
Promedio bacterias por día de muestreo UFC/m³	83,94	86,63	73,31	96,31	49,63	63,63	30,75
<i>Bacillus pumilus</i>	29,81	52,38	33,19	40,25	14,63	24,25	25,75
<i>Micrococcus luteus</i>	16,88	3,13	13,00	9,94	9,25	6,19	6,88
<i>Arthrobacter globiformis</i>	0,69	12,38	3,25	19,38	3,94	9,50	7,38
<i>Pseudomona putida</i>	0,13	2,69	1,63	6,31	1,38	4,13	2,88
<i>Arthrobacter polychromogenes</i>	2,50	1,50	1,06	0,81	0,50	1,31	0,38
<i>Bacillus megaterium</i>	7,00	2,88	6,50	3,56	2,88	1,81	1,69
<i>Massilia</i>	1,19	0,81	3,63	1,06	2,31	1,25	1,38
<i>Dermacoccus</i>	3,81	0,19	0,25	0,63	0,50	0,06	0,19

Fuente: Los autores

Para hongos, de las trece especies identificadas, sólo tres no se encuentran en los siete días de muestreo (*Aspergillus spp*, *Alternaria sp* y *Rhodotorulla mucilaginosa*), siendo además los hongos con concentraciones más bajas durante los 7 días de monitoreo; los microorganismos fúngicos que presentaron concentraciones más altas durante los 7 días de monitoreo fueron *Cladosporium spp*, seguido de *Penicillium spp*, *Rhodotorulla sp* y *Cryptococcus magnus*. El día que presentó mayor concentración de hongos fue el día 5 (martes), siendo *Cladosporium spp* el microorganismo con mayor frecuencia de aparición y mayor concentración (Tabla 6).

Tabla 6. Promedios diarios (UFC/m³) de hongos identificados en el Hospital privado de Bogotá

Día De Muestra	1	2	3	4	5	6	7
Promedio hongos por día de muestreo UFC/m³	264,63	165,88	198,63	177,25	267,81	206,06	201,75
<i>Cryptococcus</i>	4,44	2,56	0,25	4,75	7,19	7,50	3,13
<i>Cryptococcus Magnus</i>	1,56	1,50	31,81	1,38	0,94	4,25	9,69
<i>Rhodotorula</i>	11,38	6,56	26,13	26,06	24,44	37,88	20,63
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	1,31	0,19	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00
<i>Alternaria</i>	0,00	0,06	0,56	1,00	0,25	0,75	0,75
<i>Cladosporium spp</i>	189,25	56,00	103,63	110,06	183,50	109,06	114,13
<i>Penicillium</i>	48,56	97,56	28,88	31,19	45,50	33,88	44,50
<i>Ulocladium</i>	0,06	0,25	0,13	0,38	2,44	1,81	1,06
<i>Rizopus</i>	2,63	0,19	1,56	0,44	1,38	1,50	2,38
<i>Fusarium</i>	0,63	0,31	0,38	0,44	0,69	3,94	0,81
<i>Microsporum canis</i>	2,19	0,13	0,13	0,06	0,19	0,38	0,00
<i>Mucor</i>	0,13	0,19	0,56	0,25	0,31	0,38	2,13
<i>Micelio estéril</i>	2,50	0,31	3,44	0,38	0,81	4,63	2,56
<i>Aspergillus spp</i>	0,00	0,06	1,19	0,88	0,06	0,13	0,00

Fuente: Los autores

Graficas de temperatura, humedad relativa y las concentraciones obtenidas

Con respecto a la temperatura los valores máximos se presentaron para los puntos de muestreo 31, 22 y 19 con una temperatura de 25 °C en cada uno, siendo estos los consultorios en donde se hallaba el mayor flujo de personas. Por otro lado, las menores temperaturas se presentaron para los puntos 1 y 8 con los cuales corresponden a 8,9 °C y 20,9; estos puntos son las entradas y/o salidas del área de urgencias. Además, la diferencia entre temperatura mínima y máxima corresponde a 7°C.

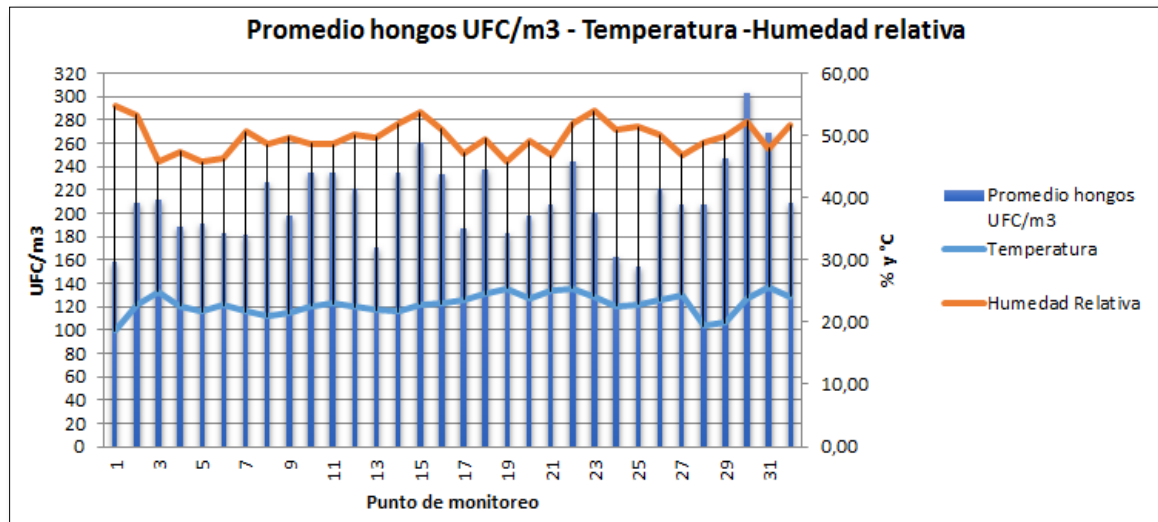
En cuanto a la humedad relativa se puede decir que los promedios más altos se localizaron en los puntos 1, 15 y 23, con 54,6%; 45,7% y 53,9% respectivamente, siendo estos, la entrada a urgencias, pasillo de unidad de cuidado coronario y la unidad de cuidado coronario, donde los dos últimos se encuentran muy cercanos a la salida y entrada de las ambulancias; las humedades relativas más bajas se presentan para los puntos 3, 5 y 19, con 45,70%, 45,71% y 45,76%. Por último se evidencia una diferencia 8.9% entre la humedad relativa máxima y mínima.

Al comparar los rangos estipulados por la NTP 859 para temperatura (24 a 26 °C) con los promedios de temperatura (°C) del muestreo, se evidenció que un 68,75% (n=22) de las áreas muestreadas no cumplen. Con respecto a la humedad relativa al comparar los rangos (45 y 55 %) se evidenció el cumplimiento de la norma (Ilustración 5) [26].

A partir de la Ilustración 5 se observó que en los puntos donde se presentaron picos de UFC/m³ en hongos (puntos 30 y 15 que corresponden al pasillo de cuidado coronario y cuidado intermedio respectivamente), la temperatura es alta al igual que la humedad relativa. Sin embargo, no se

evidencia ninguna tendencia general para los promedios de concentración de hongos, temperatura y humedad relativa.

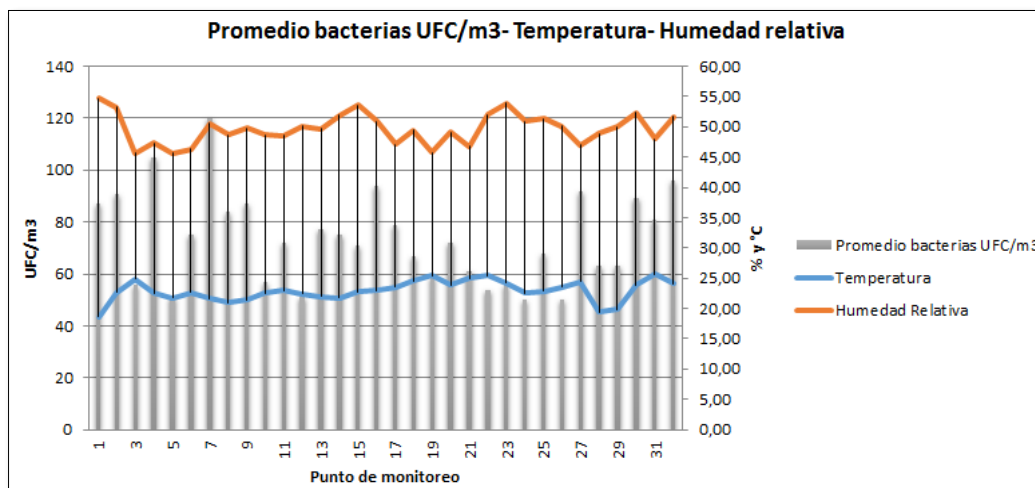
Ilustración 5. Promedio hongos -Temperatura y Humedad Relativa.



Fuente: Los autores

Con respecto a las UFC/m³ de bacterias encontradas en el monitoreo, el punto 7, es decir el pasillo de entrada a urgencias presenta una mayor cantidad de bacterias, con una temperatura de 21.6, y una humedad relativa de 50,5, sin embargo, no hay una tendencia o alguna relación con las concentraciones obtenidas para bacterias, la temperatura y la humedad relativa, tal como se evidencia en la Ilustración 6.

Ilustración 6. Promedio bacterias – Temperatura y humedad relativa



Fuente: Los autores

Mapas de Riesgo por concentración de bioaerosoles según límites de la OMS

Para la carga microbiana fúngica, se evidenció que todos los puntos evaluados en el Hospital sobrepasan el límite de 50 UFC/m³ (sugerido por la OMS). Las concentraciones para pasillos y salas de hidratación, estuvieron en un rango de 196 a 252 UFC/m³, mientras que las zonas de triage y sala de espera (áreas cercanas a la salida principal de la carrera 30) presentaron homogeneidad en la distribución de microorganismos fúngicos. Las áreas con concentraciones más altas son: sala de

observación 4, sala de cuidado intermedio, el pasillo que conduce a SALEM y el consultorio 10, mostrando valores por encima de 252 UFC/m³ (Ilustración 7).

Ilustración 7. Mapa de concentración de hongos



Fuente: Los autores

En el caso de bacterias, se evidenció que algunos puntos evaluados en el Hospital privado de Bogotá sobrepasan el límite de 100 UFC/m³ (sugerido por la OMS). Se encontró un valor promedio mínimo de 50 UFC/m³ y uno máximo de 120 UFC/m³. Los valores por encima de 93 UFC/m³ se localizan en el área de triage y el punto 7 pasillo de entrada a urgencias, ambos sectores con un alto flujo de personas y cercanos a corrientes aire externo. En general se evidenció que en comparación con los hongos, existe una menor variabilidad entre los rangos que se presentaron en las bacterias; el rango que predominó fue de 65 UFC/m³ a 82 UFC/m³ (Ilustración 8). Por último, se resalta que los rangos establecidos en el mapa, son los que por defecto genera el programa ArcGIS, a partir de 5 clasificaciones.

Ilustración 8. Mapa de concentración Bacterias



Fuente: Los autores

CÁLCULO DEL RIESGO

En el cálculo de riesgo de los hongos, se estableció que las trece especies se clasificaron en el grupo 2 de importancia clínica, es decir, presentan un riesgo moderado, teniendo poca probabilidad de desarrollar una enfermedad en la población.

Para la frecuencia de aparición se obtuvo que *Rodothorula mucilaginosa*, *Alternaria sp*, *Ulocladium sp*, *Fusarium sp*, *Microsporium canis*, *Mucor sp* y *Aspergillus spp* presentaron frecuencias menores al 30%, mientras que para *Cryptococcus sp*, *Cryptococcus Magnus*, *Rhizopus sp* y *Micelio estéril* se registraron frecuencias del 30 al 70%. Los hongos que presentaron una mayor frecuencia en el monitoreo fueron *Penicillium spp*, *Cladosporium spp* y *Rhodotorula sp*, con más de 70%. Por lo anterior y de acuerdo al cálculo del riesgo, el microorganismo que presentó mayor riesgo por hongos es el género *Cladosporium spp*, siendo este el microorganismo que tiene mayor frecuencia de aparición y las concentraciones más altas, atribuyéndosele un riesgo medio con 15 puntos. Adicionalmente, los géneros *Rhodotorula sp* y *Penicillium spp* presentaron un riesgo medio con 13 puntos. Por último el cálculo de riesgo para hongos se estableció en un rango entre 11 y 15, es decir, las 13 especies presentan un riesgo medio, de causar una enfermedad en la población (Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo del riesgo por la presencia de hongos

Microorganismo	Párametro	Importancia clínica				Frecuencia de Aparición			Concentración UFC/m3		Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)		Ventilación (m3/h.m2)		RIESGO
	Clasificación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	<30%	30%< X > 70%	> 70%	< 50	> 50	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
	Rangos de evaluación	1	2	3	4	1	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3	
<i>Cryptococcus sp</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Cryptococcus Magnus</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Rhodotorula sp</i>			2					3	1			3	1			3	13
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Alternaria sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Cladosporium spp</i>			2					3		3		3	1			3	15
<i>Penicillium spp</i>			2					3	1			3	1			3	13
<i>Ulocladium sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Rhizopus sp</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Fusarium sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Microsporium canis</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Mucor sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Micelio estéril</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Aspergillus spp</i>			2			1			1			3	1			3	11

Fuente: Los autores

En el cálculo de riesgo de las bacterias, mostro que dichos microorganismos se clasificaron en el grupo 2 de importancia clínica, por lo que tienen poca probabilidad de desarrollar una enfermedad en la población. Para la frecuencia de aparición se obtuvo que *Klebsiella Oxytoca*, *Pseudomona putida*, *Pantoea Agglomerans*, *Masillia sp*, *Bacillus megaterium*, *Arthrobacter globiformis* y *Micrococcus luteus* registraron frecuencias del 30 al 70%. El microorganismo que presentó una mayor frecuencia de aparición fue *Bacillus pumilus* con más de un 70% para todo el monitoreo. Para el resto de microorganismos se presentaron frecuencias menores al 30%. Es importante resaltar que las bacterias *Arthrobacter psychrolactophilus* y *Arthrobacter polychromogenes*, obtuvieron un menor riesgo con 10 puntos; por último, se estableció que el riesgo por bacterias se encontró en un rango de 10 a 13 puntos, es decir, las 29 especies presentan un riesgo medio de causar una enfermedad en la población (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo del Riesgo Bacterias

Microorganismo	Párametro	Importancia clínica				Frecuencia de Aparición			Concentración		Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)		Ventilación (m3/ h.m2)		RIESGO
	Clasificación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	<30%	30%< X > 70%	> 70%	< 100	> 100	Cumple	No	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
	Rangos de evaluación	1	2	3	4	1	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3	
<i>klebsiella Oxytoca</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Pseudomona stutzeri</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Pseudomonas Oryzihabitans</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Pseudomona sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Pseudomona putida</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Pantoea Agglomerans</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Pantoea sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Chryseobacterium sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Chyseo bacterium scopthalmum</i>		1				1			1			3	1			3	10
<i>Acinetobacter sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Acinetobacter Johnsonii</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Rahnella sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Masillia timonae</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Masillia sp</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Exiguobacterium sp</i>		1				1			1			3	1			3	10
<i>Dermacoccus sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Staphylococcus xylosus</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Staphylococcus sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Bacillus Mycoides</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Bacillus sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Bacillus Pumilus</i>			2					3	1			3	1			3	13
<i>Bacillus megaterium</i>			2				2		1			3	1			3	12
<i>Arthrobacter globiformis</i>		1					2		1			3	1			3	11
<i>Arthrobacter sp</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Arthrobacter psychrolactophilus</i>		1				1			1			3	1			3	10
<i>Arthrobacter polychromogenes</i>		1				1			1			3	1			3	10
<i>Arthrobacter luteolus</i>			2			1			1			3	1			3	11
<i>Micrococcus luteus</i>			2				2		1			3	1			3	12

Fuente: Los autores

En el cálculo de riesgo para hongos y bacterias las variables temperatura y velocidad del viento no cumplieron con los valores establecidos por la NTP 859 (30 m³/ h.m2 y 24 a 26°C respectivamente); mientras que la humedad relativa sí cumple con los valores establecidos por la norma (Tabla 7 y 8) [26].

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que hay un riesgo medio, se realizó un mapa de concentración para las especies que presentaron mayor probabilidad de generar una enfermedad en las personas (pacientes, visitantes o personal del hospital) por su importancia clínica, frecuencia de aparición y las variables ambientales medidas.

Para los hongos se identificó *Cladosporium spp* como el género que presenta un mayor puntaje de dentro del riesgo medio. En lugares como la sala de hidratación B, las salas de observación 12 y 8, la entrada y el pasillo de la sala de urgencias se presentaron las concentraciones más bajas, con rangos entre 55 y 96 UFC/m³, lo cual podría deberse a la constante limpieza y desinfección en estas áreas. Por otro lado, las concentraciones más altas se localizaron en un rango de 157 a 210 UFC/m³ en la sala de cuidado intermedio, pasillo en la entrada de ambulancias y pasillo imágenes diagnósticas, siendo estos lugares donde se observó un alto flujo de personas. Es importante

resaltar que todos los puntos de monitoreo presentaron concentraciones por encima de las 50 UFC/m³ (ilustración 9).

Ilustración 9. Mapa de Concentración *Cladosporium spp*



Fuente: Los autores

Por otro lado la bacteria que presento mayor riesgo fue *Bacillus pumilus*. De acuerdo al mapa de concentración en la Ilustración 10 para este microorganismo se obtuvo que las mayores concentraciones comprendidas en un rango de 40 a 51 UFC/m³ se presentaron en el triage, pasillos correspondientes a salas de observación y pasillo de entrada de urgencias, siendo estos lugares con un flujo elevado de personas. Además se obtuvo que las menores concentraciones corresponden a lugares como sala de espera triage, consultorio 10 y unidad de cuidado coronario con rangos entre 20 a 27,3 UFC/m³, esto podría deberse a que en estos lugares se contaba con ventiladores de respaldo (Ilustración 10).

Ilustración 10. Mapa de Concentración *Bacillus Pumilus*



Fuente: Los autores

En cuanto a los microorganismos identificados en las diferentes áreas del hospital y sus manifestaciones clínicas se obtuvieron los siguientes resultados:

Por otro parte las manifestaciones clínicas más representativas por microorganismos fúngicos están relacionadas con infecciones cutáneas, infecciones respiratorias e infecciones en la piel, las cuales son producidas por microorganismos como *Alternaria spp*, *Aspergillus spp*, *Cladosporium spp*, *Fusarium sp*, *Mucor sp*, *Penicillium spp*, *Ulocladium sp*, *Rhizopus*, *Rhodotorula sp*, *Rhodotorula Mucilaginosa*, siendo la especie *Cryptococcus magnus* la única que no es patógena en el ser humano. Además de esto, se encontraron manifestaciones clínicas como endocarditis, infección en catéter, fungemias, queratitis, peritonitis, infecciones rinocerebrales y sinopulmonares (Tabla 9).

Tabla 9. Hongos identificados y su manifestacion clínica

NOMBRE MICROORGANISMO	PATÓGENO HUMANO	MANIFESTACION CLÍNICA
<i>Alternaria sp</i>	Si	Alteraciones Cutáneas, Diabetes Infecciones respiratorias
<i>Aspergillus spp</i>	Si	Manifestaciones Cutáneas Otomycosis, Endocarditis, Aspergilosis pulmonar Asma y rinitis
<i>Cladosporium spp</i>	Si	Rinitis Alérgica, Asma Infecciones subcutáneas
<i>Fusarium sp</i>	Si	Sinusitis, Neumonía Rinitis y Asma Infecciones cutáneas profundas
<i>M. Canis sp</i>	Si	Dermatomycosis
<i>Mucor sp</i>	Si	Causa infartos tisulares Infecciones cutáneas, mucormycosis Infecciones rinocerebrales y sinopulmonares
<i>Penicillium spp</i>	Si	Queratitis (post-Traumática) Endoftalmitis, Otomicosis Neumonía, infecciones urinarias Endocarditis , Peritonitis
<i>Rizopus</i>	Si	Mucormycosis cetoacidosis diabética
<i>Ulocladium sp</i>	Si	Queratitis, infección cutánea Onicomicosis, micotoxicosis, sinusitis alérgica
<i>Rhodotorula sp</i>	Si	Infección vías urinarias Meningitis
<i>Rhodotorula Mucilaginosa</i>	Si	Fungemia, meningitis, peritonitis Endocarditis, sepsis Endoftalmitis, infecciones de catéteres
<i>Cryptococcus Magnus</i>	No	

Fuente: Los autores

Para las bacterias Gram negativas las manifestaciones clínicas que predominan son: bacteriemia e infecciones respiratorias que se relacionan con los microorganismos *Klebsiella Oxytoca*, *Pseudomona Oryzihabitans*, *Pantoea Agglomerans*, *Pantoea spp*, *Acinetobacter Johnsonii*, *Rahnella sp*, *Massilia sp*, *Massilia Timonae*, *Pseudomona Stutzeri*, *Pseudomona sp*, seguido de la septicemia, infecciones urinarias y endocarditis. Por otro lado, se observó que la única especie que no se considera patógeno humano corresponde a *Chryseobacterium scophthalmum* (Tabla 10).

Tabla 10. Bacterias gram negativas identificadas y su manifestacion clínica

NOMBRE MICROORGANISMO	PATÓGENO HUMANO	MANIFESTACION CLÍNICA
<i>Klebsiella Oxytoca</i>	Si	Neumonía Crónica
		Colitis, Endocarditis
		Bacteriemia
<i>Pseudomona Stutzeri</i>	Si	Infección de hueso, endocarditis y meningitis
		Infecciones urinarias, artritis, septicemia
		Neumonía y ventriculitis
<i>Pseudomona Oryzihabitans</i>	Si	Peritonitis, endoftalmitis
		Meningitis, Septicemia
		Bacteriemia e infecciones urinarias
<i>Pseudomona sp</i>	Si	Neumonía , sinusitis
<i>Pseudomona Putida</i>	Si	Septicemia e infecciones urinarias
		Artritis séptica
<i>Pantoea Agglomerans</i>	Si	Bacteriemia, neumonía
		Meningitis Neonatal
		Peritonitis y artritis séptica
<i>Pantoea sp</i>	Si	Bacteriemia, sepsis Neonatal
		Infecciones catéteres y osteomielitis
<i>Chryseobacterium</i>	Si	Endocarditis e infecciones en la piel
		Infección en catéter
<i>Chryseobacterium scophthalmun</i>	No	
<i>Acinetobacter Johnsonii</i>	Si	Brotos infección Nosocomial
		Infección en catéter, Bacteremia
<i>Rahnella sp</i>	Si	Bacteriemia, endocarditis
		Infección Urinario
<i>Massilia sp</i>	Si	Bacteriemia
<i>Massilia Timonae</i>	Si	Bacteriemia, Endoftalmitis

Fuente: Los autores

En cuanto a bacterias gram positivas se evidenció que los géneros *Arthrobacter* y *Exiguobacterium* al igual que las especies *Arthrobacter globiformis*, *Arthrobacter psychrolactophilus* y *Arthrobacter polychromogenes* son microorganismos que no se relacionan con ninguna patogenicidad en el ser humano. Además, las manifestaciones clínicas que se destacan corresponden a bacteriemia, infecciones urinarias e infecciones en la piel relacionadas con microorganismos como *Dermaococcus*, *Staphylococcus*, *Sthaphlococcus xylosus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Bacillus* y *Bacillus Pumillus* (Tabla 11).

Tabla 11. Bacterias Gram Positivas Identificadas y su manifestacion clínica

NOMBRE MICROORGANISMO	PATÓGENO HUMANO	MANIFESTACION CLÍNICA
<i>Exiguobacterium sp</i>	No	Ninguna
<i>Dermacoccus sp</i>	Si	Bacteriemia
<i>Staphylococcus xylosus</i>	Si	Bacteriemia, endocarditis
		Infección tracto Urinario
		Dermatitis, Septicemia
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Si	Bacteriemia, endocarditis
		Infección tracto urinario
<i>Staphylococcus sp</i>	Si	Infección en piel, infección urinaria
<i>Bacillus sp</i>	Si	Neumonía, Bacteriemia
		Infección Gastrointestinal
<i>Bacillus mycoides</i>	No	Ninguna
<i>Bacillus pumilus</i>	Si	Artritis Séptica, sepsis
		Infección en piel
<i>Bacillus megaterium</i>	Si	Abscesos, queratitis
<i>Arthrobacter sp</i>	No	Ninguna
<i>Arthrobacter globiformis</i>	No	Ninguna
<i>Arthrobacter psychrolactophilus</i>	No	Ninguna
<i>Arthrobacter polychromogenes</i>	No	Ninguna
<i>Arthrobacter luteolus</i>	Si	Muestras Clínicas
<i>Mircrococcus luteus</i>	Si	Endocarditis
		Sepsis y Neumonía

Fuente: Los autores

DISCUSIÓN

El presente estudio identificó 42 especies de microorganismos entre hongos y bacterias, siendo los microorganismos fúngicos los que superaron las concentraciones sugeridas por la OMS. Partiendo de esto se realizó un cálculo del riesgo por microorganismo, el cual arrojó un riesgo medio para la población del Hospital privado de Bogotá. A partir de esto se pudo evidenciar que géneros como: *Penicillium spp*, *Rhodotorula*, *Cladosporium spp* y la especie *Bacillus pumillus*; tienen las mayores concentraciones y frecuencias del monitoreo, siendo estas dos últimas las que obtuvieron un puntaje más alto dentro del riesgo calculado; para microorganismos fúngicos (50 UFC/m³), mientras que para bacterias las concentraciones cumplieron con los límites establecidos (100 UFC/m³).

Pachon y Guzman (2016) evaluaron las concentraciones sin discriminar entre hongos y bacterias; como resultado, las estaciones en los diferentes días de muestreo superaron considerablemente el límite sugerido para microorganismos (100 UFC/m³), no obstante, en el presente trabajo se evidencia de forma más clara qué tipo de microorganismos predominan como contaminantes en el ambiente del hospital.

De acuerdo al cálculo del riesgo Okten y Asan (2011), determinaron que el género *Cladosporium* tiene las concentraciones más altas con 462 colonias; de la misma manera Kim et al. (2009) reportaron que el porcentaje más alto para las concentraciones de microorganismos fúngicos lo obtuvo *Cladosporium sp* con un 30%. En lo reportado en el hospital privado de Bogotá, este microorganismo tuvo también las concentraciones más altas. Partiendo que es uno de los

microorganismos más comunes en el ambiente, se explican las altas concentraciones obtenidas; además que sus reservorios son el suelo y las zonas vegetativas; y teniendo en cuenta que su forma de resistencia son las esporas, lo que hace que dicho microorganismo sea resistente en el ambiente y facilitando su dispersión, razón por la cual las concentraciones más altas se presentaron en las únicas zonas donde hay presencia de corrientes de aire de hasta 0.5 m/s cercanas a un punto de entrada de aire externo [27,28, 29].

De igual manera Olinitola et al, establecen que algunas especies del género *Cladosporium spp* actúan como microorganismos oportunistas presentando manifestaciones clínicas como asma y procesos micóticos pulmonares, así como infecciones en la piel (cromoblastomycosis). Del mismo modo se menciona que las esporas de *Cladosporium spp* y *Penicillium spp* son inhaladas a través de las vías respiratorias produciendo enfermedades alérgicas o colonizando superficies cutáneas en pacientes como lo indican D'Amato y Spieksma [29].

En cuanto al género *Penicillium spp* se encontró que es predominante en estudios realizados por Shan Li y An Hou (2003), además se reportó como la segunda especie con mayor frecuencia de aparición en el estudio reportado por Youn, Shin y Daekeun (2009) con un porcentaje entre el 20-25%. Augustowska, y Dutkiewicz (2006), plantean que especies como *Penicillium spp* tienen un riesgo respiratorio importante como posibles fuentes de alérgenos y toxinas, lo cual evidencia una similitud muy amplia con lo reportado en el hospital privado de Bogotá, siendo *Cladosporium spp* y *Penicillium spp* los microorganismos fúngicos con mayor frecuencia y concentración, de igual manera los que cuentan con manifestaciones clínicas relacionadas con infecciones respiratorias. Por último, Fischer y Dott (2013), plantean en su estudio, que géneros como *Alternaria* y *Cladosporium* son conocidos por ser los alérgenos más importantes presentes en el aire exterior, mientras que *Aspergillus* y *Penicillium* se reportan recientemente como alérgenos fúngicos importantes en ambientes interiores [30,31].

Por otro lado, durante el recuento de UFC de *Bacillus Pumilus* se presentaron altas concentraciones en el área de urgencias; al comparar los resultados obtenidos, con el estudio de Tena et al. hay una baja frecuencia de aparición, y al realizar una revisión bibliográfica detallada, se infiere que *Bacillus pumilus* es un microorganismo poco común en áreas hospitalarias, lo cual podría indicar que dentro del hospital privado de Bogotá existen factores que favorecen la presencia de este microorganismo, siendo uno de estos la inexistencia de un sistema de ventilación eficiente. Además de esto, *Bacillus Pumilus* puede llegar a producir afecciones cutáneas, sin embargo, se ha comprobado que existe una baja probabilidad de afectación a la salud de las personas [32].

Referente a la *Rhodotorulla sp*, se evidenció su importancia en la causa de enfermedades relacionadas con catéter; este microorganismo patógeno afecta especialmente a pacientes inmunocomprometidos; durante algunos recuentos de UFC/m³, se ha encontrado principalmente en los lumen del catéter, teniendo una mayor probabilidad de presentar alguna afectación en la salud, como fungemia; sin embargo, en los últimos 40 años se han reportado una mínima cantidad de casos de enfermedad causada por *Rhodotorulla sp* [33,34,35]

Es importante resaltar que en el estudio desarrollado por Dong et al (2013), donde se evaluaron variables como la temperatura, la humedad relativa, el flujo de personas y la estacionalidad; la única variable que presentó afectación en la densidad de microorganismos fue la estacionalidad, ya que se presentaron cargas más altas para bacterias y hongos en verano, la correlación con otras variables como el flujo de personas se presentó para bacterias; en cuanto a microorganismos fúngicos se muestra una relación directamente proporcional con la temperatura. Por otro lado,

Pachon y Guzman (2016), documentan que la densidad de microorganismos no está afectada por los factores de humedad relativa y temperatura. Al comparar las variables tomadas en cuenta en otros estudios es evidente la necesidad de indagar otros factores que pueden afectar la cantidad de microorganismos como la estacionalidad [7,12].

Por otro lado, al comparar los rangos de las variables ambientales y lo estipulado por la NTP 859, para temperatura (24 a 26 °C) los registros promedios del muestreo no cumplen, un 68,75% (n=22) de las áreas muestreadas se encuentran por fuera del rango; mientras que para la humedad relativa (45 y 55 %) existe un cumplimiento absoluto de la norma (Ilustración 5) [26].

En cuanto a la ventilación existen diversos estudios en donde esta variable se ha tomado como una de las principales técnicas para presentar una reducción o control en la propagación de agentes infecciosos a través del aire en hospitales; como el estudio realizado por Li et al. (2007) donde se analizaron los sistemas de aire-ventilación en la transmisión de enfermedades entre individuos dando como resultado una relación muy alta entre ellos [1]. De igual manera Chuaybemroong et al, encontraron que los altos niveles de ventilación producen una reducción en la cantidad de bacterias en el aire al diluir las concentraciones [1]. Qian et al. reportaron que la carga microbiana en un cuarto “sin ventilación” es mayor, comparada con habitaciones “con ventilación”, las cuales presentaban cargas menores en el aire, pero mayores en las superficies. En relación a esta variable, el área de urgencia del hospital privado de Bogotá no dispone de un sistema de ventilación mecánica y aunque en algunos puntos de muestreo como los consultorios 9, 10 y la sala de cuidado coronario cuentan con ventiladores de respaldo; estos no funcionan constantemente, por ende, el mal funcionamiento de la ventilación, podría explicar las altas concentraciones reportadas en el hospital privado de Bogotá [36,41].

No obstante, se debe considerar que el aire interior de un hospital puede representar un riesgo no solamente para la salud de sus pacientes sino también para el personal del hospital, partiendo de lo anterior y teniendo en cuenta que los hongos son omnipresentes en el ambiente y pueden considerarse aparentemente inofensivos para personas sanas, pueden ser mortales en el caso de individuos inmunocomprometidos; presentando efectos adversos en la salud, incluyendo hipersensibilidad y neumonía; demostrando una relación entre la contaminación medioambiental en los hospitales y la incidencia de infecciones invasivas, razón por la cual el monitoreo de la calidad del aire microbiana interior en centros de salud es una condición de primer paso en la prevención de infecciones nosocomiales [38].

Por consiguiente, es importante no solamente enfocarse en manifestaciones clínicas relacionadas con infecciones respiratorias, ya que en los resultados de este estudio se evidencian microorganismos con manifestaciones clínicas como bacteriemia, septicemia e infecciones en catéteres; qué aunque se encontraron en concentraciones bajas, son de importancia debido a que son un problema que tiene una alta frecuencia, morbilidad y por ser procesos clínicos potencialmente evitables. En la actualidad, la mayoría de pacientes hospitalizados y un número considerable de enfermos en régimen ambulatorio, son portadores de este tipo de dispositivos y enfermedades como la bacteriemia relacionada con los catéteres vasculares, se encuentran entre las infecciones de mayor frecuencia adquiridas en los hospitales [39,40].

CONCLUSIONES

En la medición de la carga microbiana por punto de muestreo, los hongos son los microorganismos predominantes del monitoreo debido a sus altas concentraciones, frecuencias y afectaciones en la salud. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados se obtuvieron con los promedios de las concentraciones, presentado así grandes variaciones, con valores extremos en los puntos y días de muestreo.

Los microorganismos identificados en el monitoreo representan un riesgo medio para la población del hospital, teniendo en cuenta que microorganismos como *Cladosporium* y *Bacillus Pumillus* arrojaron los puntajes más altos dentro de este tipo de riesgo para hongos y bacterias respectivamente debido a su frecuencia de aparición y a algunas concentraciones que superan los límites establecidos por la OMS, además variables como la velocidad del viento y la temperatura no cumplen lo sugerido por la NTP 859.

Las variables de temperatura, humedad relativa y flujo de personas no presentaron correlación estadística significativa al ser estas casi constantes, pues explicaron el modelo de análisis de componentes principales mínimamente, sin embargo, el número de muestras y tiempo de muestreo son factores que al estudiarlos en un número y periodo de tiempo más largo podrían evidenciar la correlación entre estos factores.

Los microorganismos identificados pueden transmitirse tanto a los pacientes como al personal por diversas vías de exposición, de acuerdo a sus características y a las manifestaciones clínicas relacionadas. Aunque el grado del riesgo para el área de urgencias es medio, este puede variar de acuerdo a las condiciones del huésped.

RECOMENDACIONES

El hallazgo en el hospital de *Microsporium canis* es de gran relevancia, ya que su presencia puede deberse a una mala limpieza y desinfección, esto podría indicar un mal desarrollo de los procesos establecidos en protocolos de bioseguridad del hospital.

El estudio de bioaerosoles microbianos en interiores es un campo complejo, que requiere del estudio detallado de otros factores, como los sistemas de ventilación, la variación estacional, además de, momentos de limpieza y desinfección. Permitiendo analizar mejor los posibles casos de contaminación microbiana.

Finalmente los beneficios que se pueden brindar a la comunidad partiendo de los resultados de este estudio consisten en la disminución del riesgo por la transmisión de enfermedades, debido a que los centros hospitalarios tendrían un panorama de cómo se encuentra su calidad del aire intramural. Estos resultados permitirían proporcionar soluciones como la instauración de barreras biomecánicas y una restructuración del sistema de ventilación, además de evidenciar que la no implementación de sistemas que reduzcan la carga microbiológica puede afectar la salud de pacientes y trabajadores, siendo un tema de relevancia dentro del contexto de salud pública en el Distrito Capital y el país.

Para próximos estudios se propone tener un equipo con una sensibilidad mayor en ambientes interiores, como podría ser un velometro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Pontificia Universidad Javeriana, especialmente, a la Doctora Claudia Marcela Parra Giraldo y sus estudiantes por la cooperación en la caracterización e identificación de las muestras, además al personal del Hospital privado de Bogotá por permitir la realización del presente estudio.

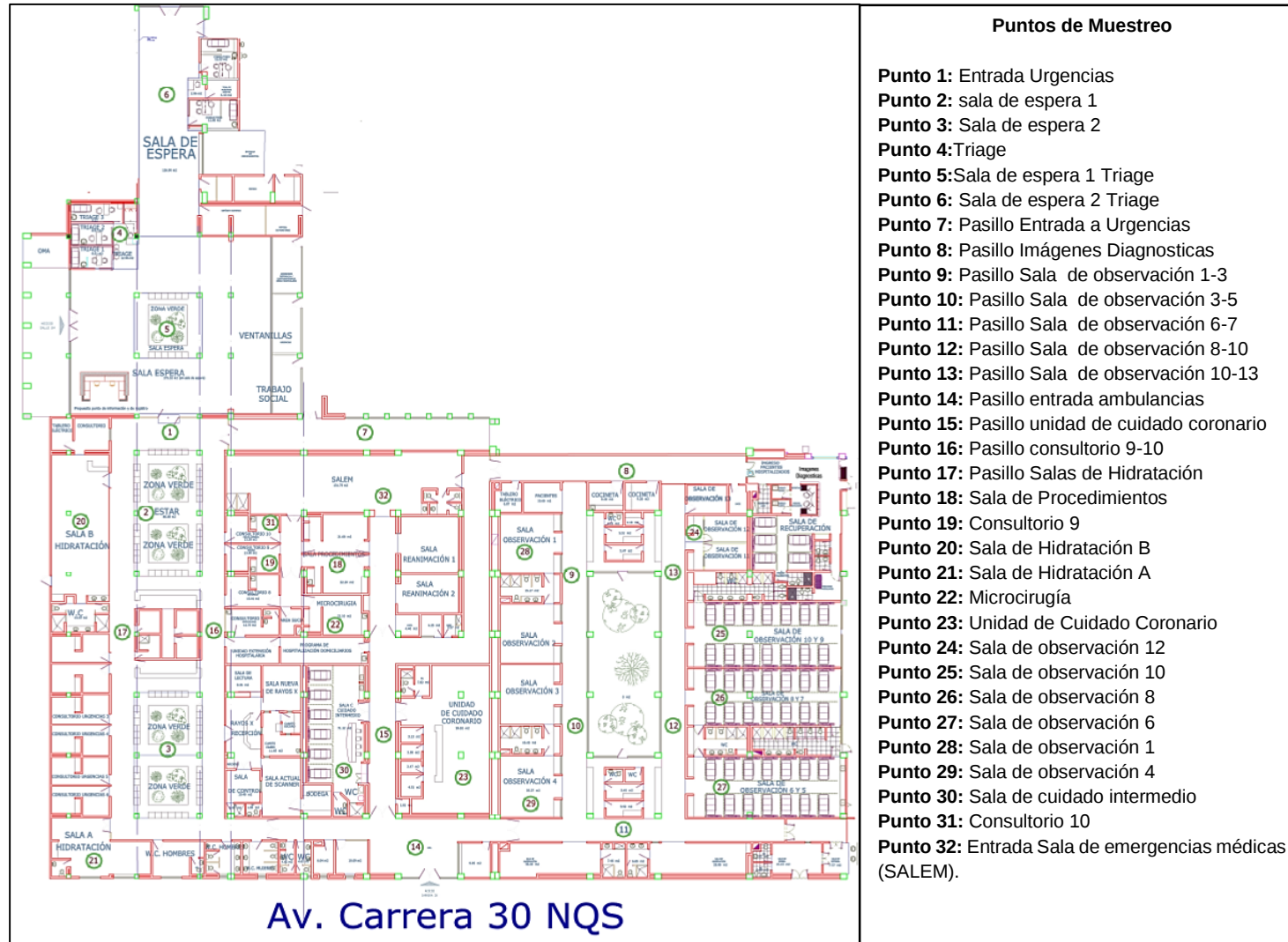
BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Eslami, F. Karimi, Z. Karimi y Z. Rajabi, «A Survey of the quantity and type of biological aerosols in selected wards of a teaching hospital in Ghazvin,» *Electronic Physician*, vol. 8, pp. 2281-2285, 2016.
- [2] M. Richards, E. Jonathan, D. Culver y R. Gaynes, «Nosocomial Infections in Combined Medical-Surgical Intensive Care Units in the United States,» *Infection Control & Hospital Epidemiology*, vol. 21, pp. 510-515, 2015.
- [3] World Health Organization, «The burden of health care-associated infection worldwide,» World Health Organization, [En línea]. Available: http://www.who.int/gpsc/country_work/burden_hcai/en/. [Último acceso: 03 04 2016].
- [4] R. Górny , J. Dutkiewicz y E. Krysińska-Traczyk , «Size distribution of bacterial and fungal bioaerosols in indoor air,» *Institute of Occupational Medicine and Environmental Health*, pp. 41-200, 1999.
- [5] R. Górny y J. Dutkiewicz, «Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries,» *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, pp. 17-23, 2002.
- [6] R. Mirzaei , E. Shahriary , M. Iqbal Qureshi , A. Rakhshkhorshid , A. Khammary y M. Mohammadi, «Quantitative and Qualitative Evaluation of Bio-Aerosols in Surgery Rooms and Emergency Department of an Educational Hospital,» *Jundishapur J Microbiol*, 2014.
- [7] U.-P. Dong, K. Y. Jeong, J. L. Won y M. L. Keyong, «Assessment of the Levels of Airborne Bacteria, Gram-Negative Bacteria, and Fungi in Hospital Lobbies,» *Environmental Research and Public Health*, pp. 541-555, 2013.
- [8] «Nosocomial infections in Combined Medical Surgical Intensive Care Units in the United States,» Cambridge University press, 2015.
- [9] M. Maldonado Vega , J. J. Peña Cabriales, S. De los Santos Villalobos , A. Castellanos Arevalo, D. Camarena Pozos, B. Arevalo Rivas, L. Valdes Santiago, L. Hernández Valadez y D. L. Guzman de Peña, «Bioaerosoles Y Evaluación De la Calidad del Aire en dos Centros Hospitalarios Ubicados en León, Guanajuato, México,» *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 30, nº 4, pp. 351-363, 2014.
- [10] A. M. Velez Pereira y Y. Camargo Caicedo, «Análisis De Los Factores Ambientales Y Ocupacionales En La Concentración De Aerobacterias En Unidades De Cuidado Intensivo Del Hospital Universitario Fernando Troconis, 2009 Santa Marta-Colombia,» *Cuidarte*, vol. 5, nº 1, pp. 595-605, 2014.
- [11] K. N. Aguirre Guataqui, «Estudio de la aerobiología de hongos filamentosos en un hospital de cuarto nivel en Bogotá Colombia,» Pontificia Universidad javeriana, Bogotá, 2016.
- [12] L. M. Guzman Fierro y J. A. Pachon Bernal, *Evaluación Del Riesgo Por Transmisión De Infecciones Respiratorias Intrahospitalarias Mediada Por Bioaerosoles Presentes En El Hospital De Suba (li Nivel Ese).*, Bogotá, 2016.

- [13] Mederi, «Guía Práctica,» 2017. [En línea]. Available: http://www.mederi.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=1189&Itemid=115.
- [14] Organización Internacional para la Estandarización., ISO 14644-1, Cleanrooms and associated controlled environments, Part 1: Classification of airborne, Ginebra: Organización Internacional para la Estandarización..
- [15] E. Santanbrosio, M. Ortega y P. Garibaldi, «Preparación de Medios de Cultivo,» 2009. [En línea]. Available: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practicol.pdf.
- [16] Francisco Soria Melguizo S.A, «Ficha Técnica Potato Dextrose Agar,» [En línea]. Available: http://f-soria.es/Inform_soria/Difco%20Fichas%20tecnicas/TUBOS%20DIFCO/FT%20POTATO%20ODEXTROSE%20AGAR.pdf.
- [17] Merck Millipore, «MAS -100, Microbial Air Monitoring Systems,» Merck Millipore, Darmstadt, 2012.
- [18] Musafia, «Digital thermo-hygrometer. Instructions for use.,» Musafia, Italy, 2011.
- [19] Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, «Identificación bacteriana basada en el espectro de masas de,» *Scielo*, pp. 263-272, 2011.
- [20] Universidad de Alicante, «ESPECTROMETRÍA DE MASAS (MALDI-TOF),» *Servicios técnicos de Investigación*, pp. 10-12, 2016.
- [21] M. d. . C. Martí Solé , «NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid.
- [22] World Health Organization, «Indoor air quality: biological contaminants,» European Series, 1988.
- [23] ArcGis Desktop, «Como Funciona IDW,» 2017. [En línea]. Available: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-idw-works.htm>.
- [24] L. Fletcher, C. Noakes, C. Beggs y P. Sleight, «The Importance of Bioaerosols in Hospital Infections and the Potential for Control using,» [En línea]. Available: <http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/aerobiology/PDFs/uv-and-airborne-hospital-infection-fletcher.pdf>. [Último acceso: 29 04 2017].
- [25] Organización Mundial de la Salud, Manual de bioseguridad en el laboratorio., Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2005.
- [26] M. G. Rosell Farrás y A. Muñoz Martínez , «NTP 859: Ventilación general en hospitales,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo., Barcelona, 2010.
- [27] S. Okten y A. Asan, «Airborne fungi and bacteria in indoor and outdoor environment of the Pediatric Unit of Edirne Government Hospital,» *Environ Monit Assess*, pp. 1739-1752, 2011.
- [28] K. Youn KIM, Y. Shin KIM y D. KIM, «Distribution Characteristics of Airborne Bacteria and Fungi in the General Hospitals of Korea,» *Industrial Health*, nº 48, pp. 236-243, 2009.
- [29] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Fichas de agentes biológicos: Cladosporium spp,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid, 2014.
- [30] J. A. Marcano Bruzual , «Aislamiento de Hongos Anemófilos en el Ambiente del Servicio de Emergencia del Hospital “Luis Daniel Beauperthuy” de Cumanacoa, Municipio Montes, Estado Sucre,» Universidad de Oriente , Cumanacoa, 2013.
- [31] C. Shan Li y P. An Hou, «Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms,» *The Science of the Total Environment*, pp. 169-176, 2003.

- [32] M. Augustowska y J. Dutkiewicz, «Variability of Airborne Microflora In A Hospital Ward Within A Period of One Year,» *Ann Agric Environ Med*, nº 13, pp. 99-106, 2006.
- [33] D. Tena, J. A. Martínez, M. Torres, J. A. Sáez Nieto, V. Rubio y J. Bisquert, «Cutaneous Infection Due to *Bacillus pumilus*: Report of 3 Cases,» *Clin Infect Dis*, 2007.
- [34] C. Ferrer y B. Almirante, «Infecciones relacionadas con el uso de los catéteres vasculares,» *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, pp. 115-124, 2014.
- [35] R. Guidara, H. Trbelsi, S. Neji, F. Cheikhrouhou, H. Sellami, F. Makni y A. Ayadi, «*Rhodotorula fungemia*: Report of two cases in Sfax (Tunisia),» *ScienceDirect*, pp. 178-181, 2016.
- [36] T. Kiehn , E. Gorey, A. Brown , F. Edwards y D. Armstrong , «Sepsis due to *Rhodotorula* related to use of indwelling central venous catheters,» *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, pp. 841-846, 1992.
- [37] H. Qian, Y. Li, P. Nielsen, C. Hyldgaard, T. Wong y A. Chwang, «Dispersion of exhaled droplet nuclei in a two-bed hospital ward with three different ventilation systems,» *Indoor Air*, vol. 16, pp. 111-128, 2006.
- [38] H. Burguer, «Bioaerosols: Prevalence and health effects in the indoor environment,» *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 86, pp. 687-701, 1990.
- [39] F.-F. Chung, H.-L. Lin, H.-E. Liu, A. Shin-Yu, H.-F. Hsiao, L.-T. Chou y G.-H. Wan, «Aerosol Distribution During Open Suctioning and Long-Term Surveillance of Air Quality in a Respiratory Care Center Within a Medical Center,» *Respiratory Care*, vol. 60, nº 1, pp. 30-37, 2015.
- [40] S. E. Vartivarian, A. Elias J. y P. Gerald, «Emerging Fungal Pathogens in Immunocompromised Patients: Classification, Diagnosis, and Management,» *Clin Infect Dis*, pp. 487-491, 1993.
- [41] Z. Rui, G. Tu y J. Ling, «Study on biological contaminant control strategies under different ventilation models in hospital operating room,» *Building and Environment*, vol. 43, pp. 793-803, 2008.

Anexo 1. Distribución Puntos de Muestreo

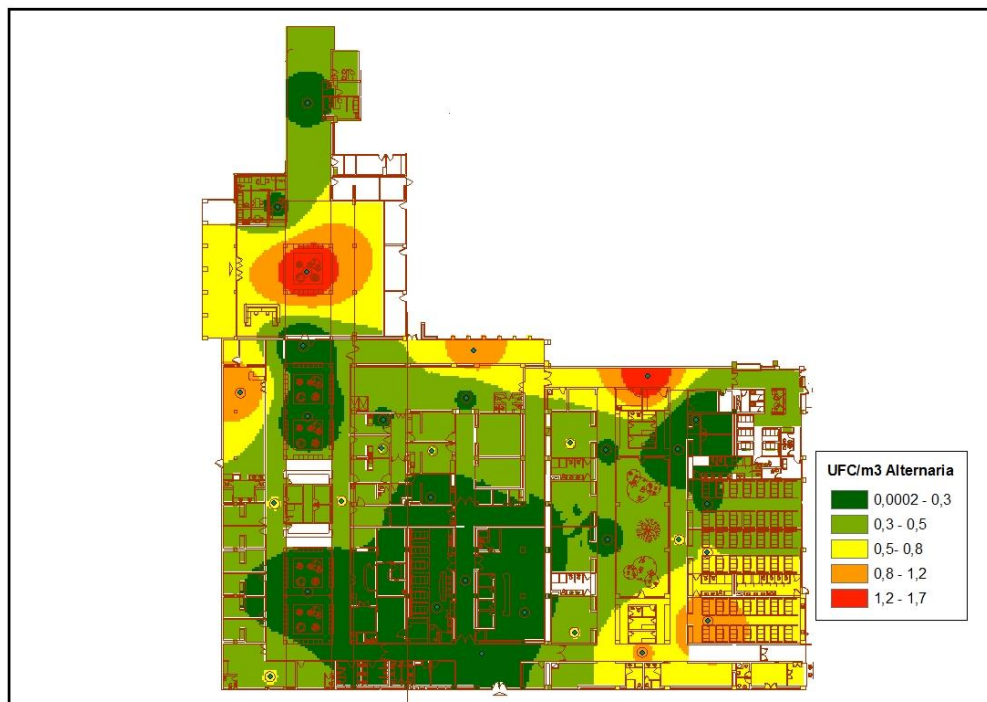


Anexo 2. Promedios diarios Bacterias identificadas

Día de Muestra	1	2	3	4	5	6	7
Promedio bacterias por día de muestreo UFC/m³	83,94	86,63	73,31	96,31	49,63	63,63	30,75
<i>Pseudomona Oryzihabitans</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
<i>Pseudomona</i>	0,56	0,06	0,25	1,13	0,00	1,06	0,31
<i>Pseudomona putida</i>	0,13	2,69	1,63	6,31	1,38	4,13	2,88
<i>Pantoea Agglomerans</i>	0,00	0,06	0,69	4,69	1,31	4,69	8,31
<i>Pantoea SP</i>	0,00	0,31	1,44	0,88	1,19	1,25	1,00
<i>Chryseobacterium</i>	0,00	0,00	5,00	0,06	0,00	0,50	0,25
<i>Chryseobacterium scophthalmum</i>	0,00	0,00	0,00	1,69	0,06	0,13	0,19
<i>Acinetobacter</i>	10,88	1,19	1,25	0,00	3,75	0,00	0,00
<i>Acinetobacter Johnsonii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,06
<i>Rahnella</i>	1,25	1,81	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00
<i>Masillia timonae</i>	0,00	0,69	0,06	0,13	0,50	0,00	0,06
<i>Masillia sp</i>	1,19	0,81	3,63	1,06	2,31	1,25	1,38
<i>Exiguobacterium</i>	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Dermaococcus</i>	3,81	0,19	0,25	0,63	0,50	0,06	0,19
<i>Staphylococcus xylosus</i>	0,00	0,06	0,00	0,13	0,00	0,25	1,00
<i>Staphylococcus saprophycus</i>	0,00	0,00	0,00	0,81	0,06	0,94	0,00
<i>Staphylococcus</i>	0,00	0,00	0,38	1,25	0,75	1,13	0,56
<i>Bacillus Mycoides</i>	0,00	0,00	0,13	1,69	0,00	2,63	1,94
<i>Bacillus</i>	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,31
<i>Bacillus Pumilus</i>	29,81	52,38	33,19	40,25	14,63	24,25	25,75
<i>Bacillus megaterium</i>	7,00	2,88	6,50	3,56	2,88	1,81	1,69
<i>Arthrobacter globiformis</i>	0,69	12,38	3,25	19,38	3,94	9,50	7,38
<i>Arthrobacter</i>	0,00	0,81	0,00	0,81	1,44	0,94	0,25
<i>Arthrobacter psychrolactophilus</i>	0,00	0,00	1,25	0,00	0,38	1,19	0,69
<i>Arthrobacter polychromogenes</i>	2,50	1,50	1,06	0,81	0,50	1,31	0,38
<i>Arthrobacter luteolus</i>	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Micrococcus luteus</i>	16,88	3,13	13,00	9,94	9,25	6,19	6,88

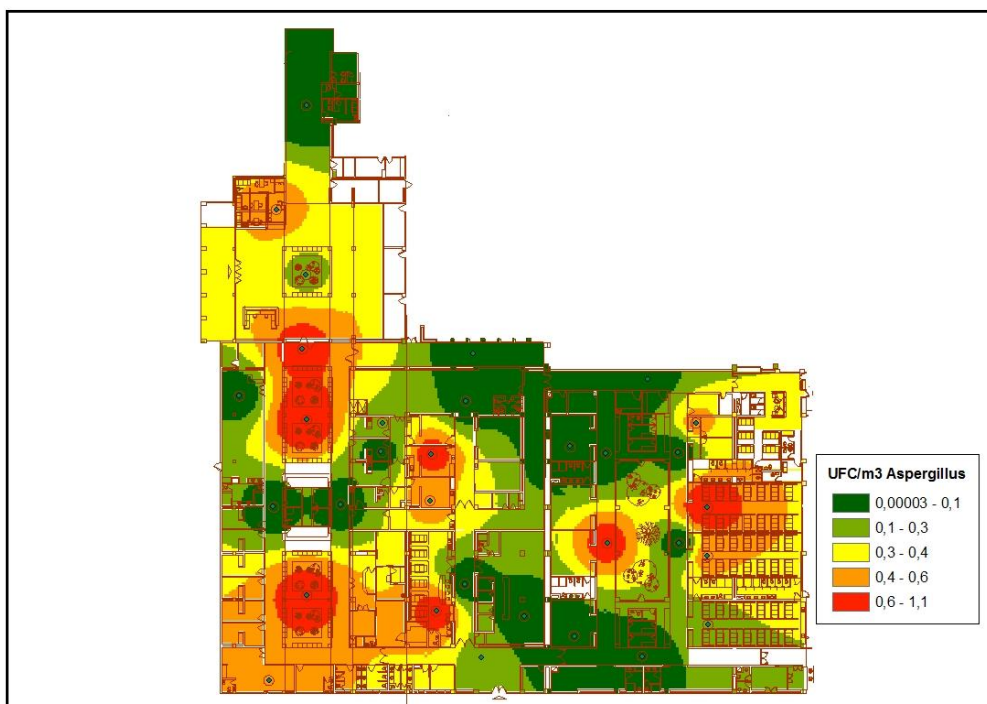
Fuente: Los autores

Anexo 3. Mapa de Concentración *Alternaria*



Fuente: Los autores

Anexo 4. Mapa de Concentración *Aspergillus spp*



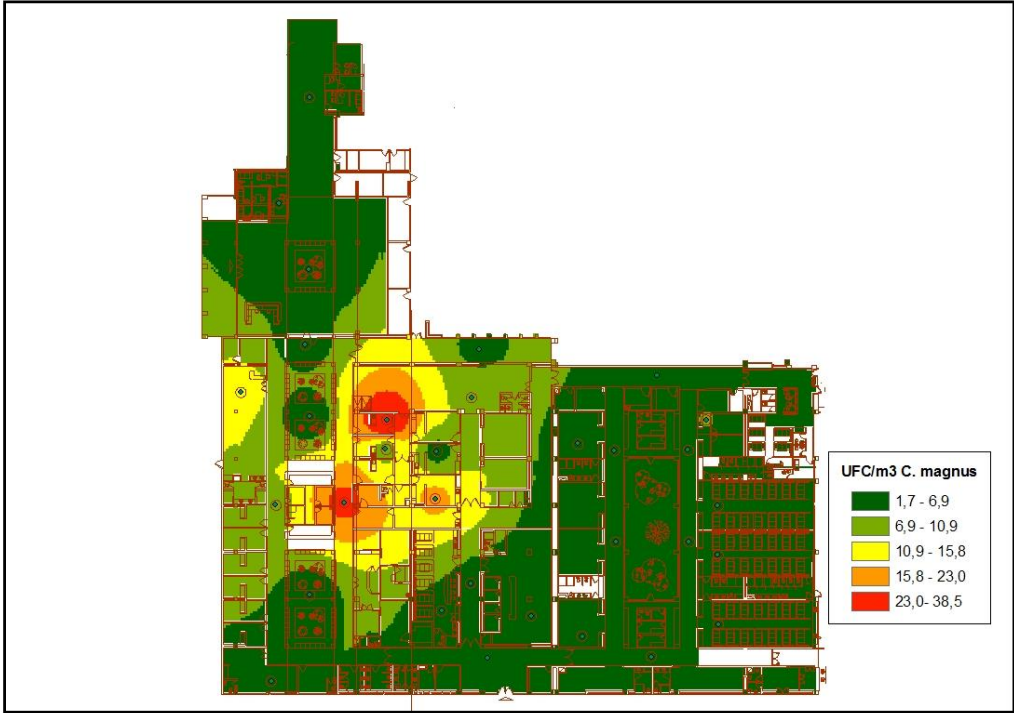
Fuente: Los autores

Anexo 5. Mapa de concentración *Cryptococcus*



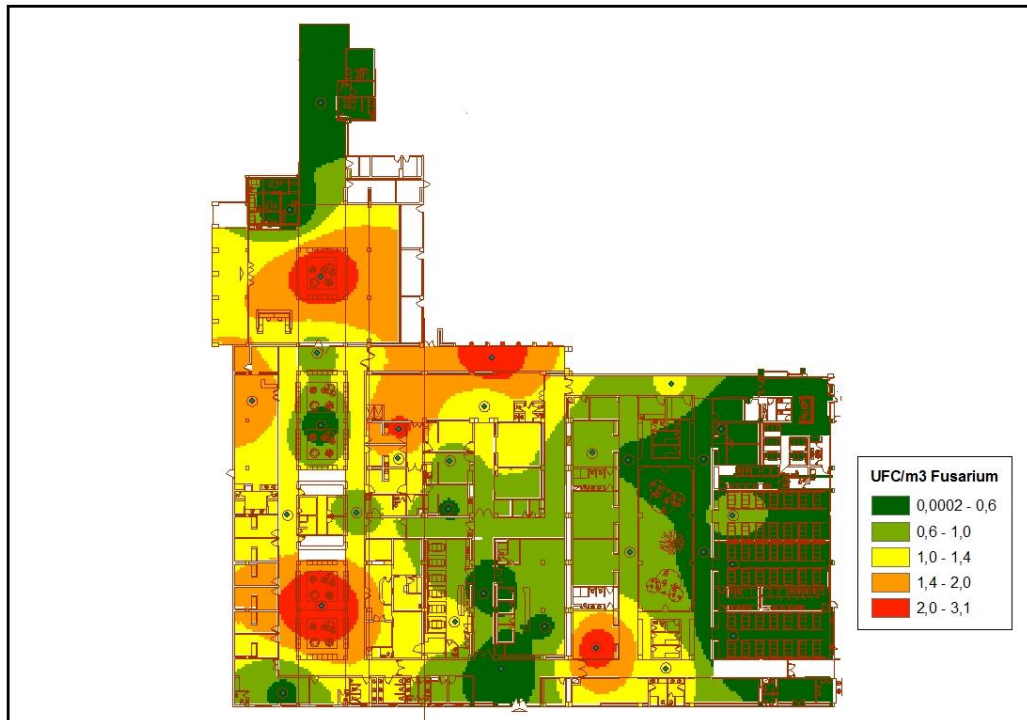
Fuente: Los autores

Anexo 6. Mapa de Concentración *Cryptococcus magnus*



Fuente: Los autores

Anexo 7. Mapa de Concentración *Fusarium*



Fuente: Los autores

Anexo 8. Mapa de concentración *Microsporum canis*



Fuente: Los autores

Anexo 9. Mapa de concentración *Micelio esteril*



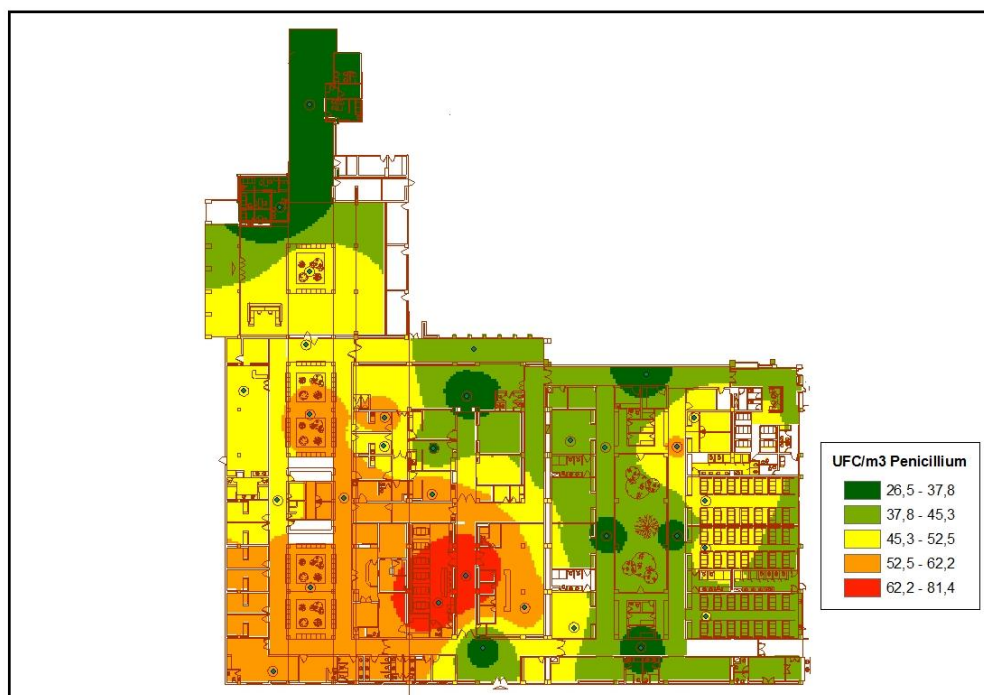
Fuente: *Los autores*

Anexo 10. Mapa de concentración *Mucor*



Fuente: *Los autores*

Anexo 11. Mapa de Concentración *Penicillium spp*



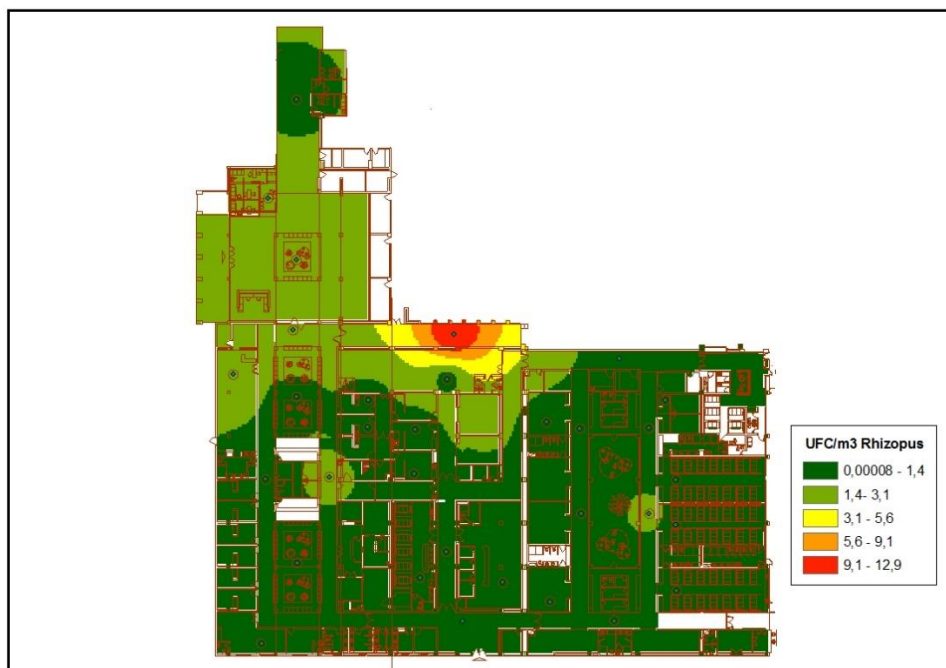
Fuente: Los autores

Anexo 12. Mapa de Concentración *Rhodotorula Mucilaginosa*



Fuente: Los autores

Anexo 13. Mapa de Concentración *Rhizopus*



Fuente: Los autores

Anexo 14. Mapa de Concentración *Rhodotorula*



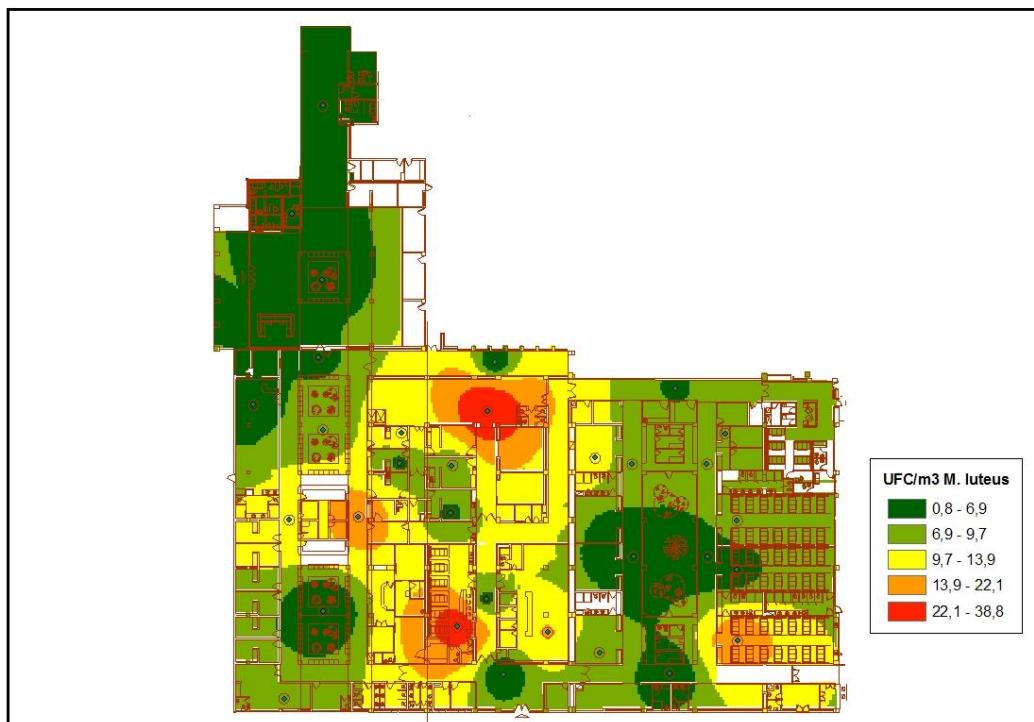
Fuente: Los autores

Anexo 15. Mapa de concentración *Ulocladium*



Fuente: Los autores

Anexo 16. Mapa de Concentración *Micrococcus luteus*



Fuente: Los autores

Anexo 17. Mapa de Concentración *Arthrobacter globiformis*



Fuente: *Los autores*

Anexo 18- Mapa de Concentración *Pseudomona putida*



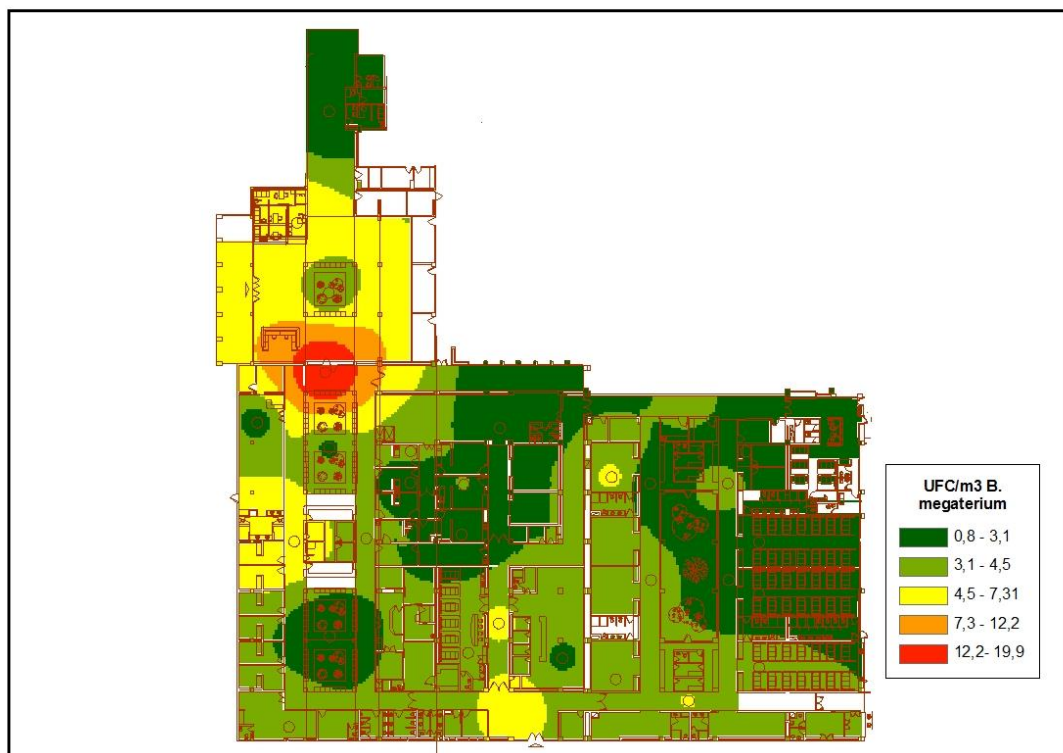
Fuente: *Los autores*

Anexo 19. *Arthrobacter polychromogenes*



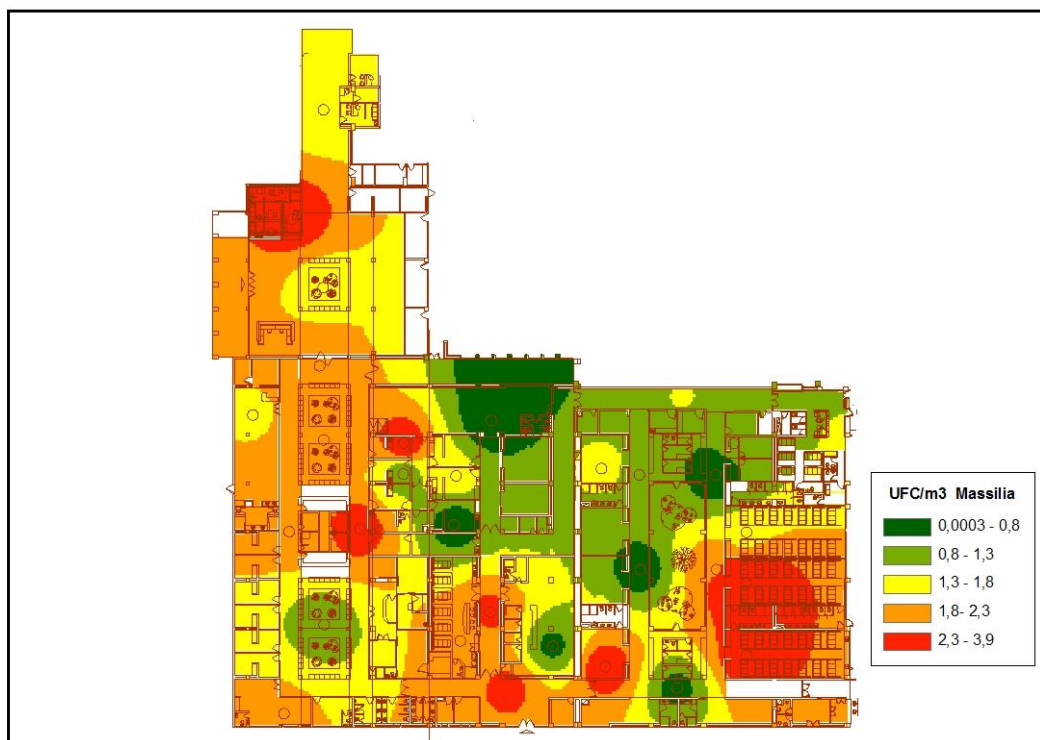
Fuente: Los autores

Anexo 20. Mapa de Concentración *Bacillus megaterium*



Fuente: Los autores

Anexo 21. Mapa de Concentración Massilia



Fuente: *Los autores*