

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y
TECNOLOGÍA**

ESCUELA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MONITOREO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN
EL EDIFICIO DE ENTOMOLOGÍA (PCMENT)**

**PRESENTADO A LA ESCUELA DE
BIOLOGÍA COMO REQUISITO PARA
OBTENER LA LICENCIATURA EN
BIOLOGÍA CON ORIENTACIÓN EN EL
ÁREA DE MICROBIOLOGÍA Y
PARASITOLOGÍA**

POR: STEPHANIE C. ÁLVAREZ G.

DALYS M. FERNÁNDEZ L.

GUADALUPE Y. GÓMEZ M.

2022

DEDICATORIA

A mi madre Karely Gómez, mis otras dos madres Marlene De La Cruz y Vilma De La Cruz, al que ha hecho el papel de padre en mi vida Ariano Wever, mi hermana Keisy Álvarez y las personas que a mi alrededor representan el motor que me inspira a seguir progresando.

Stephanie C. Álvarez G.

A mis padres Ana Laras y Edgar Fernández y a mis abuelos Ana, Reynaldo, Lidia y Miguel.

Dalys M. Fernández L.

A Mi Madre María Elena Moreno y mi Padre Juan Antonio Gómez Pimentel.

Guadalupe Y. Gómez M.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que desinteresadamente nos apoyaron durante toda nuestra carrera universitaria, al profesor Cecilio Puga por habernos admitido en su laboratorio, apoyarnos y guiarnos desde el comienzo de nuestro trabajo de graduación, a nuestros amigos y familiares por su incondicional soporte y por creer en nosotras y ayudarnos a culminar una parte importante en nuestras vidas, al Profesor Humberto Cornejo por su revisión de nuestra tesis, al Dr. José Loaiza y al Dr. Enrique Medianero por su valioso apoyo en el análisis estadístico de nuestros datos y principalmente a Dios por estar siempre presente en nuestras vidas y poner tantas personas buenas en nuestro camino.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	6
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	13
OBJETIVOS GENERALES	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
MARCO TEÓRICO	14
Calidad de ambiente exterior e interior	14
Factores que afectan la calidad del aire	15
Causas y consecuencias del aire contaminado en la salud de las personas	16
Hongos relacionados a afecciones respiratorias	16
Tipos de contaminantes del aire	18
Contaminantes físicos	19
Contaminantes químicos	22
Contaminantes microbiológicos	23
Métodos para evaluar la calidad del aire	24
Impactación	24
Centrifugado	26
Filtración y deposición	26
Normas de la calidad del aire	27
Internacionales y nacionales	27
METODOLOGÍA	31
Área de estudio	31
Evaluación física del área de estudio	32
Trabajo de campo	32
Trabajo de laboratorio	33

Análisis estadístico	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Evaluación física del área	34
Identificación de principales géneros de hongos	34
Determinación de la biocarga de hongos y bacterias en los pisos del edificio	35
Monitoreo de los parámetros de temperatura, humedad, partículas respirables y compuestos volátiles en el edificio	37
Significancia de los niveles de los parámetros ambientales: temperatura, HCHO y TVOC	38
Cuadros	42
Gráficas	54
Figuras	57
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	69

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Producción anual de aerosoles por actividades humanas.

Cuadro 2. Sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas.

Cuadro 3. Ejemplos de patógenos aerotransportados.

Cuadro 4. Métodos de Referencia para la Medición de Emisiones de Fuentes Fijas.

Cuadro 5. Estándares nacionales de la calidad ambiental del aire.

Cuadro 6. Estándares de calidad de aire para diferentes comunidades en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm).

Cuadro 7. Variables consideradas en los análisis estadísticos de la investigación.

Cuadro 8. Promedios de UFC en el interior y en el exterior.

Cuadro 9. Prueba univariada de significancia para UFC/m^3 de hongos.

Cuadro 10. Post comparación de medias para UFC/m^3 de hongos.

Cuadro 11. Diferencias estadísticas en UFC/m^3 de hongos en los muestreos.

Cuadro 12. Prueba univariada de significancia para UFC/m^3 de bacterias.

Cuadro 13. Post comparación de medias para UFC/m^3 de bacterias

Cuadro 14. Diferencias estadísticas en UFC/m^3 de bacterias en los muestreos.

Cuadro 15. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m^3 de hongos.

Cuadro 16. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m^3 de hongos.

Cuadro 17. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m^3 de bacterias.

Cuadro 18. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m^3 de bacterias.

Cuadro 19. Índice de parámetros para referencia.

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m³ de hongos.

Gráfica 2. Muestras tomadas Vs. UFC/m³ de hongos.

Gráfica 3. Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m³ de bacterias.

Gráfica 4. Muestras tomadas Vs. UFC/m³ de bacterias.

Gráfica 5. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de hongos.

Gráfica 6. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de bacterias.

FIGURAS

Figura 1. Edificio de Entomología (PCMENT).

Figura 2. Paredes con humedad y pintura desprendida, edificio de Entomología, escaleras primer piso.

Figura 3. Ductos de aire, edificio de Entomología, planta baja.

Figura 4. Cielo raso manchado, piso 2, edificio de Entomología.

Figura 5. *Aspergillus* spp.

Figura 6. *Penicillium* spp.

Figura 7. *Rhizopus* spp.

Figura 8. *Fusarium* spp.

RESUMEN

La microbiología del aire comienza en el siglo XIX con Louis Pasteur y Pierre Miquel, quienes diseñaron métodos para estudiar los microorganismos en el aire y descubrir la causa de algunas enfermedades. Desde entonces numerosos investigadores han trabajado en este campo, tanto en el aire exterior como en recintos cerrados (De La Rosa, 2002). El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la calidad del aire en el edificio de Entomología de la Universidad de Panamá teniendo en cuenta la Biocarga microbiana (hongos y bacterias) y ciertos parámetros fisicoquímicos de contaminación. Utilizando un muestreador activo de aire SAS-DUO, se logró determinar las variaciones de biocarga de hongos y bacterias en los tres pisos del edificio y a lo largo del periodo de estudio. La Biocarga fue significativamente mayor en el primer piso; se determinó mayor Biocarga en el interior que en el exterior, lo cual fue indicativo de acumulación de hongos y bacterias en el aire interior. Mediante un sensor de calidad de aire, se hallaron niveles de TVOC y HCOH fuera del rango saludable. La medición de los parámetros fisicoquímicos resultó en una evaluación más completa de la calidad del aire en el edificio de Entomología. Se puede concluir que, durante el periodo de estudio, el edificio presentó condiciones desfavorables para la salud ocupacional.

Palabras claves: SAS-DUO, Biocarga, calidad del aire, HCHO, TVOC.

SUMMARY

Air microbiology begins in the nineteenth century with Louis Pasteur and Pierre Miquel, who designed methods to study microorganisms in the air and discover the cause of some diseases. Since then numerous researchers have worked in this field, both in outdoor air and indoors (De La Rosa, 2002). The objective of this research work was to evaluate the air quality in the Entomology building of the University of Panama taking into account the microbial bioburden (fungi and bacteria) and certain physicochemical parameters of pollution. Using an active air sampler SAS-DUO, it was possible to determine the bioburden variations of fungi and bacteria on the three floors of the building and throughout the study period. Bioburden was significantly higher on the first floor; a higher bioburden was determined inside than outside, which was indicative of accumulation of fungi and bacteria in the indoor air. Using an air quality sensor, levels of TVOC and HCHO were found outside the healthy range. The measurement of physicochemical parameters resulted in a more complete assessment of air quality in the Entomology building. It can be concluded that, during the study period, the building presented unfavorable conditions for occupational health.

Keywords: SAS-DUO, Bioload, air quality, HCHO, TVOC.

INTRODUCCIÓN

El tema de la calidad del aire en interiores (CAI) suele aplicarse a ambientes de interior no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares. La calidad del aire en el interior de un edificio es función de una serie de parámetros que incluyen la calidad del aire exterior, la compartimentación, el diseño del sistema de aire acondicionado, las condiciones en que este sistema trabaja, la presencia de fuentes contaminantes y su magnitud (Wallingford, 1986).

La mala calidad de aire de interiores surge principalmente por condiciones inadecuadas de humedad, temperatura, circulación del aire y la presencia de contaminantes tanto químicos como biológicos (bacterias y hongos). Estos contaminantes provienen de las actividades que se desarrollan interna y externamente al edificio, de los materiales de construcción y tipo de mobiliario (Shelton *et al.*, 2002; Hospodsky, 2012). El componente de contaminación por hongos y bacterias es uno de los más importantes determinantes de la CAI. Los microorganismos son los principales componentes del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) que incapacita a muchas personas en el mundo con síntomas tales como irritaciones de las mucosas (ojo, nariz, garganta), dolores de cabeza, alergias, somnolencia y fatiga mental (Burge, 1990; Kreiss, 1990).

La renovación del aire interior es un elemento clave en la CAI y que se relaciona al funcionamiento de sistemas de acondicionamiento del aire. La mayoría de los filtros de aire acondicionados reduce, pero no elimina la biocarga microbiana. De hecho, los sistemas de aire acondicionado sin un mantenimiento adecuado se pueden convertir en focos de reservorios, multiplicación y dispersión de microorganismos (Garrison *et al.*, 1993; Totaro, 2019). Puesto que los microorganismos se transmiten como bioaerosoles en el aire, el monitoreo de bioaerosoles mediante muestreadores activos de aire constituye el estándar para determinar su nivel (Fradkin, 1987). La cantidad de bacterias y hongos se mide en

términos de unidades formadoras de colonia por metro cúbico (UFC/m³) y esto es lo que se conoce como la biocarga. La misma debe ser más baja en el interior comparada al exterior (Nathanson, 1993).

En la Universidad de Panamá se han presentado varios eventos que han comprometido la CAI, relacionados a la biocarga microbiana y que han puesto en riesgo la salud de profesores, administrativos y estudiantes. El 31 de julio de 2002 los edificios de Curundú (Domo, Campus Harmodio Arias Madrid) sufrieron una interrupción eléctrica que duró varias semanas, lo que aumentó la humedad y temperatura en ese ambiente cerrado. A la primera semana del corte eléctrico hubo hospitalización de funcionarios que se expusieron a ese ambiente. Por esta razón, se le solicitó a un grupo de profesores del Departamento de Microbiología (Puga *et al.*, 2002) que realizaran una evaluación microbiológica del ambiente. No se contaba con muestreadores microbiológicos del aire por lo cual se utilizó el método de muestreo por simple precipitación de partículas en platos Petri (con medio micológico) abiertos por 15 minutos. Solo las partículas más pesadas precipitan, el resto permanecen en el aire sin detectarse. A pesar de que el método no era cuantitativo, el alto conteo de colonias en los platos sugería que esto se debía a la alta multiplicación de hongos bajo las condiciones favorables que le ofrecía la alta humedad y temperatura. Se identificó principalmente los contaminantes comunes: *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp.; se recomendó el no acceso a las instalaciones hasta que se realizara la descontaminación del área.

En el año 2005, se realizó el primer monitoreo de la calidad del aire en el edificio de Ciencias Biológicas (Puga y Cornejo, 2005) y se evaluó el efecto de la aplicación de un desinfectante ambiental en el sistema de distribución de aire acondicionado. Esto a raíz de reportes de manchas de hongos en las paredes y eventos de alergias en los ocupantes. Se utilizó un muestreador microbiológico prestado de otra compañía. Antes de la aplicación del desinfectante ambiental, se detectó un nivel de biocarga microbiana interior muy similar al externo. También, se encontraron valores de porcentaje de humedad muy altos (mayor al 60%) y

favorables para el crecimiento de hongos. Una semana después de la aplicación del desinfectante, se determinó que la biocarga microbiana del interior del edificio se había reducido significativamente respecto al exterior; es decir, lo ideal. Se hizo el reporte a la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado (VIP), incluyendo recomendaciones correctivas y preventivas.

En el año 2007 (Puga y Cornejo, 2007) se realizó el segundo y último estudio de la calidad del aire interior en el edificio de Ciencias Biológicas. Nuevamente se encontraron signos visibles de crecimiento de mohos en paredes y en las ventanas del sistema de distribución de aire acondicionado. Este nuevo estudio reveló que la biocarga de hongos eran casi el doble de lo observado en el 2005 y con valores cerca de los niveles definidos como de riesgo. También se identificó la presencia del hongo *Cladosporium herbarum*, el cual es reportado como uno de los hongos alergénicos más importantes (Breitenbach *et al.*, 2002). Las manchas de hongos en las paredes fueron removidas mediante limpieza con cloro diluido; esa vez no se aplicó ningún desinfectante a los ductos del sistema de ventilación.

En estudios anteriores de la calidad del aire realizados en la Universidad de Panamá se midió exclusivamente la biocarga de hongos y bacterias. En el estudio de 2002 realizado en la Universidad de Panamá por los estudiantes Jesús Pérez e Ileana Martínez; en el que utilizaron un muestreador de aire Andersen implementando placas de Petrifilm, apreciaron la gran cantidad de bacterias aerotransportadas en el edificio de Laboratorios Científicos de la Universidad de Panamá, siendo en su minoría bacilos Gram positivos y negativos. También lograron aislar 434 cepas de hongos (Pérez y Martínez, 2002).

En el año 2009, se realizó una cuantificación de hongos en las paredes internas del edificio de la escuela de biología de la Universidad de Panamá. En este se hallaron los géneros de hongos *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp. prácticamente en todo el edificio, pudiendo resaltar entre las condiciones físicas predominantes la ausencia de luz y el aire artificial tipo Split (Ávila, 2009).

En otro estudio del año 2011, se evaluó la calidad microbiológica del aire en el edificio de la escuela de biología, donde se identificaron dentro del edificio como predominantes a *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., así como también bacilos. El estado del edificio en ese momento era el igual al muestreado con anterioridad (González, 2011).

Estos ejemplos demuestran la importancia del monitoreo rutinario de la calidad microbiológica del aire de interiores y cómo puede contribuir a la prevención y corrección de problemas de contaminación en ambientes cerrados. Sobre todo, señalan la necesidad de que éstos se ejecuten de manera rutinaria con la herramienta científica apropiada. Por esta razón, se propuso este trabajo en Microbiología Aplicada para realizar una evaluación de la CAI en el edificio de Entomología de la VIP ocupado por administrativos, profesores, investigadores y estudiantes.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

1. Evaluar la calidad microbiológica del aire y parámetros fisicoquímicos en el edificio de Entomología de la Universidad de Panamá (PCMENT).
2. Evaluar el funcionamiento del SAS-DUO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la biocarga de hongos y bacterias en los tres pisos del edificio registrando las variaciones en el lapso de cinco semanas.
2. Monitorear los parámetros de temperatura, humedad, partículas respirables y compuestos volátiles en los tres pisos que componen el edificio de Entomología durante cinco semanas y determinar su posible correlación con la biocarga microbiana.

MARCO TEÓRICO

La exposición a los contaminantes del aire interior puede producirse en ambientes interiores tanto privados como públicos, casas, oficinas, escuelas y sistemas de transporte. Algunos contaminantes del aire interior proceden del exterior, pero la mayoría se liberan dentro del propio edificio, por ejemplo, al limpiar o al quemar combustible para cocinar o producir calor. El mobiliario y los materiales de construcción también pueden emitir contaminantes (GreenFacts, 2008).

La humedad y la falta de ventilación pueden aumentar aún más la contaminación del aire interior. Dado que el aire interior puede contener una mezcla de muchos contaminantes diferentes, es muy difícil determinar qué riesgos conlleva para la salud. Además, no existe un «ambiente interior típico» (GreenFacts, 2008).

Calidad de ambiente exterior e interior

En un entorno industrial o en el ambiente exterior, es evidente que la calidad del aire depende de la contaminación que proviene de diferentes fuentes. Procesos industriales, quema de combustibles, emisiones asociadas a los vehículos, productos químicos de mayor o menor toxicidad, etc. En lo que respecta a los espacios interiores, el criterio cambia. Primero porque el número de fuentes contaminantes es amplio, variable y depende de diferentes factores. Segundo porque los niveles de concentración de dichas fuentes suelen ser generalmente bajos, aunque prolongados en el tiempo, a menos que exista una fuente clara e importante de contaminación. Y tercero, porque existen pocos métodos analíticos para estimar la calidad del aire interior, así como de valores límite de concentración de contaminantes e información en relación con el grado de exposición y su efecto en la salud (Serrano, 2020).

Factores que afectan la calidad del aire

La contaminación del aire (tanto interior como exterior) es un importante problema de salud, ya que puede desencadenar graves consecuencias como enfermedades respiratorias, por ejemplo, asma o cáncer de pulmón. En Europa se han obtenido grandes avances en materia de mejora de la calidad del aire exterior y se han establecido unos valores límite para varios contaminantes. Sin embargo, la calidad del aire interior también requiere atención, ya que es donde pasamos la mayor parte de nuestro tiempo (Public Health, 2008).

Los ocupantes de un edificio son en sí una fuente de contaminación, ya que el ser humano produce de modo natural dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua, partículas y aerosoles biológicos. Por otro lado, hay una serie importante de contaminantes que pueden ser generados por el propio edificio, por su contenido o pueden incluso depender de su ubicación. Otro grupo de contaminantes tienen su origen en combustiones que se producen en el interior. También el uso de productos de limpieza, mantenimiento y embellecimiento genera la presencia de contaminantes en el interior del edificio. Algunas de estas fuentes producen mezclas complejas, como puede ser el humo de tabaco, los aerosoles y humos generados en la preparación de comidas, los aerosoles biológicos infecciosos y alérgenos generados en los circuitos de refrigeración y los propios del cuerpo humano. Un tratamiento cuantitativo preciso de estos contaminantes puede ser difícil, siendo la evaluación en muchos casos subjetiva (Subils y Solé, 1987).

Causas y consecuencias del aire contaminado en la salud de las personas

El aire contaminado de espacios interiores tiene distintas causas, desde los materiales que componen un edificio hasta las personas que se albergan en él. Cualquier detalle puede hacer que la calidad del aire empeore (AIRZONE, 2021).

La presencia de personas que, al respirar, expulsan CO₂ que se concentra en el ambiente, el uso de productos con olores fuertes o tóxicos como los productos de limpieza, los materiales de construcción que pueden resultar tóxicos como las pinturas, las actividades que requieren del uso de agua caliente como cocinar o ducharnos, que hacen que la humedad del aire sea excesiva, los virus o bacterias que no apreciamos en el ambiente y provocan enfermedades y las acciones que generan humo como fumar (AIRZONE, 2021).

Existen consecuencias leves como la irritación de las fosas nasales o la garganta, también consecuencias más graves como los problemas respiratorios, alteraciones en el funcionamiento del corazón y hasta algunos tipos de cáncer. Estas consecuencias son aún más peligrosas en personas que sufren enfermedades cardiovasculares o asma, ya que las propias patologías hacen que los efectos de la mala calidad del aire interior sean más agresivos. Además, no limpiar los filtros del sistema de aire acondicionado o no cumplir con el mantenimiento que recomiendan los expertos hace que la calidad del aire empeore aún más (AIRZONE, 2021).

Hongos relacionados a afecciones respiratorias

La humedad interior aumenta el riesgo de crecimiento de hongos. Se cree que una interacción compleja entre los comportamientos de los ocupantes y el entorno construido afecta las concentraciones de hongos en interiores y la diversidad de especies, lo que aumenta el riesgo de tener asma, la exacerbación de los síntomas del asma o ambos (Sharpe, 2015).

Según los informes, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Alternaria* son los aeroalérgenos fúngicos más prevalentes en todo el mundo (Mari *et al.*, 2003). Las esporas de los dos primeros géneros anteriores están presentes durante todo el año (Twaroch *et al.*, 2015), mientras que *Cladosporium* y *Alternaria* tienden a mostrar picos estacionales, principalmente durante la temporada de lluvias y de abril a octubre según un estudio realizado en 2015 (Fukutomi, 2015).

La exposición y la sensibilización a alérgenos fúngicos pueden promover el desarrollo y el empeoramiento de enfermedades alérgicas. Aunque numerosas especies de hongos se han asociado con enfermedades alérgicas en la literatura, la importancia de los hongos de los géneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Malassezia* ha sido bien documentada. Sin embargo, se debe enfatizar que la contribución de diferentes alérgenos fúngicos a las enfermedades alérgicas no es idéntica, sino específica de cada especie (Fukutomi, 2015).

Las especies de *Alternaria* y *Cladosporium* se consideran importantes alérgenos al aire libre, y la sensibilización y exposición a especies de estos géneros está relacionada con el desarrollo de asma y rinitis, así como con epidemias de exacerbación del asma que pone en peligro la vida. Por el contrario, las especies xerófilas de *Penicillium* y *Aspergillus*, excluyendo *Aspergillus fumigatus*, están implicadas tanto en enfermedades alérgicas como alérgenos de interior. *A. fumigatus* tiene una alta capacidad para colonizar el tracto bronquial de los pacientes asmáticos, provocando asma grave persistente y baja función pulmonar, y que a veces conduce a aspergilosis broncopulmonar alérgica. Los hongos del género *Malassezia* son comensales comunes de la piel sana, aunque también se asocian con dermatitis atópica, especialmente en cabeza y cuello, pero no con alergias respiratorias (Fukutomi, 2015).

Si bien *Penicillium* se aísla con frecuencia tanto en ambientes interiores como exteriores, muchos estudios se han centrado en la importancia de *Penicillium* como alérgeno de moho en interiores. Se sabe que los factores ambientales

interiores, que incluyen calefacción y ventilación inadecuadas, presencia de mascotas, fugas de agua y baja exposición al sol, aumentan las concentraciones de *Penicillium* en el aire (Fukutomi, 2015).

El género *Aspergillus* incluye más de cien especies que se distribuyen de forma ubicua en el medio ambiente. Los trastornos humanos causados por *Aspergillus* incluyen asma alérgica y/o rinitis, micosis broncopulmonar alérgica (MAPA), rinosinusitis alérgica, neumonitis por hipersensibilidad, aspergiloma y aspergilosis invasiva (Fukutomi, 2015).

Tipos de contaminantes del aire

La concentración de elementos contaminantes en la atmósfera está directamente relacionada con el incremento de la actividad de ciertas acciones humanas tales como industrias, transporte, agricultura, generación de residuos y emisión de contaminantes atmosféricos desde nuestros propios hogares (Roldán, 2021).

Se sabe de ciertas sustancias químicas emitidas por productos para el hogar y por electrodomésticos que pueden irritar los ojos, la nariz y la garganta. Sin embargo, para muchas de las sustancias químicas presentes en el aire interior falta información acerca de los efectos sobre la salud derivados de una exposición a largo plazo, como cáncer o efectos reproductivos. Las partículas en suspensión pueden tener efectos nocivos sobre la salud, especialmente sobre el sistema respiratorio. Los microbios, como el moho y los virus, pueden propiciar el desarrollo del asma y las alergias. Los animales domésticos y los dañinos, como los ácaros del polvo, las cucarachas y los ratones, son importantes fuentes interiores de alérgenos. Una humedad baja produce irritación de los ojos, sequedad de la piel y la nariz y erupciones cutáneas, mientras que una humedad alta favorece la aparición de moho y ácaros del polvo. Uno de los principales causantes de mala calidad del aire interior es una ventilación insuficiente, que puede afectar a la salud y al rendimiento en el trabajo. Una temperatura interior

demasiado alta o baja es desagradable y puede resultar perjudicial para la salud (GreenFacts, 2008).

Los efectos sobre la salud vinculados a edificios demasiado húmedos afectan principalmente al sistema respiratorio. Estos varían desde irritación de las mucosas, síntomas respiratorios e infecciones hasta enfermedades como el asma y la alergia. Sin embargo, todavía no se conoce con precisión cómo provoca la humedad estos síntomas y cuáles son las principales sustancias responsables. Los problemas de humedad en los edificios pueden originarse por fugas, condensación o por el suelo. El exceso de humedad favorece el crecimiento de microorganismos tales como el moho y las bacterias que conducen a la liberación de contaminantes al aire interior. Una ventilación inadecuada puede aumentar la humedad y los niveles de contaminantes (GreenFacts, 2008).

Contaminantes físicos

Las preocupaciones sobre la salud y el medio ambiente asociadas con las partículas de origen natural pueden clasificarse en función del medio contaminado. Las partículas suspendidas en el aire son conocidas como aerosoles. Los aerosoles representan una amenaza para la salud humana principalmente a través de la ingesta respiratoria y la deposición en fosas nasales y vías respiratorias bronquiales. Los aerosoles más pequeños viajan más lejos y generalmente causan más problemas de salud en el sistema respiratorio que las partículas más grandes (U.S. EPA, 2021).

Un episodio bien documentado de contaminación por aerosoles ocurrió en Londres, en 1952, cuando los niveles de humo y aerosoles de dióxido de azufre; en gran parte asociados con la combustión de carbón, alcanzaron niveles elevados debido a las condiciones climáticas locales. Aproximadamente 4000 muertes ocurridas durante un período de 10 días fueron atribuibles a enfermedades cardiovasculares y trastornos pulmonares provocados o agravados por estos aerosoles (Koenig, 1999).

Partículas en suspensión o material particulado (PM)

Las partículas en suspensión en el aire son otro elemento de contaminación del aire que ha sido asociado al aumento del riesgo de las enfermedades respiratorias. PM se refiere a las partículas en suspensión que se encuentran en el aire, PM seguido de un número hace referencia a todas las partículas de un tamaño máximo determinado (diámetro aerodinámico). Las partículas de un rango inferior también quedan incluidas. Estas provienen de distintos procesos naturales y antropogénicos (GreenFacts, 2008).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S. EPA), ha dividido las partículas transportadas por el aire en categorías de tamaño. PM 0.1: son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 0.1 μm , denominadas partículas o fracción ultrafinas. PM 2.5: son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 μm , denominadas partículas o fracción finas (que por definición incluye a las partículas ultrafinas). PM 10: son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 μm , es decir, comprende las fracciones fina y gruesa (U.S. EPA, 2021).

El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Los síntomas de la inhalación de partículas incluyen disminución de la función pulmonar, tos crónica, bronquitis y ataques de asma. Los mecanismos causales específicos son poco conocidos (U.S. EPA, 2021).

El 22 de septiembre de 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó las Directrices mundiales sobre la calidad del aire. Las guías usan la amplia evidencia científica para recomendar valores objetivos para seis contaminantes atmosféricos (PM 2.5, PM 10, O₃, NO₂, SO₂ y CO) para alcanzar una calidad del aire que proteja la salud de la población (OPS, 2021).

Los efectos que las partículas causan en la salud de las personas han estado históricamente asociados a la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio, tales como la bronquitis y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular. Los últimos trabajos científicos sugieren que este tipo de contaminación y particularmente las partículas procedentes del tráfico urbano, está asociado con incrementos en la morbi-mortalidad de la población expuesta y al creciente desarrollo del asma y alergias entre la población infantil. En el caso de las PM 2.5, su tamaño hace que sean 100% respirables ya que viajan profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. Además, estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que los que componen, en general, las partículas más grandes (Ecologistas, 2008).

Todo ello hace que la evidencia científica esté revelando que estas partículas PM 2.5 tienen efectos más severos sobre la salud que las más grandes, PM 10. Así mismo, su tamaño hace que sean más ligeras y por eso, generalmente, permanecen por más tiempo en el aire. Ello no sólo prolonga sus efectos, sino que facilita su transporte por el viento a grandes distancias. Las partículas PM 2,5, por tanto, se pueden acumular en el sistema respiratorio y están asociadas, cada vez con mayor consistencia científica, con numerosos efectos negativos sobre la salud, como el aumento de las enfermedades respiratorias y la disminución del funcionamiento pulmonar. Los grupos más sensibles (niños, ancianos y personas con padecimientos respiratorios y cardiacos), corren más riesgo de padecer los efectos negativos de este contaminante (Ecologistas, 2008).

Algunas esporas de polen, hongos, plantas, la mayoría de las bacterias y los virus, entran en las categorías PM 10 y en la de PM 2.5, esporas patógenas en suspensión y organismos microbianos. Además de los daños respiratorios y efectos pulmonares en la salud causados por otros tipos de partículas, pueden

causar enfermedades. Coccidioidomicosis (también conocida como Fiebre Valley) es una de esas enfermedades causada por la inhalación de esporas del hongo *Coccidioides immitis*, que es autóctono de regiones cálidas y áridas, incluido el suroeste de los Estados Unidos. El hongo puede viajar desde el tracto respiratorio a la piel, los huesos y el sistema nervioso central y puede resultar en infección sistémica y muerte (Artiola *et al.*, 2004).

Algunas fuentes de PM 10 de origen natural en los Estados Unidos se muestran en la Cuadro 1. Además de las fuentes que se muestran en la Cuadro 1, los volcanes y las olas rompientes también generan partículas en el aire, a veces en cantidades muy grandes (Artiola *et al.*, 2004).

La concentración de PM 2.5 en el aire de Panamá es actualmente 6.2 veces mayor que el valor anual de las directrices de calidad del aire de la OMS (IQAIR, s.f.).

Contaminantes químicos

Los efectos potenciales de los compuestos peligrosos liberados al medio ambiente sobre la salud humana son a menudo difíciles de definir. Comprender el transporte y el destino de los contaminantes en todos los medios ambientales (suelo/sedimento, atmósfera y sistemas hidrológicos) es fundamental para el monitoreo y la evaluación adecuados de los sitios contaminados. El término destino se refiere a la disposición de un contaminante a medida que se transporta a través del medio ambiente. Hay muchos procesos físicos, químicos y biológicos que influyen en el destino final de un contaminante en el medio ambiente. Se puede encontrar información adicional sobre los factores y procesos que influyen en el transporte y el destino de los contaminantes en el medio ambiente (Pepper *et al.*, 1996)

La U.S. EPA ha desarrollado reglas especiales de informes para ciertas sustancias químicas de interés bajo el programa de Inventario de Emisiones Tóxicas. Estos

productos químicos, enumerados en el Cuadro 2, se clasifican como productos químicos persistentes, de bioacumulación y tóxicos (PBT). Estos compuestos plantean un mayor riesgo para la salud humana no solo porque son tóxicos, sino también porque permanecen en el medio ambiente durante períodos prolongados, no se destruyen fácilmente y se acumulan en los tejidos corporales (Artiola *et al.*, 2004).

Contaminantes microbiológicos

Uno de los mayores problemas del aire interior es la carga de partículas biológicas como: hongos, bacterias, esporas, toxinas, virus, entre otras. Los bioaerosoles o partículas biológicas en suspensión usan el aire como medio de transporte y dispersión, llegando de esta manera a las personas que respiran un promedio de 14 m³ de aire por día (Hayleeyesus, 2014). Recientemente se ha incrementado el interés por la evaluación de la calidad microbiológica del aire interior de las edificaciones, entre otras razones, porque los microorganismos además de contribuir al deterioro de infraestructuras y materiales, son agentes etiológicos productores de toxinas y sustancias volátiles, que en ocasiones causan enfermedades respiratorias, sistémicas y alergias (De La Rosa, 2002; Yuil, 2012). Actividades antropogénicas como hablar, estornudar, caminar, peinarse, entre otras, al parecer son el principal factor de dispersión de microorganismos, debido a que se crean aerosoles que facilitan su transporte. Elementos como alimentos, plantas, flores, polvo, textiles, cortinas, alfombras, mobiliario en mal estado, sobre todo de madera, promueven la contaminación biológica del aire (Hayleeyesus, 2014). La humedad en el interior; ya sea en el aire o en paredes y techos, es un factor que promueve la germinación de esporas y el albergue de hongos como *Penicillium* y *Aspergillus* (Cabral, 2010).

A pesar de que los seres humanos están constantemente expuestos a los mohos, por lo general sin sufrir daño a la salud, en algunos casos, cuando se trata de personas sensibles o alérgicas, la inhalación de un número suficiente de esporas

de moho puede desencadenar síntomas como sequedad y escozor en ojos, nariz y garganta, piel seca, cefalea y letargo; y así producir ciertas enfermedades como asma, rinitis o bronquitis (Crook y Burton, 2010).

Sin embargo, la OMS en una publicación de revisión que incluía numerosos estudios epidemiológicos, demostró que existe suficiente evidencia entre los factores relacionados a los daños en edificaciones ocasionados por la humedad y la amplia gama de efectos sobre la salud respiratoria, que incluye afecciones como asma, infecciones, síntomas en el tracto respiratorio superior, entre otras (OMS, 2009).

En ambientes laborales, el problema podría ser mayor debido a los factores del entorno propios del sitio de trabajo, tales como niveles elevados de polvo, uso excesivo de computadoras, altas temperaturas, poca o ninguna ventilación de aire exterior, mala iluminación, falta o inadecuado mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado e insuficientes regímenes de limpieza; estos factores pueden afectar directamente la capacidad inmunológica de los trabajadores al ejercer un control sobre las amenazas del entorno en su sitio de trabajo (Crook y Burton, 2010).

Las enfermedades transmitidas por el aire son las que se propagan a través de la atmósfera y se depositan en un huésped donde pueden comenzar una nueva infección. El virus de la influenza (Cuadro 3) es el ejemplo clásico de un agente causante de estas enfermedades (Artiola *et al.*, 2004).

Métodos para evaluar la calidad del aire

Impactación

En el estudio de González se utilizó un muestreador de aire activo multifuncional: se trata de muestreadores de un solo nivel en los que la entrada de aire está constituida por múltiples orificios circulares. La mayoría puede colocarse en posición horizontal o en vertical y operan a un caudal elevado que permite el

análisis de ambientes con bajo nivel de contaminación, o de aquellos donde se requiera el muestreo de grandes volúmenes de aire durante cortos periodos de tiempo (González, 2015).

De los muestreadores que se encuentran disponibles para el muestreo de bioaerosoles, aquellos que basan su funcionamiento en el método de impactación son los más empleados para captar contaminantes biológicos. En estos muestreadores de impactación, los contaminantes biológicos son captados o retenidos en placas o tiras con medio de cultivo sólido o semisólido, en un medio líquido o en portaobjetos de vidrio para su posterior análisis microscópico. La impactación en placa para microorganismos viables y cultivables presenta la ventaja de que estos pueden ser captados directamente en el medio de cultivo para su subsiguiente incubación y conteo de las colonias que se han formado sin necesidad de un procesamiento posterior al muestreo, a diferencia de lo que ocurre con el impingement o muestreo en medio líquido. No obstante, el empleo de un medio líquido para la captación preserva mejor la viabilidad de los microorganismos, siendo mayor la eficiencia de captación (González, 2015).

SAS-DUO

El SAS-DUO 360 Air Sampler es un completo sistema para el muestreo microbiológico de aire, incluida la instrumentación para aplicaciones basadas en el muestro activo de aire capaz de utilizar dos placas con medio de cultivo. Cuenta con 2 cabezas simples y un menú digital donde se configura el aparato para la aspiración del aire. Es útil y versátil para el muestreo microbiológico en áreas donde se desea conocer la calidad del aire, como en nuestro caso. También se implementa para el control y validación de salas limpias, aisladores, laboratorios microbiológicos, instalaciones de biotecnología, plantas de producción de vacunas, quirófanos, hospitales y clínicas (Manuquinsa, 2021).

Centrifugado

En este método se implementa un muestreador portátil en el que la fuerza centrífuga, generada por un rotor de aspa, origina la impactación de los microorganismos en el medio de cultivo contenido en una tira de plástico. Dentro de estos equipos, cabe destacar el muestreador RCS (Reuter Centrifugal Sampler) High Flow, que opera a un caudal de 100 L/min (González, 2015).

Utilizando el principio de impactación centrífuga de Reuter, todos los muestreadores de aire RCS consiguen una suave pero muy eficaz recogida de microorganismos del aire a velocidades de impactación bajas. Su total compatibilidad con una amplia gama de tiras de agar normalizadas convierte a los instrumentos RCS en una herramienta universal para el control microbiológico normalizado destinado a la calidad y la eficiencia. Se dispone también una gran variedad de accesorios, como un adaptador para gas comprimido (MERCK, 2021).

Filtración y deposición

Mediante esta técnica, las partículas son captadas en filtros de un tamaño de poro determinado por diversos mecanismos como la impactación, la interceptación o la difusión, así como por fuerzas eléctricas o gravitacionales. La eficacia de captación depende del tipo de filtro, de su tamaño de poro (normalmente entre 0,01 y 10 μm), y del caudal empleado para el muestreo. Se emplea para la captación de microorganismos totales (viables y no viables) y otros contaminantes biológicos, permitiendo tiempos de muestreo largos, así como el muestreo personal. La muestra obtenida puede analizarse empleando diversas técnicas, incluyendo el cultivo de los microorganismos captados. En comparación con los impactadores, suelen presentar una mayor eficacia de captación para un mayor rango de tamaños de partículas, siempre que se empleen con los filtros adecuados. Los filtros pueden estar fabricados con materiales muy diversos, como politetrafluoroetileno (PTFE), ésteres mixtos de celulosa (MCE), policarbonato, cloruro de polivinilo (PVC), gelatina o fibra de vidrio. La selección del filtro va a

depender del contaminante de interés y de la técnica de análisis que se va a emplear (González, 2015).

Normas de la calidad del aire

Internacionales y nacionales

UNE 171330-3:2010 – Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistema de gestión de los ambientes interiores. Tiene como objetivo ofrecer una metodología específica que permita identificar la situación de partida de un edificio en cuanto a calidad ambiental en interiores. Describe las metodologías de ensayo de los diversos parámetros que se deben analizar en un edificio y los criterios de valoración aplicables. La primera parte de la norma permite identificar todos los aspectos ambientales que pudieran tener una incidencia en la calidad del aire interior del edificio, determinar aquellos que son significativos (es decir que puedan incidir de forma relevante) y en base a esa información definir qué parámetros de calidad de aire se deberían medir en el edificio (Normalización Española, 2010).

En Estados Unidos la Asociación de Ingenieros de Climatización (ASHRAE) publica guías y normas que, sin ser legalmente de obligado cumplimiento, en la práctica son utilizadas por los técnicos y consideradas como referencia con validez legal en caso de litigios en este país.

Indoor Air Quality Guide: Best Practices for Design, Construction and Commissioning – (Guía de calidad del aire. Buenas prácticas para el diseño, construcción y puesta en marcha).

Standard 62.1-2013 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (Ventilación para una aceptable calidad de aire). Incluye información relativa a requisitos de ventilación según diferentes usos y situaciones, valores guía de contaminantes, etc. (Persily, 2010).

Standard 55-2013 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (Condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana). Establece los rangos de temperatura, humedad relativa, velocidad de aire o temperatura radiante que se han de mantener para que un porcentaje significativo de los ocupantes se encuentre satisfecho. Acepta; igual que la norma UNE EN ISO 7730 Confort Térmico, que siempre puede haber un porcentaje de personas que se sientan incómodas en unas condiciones de temperatura y humedad determinadas, dada la subjetividad de este parámetro (ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, 2013).

ISO 14664-1:1999 e ISO 14644-2:2000 – Clasificaciones de salas blancas: garantiza la limpieza del aire, su cumplimiento es fundamental para la fabricación de medicamentos que clasifica las salas por su limpieza y establece los límites máximos de partículas permitidas en su interior (Organización Internacional de Normalización, 2005).

La norma de calidad del aire de la república de Panamá sigue los lineamientos establecidos por la OMS y la U.S. EPA que establecen los niveles de concentración máxima y mínima. Cada país de América Latina ha establecido sus propias normas.

En Panamá, el decreto ejecutivo No.5 del 4 de febrero del 2009; donde se dictan Normas Ambientales de Emisiones de Fuentes Fijas, también contiene cuadros guía para establecer los límites máximos permisibles de emisión para fuentes fijas existentes y monitorear las emisiones de contaminación del aire y estas mismas a su vez han sido tomadas de la U.S. EPA. A continuación, se anexa un extracto de dicho decreto.

El decreto de Panamá Gaceta Oficial Digital, jueves 28 de mayo de 2009 dice textualmente:

Decreto ejecutivo No. 5 Normas ambientales de emisión de fuentes fijas – Se establecen los límites máximos permisibles de emisión para fuentes fijas

existentes. Límites Máximos Permisibles de Emisiones al Aire para Fuentes Fijas (Guía del Banco Mundial, 2007).

Artículo 51. A fin de permitir la medición de las emisiones de contaminantes presentes en las emisiones de fuentes fijas significativas de combustión, las mismas deberán contar con los siguientes requisitos técnicos mínimos:

- a. Plataforma de muestreo de acuerdo con las características descritas en el método 1 de la U.S. EPA.
- b. Escalera de acceso a la plataforma de muestreo.
- c. Suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.

Artículo 52. Los equipos, métodos y procedimientos de medición de emisiones que utilice la fuente fija significativa de combustión, ya sean para la caracterización de sus emisiones o bien para los monitoreos periódicos, así como los que realice la ANAM o el organismo de inspección autorizado para tal fin, deberán cumplir con los métodos de referencia indicados en el Cuadro 4.

Artículo 53. Se podrán utilizar otros métodos equivalentes que proporcionen información exacta y confiable sobre las emisiones de contaminantes por fuentes fijas de combustión, siempre que sean aprobados por la ANAM mediante Resolución Administrativa y la Dirección General de Normas y Tecnología del Ministerio de Comercio e Industrias, establezca las normas nacionales correspondientes para la medición de las emisiones de fuentes fijas de combustión.

Artículo 54. La persona natural o jurídica que realice el muestreo y análisis de las emisiones de fuentes fijas de combustión, deberá cumplir con los requisitos y procedimientos que establezca el Consejo Nacional de Acreditación para efectuar dichas actividades respecto a la acreditación de los laboratorios de ensayo y los organismos de inspección.

Artículo 55. De utilizarse analizadores portátiles, ya sea con cualquiera de las técnicas descritas anteriormente, deberán contar con los respectivos certificados de calibración vigentes otorgados por el fabricante de los mismos.

Perú también cuenta con un reglamento con estándares de Calidad Ambiental el cual dice textualmente:

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – Consejo Nacional del Ambiente – Perú (CONAM). Los estándares de la calidad del aire consideran los niveles de concentración máxima de los contaminantes para un periodo determinado. En el Cuadro 5 y Cuadro 6 se muestran los estándares aprobados en dicho reglamento.

Todos estos estándares se miden por parámetros y también se miden por tiempos promedios que van desde horas hasta mediciones anuales. Como se había mencionado, esta forma de medir y gestionar límites permitidos es un poco diferente a como se realiza en Panamá.

Muchos de los países de América Latina se basan en recomendaciones de la OMS y la dividen básicamente en dos partes: contaminantes tradicionales y no tradicionales.

METODOLOGÍA

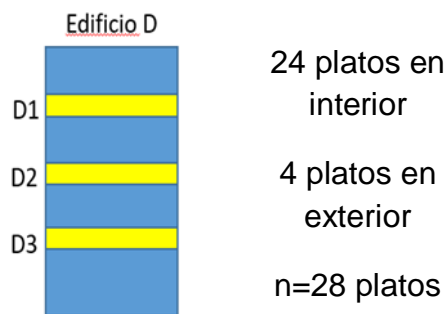
Área de estudio

El edificio de Entomología, oficialmente nombrado Programa Centroamericano de Maestría en Entomología (PCMENT), inició actividades académicas en 1998, desde entonces ha formado profesionales de las ciencias entomológicas provenientes de países de Centro y Sur América. Es un edificio de tres pisos: 27 cubículos de trabajo, tres aulas de clases (teóricas, prácticas), un salón de cómputo, un espacio para la colección entomológica de referencia y dos laboratorios especializados de toxicología y fisiología, respectivamente.

Para este estudio se seleccionaron 4 puntos de muestreo del edificio de Entomología de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá (Figura 1):

- Entrada principal del edificio (exterior)
- Planta baja
- Piso 1
- Piso 2

El edificio de Entomología cuenta con 3 pasillos amplios. El muestreo se realizó según el siguiente plan:



$$3 \times 2 \times 4 = 24$$

Para cuantificar hongos y bacterias, se tomaron 8 muestras de aire en 2 posiciones equidistantes de cada piso. A su vez, se tomaron 4 muestras en la entrada del edificio como control externo.

Evaluación física del área de estudio

Se realizó una inspección física del área evaluando la presencia de manchas y humedad en las paredes, estado del cielo raso, ventilación, limpieza del piso y de muebles sin uso.

Trabajo de campo

La evaluación de la biocarga de bacterias y hongos se realizó mediante el muestreador de aire nuevo SAS-DUO 360 Air Sampler, adquirido por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, asignado al Laboratorio de Biotecnología Microbiana. Simultáneamente se empleó el Temtop LKC para evaluar los parámetros fisicoquímicos: formaldehído (HCHO), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), conteo de partículas PM 2.5 y 10, temperatura y humedad.

Previo a la salida del muestreo, se prepararon los medios de cultivo con dos días de antelación para verificar que el día del muestreo no tuviese crecimiento de microorganismos contaminantes.

Se utilizaron los siguientes medios de cultivo:

- PDA (agar papa dextrosa), para cultivo y conteo de hongos, es un medio de cultivo nutritivo sólido, no selectivo. En él pueden crecer especies bacterianas y fúngicas, pero su uso está indicado especialmente para el aislamiento de hongos filamentosos y levaduras.
- PCA (agar de recuento en placa), medio para la enumeración aeróbica en placas para cultivo y conteo de bacterias.

Se cargaban los equipos para que tuvieran suficiente batería durante el muestreo. El día del muestreo se verificaba la lista de materiales para confirmar que se contara con todo lo necesario (guantes, marcadores, alcohol, gazas estériles, etc.). Una vez llegado al lugar de muestreo se colocaba el equipo SAS-DUO a filtrar a una tasa de 100 L/min en cada uno de los puntos antes mencionados. Luego de colectados los platos se procedía a movilizar hacia el laboratorio en un envase hermético.

Trabajo de laboratorio

Una vez realizado el muestreo los platos para hongos, fueron incubados por 3 días a 28°C y los de bacterias a 37°C por 2 días. Se procedió a los conteos de colonias primero a las 48 horas y luego a las 72 horas, los conteos fueron corregidos de acuerdo con el cuadro estadístico para este propósito y se calculó el número de microorganismos por m³ de aire según instrucciones del fabricante (Manual Operativo del SAS-DUO).

Los hongos fueron identificados a nivel de género mediante microscopía y empleo de claves de referencia; las bacterias fueron clasificadas en bacilos y actinomicetos.

Análisis estadístico

Las variables con sus respuestas y el tipo de variable que fueron contempladas en la investigación se resumen en el Cuadro 7.

Análisis estadísticos utilizados:

- Para realizar una evaluación general de los resultados se hizo uso de la estadística descriptiva para resumir las variables y poder visualizar los datos cuantitativamente.
- Para comparar la presencia de microorganismos (bacterias y hongos) en el edificio, se utilizó un ANOVA con arreglo factorial.

- Para evaluar la asociación entre las variables físicas (humedad y temperatura) con respecto a la presencia de los microorganismos, se realizó un análisis de correlación de Pearson.
- Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando Excel y STATISTICA 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación física del área

El área de estudio se encontró en una situación de remodelación solo en la planta baja durante las semanas de muestreo. Este piso es el más transitado y cuenta con reservados donde se almacenan muestras de insectos en cajas entomológicas.

Los pisos, paredes y techos de los niveles 1 y 2 contaban con humedad y pintura desprendida (Figura 2), polvo, ductos de ventilación sucios (Figura 3), cielo raso manchado y húmedo (Figura 4), mostrando signos de crecimiento de hongos.

Identificación de principales géneros de hongos

De los muestreos de aire realizados, se detectaron principalmente *Aspergillus* spp. (Figura 5), *Penicillium* spp. (Figura 6), *Rhizopus* spp. (Figura 7) y *Fusarium* spp. (Figura 8). Los mismos fueron identificados mediante microscopía y claves disponibles (Larone, 1987).

De 260 muestras seleccionadas, se presentan con mayor frecuencia *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp., y en menor frecuencia a *Rhizopus* spp y *Fusarium* spp. *Aspergillus* spp. fue detectado en 171 muestras de las 260; *Penicillium* spp. en 148 muestras; *Rhizopus* spp. en 22 muestras y *Fusarium* spp. en 11 muestras (Ver en Anexo las hojas de captación de datos).

Entre los géneros encontrados por piso, tenemos:

- *Aspergillus* spp.: **Pisos 1, 2 y 3**
- *Penicillium* spp.: **Pisos 1, 2 y 3**
- *Rhizopus* spp.: **Pisos 1 y 2**
- *Fusarium* spp.: **Pisos 1 y 2**

Determinación de la biocarga de hongos y bacterias en los pisos del edificio

Se determinó la biocarga en el interior del edificio y en el exterior (entrada al edificio). Los datos recopilados durante cinco semanas arrojaron resultados que llamaron nuestra atención, ya que se pudo identificar que dentro del edificio encontramos una mayor biocarga en comparación al exterior donde no contamos con un ambiente controlado (Cuadro 8). Según la Norma UNE-EN ISO 14698-1-2004, de la Guía microbiológica ambiental para el SAS-DUO, el edificio muestra signos de alta contaminación, lo que está fuertemente relacionado a enfermedades de tipo respiratorio entre otras (Norma UNE-EN ISO 14698-1-2004, 2022).

Uno de los principales resultados fue la determinación de mayor biocarga de hongos y bacterias en el interior respecto al exterior. Esto se observa en el Cuadro 8 al comparar las columnas de Exteriores vs Interior. Posiblemente esto se debe a que en el exterior se mantiene un flujo de aire constante, mientras que en el interior se cuenta con un sistema deficiente de ventilación, poco mantenimiento y acumulación de superficies en mal estado (mesas con humedad, cielo raso en mal estado, paredes con pinturas de mala calidad).

Evaluamos dos componentes microbiológicos: hongos y bacterias. Los **resultados para hongos** muestran que existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0.39578$, $F=25.765$, $gl=18$) respecto a la biocarga por piso y por periodo de muestreo. Se aprecia que la biocarga de hongos es significativamente distinta entre los 3 pisos (Gráficas 1 y 2; Cuadros 9, 10 y 11). Es mayor en la planta baja (PB) y disminuye significativamente en los pisos superiores (Gráfica 2; Cuadros 9 y 10). La planta baja es el punto de entrada al edificio que está en constante

intercambio con el exterior por el ingreso de personas en el transcurso del día. Como las tomas de muestras fueron realizadas en la mañana, es de esperar que los estadísticos reflejen la acumulación de biocarga relativa por piso. De igual manera durante el muestreo se estaban realizando trabajos de mantenimiento y remodelación del área (muestréos 7 y 8), lo cual aportaba al elevado número de UFC/m³ (Gráfica 1).

Respecto al nivel de UFC/m³ por periodos de muestreo, se pueden interpretar 3 niveles de biocarga (Gráfica 1):

- **Nivel de biocarga bajos:** menos de 1000 UFC/m³ se presentan durante los muestréos 1, 3, 9 y 10.
- **Nivel de biocarga intermedio:** 1000 – 1500 UFC/m³ en los muestréos 2, 4, 5 y 6.
- **Nivel de biocarga mayor:** 1600 – 1900 UFC/m³ en los muestréos 7 y 8.

Son estas dos últimas categorías donde los niveles alcanzan el nivel de riesgo. Los altos valores registrados durante los muestréos 7 y 8 probablemente se deban a los trabajos realizados, donde hubo levantamiento de polvo y se utilizaron productos de limpieza, etc. Por otro lado, durante los muestréos 9 y 10, los resultados mostraron una biocarga baja. Esto está relacionado con la finalización de las labores de mantenimiento y limpieza.

La matriz de probabilidad del Cuadro 11 indica lo siguiente:

El muestreo 1 es significativamente distinto a 2, 5, 7 y 8; el muestreo 2 distinto a 1, 3, 9 y 10; el muestreo 3 es distinto a 2, 4, 5, 7 y 8; los muestréos 4 y 5 son distintos a 3, 7, 9 y 10; el muestreo 6 es distinto a 7 y 8; el muestreo 7 es distinto a 1, 3, 4, 5, 6, 9 y 10; el muestreo 8 es distinto a 1, 3, 6, 9 y 10; el muestreo 9 es distinto a 2, 4, 5, 7 y 8 y el muestreo 10 es distinto a 2, 4, 5, 7 y 8.

Los **resultados para bacterias** son similares y siguen el mismo patrón que los obtenidos para hongos ($p= 0.48694$, $F= 15.423$, $gl= 18$), como se muestra en las Gráficas 3 y 4; Cuadros 13 y 14.

1. En el nivel de biocarga de hongos, la escala de medición es de 200 a 2200 UFC/m³; mientras que, en bacterias, la escala es de 60 a 350 UFC/m³. Es decir, que hubo más hongos que bacterias en el periodo de estudio.
2. En los muestreos 9 y 10, la carga de UFC/m³ para los hongos fue la más baja, mientras que para las bacterias, los resultados fueron los más altos.

Monitoreo de los parámetros de temperatura, humedad, partículas respirables y compuestos volátiles en el edificio

El trabajo experimental con microorganismos ha de tener en cuenta los factores ambientales, es decir, una serie de agentes físicos y químicos que modifican la velocidad de crecimiento. Tanto la temperatura como la humedad afectan el crecimiento y la capacidad de reproducción de estos microorganismos (Universidad de Granada, 2022).

En estudios anteriores realizados en la Universidad de Panamá, se midió exclusivamente la biocarga de hongos y bacterias para determinar la calidad del aire (Pérez y Martínez, 2002; Puga *et al.*, 2002; Puga y Cornejo, 2005; Puga y Cornejo, 2007; Ávila, 2009; González, 2011).

En el presente estudio se incorporan variables ambientales físicas y químicas de la calidad del aire. Los parámetros ambientales determinados fueron: partículas respirables (PM 2.5 y P.M 10), total de partículas en el aire, HCHO (formaldehído), TVCO (compuestos orgánicos volátiles), temperatura y humedad. Además de evaluar la presencia de estos contaminantes, la pregunta de investigación que enfocamos en contestar fue si existe algún tipo de correlación entre los parámetros ambientales antes señalados y la biocarga UFC/m³ de hongos o bacterias.

Al comparar las UFC/m³ de **hongos** con los distintos parámetros ambientales (Gráfica 5; Cuadros 15 y 16), el análisis de regresión múltiple indica una correlación altamente significativa (F= 2.488684, R= 0.36688661, R²= 0.13460579) entre la biocarga de hongos y la **humedad** (Cuadro 16), a un p= 0.002727. Este resultado concuerda con un estudio realizado en Brasil (Johansson *et al.*, 2014) donde se demuestra que el crecimiento fúngico está relacionado tanto a los componentes de los materiales estructurales como a las condiciones ambientales.

Por otra parte, cuando se trata de las UFC/m³ de **bacterias** (Gráfica 6; Cuadros 17 y 18), la correlación es altamente significativa (F= 2.559127, R= 0.37133608, R²= 0.13789048) entre la biocarga de bacterias y la **temperatura** (Cuadro 18), a un p= 0.016481.

La interacción entre los hongos transmitidos por el aire y el cuerpo humano fue ignorada durante mucho tiempo (Cabral, 2010). Sin embargo, el reconocimiento del SEE en la década de 1970 y su correlación con altas concentraciones de hongos intradomiciliarios específicos, hizo resurgir el estudio sobre hongos en el interior de las viviendas. El SEE ocurre cuando los usuarios del edificio o vivienda muestran síntomas relacionados con la exposición a químicos, partículas o material biológico (Amadora, 2009). El polvo doméstico transmite una amplia gama de contaminantes biológicos que son tóxicos para las personas (Hunaiti *et al.*, 2017).

Significancia de los niveles de los parámetros ambientales: temperatura, HCHO y TVOC

Durante la realización del estudio, los parámetros ambientales marcaron un aumento fuera de lo normal; específicamente el **HCHO** y los **TVOC**, en los muestreos 7 y 8 (Ver en Anexo las hojas de captación de datos). Durante estos muestreos se estaban realizando mantenimientos en el primer piso, lo cual concuerda con los resultados y las fechas. Los materiales utilizados en este tipo de trabajos suelen contener contaminantes de este tipo. En un estudio realizado

por el Instituto Nacional del Cáncer (NCI), se observó a 25,619 trabajadores de sectores industriales con posibilidad de haber estado expuestos por su ocupación al formaldehído y se hizo una estimación de la exposición a la sustancia química de cada trabajador durante sus tareas laborales. Los resultados demostraron un aumento del riesgo de muerte por leucemia, en particular, leucemia mieloide, en los trabajadores expuestos al formaldehído. Este riesgo se asoció a un aumento de los niveles máximos y promedios de la exposición, así como a la duración de esta, pero no se relacionó con la exposición acumulada (Hauptmann *et al.*, 2003).

Cuando el HCHO y los TVOC están presentes en el aire a niveles que exceden las 0,1 ppm, algunas personas pueden presentar efectos adversos como ojos llorosos; sensación de ardor en los ojos, en la nariz y la garganta; tos; sibilancias o respiración con silbidos; náuseas e irritación de la piel. Algunas personas son muy sensibles al formaldehído, mientras que otras no tienen reacciones al mismo grado de exposición. En 1987, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos catalogó al formaldehído como probable carcinógeno en seres humanos en situaciones de exposición extraordinariamente alta o prolongada (U.S. EPA, 1989).

El medidor de COV/formaldehído se usa para la medición orientativa de los compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y formaldehído (HCHO). El medidor de COV/formaldehído es ideal para comprobar la calidad del aire. De acuerdo con el cuadro de referencia (Cuadro 20) del aparato utilizado, se detectaron niveles de HCHO y TVOC fuera del rango saludable a lo largo del estudio, pero sobre todo en los muestreos 7 y 8 (Ver en Anexo las hojas de captación de datos).

Los COV proceden de fuentes muy diversas. Los procesos biológicos pueden ser una fuente en el aire exterior, por ejemplo, procesos en el metabolismo de plantas o procesos de descomposición y degradación. Otras fuentes en el aire exterior incluyen procesos técnicos en los que se generan sustancias debido a combustiones incompletas (especialmente emisiones de vehículos) o como

subproductos volátiles de procesos industriales o comerciales. Las posibles fuentes de espacios interiores son productos y materiales para la construcción de edificios y decoraciones en interiores, como materiales de suelo, paredes, techos, pinturas, barnices, pegamentos y materiales de decoración (PCE Ibérica S.L., 2022). Esta es la posible razón por la cual se registraron altos niveles de gases y compuestos volátiles, ya que se estaban realizando trabajos de pintura en las paredes y otros trabajos de mantenimiento.

Al comparar el comportamiento de los resultados obtenidos para hongos y bacterias, estos fueron iguales. De lo que se puede concluir:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes. Es decir, no importa el punto donde se haya tomado la muestra, el resultado de cada una es independiente y no afecta a las otras.
- Las poblaciones tienen igual varianza (homosteabilidad). En los hongos y bacterias el supuesto se cumple.
- Los resultados arrojaron ANOVA robusto (en el que el tamaño de muestra es grande), donde el análisis paramétrico tiende a la normalidad.
- La relación es lineal entre las variables ambientales y los hongos. Debido a que la F es 2,6, el grado de libertad es 7,112 y la probabilidad es de 0,15.
- Post comparación de medias: muestra diferencias en todas las muestras (cantidad de UFC que se colectan por piso).
- En el caso de las bacterias, la variable que influye en el crecimiento y propagación de estas es la temperatura. En el caso de los hongos es la humedad.

Es relevante señalar que los hongos que predominaron en nuestro estudio fueron *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp., estos géneros están incluidos en el grupo de hongos asociados con la producción de alergia (Pérez *et al.*, 2015). Ávila en 2009,

realizó un estudio acerca de la presencia de hongos en las paredes de salones de la escuela de biología, encontrando como abundantes a los hongos dematiáceos y como menos abundante a *Fusarium* spp. Finalmente, González realizó un ensayo en 2011, con la utilización del muestreador de aire SAS 100 en la escuela de biología, dónde reportó como los más numerosos a *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., lo que concuerda con los predominantes en nuestro caso.

Este estudio es innovador al incluir la medición de los parámetros fisicoquímicos con el medidor de COV/formaldehído. Esto suministra información sobre la calidad del aire en interiores, pues documenta el componente químico de contaminación. Los parámetros fisicoquímicos influyen en la propagación de microorganismos: altos porcentajes de humedad propician el crecimiento de los hongos y las altas temperaturas el crecimiento de bacterias; tal como arrojó nuestro estudio. Es por ello que, la medición de los parámetros fisicoquímicos, resultó en una evaluación más completa de la calidad del aire en el edificio de Entomología.

Cuadros

Cuadro 1. Producción anual de aerosoles por actividades humanas.

Fuente	PM 10 (millones de toneladas métricas)
Procesos industriales	
Industrias químicas	0,064
Procesamiento de metales	0.200
Industrias petroleras	0,037
Otras industrias	0.481
Utilización de disolvente	0,005
Almacenamiento y transporte	0,103
Residuos y eliminación y reciclaje	0,269
Combustión de gasolina	
Empresas eléctricas	0,263
Industriales	0.285
Vehículos de carretera	0,243
Fuentes no viales	0,423
Otros	
Agrícola y forestal	4.270
Fuego y otras combustiones	0,921
Caminos sin asfaltar	11.163
Carreteras pavimentadas	2.282
Construcción	3.649
Erosión eólica	4.823

(Fuente: Consejo de Calidad Ambiental, 1997)

Cuadro 2. Sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas.

Categorías químicas	Fuentes
Dioxinas y compuestos similares a las dioxinas	Subproducto de fabricación y procesamiento de productos químicos, combustión de residuos
Compuestos de plomo	Minería, manufactura, combustibles con plomo
Compuestos de mercurio	Minería, manufactura
Compuestos aromáticos policíclicos	Producción de petróleo, combustión, alquitrán de hulla
Químicos	Fuentes
Aldrín	Pesticidas
Benzo(g,h,i)perileno	Refinación de petróleo, combustión de combustible
Clordano	Pesticidas
Heptacoloro	Pesticidas
Hexaclorobenceno	Pesticidas
Isodrina	Pesticidas
Plomo	Vea arriba
Mercurio	Vea arriba
Metoxicloro	Pesticidas
Octacloroestireno	Subproducto de fabricación química, combustión
Pendimetalina	Pesticidas
Pentacolorobenceno	Producción de plaguicidas, combustión
Bifenilos policlorados (PCB)	Líquidos para transformadores, lubricantes, retardantes de llama, agentes impermeabilizantes
Tetrabromobisfenol A	Ignífugo
Toxafeno	Pesticidas
Trifluralina	Pesticidas

Cuadro 3. Ejemplos de patógenos aerotransportados.

Patógenos	Enfermedades humanas
Enfermedades bacterianas	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis pulmonar
<i>Chlamydia psittaci</i>	Neumonía
<i>Bacillus anthracis</i>	Ántrax pulmonar
<i>Staphylococcus aureus</i>	Estafilococo, infección respiratoria
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Estreptococo, infección respiratoria
<i>Legionella</i> spp.	Legionelosis
<i>Neisseria meningitidis</i>	Infección meningocócica
<i>Yersinia pestis</i>	Peste neumónica
<i>Bordetella pertussis</i>	Peste neumónica
<i>Bordetella pertussis</i>	Tos ferina
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteria
Enfermedades fúngicas	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Aspergilosis
<i>Blastomyces dermatiridi</i>	Blastomicosis
<i>Coccidioides immitis</i>	Coccidioidomicosis
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Criptococosis
<i>Histoplasma capsulatum</i>	Histoplasmosis
<i>Nocardia asteroides</i>	Nocardiosis
Enfermedades por virus	
Virus de la influenza	Influenza
Hantavirus	Síndrome pulmonar por hantavirus
Coxsackievirus, Echovirus	Pleurodinia
Rubivirus	Rubéola
Morbillivirus	Sarampión
Rhinovirus	Resfriado común
Enfermedades por protozoos	
<i>Pneumocystis carinii</i>	Neumocistosis

Cuadro 4. Métodos de Referencia para la Medición de Emisiones de Fuentes Fijas.

Fuente	Método	Tema
U.S. EPA	1	Definición de puertos de muestreo y puntos de medición en chimeneas
U.S. EPA	2	Determinación de la velocidad de las emisiones y del flujo volumétrico en chimeneas o ductos con tubo de Pitot estándar
U.S. EPA	5	Determinación de emisiones de partículas
U.S. EPA	6	Determinación de emisiones de dióxido de azufre
U.S. EPA	6C	Determinación de emisiones de dióxido de azufre por analizador instrumental
U.S. EPA	7	Determinación de emisiones de óxidos de nitrógeno
U.S. EPA	7C	Determinación de emisiones de nitrógenos por analizador instrumental

Cuadro 5. Estándares nacionales de la calidad ambiental del aire.

Contaminantes	Periodo	Forma del estándar	
		Valor (?/m ³)	Formato
Dióxido de azufre	Anual	80	Media aritmética anual
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año
PM10	Anual	60	Media aritmética anual
	24 horas	150	NE más de 3 veces al año
Monóxido de carbono	8 horas	10 000	Promedio móvil
Dióxido de carbono	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año
	Anual	100	Promedio aritmético anual
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año
Plomo	Mensual	1,5	NE más de 4 veces/año

NE: No exceder

Fuente: Consejo Nacional del Ambiente-Perú (CONAM). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad del Aire. 2001.

Cuadro 6. Estándares de calidad de aire para diferentes comunidades en ug/m³ (ppm).

Contaminante	Tiempo promedio	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú	Venezuela
Partículas suspendidas totales (PST)	Anual ^a	80	75	76.8	75 ^b		75
	24 horas	240	260	400	260	300	260
Partículas fracción (PM10)	Anual ^a	50			50 ^b		
	24 horas	150	150		150		
Bióxido de azufre (SO ₂)	Anual ^b	80 (0.03)	80 (0.03)	100 (0.04)	79 (0.03)	160 (0.06)	80 (0.03)
	24 horas	365 (0.14)	365 (0.14)	400 (0.15)	341 (0.13)		365 (0.14)
	1 hora						
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	Anual ^b	100 (0.05)	100 (0.05)	100 (0.05)			100 (0.05)
	24 horas						
	1 hora	320	470 (0.25)		395 (0.21)		320
Ozono (O ₃)	8 horas	160 (0.08)	160 (0.08)	170 (0.09)	216 (0.11) ^c		200 (0.10)
	1 hora						
Hidrocarburos (no metano)	3 horas	160					160
Monóxido de carbono	Media diaria						
	8 horas ^b	10 000 (9)	10 000 (9)	15 000	12 595 (11)		10 000
	1 hora	40 000 (35)	40 000 (35)	50 000			35 000
Plomo	Trimestral				1.5		2
	Anual						

^aMedia geométrica

^bMedia aritmética

^cNo excederse más de una vez/tres años. Los demás valores horarios y de 24 horas; no más de una vez/año.

Cuadro 7. Variables consideradas en los análisis estadísticos de la investigación.

Variabes	Respuesta	Tipo de variable
Fecha	día/mes/año	*
Edificio	D	Cualitativa
Pasillo	1*2*3	Cualitativa
Microorganismos	Bacterias/Hongos	Cuantitativa discreta
Humedad	%	Cuantitativa continua
Temperatura	°C	Cuantitativa continua
Compuestos volátiles	HCOH TVOC	Continua

Cuadro 8. Promedios de UFC en el interior y en el exterior.

Promedio UFC Interior Semana 1			Promedio UFC Exterior Semana 1	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1972.5	171.2	505	315
2	916.2	95		
3	592.5	151.2		
Promedio UFC Interior Semana 2			Promedio UFC Exterior Semana 2	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1276.2	120	1235	137.5
2	895	38.7		
3	802.5	57.5		
Promedio UFC Interior Semana 3			Promedio UFC Exterior Semana 3	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1397.5	301	302	155
2	1632.5	95		
3	515.4	98.7		
Promedio UFC Interior Semana 4			Promedio UFC Exterior Semana 4	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	2601	162.5	1800	62.5
2	945	113.7		
3	1806.2	75		
Promedio UFC Interior Semana 5			Promedio UFC Exterior Semana 5	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	728.7	351.2	530	180
2	510	271.2		
3	600	212.5		

Cuadro 9. Prueba univariada de significancia para UFC/m³ de hongos.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	156050055	1	156050055	1768.037	0.000000
"F1"	13018846	2	6509423	73.751	0.000000
"F2"	51377	1	51377	0.582	0.448479
"F3"	20466442	9	2274049	25.765	0.000000
"F1"*"F2"	74248	2	37124	0.421	0.658566
"F1"*"F3"	29962404	18	1664578	18.860	0.000000
"F2"*"F3"	5075593	9	563955	6.390	0.000003
"F1"*"F2"*"F3"	5975339	18	331963	3.761	0.000056
Error	5295704	60	88262		

Cuadro 10. Post comparación de medias para UFC/m³ de hongos.

	F1	{1} 1595.2	{2} 999.75	{3} 826.07
1	PB		0.000117	0.000117
2	P1	0.000117		0.030034
3	P2	0.000117	0.030034	

Cuadro 11. Diferencias estadísticas en UFC/m³ de hongos en los muestreos.

	F3	{1} 920.00	{2} 1400.8	{3} 687.50	{4} 1295.0	{5} 1321.9	{6} 1041.7	{7} 1802.5	{8} 1708.3	{9} 610.00	{10} 615.83
1	1		0.007129	0.657889	0.081768	0.046478	0.991033	0.000150	0.000150	0.261439	0.285559
2	2	0.007129		0.000155	0.996805	0.999696	0.111660	0.046731	0.271607	0.000150	0.000150
3	3	0.657889	0.000155		0.000340	0.000234	0.122738	0.000150	0.000150	0.999738	0.999863
4	4	0.081768	0.996805	0.000340		1.000000	0.542441	0.003601	0.036109	0.000164	0.000173
5	5	0.046478	0.999696	0.000234	1.000000		0.397718	0.007174	0.064696	0.000156	0.000157
6	6	0.991033	0.111660	0.122738	0.542441	0.397718		0.000151	0.000183	0.023729	0.027163
7	7	0.000150	0.046731	0.000150	0.003601	0.007174	0.000151		0.998722	0.000150	0.000150
8	8	0.000150	0.271607	0.000150	0.036109	0.064696	0.000183	0.998722		0.000150	0.000150
9	9	0.261439	0.000150	0.999738	0.000164	0.000156	0.023729	0.000150	0.000150		1.000000
10	10	0.285559	0.000150	0.999863	0.000173	0.000157	0.027163	0.000150	0.000150	1.000000	

Cuadro 12. Prueba univariada de significancia para UFC/m³ de bacterias.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2858253	1	2858253	612.7017	0.000000
"F1"	268952	2	134476	28.8265	0.000000
"F2"	18750	1	18750	4.0193	0.049501
"F3"	647530	9	71948	15.4229	0.000000
"F1"*"F2"	6795	2	3398	0.7283	0.486949
"F1"*"F3"	282765	18	15709	3.3675	0.000210
"F2"*"F3"	126400	9	14044	3.0106	0.004972
"F1"*"F2"*"F3"	195455	18	10859	2.3277	0.007653
Error	279900	60	4665		

Cuadro 13. Post comparación de medias para UFC/m³ de bacterias.

	F1	{1} 221.25	{2} 122.75	{3} 119.00
1	PB		0.000117	0.000117
2	P1	0.000117		0.967411
3	P2	0.000117	0.967411	

Cuadro 14. Diferencias estadísticas en UFC/m³ de bacterias en los muestreos.

	{1} 103.33	{2} 175.00	{3} 70.000	{4} 74.167	{5} 150.83	{6} 179.17	{7} 102.50	{8} 131.67	{9} 240.83	{10} 315.83
1		0.254552	0.970357	0.987931	0.789142	0.189565	1.000000	0.990162	0.000403	0.000150
2	0.254552		0.013015	0.020156	0.996964	1.000000	0.240509	0.864178	0.367172	0.000313
3	0.970357	0.013015		1.000000	0.128758	0.008304	0.974861	0.460658	0.000152	0.000150
4	0.987931	0.020156	1.000000		0.178169	0.013015	0.990162	0.560412	0.000153	0.000150
5	0.789142	0.996964	0.128758	0.178169		0.990162	0.772210	0.999526	0.058164	0.000154
6	0.189565	1.000000	0.008304	0.013015	0.990162		0.178169	0.789142	0.460658	0.000432
7	1.000000	0.240509	0.974861	0.990162	0.772210	0.178169		0.987931	0.000377	0.000150
8	0.990162	0.864178	0.460658	0.560412	0.999526	0.789142	0.987931		0.008304	0.000150
9	0.000403	0.367172	0.000152	0.000153	0.058164	0.460658	0.000377	0.008304		0.201498
10	0.000150	0.000313	0.000150	0.000150	0.000154	0.000432	0.000150	0.000150	0.201498	

Cuadro 15. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de hongos.

	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	10757688	7	1536813	2.488684	0.020566
Residual	69162265	112	617520		
Total	79919954				

Cuadro 16. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de hongos.

	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (112)	p-level
Intercept			2662.010	1424.382	1.86889	0.064251
PM 2.5	-0.056357	0.088361	-0.004	0.006	-0.63780	0.524906
PM 10	-0.101618	0.089599	-0.006	0.005	-1.13414	0.259158
Total part.	-0.061835	0.092796	-0.068	0.102	-0.66636	0.506550
HCHO	-0.089179	0.090513	-0.004	0.004	-0.98527	0.326616
TVOC	-0.060354	0.088826	-0.003	0.004	-0.67946	0.498245
Temp.	0.097200	0.090316	51.385	47.746	1.07623	0.284139
Humedad	-0.280466	0.091502	-29.035	9.473	-3.06515	0.002727

Cuadro 17. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de bacterias.

	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	251863	7	35980.49	2.559127	0.017515
Residual	1574683	112	14059.67		
Total	1826547				

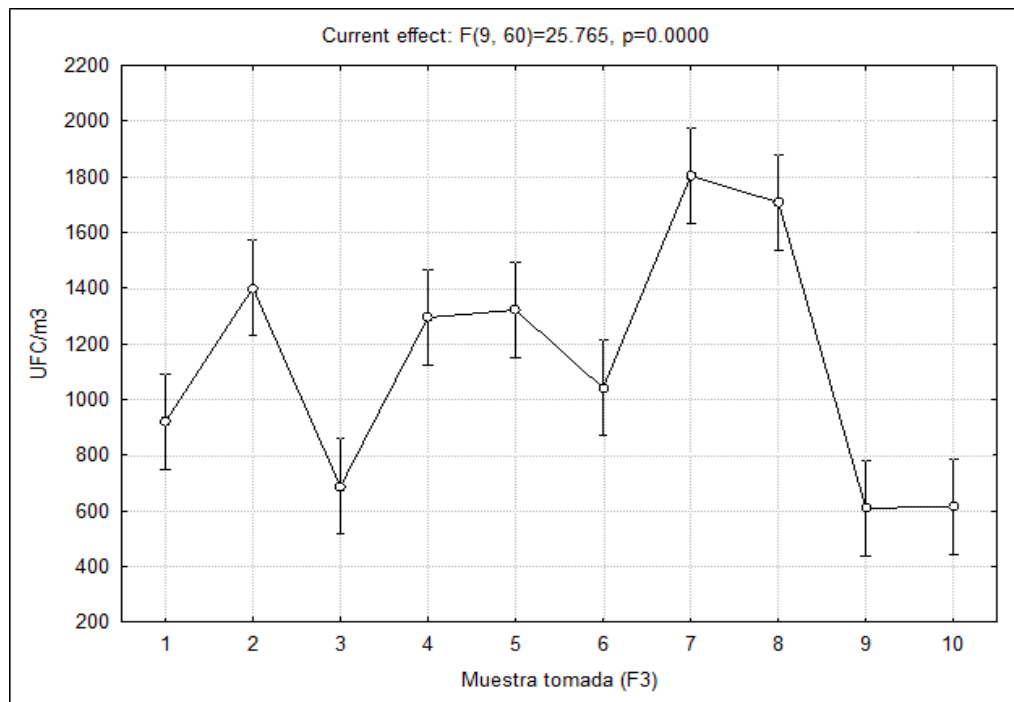
Cuadro 9. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de bacterias.

	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (112)	p-level
Intercept			789.4713	214.9257	3.67323	0.000369
PM 2.5	0.060201	0.088193	0.0006	0.0009	0.68260	0.496269
PM 10	-0.048014	0.089429	-0.0004	0.0008	-0.53690	0.592402
Total part.	0.162934	0.092619	0.0270	0.0154	1.75918	0.081278
HCHO	0.016064	0.090341	0.0001	0.0007	0.17782	0.859188
TVOC	-0.160124	0.088657	-0.0012	0.0007	-1.80610	0.073588
Temp.	-0.219478	0.090144	-17.5408	7.2043	-2.43475	0.016481
Humedad	-0.175327	0.091328	-2.7440	1.4293	-1.91975	0.057433

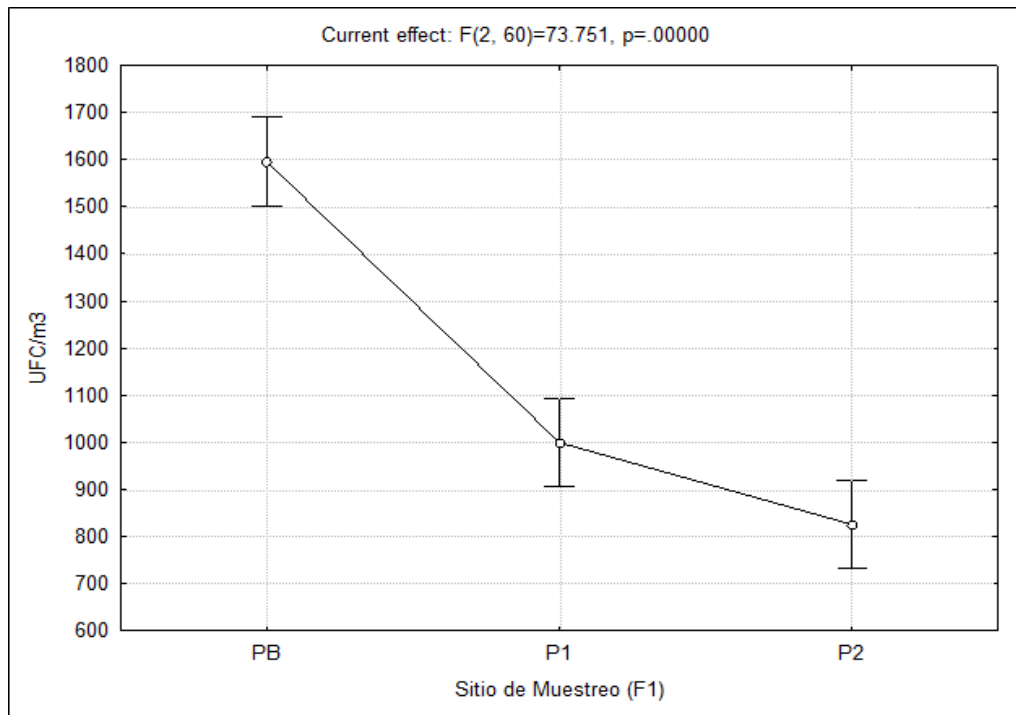
Cuadro 19. Índice de parámetros para referencia.

HCHO (mg/m ³)	TVOC (mg/m ³)	Nivel	
0-0.1	0-0.5	Saludable	
>0.1	>0.5	No saludable	
PM2.5 (ug/m ³)	PM10 (ug/m ³)	AQI	Level
0.0-12.0	0-54	0-50	Bueno
12.1-35.4	55-154	51-100	Moderado
35.5-55.4	155-254	101-150	No saludable para grupos sensibles
55.5-150.4	255-354	151-200	No saludable
150.5-250.4	355-424	201-300	Muy poco saludable
≥250.5	≥425	≥301	Peligroso

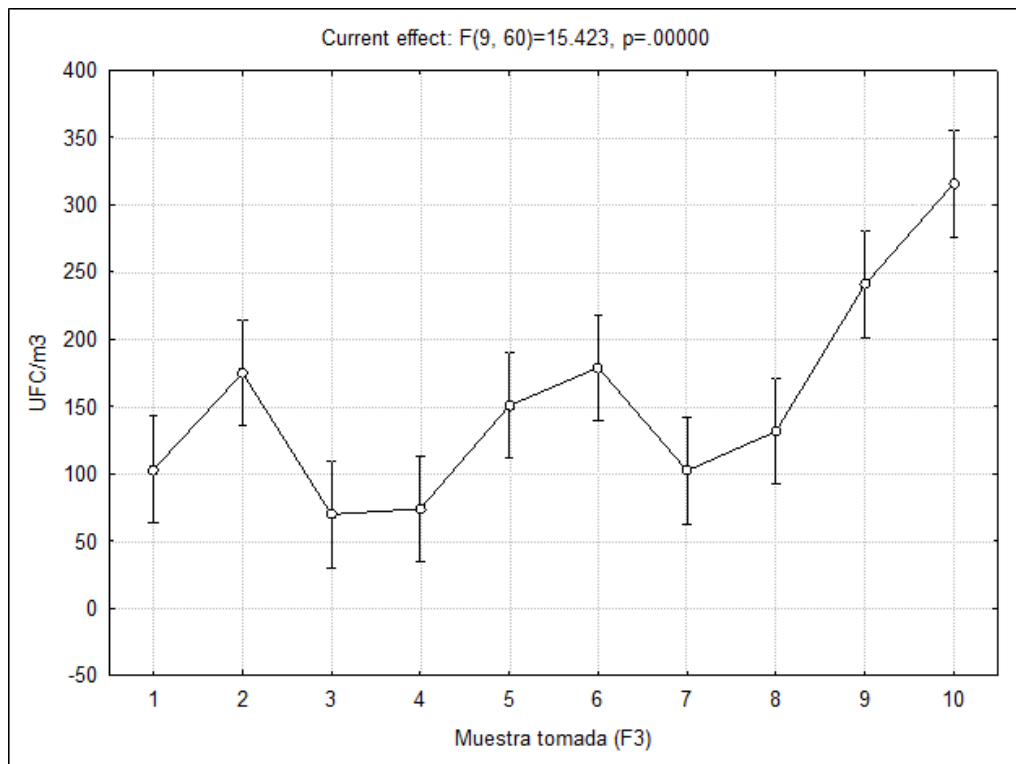
Gráficas



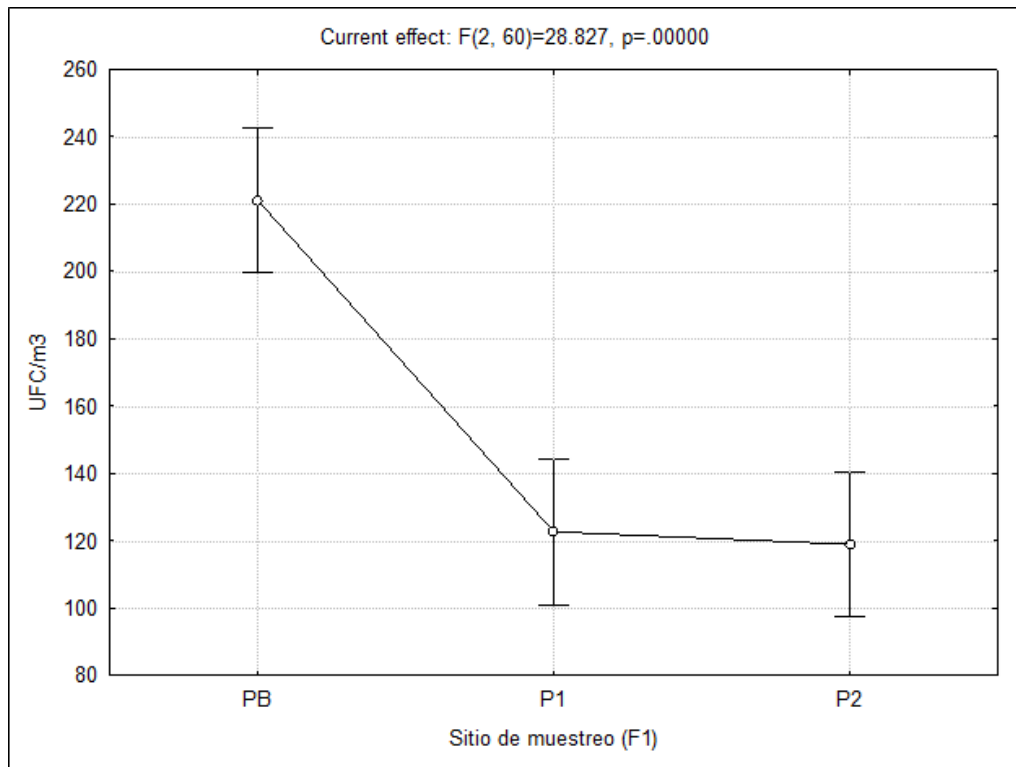
Gráfica 1. Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m³ de hongos.



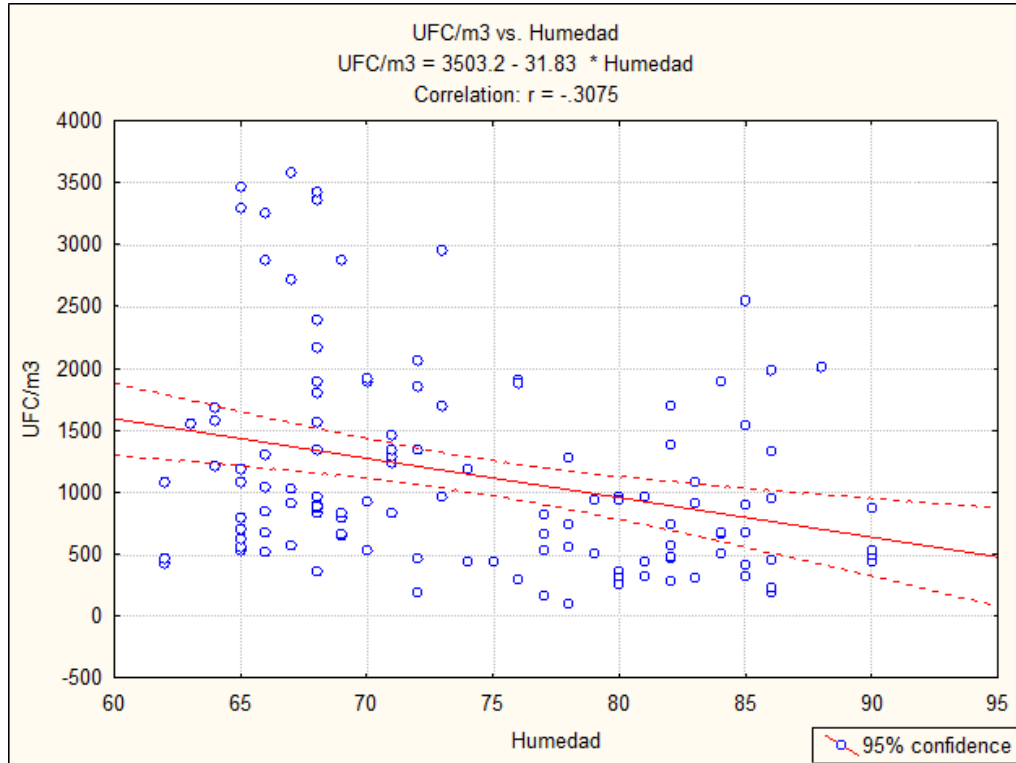
Gráfica 2. Muestras tomadas Vs. UFC/m3 de hongos.



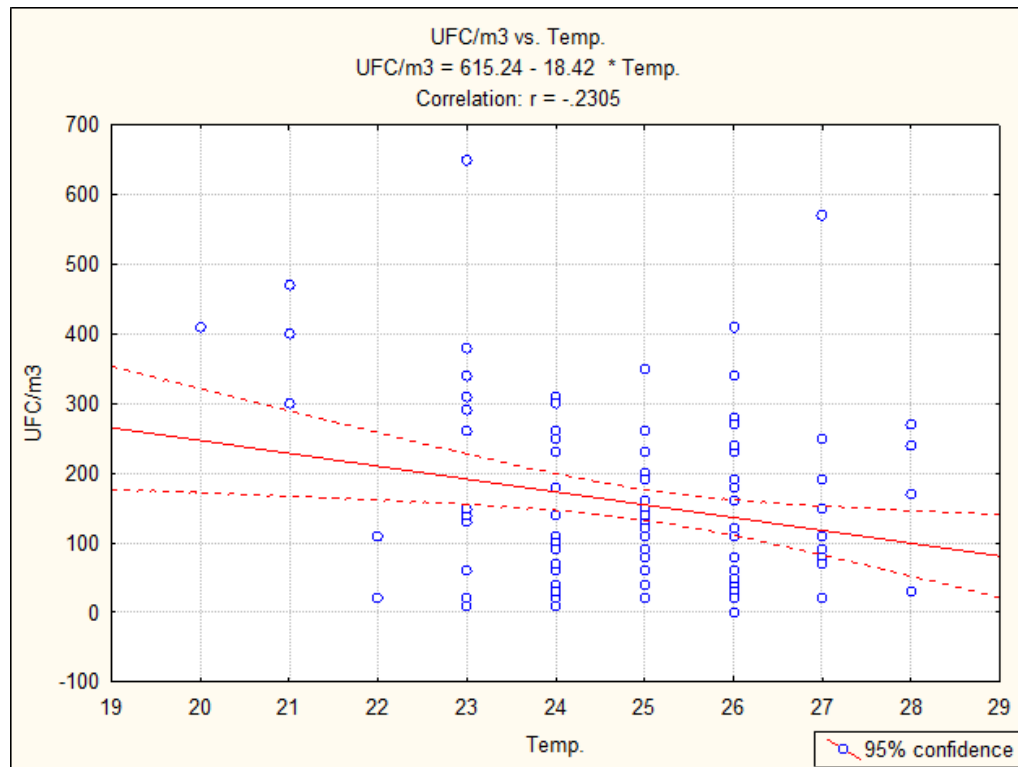
Gráfica 3. Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m³ de bacterias.



Gráfica 4. Muestras tomadas Vs. UFC/m³ de bacterias.



Gráfica 5. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de hongos.



Gráfica 6. Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de bacterias.

Figuras



Figura 1. Edificio de Entomología (PCMENT).



Figura 2. Paredes con humedad y pintura desprendida, edificio de Entomología, escaleras primer piso.



Figura 3. Ductos de aire, edificio de Entomología, planta baja.



Figura 4. Cielo raso manchado, piso 2, edificio de Entomología.

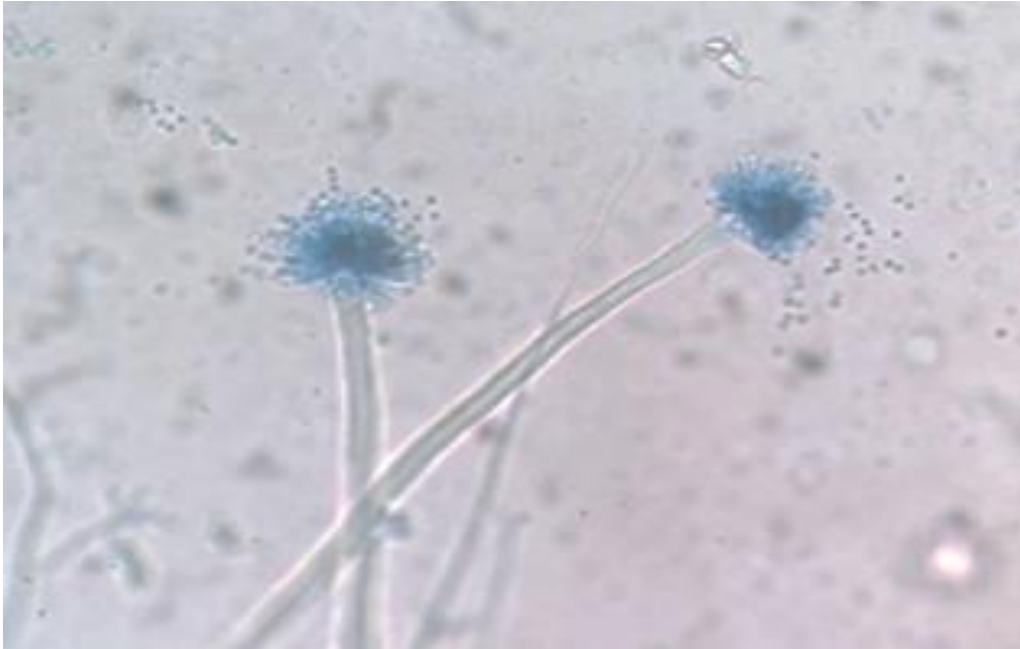


Figura 5. Aspergillus spp.

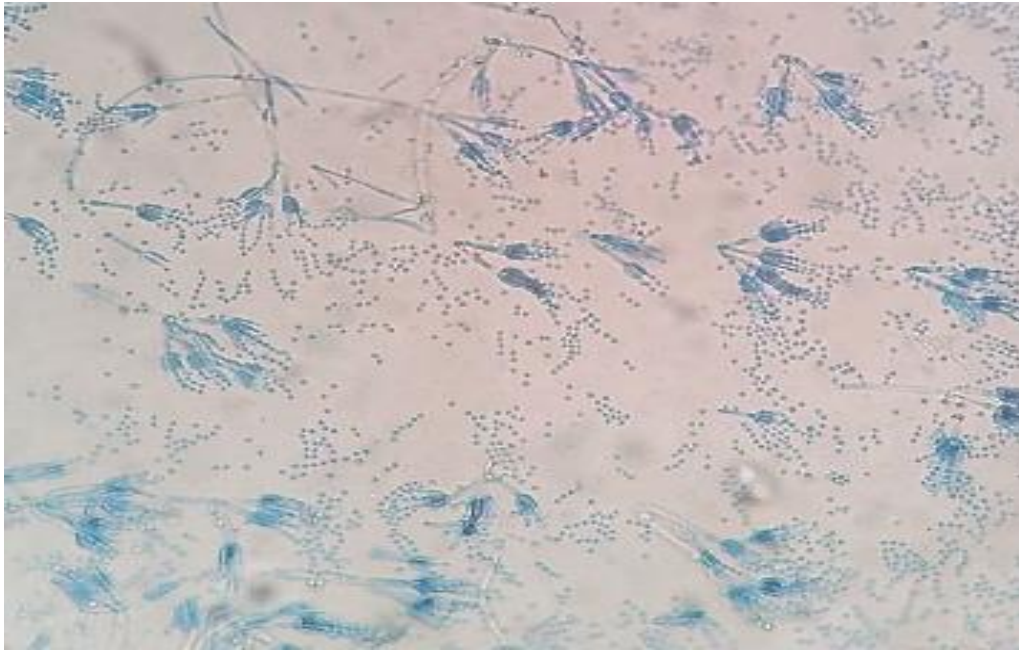


Figura 6. Penicillium spp.

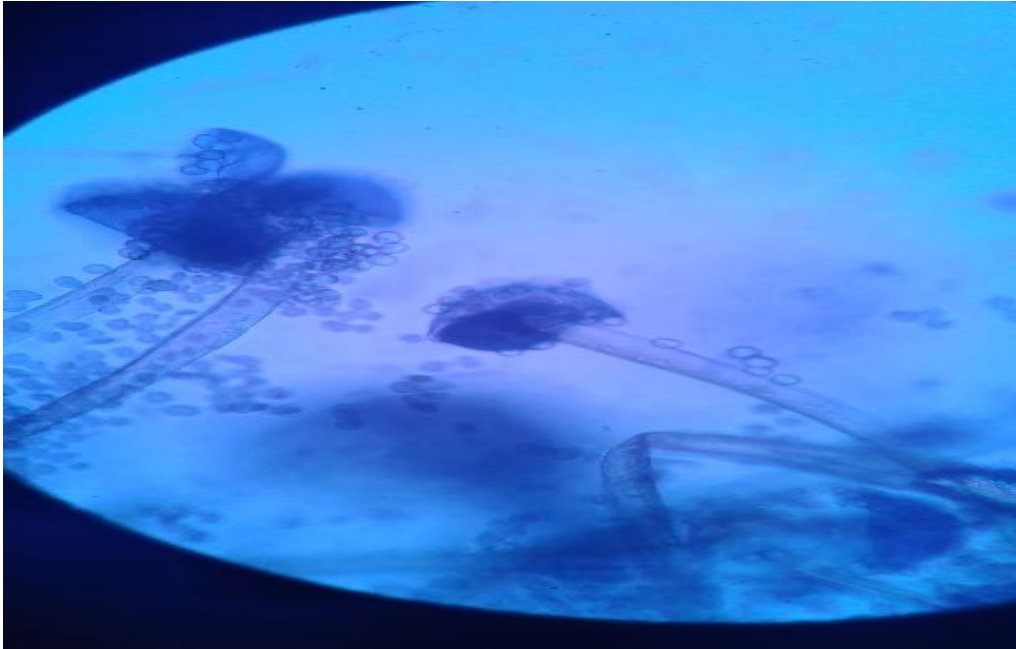


Figura 7. Rhizopus spp.

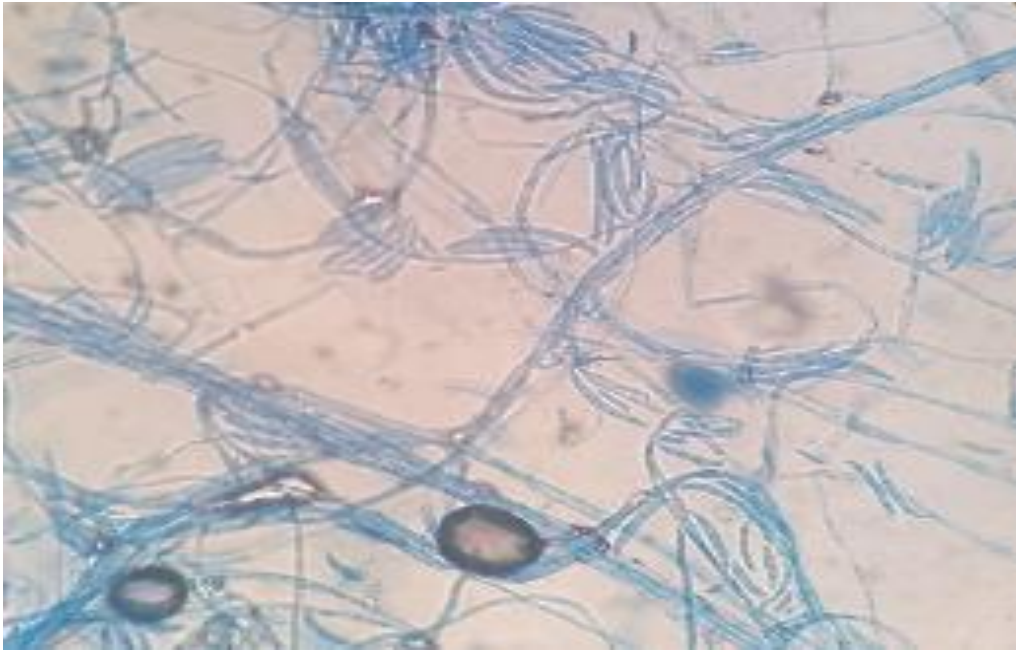


Figura 8. Fusarium spp.

CONCLUSIONES

- El uso del equipo SAS-DUO nos permitió determinar los valores exactos del crecimiento de hongos y bacterias en los tres pisos del edificio de Entomología, y mediante la recopilación de los datos realizar los análisis estadísticos.
- Se determinó la biocarga de hongos y bacterias en los pisos que componen el edificio y en el exterior. A partir de esto, se concluye:
 - Hubo diferencias significativas entre la biocarga de hongos y bacterias de los tres pisos del edificio de Entomología
 - La biocarga de hongos y bacterias en los tres pisos del edificio de Entomología fue muy alta.
 - La biocarga de hongos y bacterias en el interior fue mayor respecto al exterior.
 - Los principales contaminantes fúngicos fueron *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.*
- Debido al monitoreo simultáneo durante cinco semanas de los parámetros de temperatura, humedad, partículas respirables y compuestos volátiles en los tres pisos que componen el edificio de Entomología, pudimos determinar las siguientes correlaciones con la biocarga.
 - Se determinó una correlación altamente significativa entre la biocarga de **hongos** y el parámetro de **humedad**.
 - Se determinó una correlación altamente significativa entre la biocarga de **bacterias** y el parámetro de **temperatura**.
- Se detectaron niveles de TVOC y HCOH fuera del rango saludable.
- Los valores de PM 2.5 y 10, se mantuvieron dentro del rango moderado e inferiores respecto a los niveles del exterior.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar muestreos cada 6 meses con la ayuda del SAS-DUO acoplado a platos Petri, para monitorear la calidad del aire en el edificio.
2. Realizar este tipo de muestreos en otros edificios de la Universidad de Panamá para verificar la calidad del aire, utilizando análisis microbiológico del aire interior y exterior e identificando géneros frecuentes.
3. Al realizar los muestreos periódicos, se recomienda la medición de los parámetros fisicoquímicos con el medidor de COV/formaldehído, pues documenta el componente químico de contaminación y proporciona una evaluación más completa de la calidad del aire.
4. Realizar una limpieza intensiva de los ductos de aire y paredes en el edificio para mejorar la calidad del aire.
5. Estructurar programas de prevención, promoción y saneamiento integral, que incluyan inspecciones periódicas a estructuras, sistemas de aireación y ambientes exteriores.
6. Así mismo, la evaluación de la presencia del SEE en edificaciones públicas como hospitales, universidades públicas y privadas, bibliotecas y oficinas, contribuiría a disminuir el ausentismo laboral y a identificar variables relacionadas a la contaminación debida a microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRZONE. (2021). AIRZONE. Obtenido de AIRZONE: <https://www.airzone.es/blog/calidad-de-aire/la-calidad-aire-interior-importante/>
- Amadora, M. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores: Um Guia Técnico*. Portugal.
- Artiola, J., Pepper, I. & Brusseau, M. (2004). *Environmental Monitoring and Characterization*. Elsevier Science & Technology Books, pp. 281-285.
- Ávila, E. (2009). *Cuantificación de Hongos en las paredes internas del Edificio de la Escuela de Biología (UP)*.
- Breitenbach, M. & Nobbe, S. (2002). *The Allergens of Cladosporium herbarum and Alternaria alternate*. In Breitenbach. M., Cramer, R., Lehrer, S. (eds): Fungal Allergy and Pathogenicity. Chem Immunol. Basel, Karger. Vol. 81, pp. 48-72.
- Burge, H. (1990). *Risks Associated with Indoor Infectious Aerosols, Toxicology and Industrial Health*. Vol. 6, pp. 263-73.
- Cabral, J. (2010). *Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions*. Science of the total environment. Vol. 408(20), pp. 4285-4295.
- Consejo Nacional del Ambiente-Perú (CONAM). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (2001). Perú, Ministerio de ambiente. Obtenido de: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/398>
- Council on Environmental Quality. (1997). *Environmental Justice: Guidance Under the National Environmental Policy Act*. Washington, D.C. 20502 (202) pp. 395-5750.
- Crook, B. y Burton, N. (2010). *Moho interior, Síndrome del Edificio Enfermo y enfermedades relacionadas con la construcción*. Science Direct, pp. 106-113.

De La Rosa, M. (2002). *El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos*. Observatorio Medioambiental, pp. 375-375.

Ecologistas. (2008). *¿Qué son las PM 2.5 y cómo afectan a nuestra salud?* *Ecologistas en Acción*. Obtenido de: <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>

Fradkin, A. (1987). *Sampling of Microbiological Contaminants in Indoor Air*. In STP957-EB Sampling, pp. 66-67.

Fukutomi, M. (2015). *Sensibilización a alérgenos fúngicos: cuestiones resueltas y no resueltas*. Revista Oficial de la Sociedad Japonesa de Alergología, pp. 321-331.

Garrison, R., Robertson, L., Koehn, R. & Wynn, S. (1993). *Effect of heating-ventilation-air conditioning system sanitation on airborne fungal populations in residential environments*. Ann. Allergy, pp. 548–556.

González, A. (2011). *Evaluación de la calidad microbiológica del aire en el edificio de la escuela de biología de la Universidad de Panamá*, pp. 46.

González, M. (2015). *Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (II). Tipos de muestreo*. Instituto Nacional de Higiene en el trabajo, pp. 1-6.

GreenFacts (2008). *Calidad del aire interior*. Obtenido de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/contaminacion-aire-interior/

Hauptmann, M., Lubin, J., Stewart, P., & Hayes, R. (2003). *Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries*. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 95(21): pp. 1615-1623.

Hayleeyesus, S. (2014). *Microbial quality of indoor air in University Libraries*. Microbial quality of indoor air in University Libraries, pp. 312-7.

- Hospodsky, D. (2012). *Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria*.
- Hunaiti, A., Taubel, M., Maragkidou, A. & Hyvärinen, A. (2017). *Floor dust bacteria and fungi and their coexistence with PAHs in Jordanian indoor environments*. *Science of the total environment*. Vol. 408(20): pp. 940-945.
- IFC. Guía del Banco Mundial. (2007). *Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad*. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, pp. 116.
- IQAIR. (s.f.). *Calidad del Aire en Panamá*. Obtenido de <https://www.iqair.com/es/panama>
- Johansson, P., Ekstrand, A. & Bok, G. (2014). *An innovative test method for evaluating the critical moisture level for mould growth on building materials*. *Building and Environment*. Vol. 81: pp. 404-409.
- Koenig, J. (1999). *Health Effects of Ambient Air Pollution*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Kreiss, K. (1990). *The Sick Building Syndrome: Where is the Epidemiological Basis*. *American Journal of Public Health*. Vol. 80: pp. 1172-73.
- Larone, D. (1987). *Medically important fungi: a guide to identification*. 3rd ed. United States of America.
- Manuquina, 2021. *SAS DUO 360 AIR SAMPLER*. Obtenido de: <https://manuquina.com/producto/sas-duo-360-air-sampler>
- Mari, A., Schneider, P., Wally, V., Breitenbach, M. y Simon, B. (2003). *Sensibilización a hongos: epidemiología, pruebas cutáneas comparativas y reactividad IgE de extractos fúngicos*. *Revista de la Sociedad Británica de Alergia e Inmunología Clínica*, pp. 1429-1438.
- MERCK. (2021). *Sistemas de muestreo microbiológico del aire RCS. MERCK*. Obtenido de <https://www.merckmillipore.com/GT/es/products/industrial->

microbiology/environmental-monitoring/environmental-monitoring-for-pharmaceutical-and-cosmetics-industry/active-air-monitoring-systems/rcs/FJ.b.qB.rL8AAAF7gE.1Zwo,nav?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fww

Nathanson, T. (1993). *Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide*. Ottawa: Health Canada.

Norma UNE-EN ISO 14698-1-2004. (2022). *Normativa relacionada con salas blancas o limpias*. Obtenido de: <https://hospitecnia.com/documentacion/normativas/normas-une-en-referentes-a-salas-limpias-y-locales-anexos-controlados/>

Organización Internacional de Normalización. (2005). *Sistemas de gestión de calidad: fundamentos y vocabulario*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es>

Organización Mundial de la Salud. (2009). *Directrices de la OMS para la calidad del aire interior: humedad y moho*. Oficina Regional para Europa. Organización Mundial de la Salud, 228. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164348/9789289041683-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PCE Ibérica S.L. (2022). *Medidor de prevención y seguridad laboral*. Obtenido de: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-para-prevencion-y-seguridad-laboral-pce-instruments-medidor-de-prevencion-y-seguridad-laboral-pce-voc-1-det_5853974.htm

Pepper, I., Charles, L., Brusseau, P. & Mark, L. (1996). *Pollution science*. San Diego: Academic Press.

Persily, A. (2010). *Using ASHRAE's New IAQ Guide*. ASHRAE Journal, Vol. 8.

Public Health. (2008). *Calidad del aire interior*. Obtenido de Public Health: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/contaminacion-aire-interior/

Puga, C. y Cornejo, H. (2007). *Reporte de Investigación entregado a VIP. Monitoreo de Bioaerosoles en el Edificio de Investigaciones Biológicas*.

Puga, C., y Cornejo, M. (2005). *Reporte de Investigación entregado a VIP. Monitoreo de Bioaerosoles en el Edificio de Investigaciones Biológicas*.

Puga, C., Cornejo, M., Cornejo, H. y Mejía, F. (2002). *Resultados de Muestreo Microbiológico de Aire en Edificio Principal y Facultad de Bellas Artes del Campus Harmodio Arias Madrid*.

Pérez, J. y Martínez, I. (2002). *Uso de tecnología microbiológica Petrifilm 3M acoplado al muestreador de aire Andersen para la rápida detección de contaminantes biológicos del aire*, pp. 77.

Pérez, M., Benavides, D. y Caro, P. (2015). *Contaminación microbiológica del aire al interior y el síndrome del edificio enfermo*, pp. 14.

Roldán, L. (2021). *Tipos de contaminación del aire*. Ecología Verde. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-contaminacion-del-aire-2471.html>

Serrano, P. (2020). *¿Qué es la calidad del aire interior (CAI)?* Calor y Frío. Obtenido de Calor y Frío: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/ventilacion-y-calidad-aire-interior/que-es-la-calidad-del-aire-interior-cai.html>

Sharpe, D. (2015). *Diversidad de hongos en interiores y asma: un metanálisis y una revisión sistemática de los factores de riesgo*. ASMA Y ENFERMEDAD DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS BAJAS, pp. 110-122.

Shelton, B., Kirkland, K., Flanders, D. & Morris, G. (2002). *Profiles of Airborne Fungi in Buildings and Outdoor Environments in the United States*. Appl. Envir. Microbiol. Vol. 68: pp. 1743-1753.

Subils, M. y Solé, M. (1987). *Ambientes cerrados: calidad del aire*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo NTP. Vol. 243: pp. 243-311. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914

Totaro, M. (2019). *Microbiological Air Quality in Heating Ventilation and Air Conditioning Systems of Surgical and Intensive Care: The Application of a Disinfection Procedure for Dehumidification Devices Pathogens*.

Twaroch, T., Curín, M., Valenta, R. y Swoboda, I. (2015). *Alérgenos de moho en la alergia respiratoria: de la estructura a la terapia*. AAIR, pp. 205-220.

U.S. EPA. (1989). *Office of Air and Radiation. Report to Congress on Indoor Air Quality*. Volume II. Assessment and Control of Indoor Air Pollution.

U.S. EPA. (2021). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Obtenido de: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>

Universidad de Granada. (2022). *Departamento de Microbiología, Microbiología General*. Obtenido de Licenciatura de Biología, Universidad de Granada: <https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/index.htm>

Wallingford, K. (1986). *Indoor Air Quality Investigations in Office Buildings Industrial Hygiene News Report*. Vol. 29 (11).

Yuil, J. (2012). *La aeromicología y su importancia para la medicina*. Revista Medico-Científico.

ANEXOS

Análisis físico del lugar						
Lugar		Paredes	Pisos	Techo	Presencia de personas	Observaciones
Primer piso	Sitio 1	Algo sucias, banner lleno de hongos cerca de la entrada	Arenosos	Sucio, cielo raso manchado	✓	Hay cuartos sucios abiertos con cajas de madera y cartón, pasillo con aire acondicionado
	Sitio 2	Algo sucias	Arenosos	Sucio, cielo raso manchado, ducto de aire lleno de hongos	✓	
Segundo piso	Sitio 1	Sucias	Arenosos	Cielo raso sucio completamente	✓	Cámara abierta, pasillo del aire acondicionado
	Sitio 2	Sucias	Arenosos	Cielo raso sucio completamente	✓	
Tercer piso	Sitio 1	Sucias	Polvorientos	Sucio en los ductos de aire	✓	Pancartas tiradas, pasillo sin aire acondicionado
	Sitio 2	Sucias	Polvorientos	Sucio en los ductos de aire	✓	
Exterior	Control	Limpias	Algo polvorientos	Sin techo	✓	

Hoja de captación de datos. Fecha: MAR|20-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:19	7.5	12.0	1326	0.58	1.95	64%	26°	31
		3, 4	PCA	9:23	6.6	10.4	1239	0.36	1.31	64%	25°	27
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:31	7.2	13	1159	1.32	4.77	68%	24°	33
		7, 8	PCA	9:35	6.7	11.5	1019	0.76	3.21	64%	24°	28
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:45	4	6.5	894	0.01	0.04	74%	23°	17
		11, 12	PCA	9:48	5.0	8.9	849	0.02	0.08	78%	23°	20
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:55	5.2	8.7	984	0.01	0.04	77%	23°	21
		15, 16	PCA	9:58	4.3	7.7	909	0.01	0.04	77%	22°	21
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	10:11	11.5	20.2	1629	5.00	5.00	90%	23°	48
		19, 20	PCA	10:14	11.8	18.9	1674	5.00	5.00	90%	24°	38
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:22	8.9	15.6	1353	0.01	0.04	84%	26°	37
		23, 24	PCA	10:26	8.9	15.0	1214	0.01	0.04	82%	27°	35
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:05	15.5	27.8	2489	0.02	0.08	90%	25°	61
		27, 28	PCA	9:11	16.9	29.4	2364	0.02	0.08	84%	26°	61

Hoja de captación de datos. Fecha: JUE|22-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:15	6.2	11	849	5.00	5.00	70%	28°	24
		3, 4	PCA	9:17	5.9	10.3	836	5.00	5.00	70%	27°	24
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:28	6.2	10.5	1076	0.09	0.39	67%	26°	25
		7, 8	PCA	9:30	6.5	11.1	909	0.02	0.09	66%	26°	27
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:35	7.9	13.1	1329	0.01	0.07	72%	26°	34
		11, 12	PCA	9:38	6.4	10.4	1136	0.02	0.08	73%	26°	29
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:54	5.3	8.9	846	0.01	0.04	71%	24°	21
		15, 16	PCA	9:56	5.4	9.1	809	0.02	0.08	71%	24°	22
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	10:00	14.8	26.0	2214	0.02	0.08	90%	25°	58
		19, 20	PCA	10:05	15.1	25.8	2189	0.01	0.04	90%	20°	59
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:08	10.6	18.7	1579	0.01	0.04	85%	27°	44
		23, 24	PCA	10:10	10.2	17.6	1206	0.02	0.08	82%	27°	41
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:03	26.3	42.6	2979	0.01	0.04	90%	25°	70
		27, 28	PCA	9:07	26.6	27.7	2224	0.01	0.07	89%	27°	58

Conteo hongos del MAR|20-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³ Hongos
PISO I	Sitio 1	1	100	100	31	131	1580
		2	100	110	28	138	1690
	Sitio 2	5	100	107	44	151	1890
		6	100	72	33	105	1220
PISO II	Sitio 1	9	100	19	23	42	440
		10	100	24	28	52	560
	Sitio 2	13	100	28	33	61	660
		14	100	32	42	74	820
PISO III	Sitio 1	17	100	16	26	42	440
		18	100	13	34	47	500
	Sitio 2	21	100	34	27	61	660
		22	100	34	20	54	580
Exterior	Control	25	100	35	8	43	450
		26	100	26	0	26	270

Conteo bacterias del MAR|20-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	23	4	27	280
		4	100	13	0	13	130
	Sitio 2	7	100	19	3	22	230
		8	100	12	2	14	140
PISO II	Sito 1	11	100	0	1	1	10
		12	100	1	1	2	20
	Sitio 2	15	100	8	7	15	150
		16	100	2	0	2	20
PISO III	Sitio 1	19	100	4	2	6	60
		20	100	4	3	7	70
	Sitio 2	23	100	5	1	6	60
		24	100	5	2	7	70
Exterior	Control	27	100	28	6	34	350
		28	100	24	17	41	430

Conteo hongos del JUE|22-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³ Hongos
PISO I	Sitio 1	1	100	116	35	151	1890
		2	100	121	32	153	1920
	Sitio 2	5	100	182	16	198	2720
		6	100	190	15	205	2870
PISO II	Sito 1	9	100	53	62	115	1350
		10	100	27	59	86	970
	Sitio 2	13	100	62	32	94	1240
		14	100	60	40	100	1290
PISO III	Sitio 1	17	100	34	16	50	870
		18	100	35	16	51	540
	Sitio 2	21	100	43	20	63	680
		22	100	23	21	44	470
Exterior	Control	25	100	93	9	102	1300
		26	100	0	0	0	0

Conteo bacterias del JUE|22-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	22	1	23	240
		4	100	9	6	15	150
	Sitio 2	7	100	9	3	12	120
		8	100	7	1	8	80
PISO II	Sito 1	11	100	13	5	18	180
		12	100	23	4	27	280
	Sitio 2	15	100	3	1	4	40
		16	100	3	3	6	60
PISO III	Sitio 1	19	100	32	2	34	350
		20	100	29	10	39	410
	Sitio 2	23	100	5	3	8	80
		24	100	9	2	11	110
Exterior	Control	27	100	17	8	25	260
		28	100	12	9	21	220

Hoja de captación de datos. Fecha: MAR|27-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:08	2.3	3.4	584	2.37	5.00	68%	27°C	9
		3, 4	PCA	9:21	2.5	4.2	484	1.11	3.57	68%	26°C	10
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:25	2.5	3.9	284	4.42	5.00	68%	26°C	10
		7, 8	PCA	9:28	3.2	4.9	859	0.71	2.36	68%	26°C	14
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:33	2.6	4.2	494	0.03	0.14	69%	26°C	11
		11, 12	PCA	9:36	2.2	3.6	414	0.01	0.04	68%	25°C	10
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:42	1.8	3.0	343	0.01	0.04	67%	24°C	7
		15, 16	PCA	9:44	2.3	3.9	376	0.02	0.08	66%	24°C	9
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	9:53	4.5	7.5	756	0.02	0.08	80%	25°C	18
		19, 20	PCA	9:55	4.0	6.8	879	0.01	0.04	84%	25°C	15
	Sitio 2	21, 22	PDA	9:59	3.1	5.1	699	0.01	0.04	80%	26°C	13
		23, 24	PCA	10:02	3.0	4.6	569	0.01	0.07	80%	26°C	13
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:07	7.3	11.7	1184	0.01	0.04	90%	24°C	29
		27, 28	PCA	9:10	4.7	7.8	969	0.04	0.07	87%	27°C	21

Hoja de captación de datos. Fecha: JUE|29-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:18	35.8	57.2	6439	0.01	0.04	78%	26°C	84
		3, 4	PCA	9:24	17.0	26.2	2739	0.01	0.04	76%	26°C	61
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:31	8.9	13.4	1704	0.05	0.20	72%	25°C	36
		7, 8	PCA	9:33	9.0	14.7	1834	0.05	0.20	73%	25°C	37
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:37	7.1	11.9	1359	0.56	1.74	71%	26°C	30
		11, 12	PCA	9:39	7.4	12.3	1209	0.01	0.04	68%	26°C	31
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:41	7.7	12.8	1224	0.01	0.04	66%	26°C	27
		15, 16	PCA	9:43	4.8	7.9	1189	0.01	0.04	66%	25°C	21
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	9:46	9.3	16.1	1439	0.88	3.02	83%	25°C	37
		19, 20	PCA	9:48	9.3	15.8	1424	0.88	3.02	86%	25°C	39
	Sitio 2	21, 22	PDA	9:50	7.9	14.1	1404	0.01	0.04	86%	26°C	30
		23, 24	PCA	9:51	7.6	13.3	1239	0.01	0.04	85%	26°C	23
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:10	39.4	62.4	4416	0.01	0.04	90%	23°C	43
		27, 28	PCA	9:13	13.5	22.1	2594	0.01	0.08	90%	25°C	52

Conteo hongos del MAR|27-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m³ Hongos
PISO I	Sitio 1	1	100	105	3	108	1350
		2	100	37	10	47	840
	Sitio 2	5	100	62	18	81	900
		6	100	25	10	35	370
PISO II	Sitio 1	9	100	42	18	60	650
		10	100	61	18	79	880
	Sitio 2	13	100	37	17	54	580
		14	100	32	17	49	520
PISO III	Sitio 1	17	100	38	23	61	970
		18	100	35	13	48	510
	Sitio 2	21	100	19	16	35	370
		22	100	17	13	30	310
Exterior	Control	25	100	109	5	114	1340
		26	100	141	6	147	1830

Conteo bacterias del MAR|27-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	5	6	11	110
		4	100	5	1	6	60
	Sitio 2	7	100	6	5	11	110
		8	100	12	4	16	160
PISO II	Sito 1	11	100	3	1	4	40
		12	100	5	1	6	60
	Sitio 2	15	100	1	0	1	10
		16	100	2	1	3	30
PISO III	Sitio 1	19	100	9	0	9	90
		20	100	8	1	9	90
	Sito 2	23	100	3	1	4	40
		24	100	3	1	4	40
Exterior	Control	27	100	7	5	12	120
		28	100	19	6	25	260

Conteo hongos del JUE|29-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m³ Bact.
PISO I	Sitio 1	1	100	106	4	110	1280
		2	100	138	14	152	1910
	Sitio 2	5	100	143	6	149	1860
		6	100	133	6	139	1700
PISO II	Sitio 1	9	100	113	10	123	1470
		10	100	67	14	81	900
	Sitio 2	13	100	112	0	112	1310
		14	100	77	0	77	850
PISO III	Sitio 1	17	100	77	18	95	1080
		18	100	97	16	113	1330
	Sitio 2	21	100	69	16	85	950
		22	100	53	27	81	900
Exterior	Control	25	100	31	4	35	370
		26	100	114	4	118	1400

Conteo bacterias del JUE|29-JULIO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	5	1	6	60
		4	100	8	3	11	110
	Sitio 2	7	100	11	1	12	120
		8	100	20	2	22	230
PISO II	Sito 1	11	100	3	0	3	30
		12	100	2	3	5	50
	Sitio 2	15	100	0	0	0	0
		16	100	8	1	9	90
PISO III	Sitio 1	19	100	7	2	9	90
		20	100	4	0	4	40
	Sito 2	23	100	4	0	4	40
		24	100	3	0	3	30
Exterior	Control	27	100	9	3	12	120
		28	100	3	2	5	50

Hoja de captación de datos. Fecha: MAR|3-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:36	1.3	2.1	314	0.94	3.27	72%	26°C	12
		3, 4	PCA	9:39	1.8	2.7	416	0.36	1.17	69%	26°C	7
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:43	1.0	1.7	259	0.01	0.04	67%	26°C	8
		7, 8	PCA	9:45	1.3	2.5	254	0.01	0.04	67%	26°C	7
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:49	1.1	1.7	143	0.01	0.04	65%	26°C	3
		11, 12	PCA	9:52	1.3	2.1	324	0.01	0.04	65%	25°C	6
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:55	1.6	2.9	243	0.02	0.08	68%	25°C	7
		15, 16	PCA	9:56	1.3	2.3	299	0.01	0.04	68%	25°C	6
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	10:02	1.6	2.6	254	0.30	0.01	82%	25°C	6
		19, 20	PCA	10:06	3.2	5.4	414	0.01	0.04	78%	28°C	10
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:15	1.3	1.9	289	0.10	0.50	77%	28°C	5
		23, 24	PCA	10:17	1.6	2.8	269	0.02	0.08	76%	28°C	6
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:01	4.2	7.6	703	0.01	0.06	90%	25°C	14
		27, 28	PCA	9:03	3.6	5.9	644	0.01	0.06	90%	25°C	14

Hoja de captación de datos. Fecha: JUE|5-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:20	4.0	6.5	744	3.46	5.00	73%	27°C	16
		3, 4	PCA	9:23	5.9	5.9	799	2.30	5.00	69%	27°C	16
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:29	3.6	6.2	469	0.01	0.04	65%	26°C	17
		7, 8	PCA	9:32	3.7	5.9	599	0.02	0.09	65%	26°C	13
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:36	2.4	3.7	486	0.08	0.40	65%	26°C	10
		11, 12	PCA	9:38	3.4	5.4	789	0.08	0.40	65%	26°C	14
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:41	4.3	6.5	704	0.01	0.04	68%	25°C	18
		15, 16	PCA	9:43	4.8	7.8	704	0.01	0.04	69%	25°C	20
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	9:47	8.2	13.2	1544	0.07	0.32	82%	25°C	33
		19, 20	PCA	9:49	9.5	15.7	1974	0.07	0.32	85%	25°C	43
	Sitio 2	21, 22	PDA	9:52	6.7	11.4	1084	0.02	0.08	83%	26°C	28
		23, 24	PCA	9:54	6.7	11.2	1109	0.01	0.04	82%	27°C	28
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:11	16.1	28.0	2353	0.01	0.05	90%	24°C	55
		27, 28	PCA	9:14	14.1	24.7	2554	0.01	0.04	90%	25°C	55

Conteo hongos del MAR|3-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³ Hongos
PISO I	Sitio 1	1	100	31	13	44	470
		2	100	47	15	62	670
	Sitio 2	5	100	56	10	56	920
		6	100	68	23	91	1030
PISO II	Sito 1	9	100	222	3	225	3300
		10	100	232	0	232	3460
	Sitio 2	13	100	118	12	130	1570
		14	100	140	6	146	1810
PISO III	Sitio 1	17	100	118	21	139	1700
		18	100	86	5	91	103
	Sito 2	21	100	37	13	50	530
		22	100	17	12	29	300
Exterior	Control	25	100	23	20	43	450
		26	100	24	22	46	490

Conteo bacterias del MAR|3-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	18	4	22	230
		4	100	32	7	39	410
	Sitio 2	7	100	13	3	16	160
		8	100	14	5	19	190
PISO II	Sito 1	11	100	3	2	5	50
		12	100	3	3	6	60
	Sitio 2	15	100	13	1	14	140
		16	100	5	3	8	80
PISO III	Sitio 1	19	100	2	0	2	20
		20	100	3	0	3	30
	Sitio 2	23	100	26	0	26	270
		24	100	15	2	17	170
Exterior	Control	27	100	7	3	10	100
		28	100	7	4	11	110

Conteo hongos del JUE|5-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	1	100	188	21	209	2950
		2	100	172	23	205	2870
	Sitio 2	5	100	61	34	95	1080
		6	100	71	32	103	1190
PISO II	Sitio 1	9	100	31	33	64	700
		10	100	22	28	50	530
	Sitio 2	13	100	56	24	80	890
		14	100	50	23	73	800
PISO III	Sitio 1	17	100	16	11	27	280
		18	100	21	19	40	420
	Sitio 2	21	100	5	25	30	310
		22	100	6	39	45	480
Exterior	Control	25	100	76	19	95	108
		26	100	16	0	16	160

Conteo bacterias del JUE|5-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	22	2	24	250
		4	100	21	32	53	570
	Sitio 2	7	100	17	2	19	190
		8	100	15	24	39	410
PISO II	Sito 1	11	100	4	1	5	50
		12	100	2	0	2	20
	Sitio 2	15	100	16	4	20	200
		16	100	14	2	16	160
PISO III	Sitio 1	19	100	9	2	11	110
		20	100	11	4	15	150
	Sito 2	23	100	2	0	2	20
		24	100	2	0	2	20
Exterior	Control	27	100	17	5	22	230
		28	100	17	1	18	180

Hoja de captación de datos. Fecha: MAR|10-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:46	7.4	13.5	933	0.49	1.42	68%	26°C	21
		3, 4	PCA	9:51	4.6	7.7	774	0.28	0.95	66%	25°C	25
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:57	5.2	9.0	489	0.01	0.04	67%	23°C	16
		7, 8	PCA	9:59	5.6	9.7	669	0.07	0.36	68%	23°C	21
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	10:04	2.2	3.8	489	0.01	0.07	66%	24°C	9
		11, 12	PCA	10:06	2.4	3.5	319	0.01	0.07	65%	24°C	8
	Sitio 2	13, 14	PDA	10:10	2.3	3.7	444	0.91	3.66	68%	24°C	10
		15, 16	PCA	10:12	2.7	4.5	449	0.43	1.33	69%	23°C	16
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	10:20	4.4	8.3	824	0.01	0.04	86%	24°C	22
		19, 20	PCA	10:23	4.3	7.4	799	0.01	0.04	84%	25°C	19
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:27	4.6	8.2	706	0.01	0.04	83%	26°C	17
		23, 24	PCA	10:30	4.2	7.0	709	0.01	0.04	82%	27°C	17
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:07	10.2	18.3	1344	0.01	0.06	90%	24°C	41
		27, 28	PCA	9:10	8.9	16.3	1354	0.01	0.04	90%	25°C	40

Hoja de captación de datos. Fecha: JUE| 12-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.	AQI
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:30	2.2	3.7	449	0.40	1.26	63%	26°C	9
		3, 4	PCA	9:32	2.6	4.1	524	1.67	1.67	62%	25°C	11
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:37	2.5	4.1	549	0.03	0.13	68%	24°C	10
		7, 8	PCA	9:39	2.0	3.0	529	0.20	0.20	68%	24°C	8
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:45	2.3	3.5	516	0.09	0.45	70%	24°C	9
		11, 12	PCA	9:47	2.3	4.0	393	0.04	0.19	71%	24°C	9
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:52	2.3	3.9	329	0.03	0.12	76%	24°C	9
		15, 16	PCA	9:54	2.2	3.6	319	0.03	0.12	72%	24°C	8
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	9:59	4.8	8.6	714	0.01	0.05	85%	24°C	21
		19, 20	PCA	10:01	4.7	8.2	733	0.01	0.05	88%	25°C	19
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:06	4.2	7.1	546	0.01	0.04	85%	26°C	17
		23, 24	PCA	10:08	3.4	5.8	749	0.02	0.08	84%	27°C	16
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:19	8.5	14.9	1239	0.01	0.04	90%	24°C	34
		27, 28	PCA	9:24	5.1	8.8	969	0.01	0.04	90%	26°C	22

Conteo hongos del MAR|10-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³ Hongos
PISO I	Sitio 1	1	100	221	7	228	3360
		2	100	221	2	223	3250
	Sitio 2	5	100	222	15	237	3580
		6	100	223	8	231	3430
PISO II	Sitio 1	9	100	34	29	63	680
		10	100	28	24	52	560
	Sitio 2	13	100	69	17	86	970
		14	100	47	28	75	830
PISO III	Sitio 1	17	100	130	27	157	1990
		18	100	36	27	63	680
	Sitio 2	21	100	63	19	82	920
		22	100	62	55	117	1380
Exterior	Control	25	100	199	6	205	2870
		26	100	153	5	158	2010

Conteo bacterias del MAR|10-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	14	5	19	190
		4	100	18	1	19	190
	Sitio 2	7	100	11	2	13	130
		8	100	14	0	14	140
PISO II	Sito 1	11	100	2	1	3	30
		12	100	2	0	2	20
	Sitio 2	15	100	10	1	11	110
		16	100	10	5	15	150
PISO III	Sitio 1	19	100	3	0	3	30
		20	100	4	0	4	40
	Sito 2	23	100	7	4	11	110
		24	100	7	2	9	90
Exterior	Control	27	100	9	0	9	90
		28	100	5	2	7	70

Conteo hongos del JUE|12-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m³ Bact.
PISO I	Sitio 1	1	100	119	10	129	1550
		2	100	85	10	95	1080
	Sitio 2	5	100	159	3	162	2170
		6	100	165	15	180	2390
PISO II	Sitio 1	9	100	34	17	51	540
		10	100	35	40	75	830
	Sitio 2	13	100	166	18	184	1880
		14	100	151	11	162	2070
PISO III	Sitio 1	17	100	104	24	128	1540
		18	100	154	4	158	2010
	Sitio 2	21	100	185	4	189	2550
		22	100	137	14	151	1890
Exterior	Control	25	100	93	0	93	1060
		26	100	106	2	108	1260

Conteo bacterias del JUE|12-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³ Bact.
PISO I	Sitio 1	3	100	9	2	11	110
		4	100	1	5	6	60
	Sitio 2	7	100	17	7	24	250
		8	100	19	3	22	230
PISO II	Sitio 1	11	100	19	5	24	250
		12	100	13	5	18	180
	Sitio 2	15	100	8	2	10	100
		16	100	7	0	7	70
PISO III	Sitio 1	19	100	8	1	9	90
		20	100	9	2	11	110
	Sitio 2	23	100	5	1	6	60
		24	100	3	4	7	70
Exterior	Control	27	100	3	1	4	40
		28	100	1	4	5	50

Hoja de captación de datos. Fecha: MAR|17-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:37	16.9	27.5	2669	5.00	5.00	71%	26°C
		3, 4	PCA	9:40	14.8	25.6	2203	2.79	5.00	65%	25°C
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:45	13.3	22.7	2184	5.00	5.00	66%	24°C
		7, 8	PCA	9:50	12.1	21.9	2029	5.00	5.00	65%	24°C
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:57	6.5	10.2	1309	0.02	0.04	74%	23°C
		11, 12	PCA	10:02	6.8	11.5	1109	0.01	0.04	75%	23°C
	Sitio 2	13, 14	PDA	10:08	6.1	9.4	1294	0.01	0.04	77%	25°C
		15, 16	PCA	10:11	7.7	12.2	1423	0.01	0.04	79%	24°C
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	10:21	8.6	13.7	1283	0,05	0.25	86%	23°C
		19, 20	PCA	10:25	6.9	11.9	1449	0.05	0.25	86%	22°C
	Sitio 2	21, 22	PDA	10:33	6.1	10.1	884	0.01	0.04	86%	25°C
		23, 24	PCA	10:36	5.3	9.0	853	0.01	0.04	85%	26°C
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:15	13.7	22.8	2549	0.01	0.07	90%	24°C
		27, 28	PCA	9:18	12.6	20.9	2094	0.02	0.08	89%	25°C

Hoja de captación de datos. Fecha: JUE| 19-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Medio	Hora	PM 2.5	PM 10	Total part.	HCHO	TVOC	Humedad	Temp.
PISO I	Sitio 1	1, 2	PDA	9:23	9.2	17.4	1829	0.02	0.09	62%	23°C
		3, 4	PCA	9:25	11.8	19.0	1166	0.02	0.09	62%	21°C
	Sitio 2	5, 6	PDA	9:28	10.8	18.5	1959	0.02	0.09	70%	21°C
		7, 8	PCA	9:31	11.6	19.3	2189	0.02	0.09	72%	21°C
PISO II	Sitio 1	9, 10	PDA	9:36	4.2	6.6	689	0.01	0.04	80%	23°C
		11, 12	PCA	9:39	4.3	6.2	774	0.01	0.04	82%	23°C
	Sitio 2	13, 14	PDA	9:42	3.5	5.4	679	2.85	5.00	81%	24°C
		15, 16	PCA	9:45	3.7	6.7	589	3.14	5.00	81%	25°C
PISO III	Sitio 1	17, 18	PDA	9:50	4.4	6.6	814	3.46	5.00	80%	26°C
		19, 20	PCA	9:53	4.4	6.8	786	5.00	5.00	81%	26°C
	Sitio 2	21, 22	PDA	9:57	3.4	6.0	976	0.03	0.15	79%	27°C
		23, 24	PCA	10:00	3.9	6.2	774	0.03	0.15	78%	27°C
Exterior	Control	25, 26	PDA	9:15	12.7	19.7	1913	0.03	0.13	88%	24°C
		27, 28	PCA	9:18	12.5	18.9	1925	0.03	0.14	89%	24°C

Conteo hongos del MAR|17-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³
PISO I	Sitio 1	1	100	96	18	114	1340
		2	100	59	13	72	790
	Sitio 2	5	100	59	11	70	1040
		6	100	42	16	58	630
PISO II	Sitio 1	9	100	86	17	103	1190
		10	100	36	6	42	440
	Sitio 2	13	100	-	17	17	170
		14	100	40	8	48	510
PISO III	Sitio 1	17	100	34	9	43	450
		18	100	12	8	20	200
	Sitio 2	21	100	12	11	23	240
		22	100	21	10	31	320
Exterior	Control	25	100	51	10	61	660
		26	100	18	10	28	290

Conteo bacterias del MAR|17-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³
PISO I	Sitio 1	3	100	13	10	23	240
		4	100	18	7	25	260
	Sitio 2	7	100	25	5	30	310
		8	100	13	5	18	180
PISO II	Sito 1	11	100	28	8	36	380
		12	100	22	8	30	310
	Sitio 2	15	100	19	6	25	260
		16	100	21	8	29	300
PISO III	Sitio 1	19	100	11	22	33	340
		20	100	10	1	11	110
	Sitio 2	23	100	9	5	14	140
		24	100	4	2	6	60
Exterior	Control	27	100	0	2	2	20
		28	100	2	0	2	20

Conteo hongos del JUE|19-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Hongos 48H	Hongos 72H	Total	UFC/m ³
PISO I	Sitio 1	3	100	37	4	41	430
		4	100	42	2	44	470
	Sitio 2	7	100	81	2	83	930
		8	100	14	6	20	200
PISO II	Sitio 1	11	100	7	18	25	260
		12	100	51	17	68	740
	Sitio 2	15	100	13	19	32	330
		16	100	32	10	42	440
PISO III	Sitio 1	19	100	74	10	84	940
		20	100	72	14	86	970
	Sitio 2	23	100	80	4	84	940
		24	100	57	11	68	740
Exterior	Control	27	100	62	1	63	680
		28	100	39	7	46	490

Conteo bacterias del JUE|19-AGO-2021.

Sitio		No. Muestra	Volumen	Bacterias 48H	Bacterias 72H	Total	UFC/m ³
PISO I	Sitio 1	3	100	49	11	60	650
		4	100	21	8	29	300
	Sitio 2	7	100	35	3	38	400
		8	100	39	5	44	470
PISO II	Sito 1	11	100	18	10	28	290
		12	100	12	13	25	260
	Sitio 2	15	100	19	6	25	260
		16	100	6	5	11	110
PISO III	Sitio 1	19	100	13	13	26	270
		20	100	22	11	33	340
	Sitio 2	23	100	8	16	24	250
		24	100	8	11	19	190
Exterior	Control	27	100	14	11	25	260
		28	100	12	28	40	420