

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

**Proyecto K-HEALTHinAIR.
Monitoreo Anual de la
Calidad del Aire en
Entornos Hospitalarios:
Impacto en la Salud.**



CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

Autor Principal: Alberto Rodríguez López (CIEMAT)

Otros autores: Juan Gilaranz Siguenza (CIEMAT); Gloria Simón Naranjo (CIEMAT); M^a Paz Alcacera Gil (CIEMAT); Ángela Lao Zea (CIEMAT); M^a José Mateos Muñoz (CIEMAT); Raúl Matesanz Sanz (CIEMAT); Silvia Suarez Gil (CIEMAT); Rubén González Colom (IDIBAPS); Benigno Sánchez Cabrero (CIEMAT)

CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

Índice

Resumen.....	1
Muestreo y Resultados de Bioaerosoles.....	2
Muestreo y Resultados de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) totales	6
Muestreo y Resultados de partículas.....	11
Partículas de 0,3 µm.....	11
Partículas de 0,5 µm.....	12
Partículas de 1 µm.....	14
Partículas de 2 µm.....	15
Partículas de 5 µm.....	16
Partículas de 10 µm.....	18
Conclusiones.....	19
Bioaerosoles.....	19
Compuestos orgánicos volátiles totales.....	19
Partículas.....	20
Agradecimientos.....	20
Referencias bibliográficas	20

RESUMEN

El modelo de consumo energético actual, marcado por una creciente demanda de energía, ha llevado a una producción intensiva basada principalmente en fuentes no renovables. Este proceso genera emisiones significativas de gases y partículas que se acumulan en el aire, afectando tanto la calidad ambiental exterior como la interior. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación del aire, tanto en interiores como exteriores, puede estar compuesta por una amplia variedad de contaminantes, ya sean inorgánicos u orgánicos, que incluyen agentes biológicos o mezclas complejas. La normativa de 2023 de la OSHA (Occupational Safety and Health in Europe: State and Trends) clasifica los agentes biológicos como bacterias, virus, hongos, otros microorganismos y sus toxinas, todos capaces de impactar la salud humana, desde provocar reacciones alérgicas leves hasta enfermedades graves. Asimismo, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo define a los contaminantes químicos como sustancias que, al entrar en contacto con una persona, pueden ser absorbidas por el organismo a través de diversas vías, como la inhalación, el contacto dérmico, la ingestión o la vía parental.

El "Síndrome del Edificio Enfermo" (Sick Building Syndrome, SBS), se refiere a un conjunto de enfermedades y molestias experimentadas por personas que pasan largos periodos en edificios con mala ventilación, subraya la necesidad urgente de caracterizar y mejorar la calidad del aire en ambientes interiores. Este síndrome del Edificio Enfermo es definido por la OMS como un

CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

conjunto de dolencias causadas o agravadas por la contaminación en espacios cerrados. En España, la Torre Agbar de Barcelona, terminada en 2005, es un caso emblemático de un "edificio enfermo", con los primeros casos detectados en 2007. Otros ejemplos en España incluyen el edificio de La Caixa y Gas Natural en Barcelona, el de Telefónica en Madrid y las Juntas Generales en Guipúzcoa.

Dentro de este contexto, el grupo FOTOAIR del CIEMAT, en el marco del proyecto europeo K-HEALTHinAIR ("Knowledge for Improving Indoor AIR Quality and Health"), se enfoca en estudiar los contaminantes químicos y biológicos del aire interior y su impacto en la salud humana. Este proyecto interdisciplinario busca correlacionar la calidad del aire interior con los efectos adversos en la salud, utilizando un novedoso algoritmo de inteligencia artificial que permitirá identificar patrones y proponer soluciones sostenibles para mejorar la calidad del aire en entornos cerrados.

Este estudio se basa en un muestreo exhaustivo realizado a lo largo de un año en distintas áreas del Hospital Clínico de Barcelona, donde se analizaron tres tipos principales de contaminantes: químicos, biológicos y partículas en suspensión. Entre los contaminantes químicos, se evaluaron los compuestos orgánicos volátiles (COV) totales, también conocidos por sus siglas en inglés (VOCs); en el caso de los biológicos, se midieron las concentraciones de bacterias y hongos; y para las partículas en suspensión, se determinó su concentración y distribución de tamaño. Este análisis permitirá evaluar cómo la combinación de estos contaminantes impacta en la salud de pacientes y personal sanitario, con especial atención a los efectos agudos.

El análisis fue desarrollado bajo un estricto control normativo, utilizando la UNE 171330:2024 y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), que establecen los criterios para evaluar la calidad del aire en interiores de edificios no residenciales. Los puntos de muestreo incluyeron las siguientes áreas del hospital:

- Exterior.
- Hall de entrada.
- Sala de hospitalización.
- Unidad de cuidados intensivos.
- Sala de espera.
- Laboratorio de Anatomía patológica.

MUESTREO Y RESULTADOS DE BIOAEROSOLES

El muestreo de **bioaerosoles**, que incluyó tanto bacterias como hongos en suspensión, se realizó mediante el uso de **impactadores IUL modelo SPIN AIR**, con un flujo de aire controlado de 100 litros/min durante 10 minutos, capturando un total de 1.000 litros de aire por muestra. El aire muestreado se hizo pasar a través de placas Petri con medios de cultivo específicos: **Agar Nutritivo** para bacterias y **Extracto de Malta** para hongos. Posteriormente, las placas se incubaron a diferentes temperaturas: 36°C durante 48 horas para bacterias, y 28°C durante 96 horas para hongos. Después de la incubación, se contaron las **Unidades Formadoras de Colonias**

CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

(UFC), y los resultados se compararon con los umbrales establecidos por la **norma UNE 171330:2024**.

Esta normativa define varios niveles de calidad del aire interior (CAI) en función del uso del edificio. Para hospitales, acorde con la clasificación que establece el RITE, la categoría más estricta es **IDA 1**, que exige que la concentración de bacterias no supere los **200 UFC/m³** y la de hongos no sobrepase los **100 UFC/m³**. No obstante, se hacen correcciones sobre estos valores iniciales marcados como aceptables, aplicando sobre ellos la corrección que contempla dicha norma, esto es, cuando la concentración de alguna sala supera el valor inicial aceptable, se tiene en cuenta el valor de la concentración en el exterior.

Cuadro 1. Valores límite iniciales y corregidos de bacterias (UFC/m³) según la concentración en el exterior. La corrección se aplica multiplicando por 1,75 cuando la concentración exterior supera el valor límite inicial.

Valores aceptables para bacterias (UFC/m ³) según UNE171330 IDA1		
	Límite inicial	Límite corregido
Diciembre	200	200
Enero	200	219
Febrero	200	200
Marzo	200	200
Abril	200	200
Mayo	200	200

Cuadro 2. Valores límite iniciales y corregidos de hongos (UFC/m³) según la concentración en el exterior. La corrección se aplica multiplicando por 0,75 cuando la concentración exterior supera el valor límite inicial.

Valores aceptables para hongos (UFC/m ³) según UNE 171330 IDA1		
	Límite inicial	Límite corregido
Diciembre	100	135
Enero	100	225
Febrero	100	176
Marzo	100	131
Abril	100	100
Mayo	100	100

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

- En el **exterior del hospital**, las concentraciones de bacterias y hongos fueron bajas, manteniéndose muy por debajo de los umbrales de referencia, lo que indica que el aire exterior no presentó problemas significativos durante el periodo de estudio. Esto es importante, ya que los niveles de bioaerosoles exteriores sirven como línea base para comparar los valores del aire interior.
- En el **hall de entrada**, se detectaron concentraciones ligeramente superiores de bacterias en los meses de **mayo y diciembre**, con valores que superaron ligeramente los 200 UFC/m³.
- En la **sala de hospitalización**, los resultados mostraron niveles aceptables de bioaerosoles durante la mayor parte del año. No obstante, en **marzo**, las concentraciones de bacterias excedieron los límites normativos. Este episodio de alta concentración de bioaerosoles es relevante, ya que las habitaciones de hospitalización deben mantener una calidad del aire óptima para prevenir infecciones nosocomiales.
- En la **unidad de cuidados intensivos (UCI)**, el control ambiental demostró ser altamente efectivo, ya que las concentraciones de bacterias y hongos se mantuvieron dentro de los límites normativos a lo largo de todo el año. Esto es crucial, dado que los pacientes en la UCI son extremadamente vulnerables a infecciones. El sistema de ventilación y filtración de aire en esta zona se muestra muy adecuado para mantener la calidad del aire en niveles óptimos.
- En la **sala de espera**, los resultados mostraron ligeros excedentes en los niveles de hongos durante los meses de **enero y marzo**, alcanzando concentraciones superiores a **100 UFC/m³**.
- En el **laboratorio de anatomía patológica**, las concentraciones de bioaerosoles fueron aceptables en la mayoría de los meses, con algunas superaciones puntuales en mayo.

En las siguientes gráficas se muestran los resultados de la cuantificación de UFC/m³ tanto de bacterias, Figura 1, como de hongos, Figura 2. La línea roja representa el límite establecido por UNE 171330.

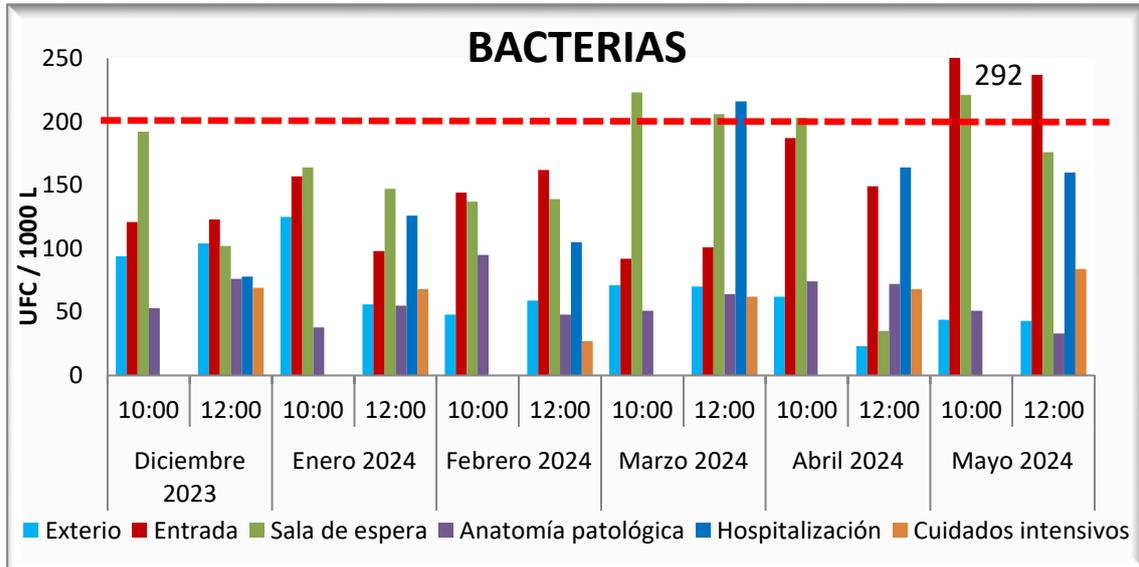


Figura 1. Resultados de las mediciones bacterianas en el Hospital Clínico de Barcelona entre diciembre de 2023 y mayo de 2024 en las áreas designadas. La línea roja indica el límite bacteriano inicial establecido por la norma UNE 171330 para salas clasificadas según su función como IDA 1.

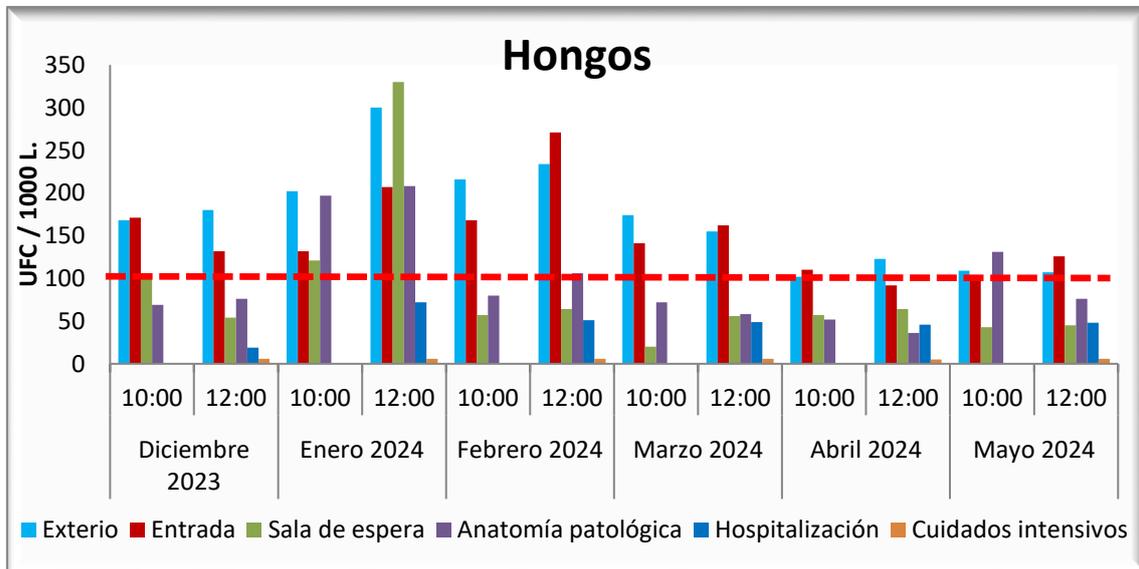


Figura 2. Resultados de las mediciones de hongos en el Hospital Clínico de Barcelona entre diciembre de 2023 y mayo de 2024 en las áreas indicadas. La línea roja representa el límite inicial para bacterias, según la norma UNE 171330 para salas clasificadas según su función como IDA 1. Es importante señalar que durante los meses de invierno, de diciembre a febrero, los muestreos coincidieron con obras en las calles cercanas al hospital. Este factor probablemente contribuyó a los valores elevados de hongos en el ambiente detectados en dicho periodo.

MUESTREO Y RESULTADOS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV) TOTALES

Los **compuestos orgánicos volátiles (COV)** son una clase de contaminantes que pueden tener efectos adversos sobre la salud, especialmente en entornos cerrados donde su acumulación puede generar síntomas de disconfort o incluso efectos tóxicos a largo plazo. Los COV incluyen sustancias químicas como **formaldehído, benceno, tolueno, acetona**, entre otros. En el ámbito hospitalario, estos compuestos pueden originarse a partir de diversos productos, como desinfectantes, materiales de construcción y equipos médicos.

El muestreo de COV totales se realizó empleando **bombas Gilian modelo Plus**, que aspiraron aire a un flujo de 200 ml/min durante una hora a través de tubos adsorbentes **TENAX^R**, de esta forma se recogieron un total de 12 litros. La posterior identificación en laboratorio se realizó mediante un equipo de desorción térmica asociado a un cromatógrafo de gases equipado con detector de masas (ATD-GC-MS) de la firma Agilent. En cada uno de los puntos muestreados y en todos los casos, se tomaron dos muestras por duplicado durante una hora más dos nuevas muestras en la hora siguiente. Con ello, se obtuvieron 4 tubos TENAX^R por cada uno de los puntos y días de muestreo. Estos muestreos se realizaron siempre por la mañana durante la jornada laboral.

Paralelamente, se muestrearon también aldehídos y cetonas empleando para ello bombas **Gilian modelo 800i**, con un flujo de 500 ml/minuto durante 3 horas, con un volumen total de 90 litros muestreados. En este caso, los contaminantes se recogen al hacer pasar el caudal de aire ambiental por tubos adsorbentes DNPH de la marca supelco. Para la posterior identificación y cuantificación en laboratorio, se empleó cromatografía líquida HPLC.

Se analizaron y cuantificaron un total de **102 compuestos**, a partir de los cuales se obtuvo el valor de compuestos orgánicos volátiles totales.

Para catalogar las salas muestreadas según la concentración total de compuestos orgánicos volátiles, en España disponemos de la normativa que indica el RITE. En ella se indica que en función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será como mínimo **IDA 1**, ya que es la correspondiente a hospitales.

Además del RITE, para la catalogación de las salas según la concentración de los COV Totales, se debe de tener en cuenta lo que indica la ya mencionada norma UNE 171330. Esta norma marca para COV totales como valor de referencia aceptable, para un **IDA 1, el de 200 µg/m³**, y, como **valor límite máximo el de 3000 µg/m³**. Para estas concentraciones umbrales, en el caso de superarse el valor aceptable indicado, se haga una identificación de COV mediante captación en tubos adsorbentes y análisis en laboratorio mediante cromatografía de gases.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de COV totales por meses en las distintas áreas muestreadas del hospital. En las siguientes gráficas se visualizarán también con línea azul el valor límite de confort y con línea roja, el valor límite máximo establecidos por norma.

En las mediciones en exterior, se observa que en ningún caso el valor límite máximo de 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es superado. La línea azul representa el valor de bienestar o confort aceptable, establecido en la norma UNE 171330, como se puede observar solo los meses de julio, agosto, enero, febrero y mayo se encuentran en la zona de confort.

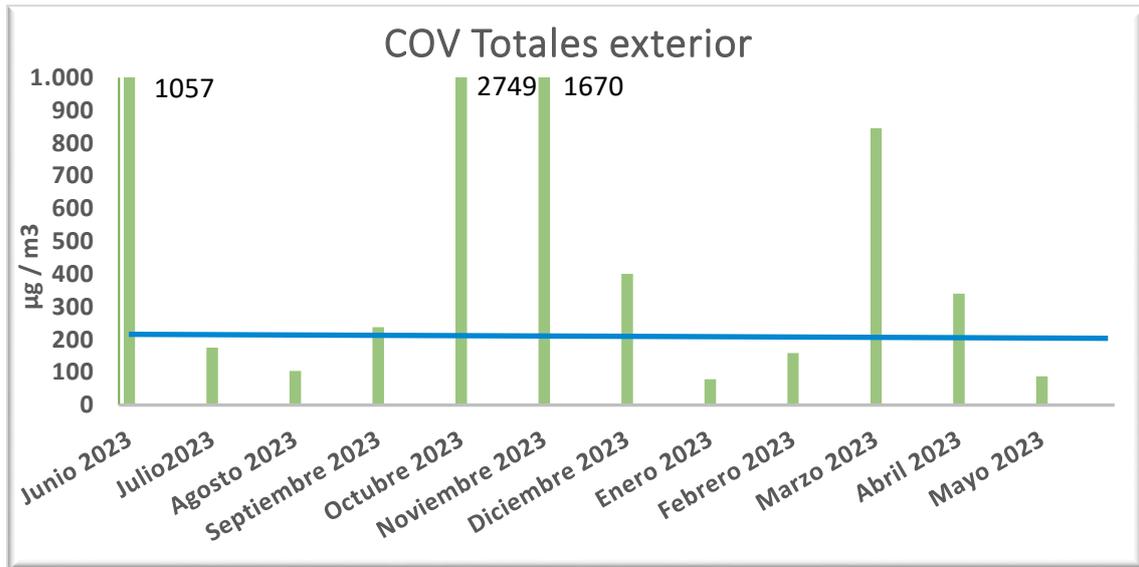


Figura 3. Resultados de compuesto orgánicos volátiles totales en exterior. La línea azul representa el valor de confort aceptable establecido en la norma UNE 171330.

Los resultados obtenidos en los muestreos realizados a la entrada del hospital, Figura 4, muestran que solo en el mes de julio se ve superado el valor límite umbral establecido en legislación. En esta área del hospital se encontró que la concentración de compuestos orgánicos volátiles totales se sitúa por debajo del valor de confort establecido por norma solo en dos ocasiones: noviembre y mayo.

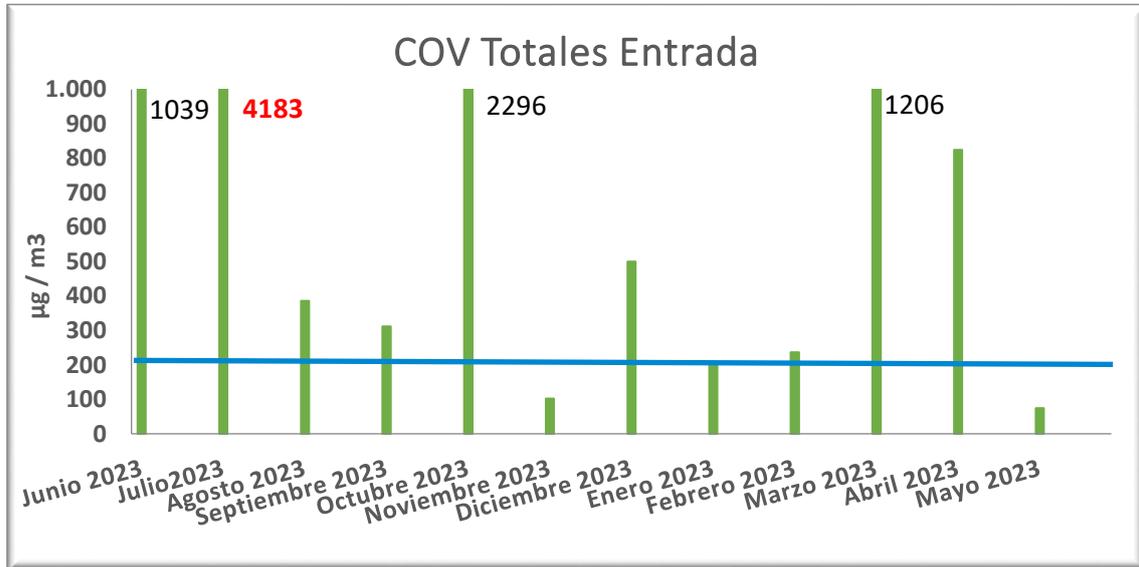


Figura 4. Resultados de los compuestos orgánicos volátiles totales medidas en la entrada del hospital. La línea azul representa el valor límite de confort establecido por norma UNE 177330.

En cuanto a la sala de espera cabe destacar la alta afluencia de personas en esta área durante casi todos los muestreos, esto se ve reflejado en las altas concentraciones de bacterias que llegan incluso a superar el valor límite de $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de octubre. De igual forma, el valor de confort es rebasado en reiteradas ocasiones.

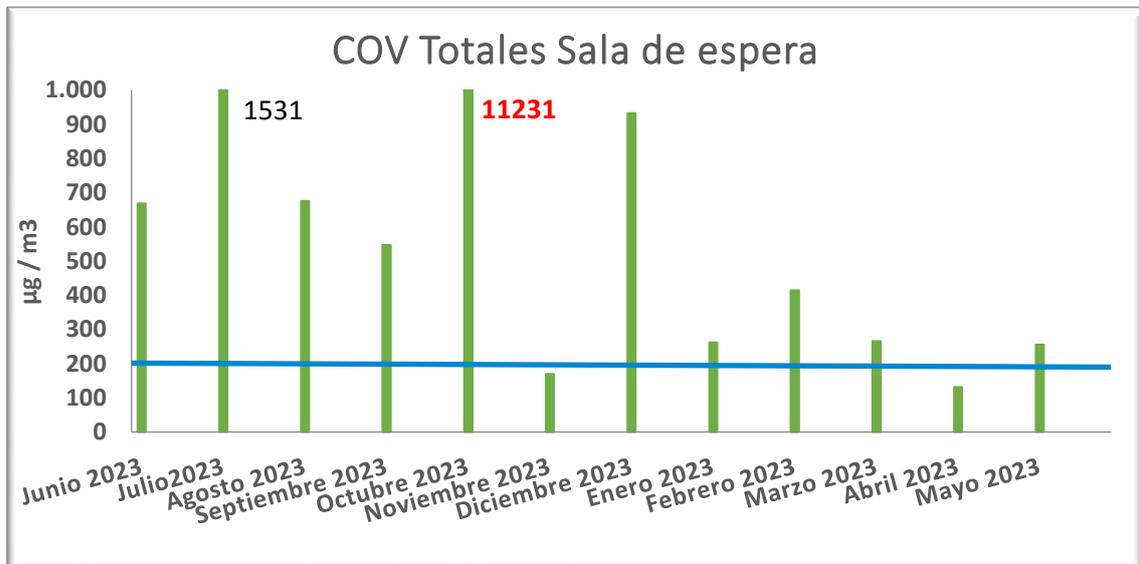


Figura 5. Resultados de los compuestos orgánicos volátiles totales medidos en la sala de espera del hospital. La línea azul representa el valor límite de confort. El resultado en números en rojo representa el valor del mes de octubre en el que se superó el valor límite establecido por norma.

El departamento de anatomía patológica es la zona del hospital que ha mostrado la mayor concentración de COV totales. Como se observa, las concentraciones de estos compuestos superan significativamente el valor de confort establecido por la normativa, que es de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, el límite de 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se ha sobrepasado en los meses de junio, julio, octubre, noviembre, diciembre, marzo y abril. Estas elevadas concentraciones están asociadas a las tareas realizadas en esta sala, donde se emplean compuestos altamente volátiles, como el formol, para la preparación y estabilización de muestras.

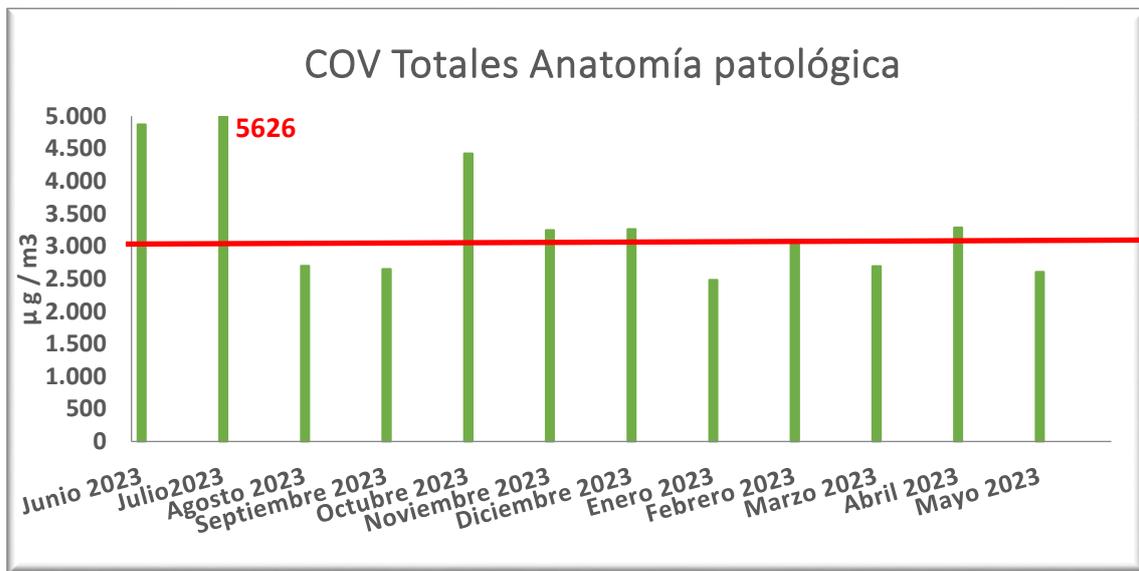


Figura 6. Resultados obtenidos de compuestos orgánicos volátiles totales en el Laboratorio de anatomía patológica del hospital Clínico de Barcelona. La línea roja representa el valor límite establecido por norma, superado significativamente en tres meses y muy ligeramente en otros tres. Nótese que los valores del eje de ordenadas han tenido que ser ampliados con respecto a las otras gráficas de resultados debido a las altas concentraciones observadas en esta área.

En la zona de hospitalización, se puede observar que la concentración umbral establecida en la norma no es rebasada en ningún momento del año. Por otro lado, se aprecia que, en ninguno de los meses muestreados, la concentración límite de confort establecida por norma es respetada.

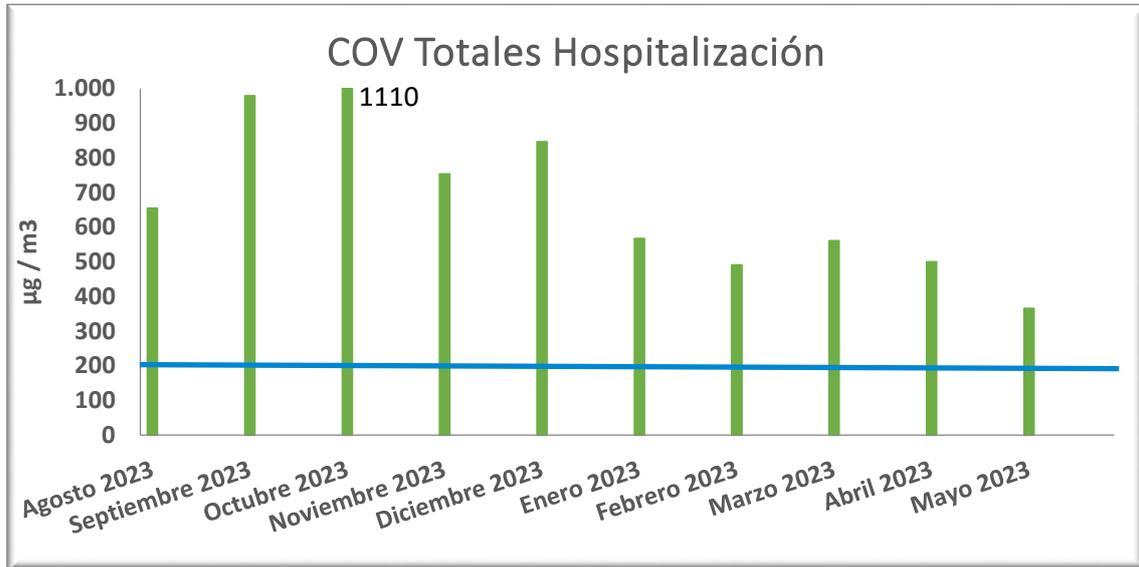


Figura 7. Resultados obtenidos de compuestos orgánicos volátiles totales en la zona de hospitalización. La línea azul representa el valor límite de confort establecido por norma UNE 177330.

En cuanto a la sala de cuidados intensivos podemos observar que la concentración de COV totales, a excepción del mes mayo, es ligeramente superada los meses de agosto, septiembre, enero, febrero y marzo, y ampliamente superada los meses de octubre, abril y noviembre, destacando este último por su elevada concentración.

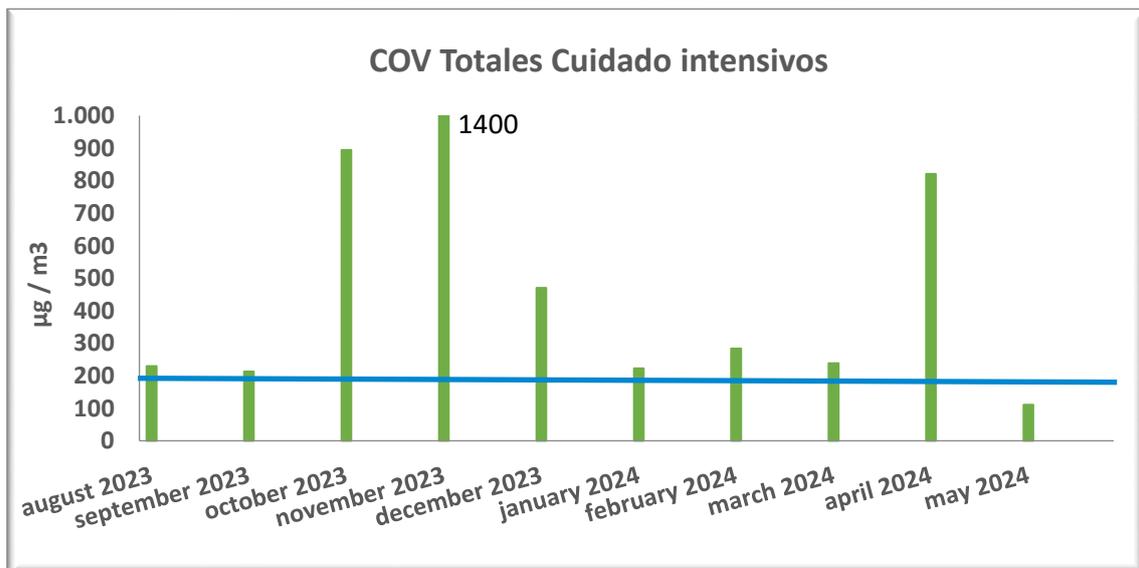


Figura 8. Resultados obtenidos de compuestos orgánicos volátiles totales en la zona de cuidados intensivos. La línea azul representa el valor límite de confort establecido por norma UNE 177330.

MUESTREO Y RESULTADOS DE PARTÍCULAS

El muestreo de partículas incluyó el análisis de diferentes fracciones de tamaño (0.3 μm , 0.5 μm , 1 μm , 2 μm , 5 μm y 10 μm), utilizando un muestreador **FLUKE modelo 985**. Las partículas suspendidas en el aire son un contaminante importante en entornos cerrados, ya que pueden transportar microorganismos y sustancias tóxicas, y sus efectos sobre la salud son bien conocidos, especialmente en individuos con problemas respiratorios o sistemas inmunológicos comprometidos. Las partículas más pequeñas, como las de 0.5 μm o menores, son particularmente peligrosas porque pueden penetrar profundamente en los pulmones.

Los muestreos se realizaron de forma sistemática entre los meses de junio de 2023 y mayo de 2024, a excepción de la sala de hospitalización y cuidados intensivos que se realizaron entre agosto de 2023 y mayo 2024, en las mismas áreas del hospital que para bioaerosoles y COV totales.

Para clasificar las salas estudiadas de acuerdo con la concentración en masa de partículas, se ha utilizado la norma UNE 171330. Esta norma establece límites específicos únicamente para partículas de tamaño 0,5 y 5 μm . En este contexto, se define una relación entre la concentración de partículas en el interior y el exterior, la cual no debe superar el valor de 1,3 para partículas de 0,5 μm y 0,9 para las de 5 μm , asegurando así un nivel de calidad de aire adecuado en los espacios analizados.

Para la presentación de los resultados, se hace una distinción de los mismos por separado, según el tamaño de partícula.

Partículas de 0,3 μm

A continuación, se muestran los resultados graficados que se han obtenido en los muestreos realizados para partículas de 0,3 μm (PM 0,3) en cuentas/ m^3 . De forma general, en todas las áreas muestreadas, en el mes de diciembre se experimenta un aumento de la presencia de este tamaño de partícula. Es interesante resaltar la menor concentración de estas partículas pequeñas en la sala de cuidados intensivos con respecto a las demás salas muestreadas.

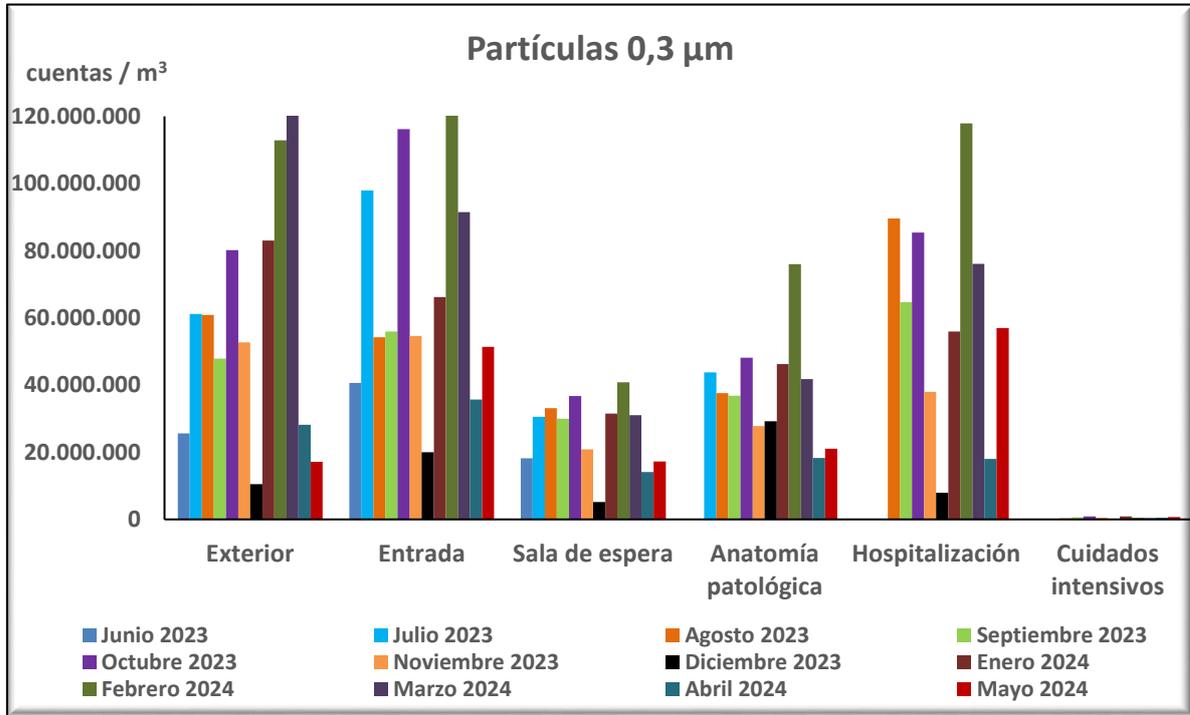


Figura 9. Concentración de partículas 0,3 µm para las salas muestreadas.

Partículas de 0,5 µm

La Figura 10 presenta los resultados de los muestreos de partículas de tamaño 0,5 µm (PM 0,5), expresados en cuentas/m³. Destaca nuevamente que la concentración de este tamaño de partículas es menor en la unidad de cuidados intensivos en comparación con las demás áreas muestreadas. Asimismo, se observa que, salvo en septiembre, la presencia de estas partículas es baja en la zona de hospitalización.

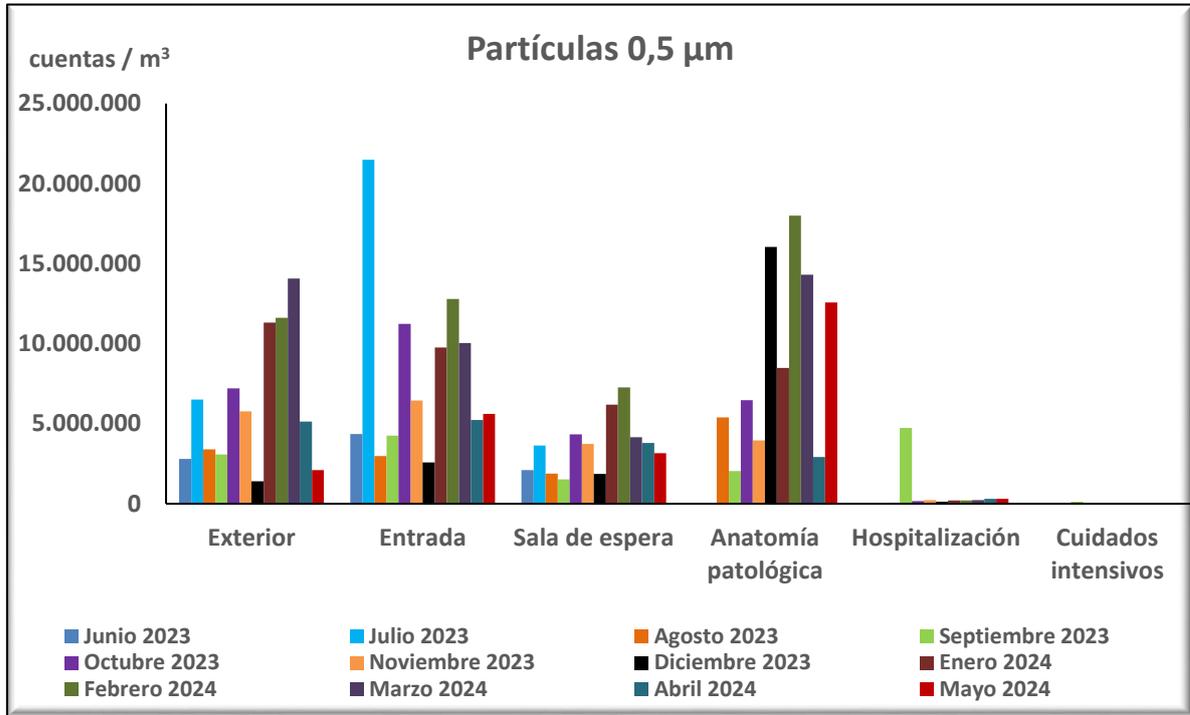


Figura 10. Concentración de partículas 0,5 µm para las salas muestreadas.

De acuerdo con la norma UNE 171330, para establecer un valor de referencia de las partículas de 0,5 µm, es necesario calcular el ratio entre la concentración de partículas/m³ en el interior y la concentración correspondiente en el exterior, utilizando las mismas unidades de medida. Este ratio no debe exceder el valor de 1,3. Como se muestra en la Figura 11, en reiteradas ocasiones dicho límite se supera en la entrada del hospital y en la zona de hospitalización, mientras que en el resto de las áreas este ratio solo se rebasa en la sala de anatomía patológica en el mes de mayo.

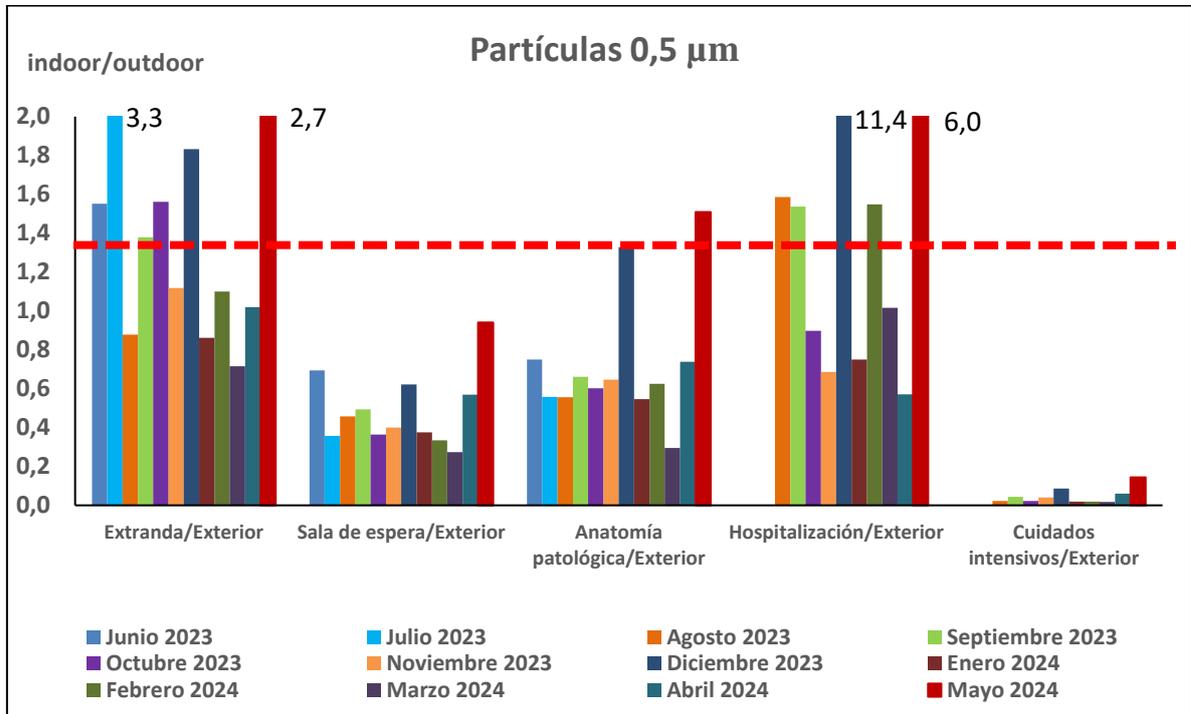


Figura 11. La gráfica representa el ratio entre la concentración de partículas/m³ en distintas salas del hospital en comparación con la concentración en el exterior, a lo largo de todos los meses de muestreo. En el eje vertical se muestran los valores del ratio para partículas de tamaño 0,5 µm, con una línea de referencia en 1,3, que representa el límite máximo según la norma UNE 171330.

Partículas de 1 µm

A continuación, en la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos del muestreo de partículas de 1 µm (PM 1) en cuentas/m³. Se vuelve a constatar la menor concentración de estas partículas en la sala de cuidados intensivos.

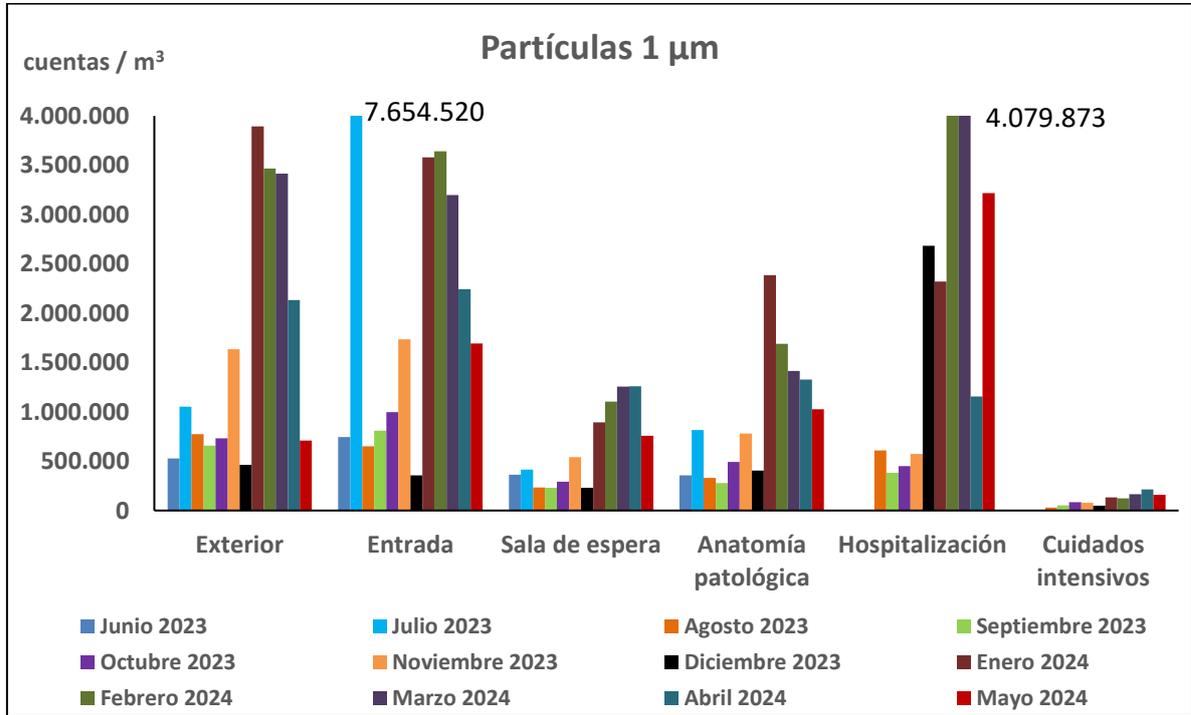


Figura 12. Concentración de partículas 1 µm para las salas muestreada.

Partículas de 2 µm

Los resultados para partículas del tamaño de 2 µm (PM₂) se encuentran representados en la Figura 12 en cuentas/m³. De nuevo, la sala de cuidados intensivos es la zona con menor concentración de partículas con respecto a las demás salas. También es interesante destacar la similitud en la medida de sala espera, anatomía patológica y hospitalización.

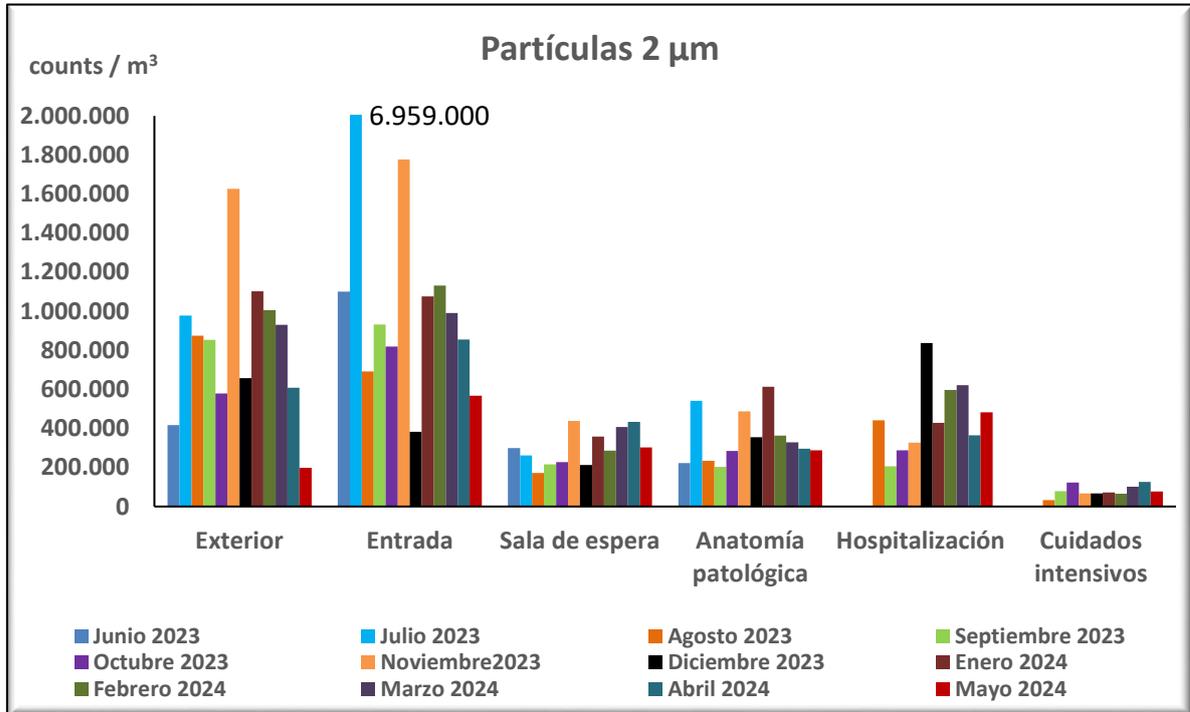


Figura 13. Concentración de partículas 2 µm para las salas muestreadas.

Partículas de 5 µm

La Figura 13 muestra los resultados para las partículas de 5 µm, expresadas en cuentas/m³. Se observa que la mayor concentración de partículas de este tamaño se encuentra en la entrada del hospital, superando incluso las concentraciones medidas en el exterior. A diferencia de las partículas de menor tamaño, en este caso la concentración en la unidad de cuidados intensivos no es significativamente más baja que en otras salas.

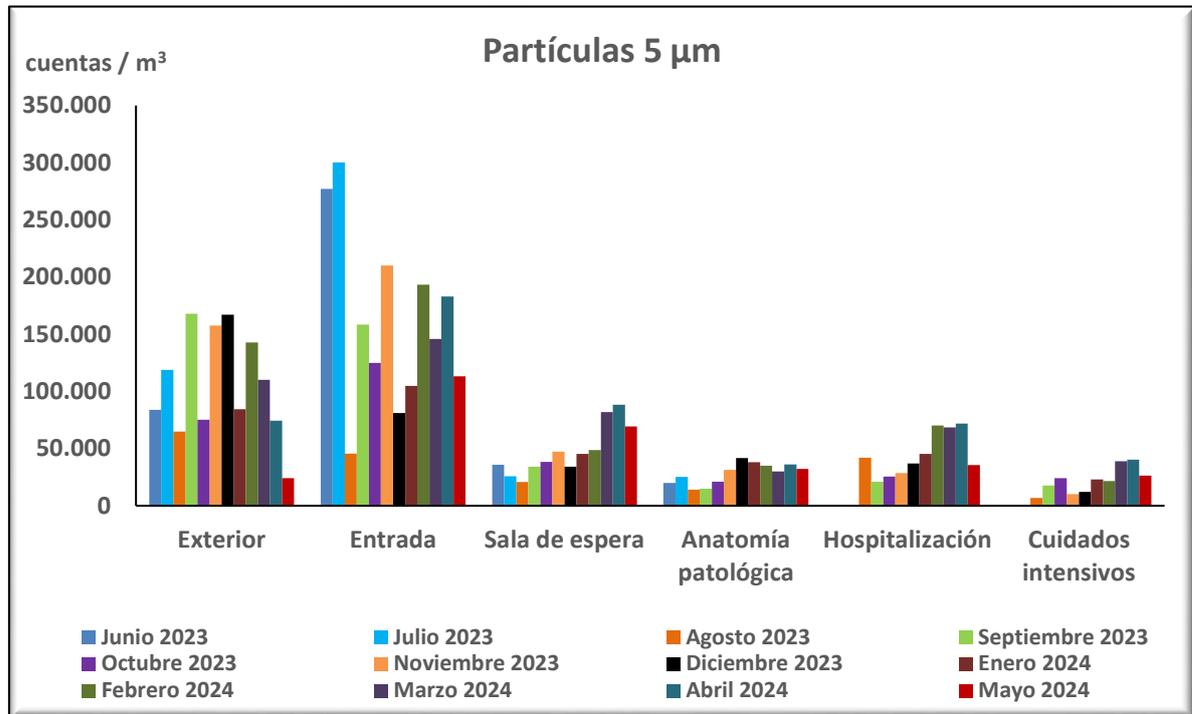


Figura 14. Concentración de partículas 5 µm para las salas muestreadas.

Al igual que para las partículas de 0,5 µm, en el caso de las partículas de tamaño 5 µm es necesario calcular el ratio entre la concentración en el interior y en el exterior, el cual no debe superar el valor de 0,9 según la norma UNE 171330. Este cálculo permite evaluar la calidad del aire en las diferentes áreas del hospital, verificando que las concentraciones en interior estén dentro de los límites aceptables. En los resultados se observa que este ratio se supera reiteradamente en la entrada del hospital, mientras que en las demás áreas solo se excede en mayo, excepto en la sala de espera que también es superado el mes de abril. Esta superación general del ratio en mayo se debe a un descenso en la concentración de partículas en el exterior durante ese mes.

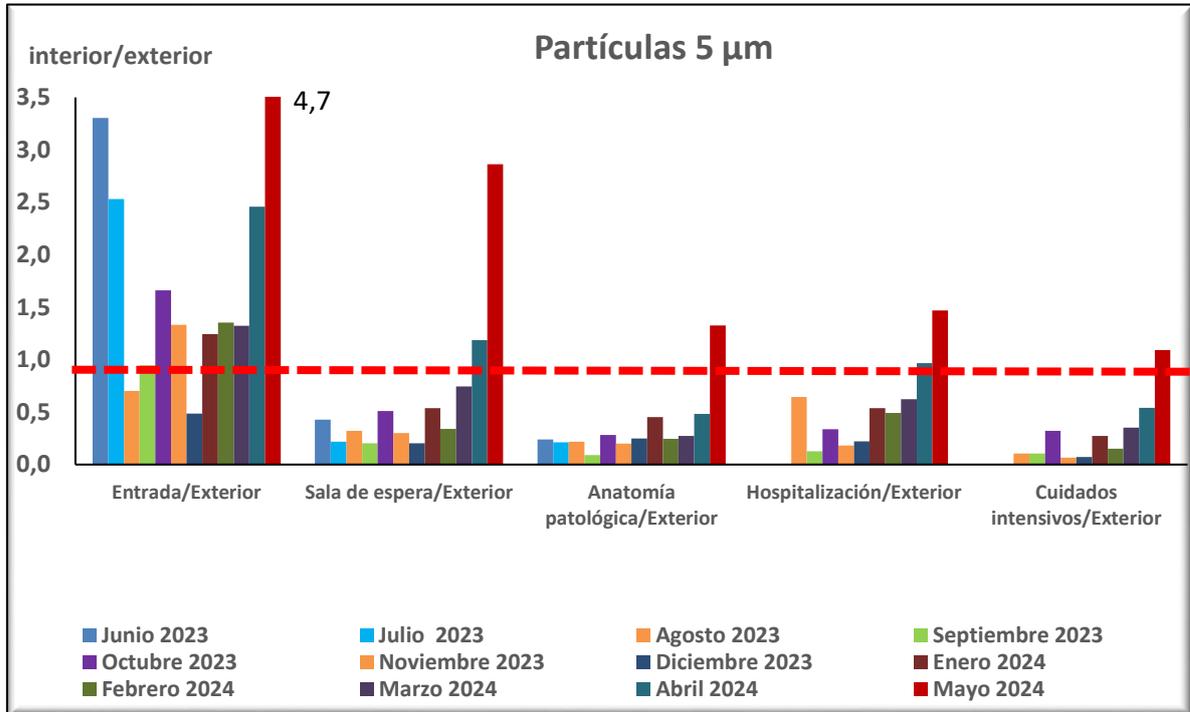


Figura 15. La gráfica representa el ratio entre la concentración de partículas/m³ en distintas salas del hospital en comparación con la concentración en el exterior, a lo largo de todos los meses de muestreo. En el eje vertical se muestran los valores del ratio para partículas de tamaño 5 µm, con una línea de referencia en 0,9, que representa el límite máximo según la norma UNE 171330.

Partículas de 10 µm

El mayor tamaño de partícula muestreado es de 10 µm y los resultados del muestreo se encuentran representados en la figura 14. Se puede observar como nuevamente las mayores concentraciones se encuentran en la entrada al hospital y, como ya ocurrió con el tamaño de partícula de 5 µm, no se observa una concentración especialmente baja de estas partículas en cuidados intensivos con respecto a otras salas muestreadas.

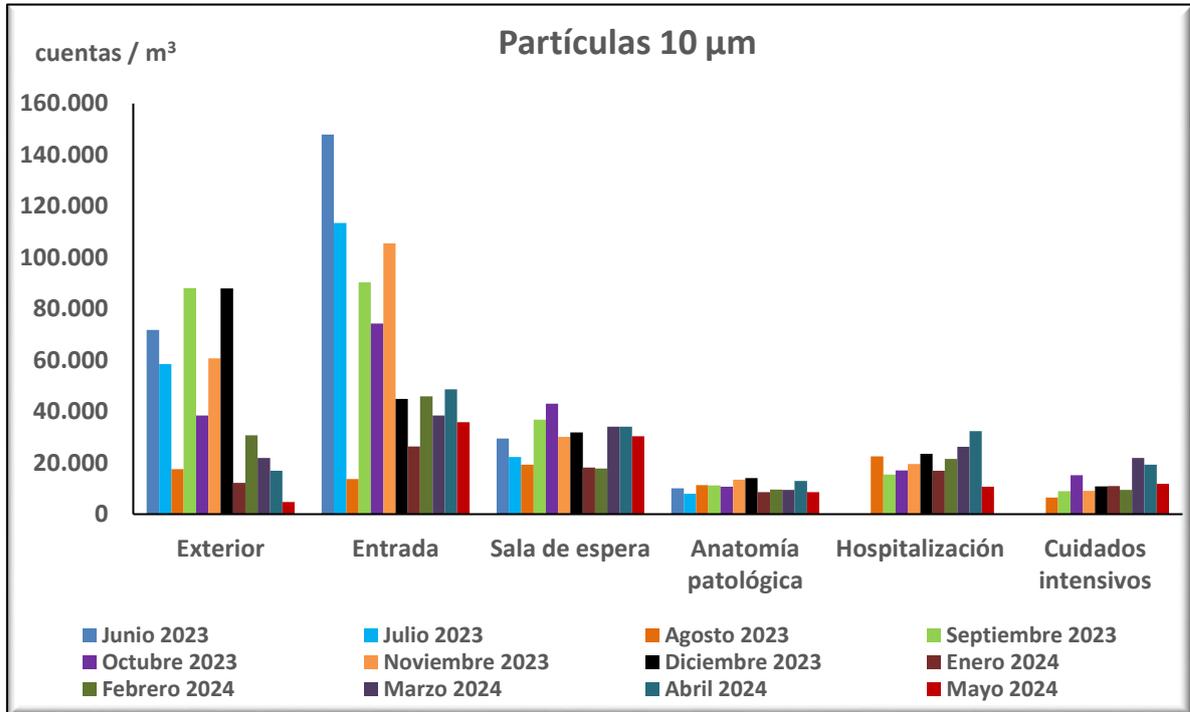


Figura 16. Concentración de partículas 10 µm para las salas muestreadas.

CONCLUSIONES

Siguiendo el mismo criterio de exposición por contaminantes, se presentan a continuación las conclusiones obtenidas en los muestreos realizados para el presente estudio.

Bioaerosoles

En los recuentos de UFC de las muestras tomadas para contabilizar las bacterias y hongos en suspensión, se observa que para bacterias sólo se rebasa levemente el valor aceptable que marca la norma UNE 171330 para un nivel de calidad de aire IDA 1, en los siguientes episodios puntuales: entrada (mayo), hospitalización (marzo) y en la sala de espera (marzo, abril y mayo).

En el caso de los hongos, sólo se rebasa ligeramente el umbral marcado por dicha norma en los siguientes episodios: sala de espera (enero), reiteradamente en la entrada (diciembre, febrero, marzo, abril y mayo) y puntualmente en la sala de anatomía patológica (mayo).

Compuestos orgánicos volátiles totales

Atendiendo a los compuestos orgánicos volátiles, para poder catalogar el estado de las distintas zonas del hospital por su concentración de COV totales, se ha basado en los niveles que establece la norma UNE177330 en sinergia con el RITE en cuanto al nivel de calidad de aire

necesario, que, para hospitales debe ser óptima con su marcado de categoría IDA 1. Atendiendo a esta clasificación, en el hospital, para mantener una situación de confort, no se debería superar la concentración de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Superada esta concentración, la zona entraría en un rango admisible si no llega a superar los $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Acorde a estos criterios, en el presente estudio, tan solo se ha observado, puntualmente, un rango aceptable de confort en la entrada, en la sala de espera y en cuidados intensivos en muestreos puntuales de noviembre, abril y mayo. En cuanto a las demás salas, se encuentran mayoritariamente en un rango aceptable según dicha norma (200 a $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Acorde a la norma UNE 177330, al superarse el nivel de confort, es recomendable realizar una identificación mediante captación con tubo adsorbente y análisis en laboratorio mediante cromatografía de gases.

Se debe resaltar la alta concentración de compuestos orgánicos volátiles observados en la sala de anatomía patológica. Estas medidas tan altas se deben, presumiblemente, a los compuestos volátiles, como el formol, empleados para la preparación y estabilización de las muestras.

Partículas

Las concentraciones de partículas mostraron variaciones significativas según los meses y áreas del hospital. En la unidad de cuidados intensivos, el control de calidad del aire fue excelente, lo cual confirma que esta zona cuenta con un sistema de filtración altamente eficaz, adecuado para la atención de pacientes en estado crítico. En cambio, en el hall de entrada y la sala de espera se observó una acumulación considerable de partículas, lo que señala la necesidad de optimizar los sistemas de filtración en estas áreas.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados proporcionados en este estudio han sido realizados en el marco del proyecto europeo K-HEALTHinAIR.

The K-HEALTHinAIR project, funded by the EU's Horizon Europe Programme, is making significant strides in understanding and improving indoor air quality (IAQ) and its health impacts. This innovative initiative is conducting extensive research through diverse pilot projects across Europe, integrating advanced IAQ monitoring techniques with public health research to tackle the effects of indoor air pollution on high-risk groups and the general population.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR. (2024). *UNE-EN-ISO-171330: Revisión de la calidad ambiental en interiores*. AENOR.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2013). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-1527>

CONAMA 2024

PROYECTO K-HEALTHINAIR. MONITOREO ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ENTORNOS HOSPITALARIOS: IMPACTO EN LA SALUD

Occupational Safety and Health Administration. (s.f.). *Occupational safety and health standards*. <https://www.osha.gov>

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Contaminación del aire. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1