

# Evaluación de un sistema de difusión de aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire en espacios Patrimoniales.

**Presentado por:**  
Julia Díaz Alonso

**Tutores:**  
María Pilar Bosch Roig  
José Luis Regidor Ros





# **Evaluación de un sistema de difusión de aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire en espacios Patrimoniales.**

Universitat Politècnica de Valencia

Facultad de Bellas Artes

Departamento de Conservación y Restauración de Bienes  
Culturales

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

**Autora:** Julia Díaz Alonso

**Tutora:** María Pilar Bosch Roig

**Co-tutor:** José Luis Regidor Ros



## RESUMEN:

Las partículas en suspensión y los microorganismos juegan un papel muy importante en el biodeterioro de las obras de arte de los Bienes Patrimoniales. Es por ello que, en este TFM, se ha diseñado una propuesta de sistema de mejora de la calidad del aire de espacios confinados empleando biocidas naturales.

Como punto de partida, se ha analizado la calidad del aire de la iglesia de los Santos Juanes, específicamente del Camarín de la Virgen de los Desamparados el cual cuenta con pinturas murales en su interior. Éstos espacios presentaban valores de microorganismos y partículas en suspensión superiores a los recomendados por la norma UNE 171330-2, lo que supone un peligro para las obras de arte que alberga.

Ante este problema, se ha diseñado una propuesta de mejora de la calidad del aire en el Camarín de la Virgen de los Desamparados mediante el uso de aceites vaporizados. Se ha investigado diferentes tipos de aceites esenciales óptimos para la disminución de microorganismos y partículas en suspensión, seleccionando finalmente los aceites esenciales de tomillo y de árbol del té. Se ha utilizado para su aplicación, un difusor exento de adición de calor y humedad en el ambiente.

La aplicación de este sistema se ha testado *ex-situ* para comprobar la efectividad de ambos aceites y el alcance de la difusión. Por último, el aceite esencial más efectivo se propone para su aplicación *in-situ* en el Camarín de la Virgen de los Desamparados.

**PALABRAS CLAVES:** aceites esenciales, árbol del té, tomillo, calidad del aire, Bienes Patrimoniales, biocidas naturales.



## ABSTRACT:

Suspended particles and microorganisms play a very important role in the bio-deterioration of works of art in Heritage Assets. That is why, in this TFM, a system proposal has been designed to improve the air quality of confined spaces using natural biocides.

As a starting point, the air quality of the Santos Juanes church has been analyzed, specifically the Camarín de la Virgen de los Desamparados which has mural paintings inside. These spaces had levels of microorganisms and particles in suspension higher than those recommended by the UNE 171330-2 standard, which is a danger for the works of art it houses.

In view of this problem, a proposal has been designed to improve air quality in the Camarín de la Virgen de los Desamparados by using vaporized oils. Different types of essential oils have been researched for the reduction of microorganisms and suspended particles, eventually selecting the essential oils of thyme and tea tree. A diffuser has been used for its application, free of added heat and humidity in the environment.

The application of this system has been tested *ex-situ* to check the effectiveness of both oils and the extent of diffusion. Finally, the most effective essential oil is proposed for application *in-situ* at the Camarín de la Virgen de los Desamparados.

**KEY WORDS:** essential oils, tea tree, thyme, air quality, cultural heritage, natural biocides.

# ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. METODOLOGÍA.....	9
3.1. BÚSQUEDA DOCUMENTAL.....	9
3.2. ESTUDIO DEL SISTEMA DE DIFUSIÓN SELECCIONADO.....	10
3.3. DETERMINAR PROTOCOLO DE MUESTREO: PUNTOS Y CALENDARIO DE MUESTREO.....	11
3.3.1. DISEÑO DE PROTOCOLO DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN. ....	12
3.3.2. DISEÑO DE PROTOCOLO DE MUESTREO PARA EL CONTROL DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE DIFUSIÓN. ....	14
3.4. PREPARACIÓN DEL MATERIAL MICROBIOLÓGICO.....	15
3.5. TOMA DE MUESTRAS.....	16
3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	17
3.7. ESTABLECER CONCLUSIONES.....	17
4. LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES: EL CAMARÍN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS. CONTEXTO HISTÓRICO-ARTÍSTICO.....	18
5. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	22
5.1. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN Y MICROORGANISMOS EN EL AIRE.....	23
5.2. CONTEXTO CLIMÁTICO-GEOGRÁFICO DE VALENCIA.....	24
6. MÉTODOS NATURALES PARA LA DISMINUCIÓN DE MICROORGANISMOS Y PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN.....	28

7. ANÁLISIS DE DATOS.....	32
7.1. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL DE LA IGLESIA DE SANTOS JUANES Y EL CAMARÍN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS. ....	33
7.1.1. ESTUDIO TERMO-HIGROMÉTRICO.....	33
7.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AIRE.....	34
7.1.3. ANÁLISIS DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN.....	44
7.2. ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA CA- LIDAD DEL AIRE.....	58
7.2.1. ESTUDIO DEL ACEITE ESENCIAL DE ÁRBOL DEL TÉ.....	58
7.2.2. ESTUDIO DEL ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO.....	63
7.2.3. ESTUDIO DE LA MEZCLA DE ACEITES ESENCIALES: AE DE ÁR- BOL DEL TÉ Y AE DE TOMILLO.....	67
8. CONCLUSIONES.....	72
8.1. CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
8.2. CONCLUSIONES DE LA DIFUSIÓN DE ACEITES ESENCIALES INSITU....	76
9. BIBLIOGRAFÍA.....	78
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	87
10. ANEXOS.....	90
ANEXO 1.....	91
ANEXO 2.....	103



# 1. INTRODUCCIÓN.

El cambio climático es un hecho cada vez más preocupante que, desde la era industrial se relaciona con la contaminación causada por la acción antropogénica. La contaminación atmosférica es la introducción a la atmósfera de sustancias con un efecto nocivo que, cuando alcanzan concentraciones lo suficientemente altas, tienen un fuerte impacto en la calidad del aire y puede afectar negativamente a la salud humana<sup>1</sup> <sup>2</sup>, así como a los Bienes Patrimoniales<sup>3</sup>. La calidad del aire indica cuán contaminado está el aire de una zona, por lo que es muy importante conocer el índice de calidad en cada una de ellas. En las ciudades se concentra un gran número de bienes patrimoniales sometidos a la acción continua de los agentes atmosféricos y a la acción biológica<sup>4</sup>. Estos dos factores facilitan la aparición de daños extrínsecos y aceleran los procesos de degradación propios de la materia intrínseca de los bienes, favorecidos a su vez por la acción de los factores ambientales (humedad, luz, temperatura, etc.).

Dentro de los contaminantes atmosféricos se encuentran los bioaerosoles y las partículas en suspensión, relacionado también con el microclima, el deterioro del Patrimonio y la salud pública. Se trata de una mezcla compleja de partículas en suspensión presentes en la atmósfera que pueden ser de diferente composición química y de distinta naturaleza física y biológica, como son los microorganismos, las esporas, ácaros, etc., que pueden presentar formas y tamaños variables. Estos contaminantes son un importante factor de biodeterioro del Patrimonio junto con los factores climáticos: agua, pH, presión osmótica, temperatura, el clima y la composición del aire<sup>5</sup>, que causan *cambios indeseables en las propiedades de un material causado por las actividades vitales de los organismos*<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> OMS (2018). [Consulta: 16-04-20] Disponible en: [https://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/es/](https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/es/)

<sup>2</sup> Publications Office of the EU. *Directiva 84/360/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1984, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales*. [Consulta: 16-04-20] Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/528ec084-3b51-44d4-8511-d9c612d6b651/language-es>

<sup>3</sup> AHMED, T., USMAN, M. y SCHOLZ, M. Biodeterioration of buildings and public health implications caused by indoor air pollution. En: *Indoor and Built Environment*. Vol. 27, Nº 6, 2018 p. 752–765. ISSN 1945-8339. DOI 10.1177/1420326X17690912

<sup>4</sup> HERMOSÍN, B. *Efectos de la contaminación atmosférica sobre el patrimonio histórico: Deposición de compuestos orgánicos y formación de costras negras sulfatadas*. SÁIZ JIMÉNEZ, C. (dir), GÓMEZ GUILLÉN, M. (tutor). Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, 1995. [Consulta: 27-03-20]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/81260/4/Efectos%20de%20la%20contaminación.pdf>

<sup>5</sup> BOSCH ROIG, M. P. *Caracterización del biodeterioro y desarrollo de nuevos tratamientos de limpieza aplicables a los frescos restaurados de Antonio Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Domenech Carbó, María Teresa (dir). Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2011. pp. 7-8

<sup>6</sup> HUECK, H.J.. The biodeterioration of materials—an appraisal. En: *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 48, no. 1, 2001, pp. 5-11. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/S0964-8305(01)00061-0. [Consulta: 16-11-2019] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305\(01\)00061-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305(01)00061-0).

Esta contaminación ambiental exterior puede ingresar al interior de edificios por infiltraciones, a través de sistemas de ventilación (naturales o artificiales) o incluso originarse dentro del propio edificio por combustión (por ejemplo mediante el uso de velas), los procesos de humedad y por los propios ocupantes del mismo, entre otros<sup>7</sup>. Todo ello puede llegar a modificar la calidad del aire causando el Síndrome del edificio enfermo, además de por una iluminación, temperatura y humedad inadecuada y por una ventilación insuficiente<sup>8</sup>. Si bien es cierto que el control de la calidad del aire de una ciudad es muy costoso, pues no depende solo de unos pocos, el aire interior de los edificios sí puede llegar a modificarse ya sea a través de sistemas de climatización o de la limpieza e incluso, tal y como propone Ahmed et al (2018)<sup>9</sup>, a través de la concienciación social sobre la importancia del control de la calidad ambiental.

En el campo de la conservación y la restauración existen productos destinados a la eliminación de suciedad, costas negras, hongos, bacterias, etc., de los bienes patrimoniales expuestos directamente a la contaminación, como es el caso de edificios, monumentos o esculturas, entre otros. La mayoría de ellos son productos que producen contaminantes químicos a la atmósfera aportando un efecto adverso tanto para el medioambiente como para la salud humana, sobre todo, la de los técnicos restauradores. Estos contaminantes presentan cierto grado de toxicidad y volatilidad que penetran al organismo por inhalación o contacto directo sobre la piel dependiendo de sus características físicas (productos gaseosos o líquidos)<sup>10</sup>.

Gracias al avance de la biotecnología y a su vinculación con la conservación y la restauración, existen alternativas para las limpiezas de los bienes patrimoniales no contaminantes que, además, no presentan grados de toxicidad para el medioambiente ni para la salud. Incluso, hay nuevos métodos de control de la calidad del aire, tanto exterior como interior, que permite conocer la contaminación existente en una zona

---

<sup>7</sup> CINCINELLI, A. y MARTELLINI, T.. Indoor Air Quality and Health. En: *International journal of environmental research and public health*, vol. 14, no. 11, 2017, pp. 1286. ISSN 1660-4601. DOI 10.3390/ijerph14111286.

<sup>8</sup> BERENGUER SUBILS, M<sup>a</sup> J. NTP 289: *Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 2019. [Consulta: 20-05-20]. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_289.pdf/7299d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_289.pdf/7299d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9)

<sup>9</sup> AHMED, T., USMAN, M. y SCHOLZ, M. Loc. Cit.

<sup>10</sup> LÓPEZ ROMÁN, Antonio. *Prevención de riesgos laborales en la investigación e intervención en Patrimonio Histórico*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y Editorial Comares, 1999, pp. 22-33. ISBN 84-8266-094-2.

determinada. Por otro lado, también se han testado diferentes tipos de biocidas naturales para la disminución de microorganismos presentes en los bienes<sup>11 12 13 14</sup>.

La ciudad de Valencia es una zona urbana donde el tránsito del tráfico rodado es continuo, a los alrededores de la ciudad hay muchos terrenos donde se llevan a cabo labores agrícolas, polígonos y fábricas dedicadas a la actividad industrial, un aeropuerto y un puerto marítimo muy concurrido. Todo esto hace que la cantidad de materia particulada (PM) y de gases tóxicos aumenten en dicha ciudad afectando a los bienes que comprende. Entre los muchos bienes que hay en Valencia, se encuentra la iglesia de los Santos Juanes ubicada en el centro histórico, cuyas últimas intervenciones se llevaron a cabo hace diez años de manera puntual. Actualmente se están realizando los estudios previos para su posterior intervención integral<sup>15</sup>, entre ellos, el estudio de la calidad del aire interior, exterior y de un espacio poco conocido como el camarín de la Virgen de los Desamparados.

Gracias a estos estudios preliminares, se ha podido desarrollar la presente investigación teniendo como motivación el estudio de la calidad ambiental y la disminución de microorganismos en el aire y partículas en suspensión a través de productos naturales que no presenten grados de toxicidad ni contaminantes al medio ambiente. Este proyecto se va a llevar a cabo en el Camarín de la Virgen de los Desamparados, un lugar confinado que no presenta ningún tipo de ventilación y está cerrado al público.

---

<sup>11</sup> KOZICS, K., BUČKOVÁ, M., PUŠKÁROVÁ, A. KALÁSZOVÁ, V., CABICAROVÁ, T. y PANGALLO, D. The Effect of Ten Essential Oils on Several Cutaneous Drug-Resistant Microorganisms and Their Cyto/Genotoxic and Antioxidant Properties. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 24, no. 24, 2019, pp. 4570. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules24244570.

<sup>12</sup> QUINTANA-OBREGÓN, E. A., PLASCENCIA-JATOMEA, M., GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. y CORTEZ-ROCHA, M. O. Inhibición del crecimiento de *Penicillium chrysogenum* por presencia de aceites de *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium cepa* y *Cymbopogon citratus*. En: *Revista mexicana de micología*, vol. 32, 2010, pp. 59-62. ISSN 0187-3180.

<sup>13</sup> TAMAYO, P.J. Evaluación in vitro de la actividad fungistática del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. En: *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 15, no. 1, 2014, pp. 7-14. ISSN 0122-8706.

<sup>14</sup> ZAPATA, B. Actividad in vitro anti-candida y anti-aspergillus de aceites esenciales de plantas de la familia piperaceae. En: *Scientia et Technica*, vol. 1, no. 33, 2007, pp. 247-249. ISSN 0122-1701.

<sup>15</sup> Gracias a la financiación de la fundación Hortensia Herrero.

## 2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

### 2.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general de este Trabajo Final de Máster es la evaluación de la efectividad de un sistema de mejora de la calidad del aire basado en la disminución de microorganismos y partículas en suspensión a través de la difusión en frío de aceites esenciales en espacios confinados del Patrimonio.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

A raíz del objetivo general, surgen otros específicos que se desarrollan en este trabajo.

- O.E.1 Analizar la contaminación microbiológica de los distintos espacios de la iglesia de los Santos Juanes como punto de partida para determinar los posibles factores que favorezcan su proliferación y así realizar la mejora de la calidad del aire.
- O.E.2 Seleccionar los aceites esenciales así como un sistema de aplicación o difusión del aceite esencial más adecuado para espacios patrimoniales que sea accesible y sostenible medioambiental y económicamente.
- O.E.3 Evaluar el efecto de la aplicación de los aceites y el sistema de difusión seleccionados para determinar cuál es el más óptimo para su aplicación en espacios patrimoniales
- O.E.4 Promover el uso de sustancias naturales en el campo de la conservación y restauración de Bienes Culturales.

### 3. METODOLOGÍA.

La investigación se va a llevar a cabo a través de la realización de diferentes actividades. Para lograr tanto el objetivo principal como los específicos se van a llevar a cabo tres etapas principales:

1. Estudios previos de la contaminación del aire en la Iglesia de los Santos Juanes y el Camarín de la Virgen de los Desamparados. Se trata del punto de partida de la investigación mediante el cual se diagnostica y confirma la existencia de un riesgo para conservación del espacio patrimonial.
2. Experimentación del sistema de difusión con diferentes aceites esenciales (AEs) en el laboratorio para la disminución o control de microorganismos en el aire.
3. Puesta en marcha<sup>16</sup> del sistema de mejora de la calidad del aire en el Camarín de la Virgen de los Desamparados, el cual queda en fase de diseño.

La metodología de trabajo de las distintas etapas son: búsqueda documental, determinar el protocolo de muestreo para cada etapa, elaboración de tablas para la toma de datos, preparación del material microbiológico, toma de muestras, análisis de los resultados y obtención de conclusiones.

#### 3.1. BÚSQUEDA DOCUMENTAL.

Este trabajo se inicia con la indagación de antecedentes de una investigación previa o publicación acerca de la mejora de la calidad del aire del Patrimonio Monumental a través de un sistema de difusión de aceites esenciales. Tras la búsqueda, no se han encontrado referencias relacionadas con este tipo de sistema concreto.

Para la selección del material destinado al sistema de difusión en frío de aceites esenciales, se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre el uso de aceites esenciales con fines biocidas en diferentes campos como la medicina, la alimentación, la conservación y restauración, etc., para comprobar los resultados que se han obtenido en cada caso y debatir si podría ser aplicable o no para este proyecto. Por otro lado, también se ha indagado acerca de los tipos de aceites esenciales que existen, su utilidad, modo de empleo y propiedades, con el fin de elegir los aceites que se van a evaluar. Además, se han examinado los diferentes

---

<sup>16</sup> Hay que destacar que, por motivos ajenos a la investigación, debido a la alerta sanitaria por la propagación del virus COVID-19, la tercera etapa de la investigación se ha tenido que posponer, no siendo posible su puesta en marcha en los plazos para la entrega del TFM. No obstante, la aplicación del sistema se pretende llevar a cabo a partir de mediados de septiembre, si las condiciones sanitarias lo permiten, para dar por finalizado el estudio al completo.

sistemas de difusión que existen y cuáles podrían ser compatibles a priori con los requisitos que se solicitan. Se trata de una tarea crucial en esta fase de la investigación ya que éste no debe aportar ni calor ni humedad al ambiente. Por todo esto, se han buscado, no solo artículos científicos, tesis o revistas científicas de aplicación de aceites esenciales, sino también en publicaciones de farmacias sobre la aromaterapia y aceites esenciales quimiotipados, entre otros.

Una vez establecido el diseño de la investigación, se debe realizar una búsqueda de normativas ISO, ASTM, RILEM, AENOR-UNE, con especificaciones técnicas con el fin de realizar los controles de eficacia de los procedimientos, y así obtener unos resultados unificados a nivel internacional, simples y especificados. De la gran variedad de normativas que existen, se va escoger únicamente aquellas que se adapten específicamente a la investigación que se va a llevar a cabo.

### 3.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DIFUSIÓN SELECCIONADO.

El sistema de difusión que se ha seleccionado es el difusor Nobilé, distribuido por la marca Pranarôm, que difunde los aceites esenciales puros en micropartículas sin llegar a calentarlos, capaz de aromatizar el aire de estancias entre 10 y 100 m<sup>2</sup>. Para comprobar sus características antes de someterlas a un espacio rodeado de obras murales, se han realizado dos estudios:

- Estudio termográfico. A través de una cámara termográfica ThermoVision™ A20-V, de la marca FLIR SYSTEM™ (Fig. 1 y 2), gracias a la colaboración del Doctor y Profesor de Telecomunicaciones de la UPV Ignacio Bosch Roig, se ha estudiado si existe algún tipo de emisión de calor a través de los aceites esenciales y, si es posible, observar qué alcance tienen los mismos. Tras este estudio se ha podido corroborar que el uso del difusor no varía la temperatura del ambiente y que las partículas del aceite liberadas no emiten calor.

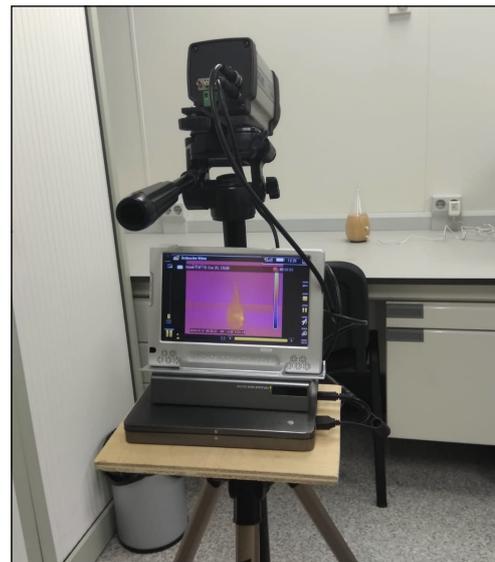


Fig. 1. Estudio termográfico del difusor.

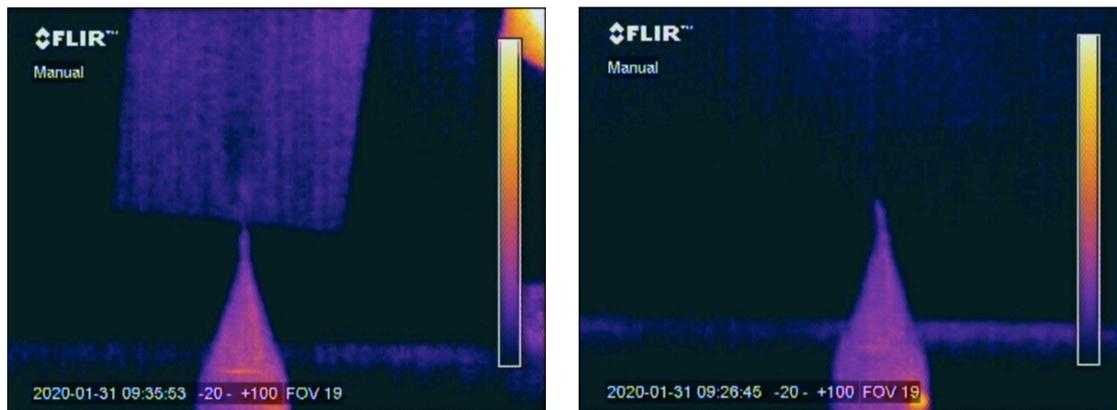


Fig. 2. Fotografías del difusor emitiendo AE de árbol del té obtenidas a través de la cámara termográfica.

- Estudio de alcance de aceites expulsados por el difusor. Ya que la difusión de aceites esenciales no se detecta por calor, se ha realizado un estudio de alcance mediante papeles absorbentes colocados a diferentes alturas durante un tiempo estimado de 10 minutos cada uno. Transcurrido ese tiempo, se observa que los únicos papeles secantes con restos de aceites han sido los colocados a 10 y 40 cm del difusor.

Gracias a estos estudios, se ha podido establecer la viabilidad de uso de este tipo de sistema en espacios patrimoniales a más de 40cm de distancia del difusor sin que llegue a depositarse partículas de aceites esenciales sobre las obras pictóricas del espacio.

### 3.3. DETERMINAR PROTOCOLO DE MUESTREO: PUNTOS Y CALENDARIO DE MUESTREO.

El control de la contaminación microbiológica y de partículas en suspensión se realiza tanto en los estudios previos de la iglesia y del Camarín, como en la fase experimental de control ambiental de microorganismos con aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire, ya sea *ex-situ* en los laboratorios, como *in-situ* en el Camarín de la virgen de los Desamparados.

### 3.3.1. DISEÑO DE PROTOCOLO DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN.

La estrategia de muestreo para la determinación de contaminación ha de llevarse a cabo tanto en la iglesia como en el laboratorio para establecer unos parámetros iniciales.

#### A. MUESTREO EN EL CAMARÍN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS Y EN LA IGLESIA DE SANTOS JUANES.

La medición de la contaminación microbiológica se plantea inicialmente a realizarse estacionalmente durante un año, sin embargo, el muestreo de primavera se ha visto afectado por motivos ajenos debido a la alerta sanitaria. Finalmente se han realizado tres muestreos (tabla 1):

*Tabla 1: Calendario de muestreo.*

	ESTACIÓN		
	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
FECHAS	27/09/2019	04/11/2019	25/02/2020

Los puntos de muestreo se han localizado en lugares estratégicos para obtener la mejor información posible. Para ello se ha recogido el plano de la planta de la iglesia (Fig. 3) y se ha localizado los puntos de muestreo según la superficie, orientación y zonas de mayor tránsito, de manera que se abarque la totalidad de la superficie de forma homogénea. En total se han escogido dieciocho zonas: tres del Camarín (este, centro y oeste), tres del exterior de la iglesia (calle Vieja de la Paja, plaza de Brujas y plaza de la Comunión de San Juan) y doce del interior: Capilla de san Francisco de Paula, Capilla del Patriarca San José, Capilla de Nuestra Señora del Pilar, Capilla de Santa Rita de Casia, puerta Oeste, Capilla de la Virgen de los Desamparados, Capilla del Santísimo Cristo de los Afligidos, Capilla de San Antonio Abad, Presbiterio, centro de la nave y dos en la Capilla de la Comunión (este y oeste).

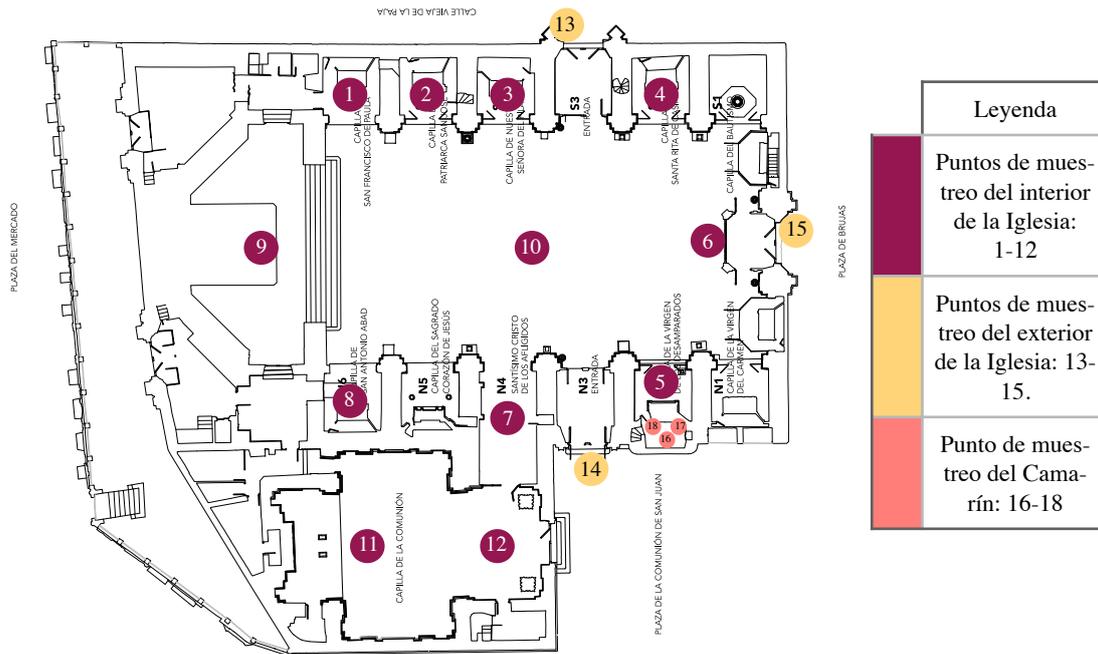


Fig. 3. Plano de la iglesia y puntos de muestreo (plano realizados por el arquitecto Carlos Campos).

## B. MUESTREO EN EL LABORATORIO.

La toma de muestra inicial para la medición de la contaminación en el laboratorio se ha realizado en diferentes salas del laboratorio de Biodeterioro, las cuales forman parte del Laboratorio de Técnicas de Examen no Destructivas del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia (IRP-UPV). Estas salas presentan características similares al Camarín de la Virgen de los Desamparados como sus dimensiones y la poca afluencia de personas.

Los puntos de muestreo varían según la sala y su orientación, pero siempre se trata de abarcar la superficie de manera homogénea, tomando una muestra en el centro y dos en los extremos (Fig. 4). Es muy importante que durante la experimentación el acceso a las diferentes salas sea el menor posible, restringiendo su acceso.

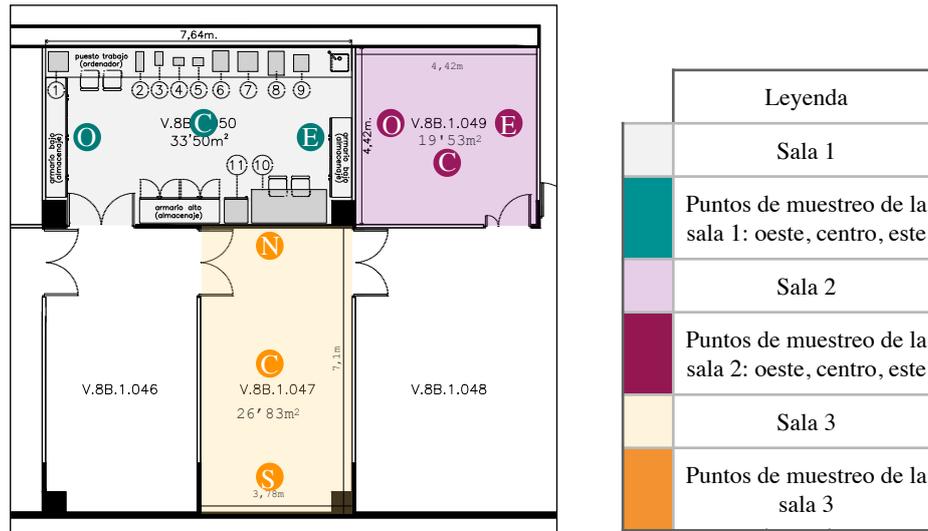


Fig. 4. Plano de las salas orientada según los puntos cardinales y puntos de muestreo (plano realizado por la arquitecta Nuria Salvador Navarro).

### 3.3.2. DISEÑO DE PROTOCOLO DE MUESTREO PARA EL CONTROL DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE DIFUSIÓN.

Una vez estudiada la calidad el aire de los distintos espacios a estudiar, se ha diseñado el protocolo de muestreo para comprobar la eficacia del sistema de difusión seleccionado. Por un lado, se ha comenzado con la difusión de aceites esenciales en el laboratorio y, una vez establecido todos los parámetros necesarios y comprobado la efectividad de cada aceite esencial, se ha diseñado el protocolo para el muestreo del Camarín de la Virgen de los Desamparados. Además, para la recogida de datos e información relevante, se han elaborado unas tablas específicas compatibles con las tres etapas de la investigación (Anexo 1 y 2).

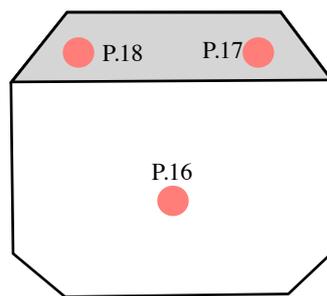
#### A. DISEÑO DEL PROTOCOLO DE MUESTREO PARA EL LABORATORIO.

La aplicación aceites esenciales mediante el sistema de difusión en frío se ha llevado a cabo de la misma manera en las tres salas del laboratorio. La difusión de los aceites se establece siguiendo las instrucciones del fabricante: se lava adecuadamente antes de cada aplicación, se añaden veinte gotas en total de AEs y se deja actuar durante dos horas. El ciclo consiste en la difusión continua de micropartículas durante dos minutos de AEs y se detiene durante un minuto; una vez transcurridas las dos horas el ciclo termina automáticamente.

El protocolo de muestreo para la determinación de la efectividad de los aceites esenciales consiste en una toma de muestra inicial, antes de aplicar los aceites ( $t=0$ ), una toma de muestra justo tras la aplicación del aceite ( $t=2$ ), y el resto se tomaron tras 3h de la toma de muestra inicial ( $t=3$ ), tras 4h ( $t=4$ ) y tras 24h ( $t=24$ ).

## B. DISEÑO DEL PROTOCOLO DE MUESTREO PARA EL CAMARÍN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS.

El protocolo de muestreo para el control de la eficacia del sistema de difusión planteado para el Camarín de la Virgen de los Desamparados es la última etapa de la investigación. Tras testar los diferentes aceites esenciales seleccionados en el laboratorio y establecer cuál es el más idóneo, se procede a la aplicación del sistema en el Camarín. El protocolo de muestreo es el mismo que se establece en las distintas salas del laboratorio. En cuanto a los puntos de muestreo (Fig. 5), se van a realizar tres, los mismos que se toman en los estudios previos.



*Fig. 5. Plano del Camarín y puntos de muestreo.*

### 3.4. PREPARACIÓN DEL MATERIAL MICROBIOLÓGICO.

Las diferentes etapas del proyecto se han de tomar muestras del aire, y para ello hay que preparar medios de cultivo para el estudio de los microorganismos en el aire. La preparación de los cultivos se lleva a cabo en el laboratorio. Se realizan dos tipos de cultivo (UNE 171330-2):

- Cultivo para hongos: se utiliza Sabouraud Chloramphenicol Agar (SAB), un medio de cultivo para los hongos que cuenta con un antibiótico para evitar, o al menos reducir, la proliferación de bacterias.

- Cultivo para bacterias: se emplea Plate Count Agar (PCA), un medio específico para la proliferación de bacterias.

Estos medios se diluyen en agua desionizada según las concentraciones que el fabricante indica y se introduce en la Autoclave HMC 25L, a 121°C durante 15-20 minutos para que los productos se disuelvan y esterilicen correctamente.

Una vez preparados los medios de cultivos, se colocan en las placas Petri, previamente marcadas, y se rellenan bajo la campana de flujo laminar que permite la esterilidad. Hecho esto, se dejan enfriar a temperatura ambiente hasta que gelifique y posteriormente se introducen las placas en la nevera hasta su utilización, de forma invertida, para evitar su contaminación y condensación de agua en superficie.

### 3.5. TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestra se realiza en cada una de las etapas. Se llevan a cabo tres tipos de mediciones distintas según su finalidad:

- Medidas de humedad y temperatura a través de un Datalogger (Registrador de datos Tzone TempU 03 multiuso Temp y RH para monitoreo de temperatura logística) para poder estudiar las variables que modifican los resultados entre una sesión y otra de muestreo (UNE-EN 16242).
- Medidas de partículas en el aire empleando un contador de Partículas láser móvil: Airy Technology P311, el cual muestrea de manera simultánea partículas de 0,3 $\mu$ m, 0,5 $\mu$ m y 5 $\mu$ m que hay en el aire durante un minuto de absorción (tasa de flujo de 2,83 L/min). Este estudio se ha realizado midiendo el número de partículas por minuto obteniendo valores del recuento acumulado ( $\Sigma$  PM) y del recuento diferencial ( $\Delta$  PM) de las partículas del aire (UNE 171330-2). El recuento acumulado es el número de partículas iguales o mayores que el tamaño de partícula seleccionado, mientras que el recuento diferencial es el número de partículas entre el tamaño seleccionado y el siguiente tamaño seleccionado. Es por ello que para este estudio, a pesar de anotar ambos resultados, se va a trabajar con el  $\Delta$  PM: recuento diferencial, ya que no combina tamaños de partículas en su conteo.
- Medidas de la contaminación microbiológica del aire utilizando SAS (Surface Air System) SUPER 100/180, en el cual se coloca una placa Petri con el cultivo deseado y aspira un caudal de aire controla-

do de 100L, que impacta directamente sobre la superficie de las placas Petri con los medios de cultivo para el aislamiento de microorganismos, lo cual permite un estudio cuantitativo (UNE 171330-2).

### 3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez tomadas las muestras, éstas se llevan al laboratorio y se introducen en una estufa (Binder) de dos a cinco días para cada tipo de microorganismos a una temperatura de 28°C.

Transcurrido el tiempo de incubación se cuentan (ISO 20391-1:2018 e ISO 20392-1:2019) las colonias de hongos y bacterias crecidas y se expresan los resultados como Unidades Formadoras de Colonias por m<sup>3</sup> de aire (UFC/m<sup>3</sup>). Además, se realiza un análisis cualitativo de los microorganismos que aparecen como el color, tamaño, textura, etc., realizando una toma fotográfica en cada placa.

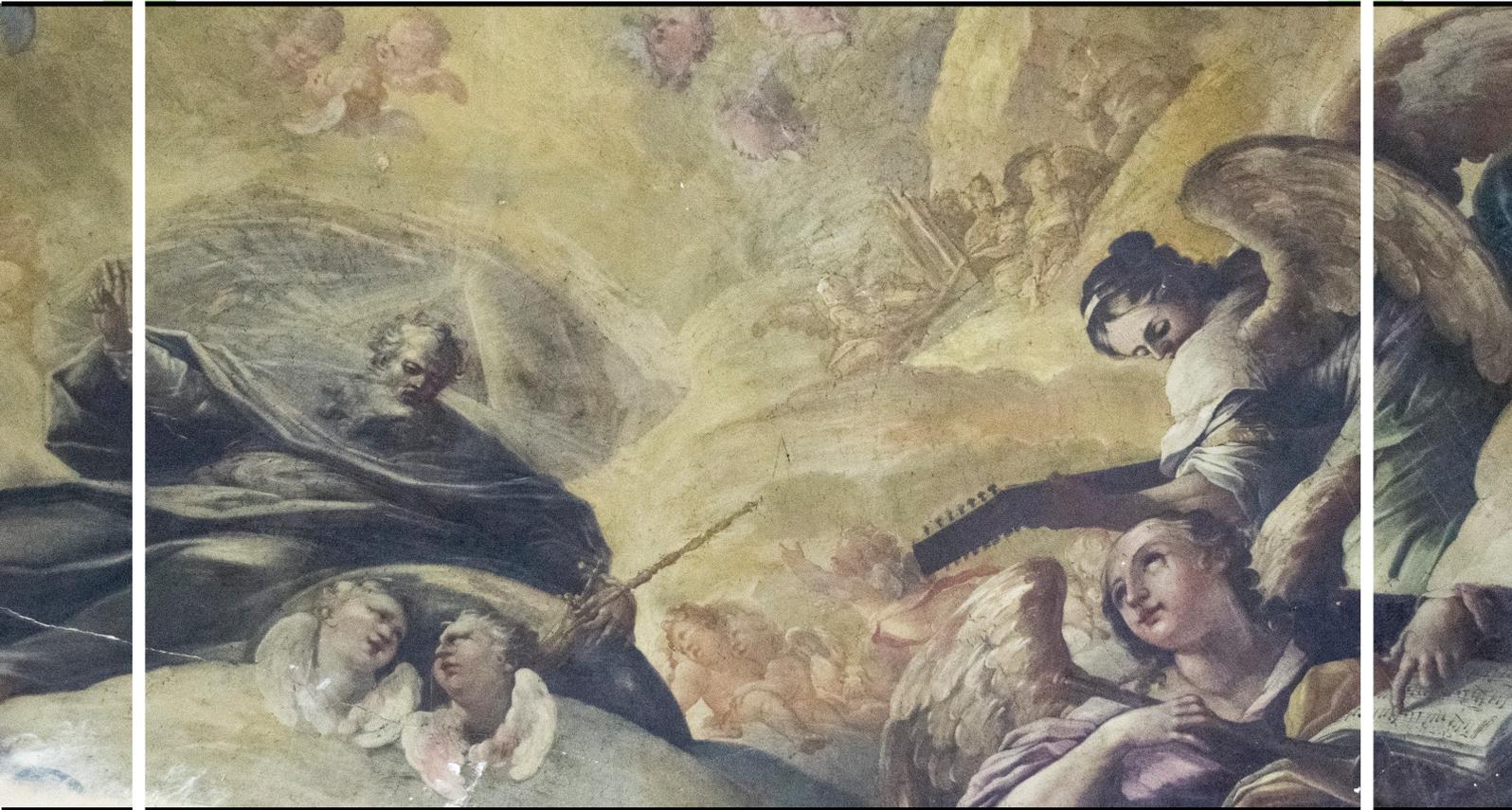
Tras el conteo y análisis de los microorganismos y partículas en suspensión, se llevan a cabo distintas comparativas de datos tomados desde la difusión del sistema hasta veinticuatro horas después. Para la realización de estas comparativas se utiliza una prueba estadística del Test de Student, la cual permite decir si la diferencia entre dos muestras es significativa y así poder determinar si las dos muestras poseen distribuciones de probabilidad de la media distinta o no. El resultado se denomina p-valor, y se compara con un valor de referencia menor de 0.05 para poder realzar la hipótesis nula, hipótesis que dice que ambos grupos de valores estudiados se comportan de la misma manera.

Los datos obtenidos hasta el momento se compilan en forma de gráficos, de modo que se pueda observar de manera cuantitativa los cambios que ha habido a lo largo la difusión de aceites esenciales y comprobar su efectividad de manera visual.

### 3.8. ESTABLECER CONCLUSIONES.

Una vez finalizados los resultados destacados del trabajo, se valoran y analizan para obtener conclusiones acerca de los mismos y así tener una visión más amplia acerca de la utilidad de productos naturales como aceites esenciales en la mejora de la calidad del aire en ambientes patrimoniales confinados.

4. La iglesia De Los Santos Jua-  
nes: el Camarín De La Virgen  
de los Desamparados. Contexto  
Histórico-Artístico.



El Camarín de la Virgen de los Desamparados se encuentra en la iglesia de los Santos Juanes en Valencia. Se trata de un templo que surge como reconversión de la cristianización de una de las antiguas mezquitas árabes, la mezquita de la Boatella, resurgiendo como iglesia en 1240 por el mandato del rey Jaume I tras la reconquista<sup>17</sup>. El edificio ha sufrido diversos cambios arquitectónicos a lo largo de la historia a causa de diferentes incendios que llevaron a la intervención del espacio y a su adaptación al estilo de la época. El aspecto actual Barroco que presenta el templo, se debe a la última modificación llevada a cabo en los siglos XVII y XVIII, en la que se reconstruyó la Capilla de la Comunión y se transformaron las trazas góticas en barrocas<sup>18 19</sup>.

El estado actual de conservación de la iglesia de los Santos Juanes se debe en gran medida al incendio producido durante la Guerra Civil en 1936, el cual tuvo como resultado una pérdida significativa de la superficie pictórica debido tanto a la acción del fuego como a su método de extinción, dando como resultado restos de pintura original ennegrecida<sup>20</sup>. Además de ello, a las zonas donde el fuego no afectó directamente, el efecto del calor también fue el causante del deterioro de la estructura intrínseca de las obras. Desde ese momento hasta la actualidad, se han realizado intervenciones en zonas puntuales del templo, pero éste continúa precisando de una intervención casi en su totalidad para el buen estado de conservación del mismo.

El espacio a tratar en este estudio es el Camarín de la Virgen de los Desamparados, un lugar dedicado al culto de la Virgen por la que recibe su nombre. Este se encuentra en la Capilla de la Virgen de los Desamparados, oculto tras el retablo de la misma, siendo visible desde la hornacina central. Esta Capilla se dispone en los pies de la iglesia en el lado del Evangelio, entre la capilla de la Virgen del Carmen, a su izquierda, y la entrada norte de la iglesia, a su derecha. En cuanto a la fecha de su construcción solo se tiene el dato del texto de Gil Gay: “*de él no se tienen más noticias que la consignada en la deliberación hecha por los Efectos en 1718, en la que en atención a haberse fabricado dicho Camarín, con las limosnas de algunos devotos, se comprometieron a ayudar con 30 libras*<sup>21</sup>”.

El Camarín *es una extensión axial discontinua con acceso indirecto, lo más comúnmente dispuesta encima y detrás del altar*<sup>22</sup>. Se trata del único espacio ubicado en una de las nueve capillas de la iglesia de los Santos Juanes formado por tres elementos claves: camarín, escalera y una pequeña sacristía. Para acceder al Camarín, hay una entrada en el lado derecho del retablo de la Capilla que va a dar a una pequeña sa-

<sup>17</sup> BOSCH ROIG, Op. Cit., pp. 1-7.

<sup>18</sup> ROIG PICAZO, P. y BOSCH REIG, I. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia: proceso de intervención pictórica 1936-1990*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1990. pp. 8 y 9

<sup>19</sup> VILAPLANA, D. y CONSELL VALENCIÀ DE CULTURA. *Arte e historia de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Valencia: Consell Valencià de Cultura, 1996. ISBN 8448212428.

<sup>20</sup> BOSCH ROIG, Loc. Cit.

<sup>21</sup> GIL GAY, M. *Monografía histórico-descriptiva de la Real Parroquia de los Stos. Juanes de Valencia*. Valencia: Tipografía de San José, 1909. pp. 58-59.

<sup>22</sup> KUBLER, G. *Ars hispaniae: historia universal del arte hispánico. Volumen decimocuarto, Arquitectura de los siglos XVII y XVIII*. Madrid: Plus Ultra, 1946. pp. 286-291.

cristía que custodia diversos objetos dedicados al culto y a su derecha, se encuentra una escalera acaracolada que da acceso al Camarín<sup>23</sup>.

El diseño de la arquitectura viene dada por su planta octogonal, también denominada ochavo, y por la cúpula que cubre al Camarín. Hay que resaltar en este punto que, antiguamente, el diseño de este espacio se caracterizaba también por el importante papel que desempeñaba la ventana que conectaba el Camarín con la plaza de la Comunión de San Juan. Esta ventana, o también denominada transparente, fue una de las primeras realizadas en la Península Ibérica, y estaba ubicada detrás de la escultura de la Virgen de los Desamparados, lo cual permitía la entrada de haces de luz dirigida, realizando así la visión de la imagen desde el punto del vista del espectador. Actualmente esta ventana se encuentra sellada y en la fachada se puede encontrar un panel de azulejos con una oración del Cardenal Benlloch a la Virgen de los Desamparados con una frase que dice: "Mare de Deu dels Desamparats no me desampares ni en la vida ni en la mort ni en el tribunal de Deu".

La ornamentación del Camarín está compuesta por la escultura de la Virgen de los Desamparados, una imagen que se repuso tras la posguerra, y por una pintura mural en la Cúpula. Los textos antiguos recogen la autoría de las pinturas religiosas de este espacio, dotándoles su atribución a José Camarón Bonanat (1731-1803), las cuales recibieron una primera restauración por el artista Don Honorio Romero Orozco<sup>24</sup>.

José Camarón, pintor, grabador e ilustrador, nació en Segorbe, Castellón, en 1731 y falleció en Valencia en 1803. Procede de una familia de artistas, cuya formación procede inicialmente del taller de su padre Nicolás Camarón. En 1752, se traslada a Madrid para completar su formación. Allí comienza una primera etapa en la que se dedicó a la pintura de paisajes, miniaturas y también a copiar a maestros barrocos como Tiziano, Rubens, Van Dyck y Murillo<sup>25</sup>. En 1754 regresa a Valencia, en donde la academia de Santa Bárbara lo nombró como profesor de pintura. Es en esta etapa cuando Camarón Bonanat trata en sus pinturas todos los géneros: de carácter religioso, profano, alegorías, retratos, paisajes y marinas; dominando, sobre todo, la técnica al caballete, la técnica al fresco, las miniaturas y el pastel<sup>26</sup>. Además, estuvo en constante relación con el mundo académico: en 1762 fue nombrado miembro de mérito de la Academia de San Fernando de Madrid y en 1768 formaba parte de los fundadores de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos<sup>27</sup>. En cuanto a pintura religiosa, se destacan los veinte retablos realizados en la catedral de Valencia, así como San Francisco confortado por los ángeles (1788), ubicado actualmente en el museo del Prado. Además, también llevó a cabo obras murales, como es el caso de la decoración mural de la iglesia de

---

<sup>23</sup> GARZÓN ALONSO, R. *Camarines antequeranos*. Madrid, 2000. [Consulta: 20-10-19] Disponible en <https://sites.google.com/site/camerinosenantequera/5-el-camarin-como-elemento-arquitectonico-religioso-con-entidad-propia>.

<sup>24</sup> Loc. Cit.

<sup>25</sup> MUSEO DEL PRADO. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/aprende/enciclopedia/voz/camaron-bonanat-jose/5b539bdc-b733-4100-9665-d0813f51f34a>. [Consulta 24-11-19]

<sup>26</sup> RODRÍGUEZ CULEBRAS, R. Paisajes y escenas de género en la obra del pintor José Camarón. En: *Millars: revista del Colegio Universitario de Castellón de la Plana*, Vol. 2, 2009. ISSN 0210-5683.

<sup>27</sup> ORELLANA, M.A. de y SALAS, X. *Biografía pictórica valentina o vida de los pintores, arquitectos, escultores y grabadores valencianos*. Valencia: París-Valencia, 1995. pp.408-415

Santo Tomás de Villanueva, realizadas con la técnica al fresco, que representan al Ángel Custodio y a los tres arcángeles, a Santo Tomás de Villanueva, a San Francisco de Asís, a San José y a San Pedro.

La pintura mural en cuestión hace recordar a una representación de Dios Padre en Gloria, rodeado por ángeles músicos, un óleo mural encargado de enmarcar escenográficamente la imagen de la Virgen de los Desamparados vista desde el exterior del retablo. La obra la compone Dios Padre sentado sobre nubes llevadas por querubines. En su mano izquierda, apoyada sobre un gran orbe, porta un cetro y sobre su cabeza, un nimbo triangular. Esta escena hace recordar a la obra de lápiz y pluma sobre papel *Dios Padre en Gloria de ángeles*<sup>28</sup> (Fig. 6 y 7) creado cerca de 1700 por Giuseppe María Rolli (actualmente entre los depósitos del Museo del Prado). Además, rodeando a Dios Padre, aparecen ángeles músicos y sobre él, el Espíritu Santo.



Fig. 6 y 7. Fragmento de la la pintura mural del Camarín de la Virgen de los Desamparados (izquierda), y obra de Giuseppe María Rolli<sup>29</sup> (derecha).

<sup>28</sup> MUSEO DEL PRADO. [Consulta: 25-06-20]. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/dios-padre-en-gloria-de-angeles/9d54790a-ac18-4023-82a3-cf522bdc00f0>.

<sup>29</sup> ROLLI, G.M. *Dios Padre en Gloria de ángeles*. [lápiz y pluma sobre papel, c.1700]. En: Colección Museo del Prado. [Consulta: 25-06-20]. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/dios-padre-en-gloria-de-angeles/9d54790a-ac18-4023-82a3-cf522bdc00f0>

## 5. Contaminación ambiental



## 5.1. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN, MICROORGANISMOS EN EL AIRE Y FACTORES AMBIENTALES.

La contaminación ambiental trae consigo la aparición tanto de bioaerosoles como de partículas en suspensión. Dentro de estas últimas se pueden encontrar suspensiones completamente heterogéneas de sólidos o gotas de líquido. Estas partículas se denominan partículas totales en suspensión (TSP) y se expresa como PM (materia particulada) con un subíndice que hace referencia al diámetro de partícula, en peso de partículas por volumen de aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Existen diversos tamaños de partículas, desde menos de  $0,1\mu\text{m}$  hasta  $50\mu\text{m}$  y dependiendo de su tamaño permanecen en el aire mayor o menor tiempo. Las partículas mayores de  $50\mu\text{m}$  no se consideran en suspensión pues caen inmediatamente por gravedad. Las mayores de  $10\mu\text{m}$  (partículas gruesas) caen rápidamente cerca de la fuente que las produce. Las comprendidas entre  $2,5$  y  $10\mu\text{m}$  (PM10), también denominadas partículas finas, pueden permanecer en el aire durante horas y desplazarse desde 100 metros hasta 40 kilómetros, y las partículas menores de  $2,5\mu\text{m}$  (PM2,5) pueden permanecer en suspensión semanas y pueden viajar cientos de kilómetros por las corrientes de aire y penetrar en los edificios a través de los sistemas de ventilación<sup>30</sup>.

Estos tipos de partículas pueden causar diferentes alteraciones según sus dimensiones. Las partículas más finas pueden causar decoloración, degradación de los componentes minerales de las rocas y suciedad superficial, mientras que las más gruesas pueden provocar el deterioro químico e incluso, favorecer el biodeterioro<sup>31 32 33 34 35</sup>.

Dentro de los bioaerosoles, se puede encontrar la contaminación por microorganismos, principales causantes del biodeterioro, de entre los que destacan los hongos y las bacterias. Las bacterias son unos orga-

<sup>30</sup> BOSCH ROIG, María Pilar. Control de la evolución de partículas en suspensión. En: ROIG PICAZO, P., CAMPOS GONZÁLEZ, C., BERNAL NAVARRO, J.C., REGIDOR ROS, J.L., MARCENAC, V., MADRID GARCÍA, J.A. y VALCARCEL ANDRÉS, J.C. *Intervención arquitectónica y pictórico-ornamental en la iglesia parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia*. Valencia, 2016. ISBN: 978-84-617-5628-5

<sup>31</sup> BÖKE, H.; GOKTURK, H.; CANER-SALTIK, E.; DEMIRCI, S. Effect of Airborne Particle on SO<sub>2</sub>-Calcite Reaction. En *Applied Surface Science*, vol. 140 (1999) 70-82.

<sup>32</sup> DEL MONTE, M., SABBIONI, C. et VITTORI, O. Airborne carbon particles and marble deterioration. En: *Atmospheric Environment (1967)*, Vol. 15, nº 5, 1981 p. 645-652. DOI 10.1016/0004-6981(81)90269-9

<sup>33</sup> DOLSKE, D.A. Deposition of atmospheric pollutants to monuments, statues, and buildings. En: *Science of the Total Environment*, vol. 167, no. 1, 1995 pp. 15-31. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/0048-9697(95)04566-J.

<sup>34</sup> DEL MONTE, M.; LEFÈVRE, R. A. *Particulate matter in the urban atmosphere*. En: Advanced Study Course «Sciences and Technologies of the materials and of the environment for the protection of stained glass and stone monuments». European Commission, Protection and Conservation of the European Cultural Heritage, Research report N° 14, pp. 99-107.

<sup>35</sup> RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; SEBASTIAN, E. *Role of particulate matter from vehicle exhaust on porous building stones (limestone) sulfation*. En: *Science of Total Environment*, Vol.187, 1996, pp. 79-91.

nismos unicelulares y procariotas de unos 0,5-5,0 $\mu$ m. Los hongos son organismos eucariotas, heterótrofos formados por filamentos llamados hifas que se unen formando micelios. Estos afectan a todo tipo de materiales, sobre todo a aquellos formados por sustancias orgánicas que les sirven de nutrientes. Pueden producir cambios de color, manchas, pérdida de resistencia de los materiales, corrosión de metales, pudrición, etc<sup>36</sup>. Además, la elevada presencia de microorganismos en el aire puede causar riesgos para la salud de las personas, teniendo en cuenta que los efectos son muy variables y dependen de múltiples factores como la susceptibilidad de las personas, el grado de exposición, etc...pudiendo generar inflamación, alergias, asma, tos y otras respuestas tóxicas<sup>37</sup>.

El efecto del biodeterioro depende del tipo microorganismo y su presencia depende, principalmente, de factores ambientales climáticos<sup>38</sup>. Dentro de estos últimos se encuentran: el agua, el pH, la temperatura, la composición del aire, el clima y la contaminación. El agua o la humedad relativa es imprescindible para la supervivencia de los seres vivos y por eso limita su crecimiento, como en el caso de los hongos, que según algunas fuentes, si se limita la HR al 65% su crecimiento debería acotarse<sup>39</sup>. Los factores ambientales influyen en el crecimiento biológico, ya que en zonas húmedas y cálidas favorecen la proliferación de microorganismos, mientras que las frías y secas la desfavorecen<sup>40</sup>.

## 5.2. CONTEXTO CLIMATOLÓGICO-GEOGRÁFICO DE LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES.

La iglesia de los Santos Juanes se encuentra en el casco histórico de la ciudad de Valencia ubicada en el Levante, es decir, al Este Peninsular. Como se ha adelantado en la introducción de este trabajo, el centro urbano de la ciudad es comúnmente transitada no solo por transeúntes, sino también por el tráfico rodado

---

<sup>36</sup> VIVÓ SORIA, E., 2016. *Metodología y técnicas aplicadas a la conservación preventiva en el ámbito del estudio microclimático de bienes de interés cultural*. ROIG PICAZO (dir). Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2016. S.l.: s.n. p.385

<sup>37</sup> AHMED, T., USMAN, M., SCHOLZ, M. Loc. Cit.

<sup>38</sup> PALLA, Franco y BARRESI, Giovanna. *Biotechnology and Conservation of Cultural Heritage*. 1st ed. Cham: Springer, 2016, p. V. ISBN 9783319461663. Disponible en: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE\\_ID\]/detail.action?docID=4810066](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID]/detail.action?docID=4810066).

<sup>39</sup> CANEVA, G., NUGARI, M.P. y SALVADORI, O. *La biología en la restauración*. Hondarribia; Sevilla: Nerea: Consejería de Cultura, 2000. ISBN 8489569487.

<sup>40</sup> BOSCH ROIG, Op. Cit., pp. 7-8

(origen principal de la contaminación en las ciudades)<sup>41 42</sup>. Además, a sus alrededores se encuentran auto-  
vías muy concurridas a ciertas horas del día.



Fig. 8. Mapa de la ciudad de Valencia indicando el casco histórico (naranja) con respecto al aeropuerto (azul), puerto (violeta) y terrenos para la actividad agraria (verde).

La ciudad cuenta con un puerto a unos 5 kilómetros del centro (Fig. 8, azul), por el cual circulan numerosos buques (921 en el año dos mil diecinueve según el *Boletín estadístico APV*<sup>43</sup>) con diferentes fines: transporte de mercancía, de personas, cruceros, Ferries, etc. Este espacio presenta un *Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Aglomeración ES1016: L'Horta y Área Metropolitana* para la disminución de partículas, entre otros, en el que se especifica que la cantidad de partículas anuales (sin precisar el tamaño) no debe superar las 3.180 Tn/año.

La capital también cuenta con un aeropuerto a unos 7 kilómetros de la iglesia (Fig. 8, violeta) para el tráfico de pasajeros, mercancía, aeronaves comerciales, etc. Esta es una zona de altas emisiones de contaminantes al medioambiente, de entre los que se encuentran la materia particulada (PM). Durante años, los resultados excedían los valores límite de PM10<sup>44</sup> en el aire ambiente, por lo que se elaboró un *Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire PNMCA*, en el que se contempla las medidas necesarias para reducir las emisiones de partículas, entre muchas otras. En él se estipularon unos límites tanto para PM2,5 como para PM10 que han de cumplirse<sup>45</sup>:

- PM2,5 anual: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2015-2019) y 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (a partir de 2020)
- PM10 anual: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>41</sup> RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; Sebastian, E. *Role of particulate matter from vehicle exhaust on porous building stones (limestone) sulfation*. En: *Science of Total Environment*, Vol.187, 1996, pp. 79-91.

<sup>42</sup> CHATOUTSIDOU, Sofia Eirini Y LAZARIDIS, Mihalis. Assessment of the impact of particulate dry deposition on soiling of indoor cultural heritage objects found in churches and museums/libraries. *Journal of Cultural Heritage* [en línea]. Elsevier Masson SAS, 2019, Vol. 39, p. 221-228. [Consulta: 28-04-20]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418305922>. DOI 10.1016/j.culher.2019.02.017

<sup>43</sup> BOLETÍN ESTADÍSTICO APV. *Autoridad portuaria de Valencia*, 2020. Consulta [16-04-20]. Disponible en: <https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Boletin-Estadistico-Febrero-2020-PBI.pdf>.

<sup>44</sup> MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. *Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire PNMCA*, pp. 2-3. Consulta [16-04-20]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/anuncios-oficiales/PNMCA\\_tcm30-186408.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/anuncios-oficiales/PNMCA_tcm30-186408.pdf).

<sup>45</sup> MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. Loc. Cit., pp. 1-2

Por otra parte, la ciudad está rodeada por terreros para las actividades agrarias (Fig. 8, verde), los cuales ocupan un total de 3.348 hectáreas, dedicando la mayoría de ellos a cultivos hortícolas<sup>46</sup>. Estos terrenos, suponen una fuente natural de contaminación, favorecido por la acción del viento, puesto que aportan materia particulada a las ciudades.

Otra fuente natural que influye en la calidad del aire son los eventos de intrusión transfronterizos de polvo africano que afecta de manera irregular según la dirección y fuerza del viento. Según los datos mensuales obtenidos del *Ministerio para la Transición Ecológica*<sup>47</sup>, en el que se identifican episodios naturales de PM10 y PM2.5 en superficie, los días de intrusión de polvo africano no coincidieron con los días de muestreo:

- Septiembre: los días del trece al veintiuno y el treinta, se han registrado episodios de aporte de partículas que pueden incrementar los niveles de PM en el aire ambiente.
- Noviembre, los días dos y tres se registran episodios de aporte de partículas que pueden incrementar los niveles de PM en el aire ambiente.
- Febrero, los días del ocho al diez y del veintisiete al veintinueve se predice la intrusión de masas de aire africano con partículas que pueden incrementar los niveles de PM en el aire ambiente.

En cuanto al clima, según la clasificación climática mundial Köppen<sup>48</sup>, Valencia tiene un clima estepario cálido, también conocido como clima mediterráneo. Éste se caracteriza por presentar unas temperaturas suaves en invierno y altas en verano y tener escasas e irregulares precipitaciones a lo largo del año. Además, cuanto más cercano al litoral, mayor humedad hay en el ambiente. En la ciudad de Valencia, según los resultados de la *Oficina de Estadística del Ayuntamiento de Valencia*<sup>49</sup>, durante el mes de septiembre de dos mil diecinueve, se registró una temperatura media de 24,3°C y una humedad relativa de 61%. En el mes de noviembre, la temperatura media disminuye hasta los 16,7°C y la humedad relativa media desciende hasta 46%. Y en febrero de dos mil veinte, la temperatura alcanzó los 15,6°C y la humedad relativa media ascendió hasta el 59%.

---

<sup>46</sup> GENERALITAT VALENCIANA. *Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Aglomeración ES1016: L'horta y Área Metropolitana*. L'Ajuntament de València, 2019, p. 3. [Consulta 16-04-20]. Disponible en: <http://www.valencia.es/ayuntamiento/>.

<sup>47</sup> Datos propiedad de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica, suministrados en el marco del "Encargo del Ministerio para la Transición Ecológica a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la detección de episodios naturales de aportes transfronterizos de partículas y otras fuentes de contaminación de material particulado, y de formación de ozono troposférico (7CAES010)". [Consulta: 25-04-2020]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/images/es/episodiosnaturales2019\\_tcm30-509077.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/episodiosnaturales2019_tcm30-509077.pdf) y [https://www.miteco.gob.es/images/es/episodios\\_actualizados\\_hasta\\_el28dejunio\\_de\\_2020\\_tcm30-510191.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/episodios_actualizados_hasta_el28dejunio_de_2020_tcm30-510191.pdf)

<sup>48</sup> SIMULACIONES Y PROYECTOS. *Clasificación climática mundial según Köppen*. Disponible en: <https://www.simulacionesyproyectos.com/blog-ingenieria-arquitectura/clasificacion-climatica/>. Consulta [16-04-20].

<sup>49</sup> GENERALITAT VALENCIANA. *Datos Estadísticos de la ciudad de Valencia*. L'Ajuntament de València: Área de gestión de recursos, 2019. Consulta [02-06-20]. Disponible en: <http://www.valencia.es/ayuntamiento/webs/estadistica/pdf/Dades202.pdf>. Consulta [16-04-20].



## 6. Métodos naturales para la disminución de microorganismos y partículas en suspensión.



Los fenómenos de biodeterioro en monumentos y edificios históricos son cada vez más comentados, no solo por los riesgos que suponen para la salud humana, sino también para el medioambiente y el patrimonio cultural. En la actualidad, este tema es cada vez más preocupante y se está tratando de encontrar soluciones sostenibles y naturales que eviten el uso de químicos sintéticos y la creación de residuos tóxicos. Los aceites esenciales son una gran alternativa en auge, por sus beneficios y posibilidades, que cumple con dichas prioridades. Muchos de estos presentan unas propiedades antibacterianas y antifúngicas, entre otros, que en difusión, podrían ayudar a disminuir la cantidad de microorganismos en el aire.

Los aceites esenciales (AEs) son sustancias líquidas muy concentradas, volátiles y aromáticas, provenientes de plantas o árboles. Algunas plantas son capaces de elaborar esencias para protegerse contra ataques bacterianos, de hongos, virus o parásitos del mundo exterior, por lo que cabría esperar que el aceite esencial beneficie al ser humano cumpliendo la misma función. Los AEs se obtienen por destilación por arrastre de vapor de agua a partir de plantas y árboles capaces de sintetizar esencias en cantidades suficientes<sup>50</sup>. Se trata de un proceso de elaboración en el que queda completamente excluido el uso de aditivos o diluyentes con el fin de mantener la pureza de la materia prima. La caracterización química de los AEs se puede realizar mediante diferentes técnicas analíticas como cromatografías de gases (CG), de capa fina (TLC), contracorriente (CPC), espectrometría de masas (MS), o resonancias magnéticas<sup>51</sup>.

El empleo de los AEs se remonta milenios atrás en China, India, Oriente Medio, Egipto, Grecia, América y África con el uso de la medicina basada en plantas. No fue hasta el siglo XX cuando se comenzó a utilizar la aromaterapia como parte de la medicina alternativa, en la cual se utilizaban compuestos vegetales y aceites esenciales para la mejora de la salud. Desde entonces, el empleo de aceites esenciales ha sido cada vez más conocido por su reputación y eficacia. Hoy en día, los AEs son muy utilizados o estudiados en campos como la aromaterapia, por difusión de aceites en el aire y su aplicación sobre la piel; farmacéutico, en uso de medicamentos naturales; alimentación, como conservantes por sus propiedades biocidas; y en medicina, para la mejora de la calidad del aire en ambientes hospitalarios, entre otros. Son muchas las áreas de conocimiento en las que se emplean aceites esenciales ya que la interacción con el ser humano,

---

<sup>50</sup> J JOVER, Antonia. *Aliviar el estrés con aceites esenciales: Soluciones fáciles para tu bienestar*. Barcelona: RBA INTEGRAL, febrero 2014, pp. 39-40. ISBN: 978-84-15541-78-3.

<sup>51</sup> BAUDOUX, D., BREDA, M.L. *Aceites esenciales quimiotipados: Aromaterapia científica*. Bruselas: Editions Amyris, 2018, p.8. ISBN: 2-919905-62-7.

siempre con un uso adecuado, presenta cualidades muy beneficiosas<sup>52 53 54</sup>. Por otro lado, en cuanto a estudios para la disminución de PM son más actuales y, por tanto, más escasos y enfocados a la mejora de la calidad del aire interior para la reducción de alergias en la mayoría de los casos.

En el campo de la conservación y restauración, en cambio, se han empleado principalmente como biocidas en probetas de cepas aisladas de bacterias y hongos obtenidas del entorno u obra a intervenir. Se trata, por tanto, de estudios *in-vitro* para conocer la efectividad de diferentes aceites esenciales<sup>55 56 57 58</sup>, puesto que el empleo directo sobre obras de arte precisa de un estudio previo que permita comprender cómo interactúan estas sustancias con los sustratos a largo plazo. Estos estudios han dado muy buenos resultados con muchas posibilidades a la espera de una mayor profundización en cómo y qué aceites emplear.

En este TFM se ha recogido información de todos los campos de estudios para poder diseñar un proyecto para la mejora de la calidad del aire en Patrimonio. Hasta ahora, los estudios se han centrado principalmente en la disminución de partículas *in-vitro*, pero esta investigación pretende dar un paso adelante para reducir la preocupación por la aparición de microorganismos y su posterior biodeterioro de los Bienes Culturales *in-vivo*, mejorando el aire circundante con productos naturales y no tóxicos.

Tras una indagación exhaustiva de diferentes tipos de aceites esenciales óptimos para la reducción de microorganismos, compatibles con el sistema de difusión seleccionado y, además, con certificado Bio (producto de la agricultura ecológica), se ha reducido la búsqueda a dos aceites esenciales: AE de árbol del té

---

<sup>52</sup> PIERRON, C. *Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France: exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs*. S.l.: HAL CCSD, 2014, pp. 155-156.

<sup>53</sup> CAMPO VELASCO, July Alexandra y VANEGA MAHECHA, Pedro. Evaluación de aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) como microbicidas y conservantes en mazorcas tiernas de maíz (*Zea mays* L.). En: *Acta agronomica (Palmira)*, vol. 61, no. 5, 2012. pp. 43. ISSN 0120-2812.

<sup>54</sup> ANDRADE-OCHOA, Sergio, SÁNCHEZ-TORRES, Luvia E., NEVÁREZ-MOORILLÓN, Guadalupe Virginia, CAMACHO, Alejandro D. y NOGUEDA-TORRES, Benjamín. Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. En: *Biomédica*, vol. 37, N° 2, 2017 pp. 224-243. ISSN 0120-4157. DOI 10.7705/biomedica.-v34i2.3475.

<sup>55</sup> FIDANZA, M. R. y CANEVA, G. Natural biocides for the conservation of stone cultural heritage: A review. En: *Journal of Cultural Heritage*. Elsevier Masson SAS, 2019, Vol. 38, p. 271-286. ISSN 1296-2074. DOI 10.1016/j.culher.2019.01.005

<sup>56</sup> GÓMEZ de SARAVIA, S. G., BORREGO, S., LAVIN, P., VALDÉS, O., BATTISTONI, P., GUIAMET P. Aceites esenciales y extractos vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental Argentino y Cubano. En: *2do. Congreso Iberoamericano y X Jornadas "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"*. La Plata, Argentina: COIBRECOPIA, 2011.

<sup>57</sup> PALLA, F., BRUNO, M., MERCURIO, F., TANTILLO, A. y ROTOLO, V. Essential Oils as Natural Biocides in Conservation of Cultural Heritage. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 25, no. 3, 2020, pp. 730. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules25030730.

<sup>58</sup> VENERANDA, MARCO, BLANCO-ZUBIAGUIRRE, LAURA, ROSELLI, GRAZIELLA, DI GIROLAMI, GIUSEPPE, CASTRO, KEPA y MADARIAGA, JUAN MANUEL. Evaluating the exploitability of several essential oils constituents as a novel biological treatment against cultural heritage biocolonization. *Microchemical Journal*, vol. 138, 2018, pp. 1-6. ISSN 0026-265X. DOI 10.1016/j.microc.2017.12.019.

y AE de tomillo, y una mezcla de ellos debido a la posible sinergia que existe en la combinación de estos productos.

El AE de árbol del té, *Melaleuca alternifolia* (Fig. 9), proviene de la destilación de las hojas de la planta del árbol del té, originaria de Australia. Sus moléculas aromáticas principales son terpinen-1-ol-4 y el  $\gamma$ -terpineno, causantes de sus propiedades principales: antibacteriano, fungicida, parasiticida, antiviral, etc. Por su parte, el AE de tomillo, *Thymus Vulgaris* (Fig. 10), se obtiene de la destilación de las flores del tomillo. Su molécula aromática principal es el linalol, la cual aporta grandes beneficios antibacterianos, fungicida y antiviral entre otros.

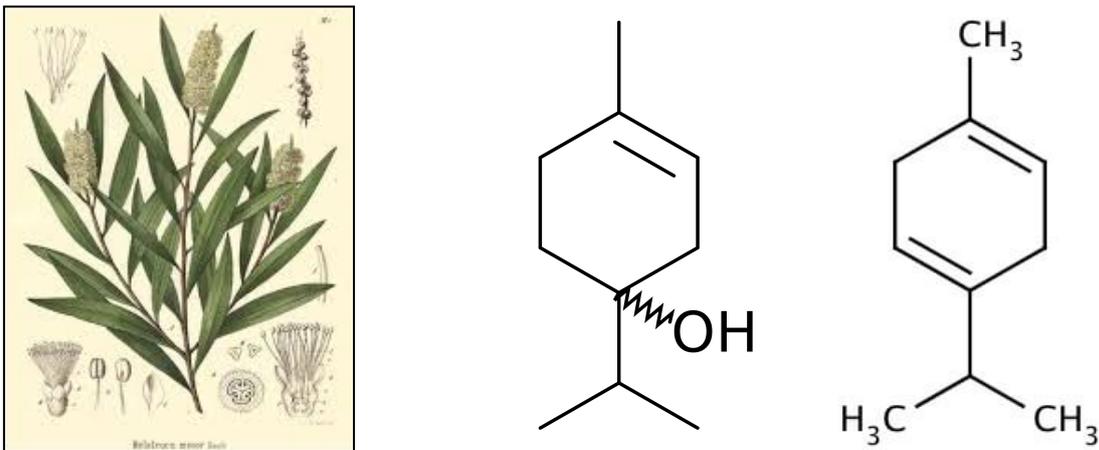


Fig. 9. Ilustración de *Melaleuca alternifolia* (izquierda) y sus moléculas aromáticas principales: terpinen-1-ol-4 (centro) y  $\gamma$ -terpineno (derecha).

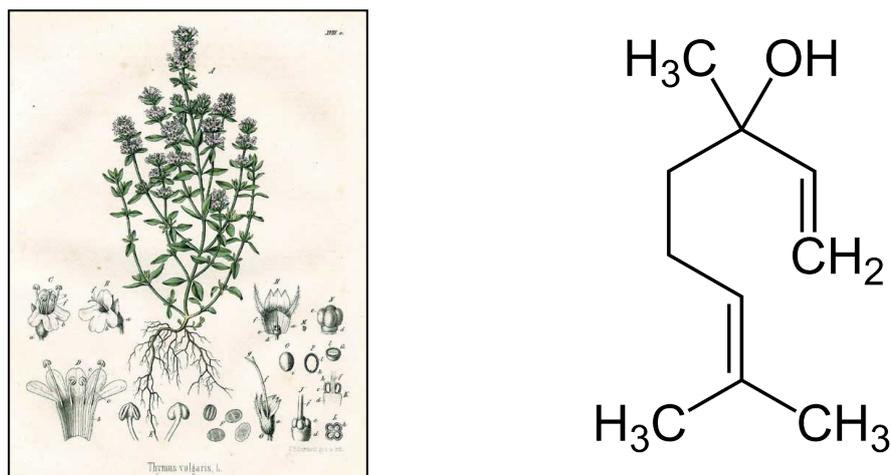


Fig. 10. Ilustración de *Thymus Vulgaris* (izquierda) y su molécula aromática principal: linalol (derecha).

## 7. Análisis de datos.



## 7.1. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL DE LA IGLESIA DE SANTOS JUANES Y EL CAMARÍN DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS.

Las condiciones ambientales de un espacio patrimonial deben ser cuidadosamente reguladas y controladas para comprobar la existencia o no de riesgo de biodeterioro. Es por ello que en este TFM se han realizado mediciones de microorganismos, partículas en suspensión, humedad y temperatura en los meses de septiembre, noviembre y febrero, cada uno perteneciente a una estación con características ambientales diferentes, para conocer cómo evoluciona la calidad del aire. Todos los datos obtenidos aparecen en el Anexo 1 (pág. 91).

### 7.1.1. ESTUDIO TERMO-HIGROMÉTRICO.

La humedad y la temperatura varían en función de su ubicación y las características del entorno. En esta fase del proyecto se han realizado unas mediciones de dichos parámetros tanto en el interior de la iglesia como en el Camarín de la Virgen de los Desamparados mediante el Datalogger Tzone TempU 03 para conocer cómo varía a lo largo de dichos meses (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios estacionales de temperatura y humedad relativa en el interior de la iglesia y del Camarín.

ESTACIÓN	INTERIOR DE LA IGLESIA		CAMARÍN	
	TEMPERATURA (°C)	HR (%)	TEMPERATURA (°C)	HR (%)
Verano	26,7	60,6	26,4	68,1
Otoño	22,7	54,7	22,4	62,1
Invierno	16,2	63,9	15,3	69,2

Las medidas del interior de la iglesia fueron tomadas en el día de la toma de muestra, por lo que son meramente orientativas ya que, para poder obtener unos resultados más concluyentes, sería necesario un muestreo, al menos, diario para comprobar las fluctuaciones de humedad y temperatura en el interior de la iglesia. Si comparamos los valores medios de temperatura en las 3 estaciones en los dos espacios estudiados, se puede comprobar que son muy similares. Sin embargo, si se comparan los valores medios de humedad relativa, éstos son mayores en todas las estaciones en el camarín (Tabla 2).

En relación a la variación de la humedad y temperatura dentro del Camarín de la Virgen de los Desamparados (Fig. 11), se observa que los valores de humedad superan el % potencialmente de riesgo (>65%) tanto en septiembre como en febrero, mientras que las temperaturas registran valores entre 11,7°C y

26,4°C. Sería conveniente estudiar los resultados obtenidos con mayor profundidad puesto que las altas temperaturas de verano y la superación de los límites de la humedad relativa implican un posible riesgo para el BIC y sus materiales constituyentes.



Fig. 11. Gráfico de líneas mostrando los valores de la humedad (HR%) y la temperatura (°C) presentes en el Camarín de la Virgen de los Desamparados.

### 7.1.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AIRE.

El estudio de microorganismos se lleva a cabo a través del conteo de hongos y bacterias en el espacio. No existe una normativa específica que indique los niveles de microorganismos en el interior de iglesias y monumentos, por lo que se ha utilizado unas recomendaciones y normas internacionales para ambientes interiores: la UNE 171330-2:2014<sup>59</sup> y la UNE 100012:2005<sup>60</sup>.

<sup>59</sup> AENOR, *Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior*. UNE 171330-2:2014. Madrid: AENOR (2014) pp.11-12.

<sup>60</sup> AENOR, *Higienización de sistemas de climatización*. UNE 100012:2005. Madrid: AENOR (2005) p.7.

• HONGOS.

Los resultados de hongos obtenidos del **interior de la iglesia** (Fig. 12) demuestran de una forma más evidente la gran diferencia que existe entre los resultados del muestreo de invierno con respecto a los de verano y otoño, siendo esta última estación la única que presenta en todos sus puntos de muestreo valores por debajo de los límites de confort establecidos ( $<200 \text{ UFC/m}^3$ )<sup>61</sup>.

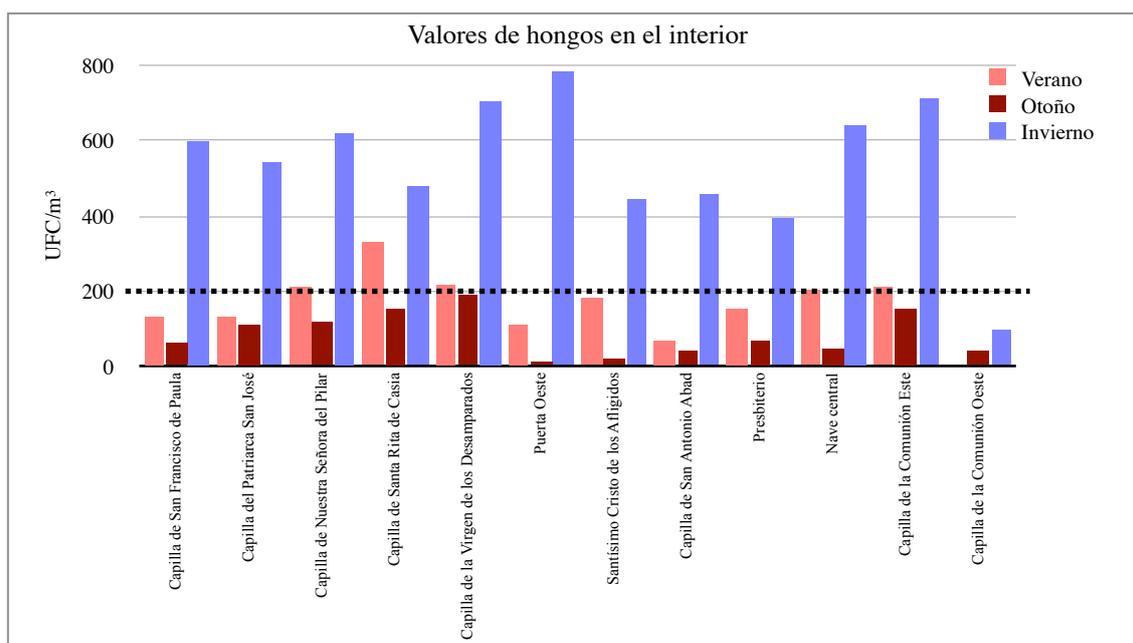


Fig. 12. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos<sup>62</sup> ( $\text{UFC/m}^3$ ) presentes en el aire del interior de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

En verano se encuentran entre los  $70 \text{ UFC/m}^3$  y los  $330 \text{ UFC/m}^3$ . Las zonas donde los valores de hongos sobrepasan los límites son: la Capilla de Nuestra Señora del Pilar ( $210 \text{ UFC/m}^3$ ), la Capilla de la Virgen de los Desamparados ( $220 \text{ UFC/m}^3$ ) y la Capilla de la Comunión Este ( $210 \text{ UFC/m}^3$ ). Como se puede comprobar, a excepción de la Capilla de Santa Rita de Casia, todos los demás valores sobrepasan mínimamente los límites de confort.

<sup>61</sup> AENOR (2014). Loc. Cit.

<sup>62</sup> Siguiendo la normativa UNE 171330-2:2014, en la que establece que al menos el 75% de los puntos analizados se debe encontrar por debajo de los valores límite ( $<200 \text{ UFC/m}^3$ ), se puede comprobar que en verano, aunque la media de valores está por debajo de ese límite, sólo el 63,63% cumplen esta norma. En invierno, estas recomendaciones tan solo ocurren en el 8,33% de los puntos de muestreo. Otoño, por lo contrario, cumple esta normativa en el 100% de los casos.

En otoño, todos los valores se encuentran dentro de los límites recomendados, siendo la puerta Oeste (10 UFC/m<sup>3</sup>) el punto de muestreo con resultados más bajos y la Capilla de la Virgen de los Desamparados (190 UFC/m<sup>3</sup>) los que aportan un conteo más alto de hongos.

En invierno, de todos los puntos de muestreo se obtuvieron resultados superiores al límite de confort, exceptuando la Capilla de la Comunión Oeste, cuyos valores alcanzaban las 100 UFC/m<sup>3</sup>. El número de unidades formadoras de colonias de hongos más alto se contabiliza en la puerta Oeste (780 UFC/m<sup>3</sup>), un dato a recalcar puesto que en la toma de muestra de otoño en ese mismo punto se contabilizaba el número más bajo de hongos.

En el caso del **Camarín de la Virgen de los Desamparados** (Fig. 13), tanto en verano como en otoño, el 100% de los puntos de muestro presentan valores por debajo de los límites de confort (<200 UFC/m<sup>3</sup>), mientras que en invierno, ninguno de ellos cumplen dichas recomendaciones. Además, otoño presenta los resultados más bajos, seguido de verano, con unos valores ligeramente más altos.

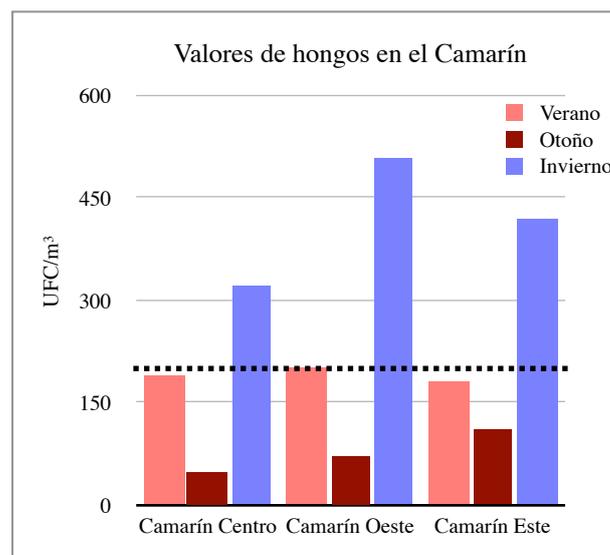


Fig. 13. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados (<200UFC/m<sup>3</sup>).

En cuanto a los resultados del **exterior** (Fig. 14) no existe ninguna norma que estipule las recomendaciones límites en estos parámetros, únicamente la normativa UNE 100012:2005<sup>63</sup> indica que “el aire interior no debe contener una concentración de bacterias superior a 200 UFC/m<sup>3</sup> respecto a la concentración exte-

<sup>63</sup> AENOR (2005). Loc. Cit.

rior”, recomendación que se cumple en todos los casos. Invierno es la estación que mayor número de colonias presenta, seguido de verano y finalmente otoño, con la menor concentración de este tipo de microorganismos.

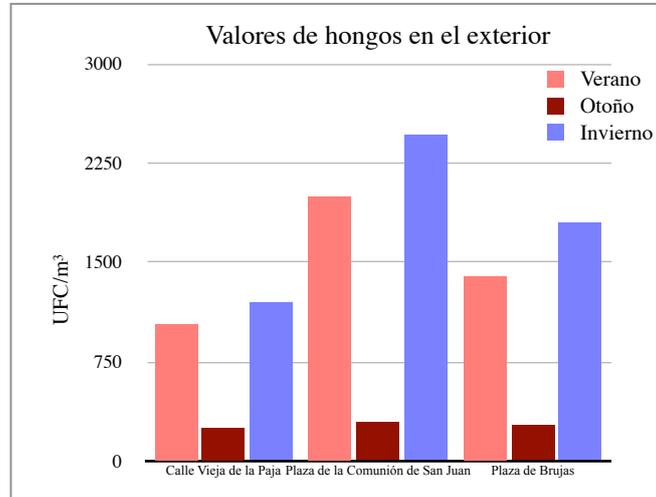


Fig. 14. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del exterior de la iglesia de los Santos Juanes.

En cuanto a los **valores medios** de cada zona (Fig. 15), en verano y en otoño, tanto en el interior como en el camarín se encuentran por debajo de los valores límites (<200 UFC/m<sup>3</sup>). El resto sobrepasan las recomendaciones establecidas: en invierno se contabilizan una media de 538 UFC/m<sup>3</sup> en el interior, 1.817 UFC/m<sup>3</sup> en el exterior y 417 UFC/m<sup>3</sup> en el camarín; en verano hay un recuento medio de 1.473 UFC/m<sup>3</sup> en el exterior, mientras que en otoño se cuentan 273 UFC/m<sup>3</sup>. Hay que destacar que en el exterior, tanto en verano como en invierno, los valores medios son los más elevados.

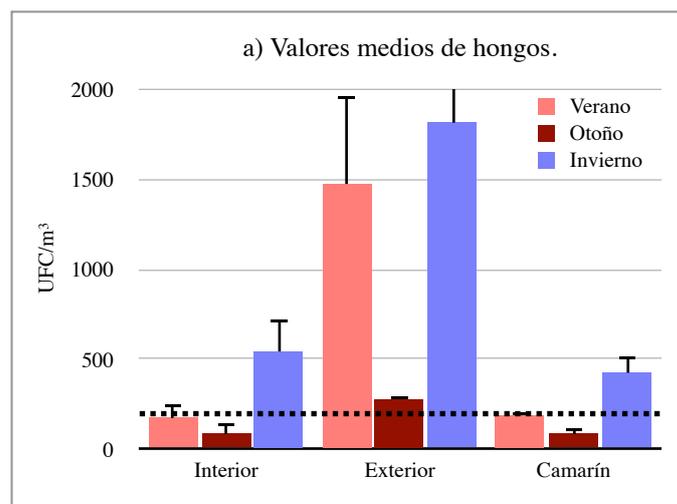


Fig. 15. Gráfico de barras mostrando los valores medios de hongos (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del interior, exterior y Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados en el interior.

Estos datos muestran unos cambios evidentes de los resultados entre unas estaciones y otras. En el interior de la iglesia, entre otoño e invierno (p-valor 0,0001) y entre verano e invierno (p-valor 0,0001), hay un gran cambio significativo, pero éste, entre verano y otoño es menor (p-valor 0,0024). En el exterior de la iglesia, los resultados entre verano y otoño (p-valor 0,0124) varían significativamente, de la misma manera que ocurre entre otoño e invierno (p-valor 0,0136). En cambio, entre el verano e invierno, la variación de resultados no es significativa (p-valor 0,4967). En el Camarín existe un cambio significativo entre todas sus estaciones.

A modo de comparar todos los resultados obtenidos de manera visual, en la siguiente figura (Fig. 16) se muestra la diferencia de resultados en las distintas estaciones. Verano presenta unos valores medios en comparación con otoño, cuyos valores son los más óptimos, e invierno, que presenta los resultados más elevados de los tres muestreos estacionales.

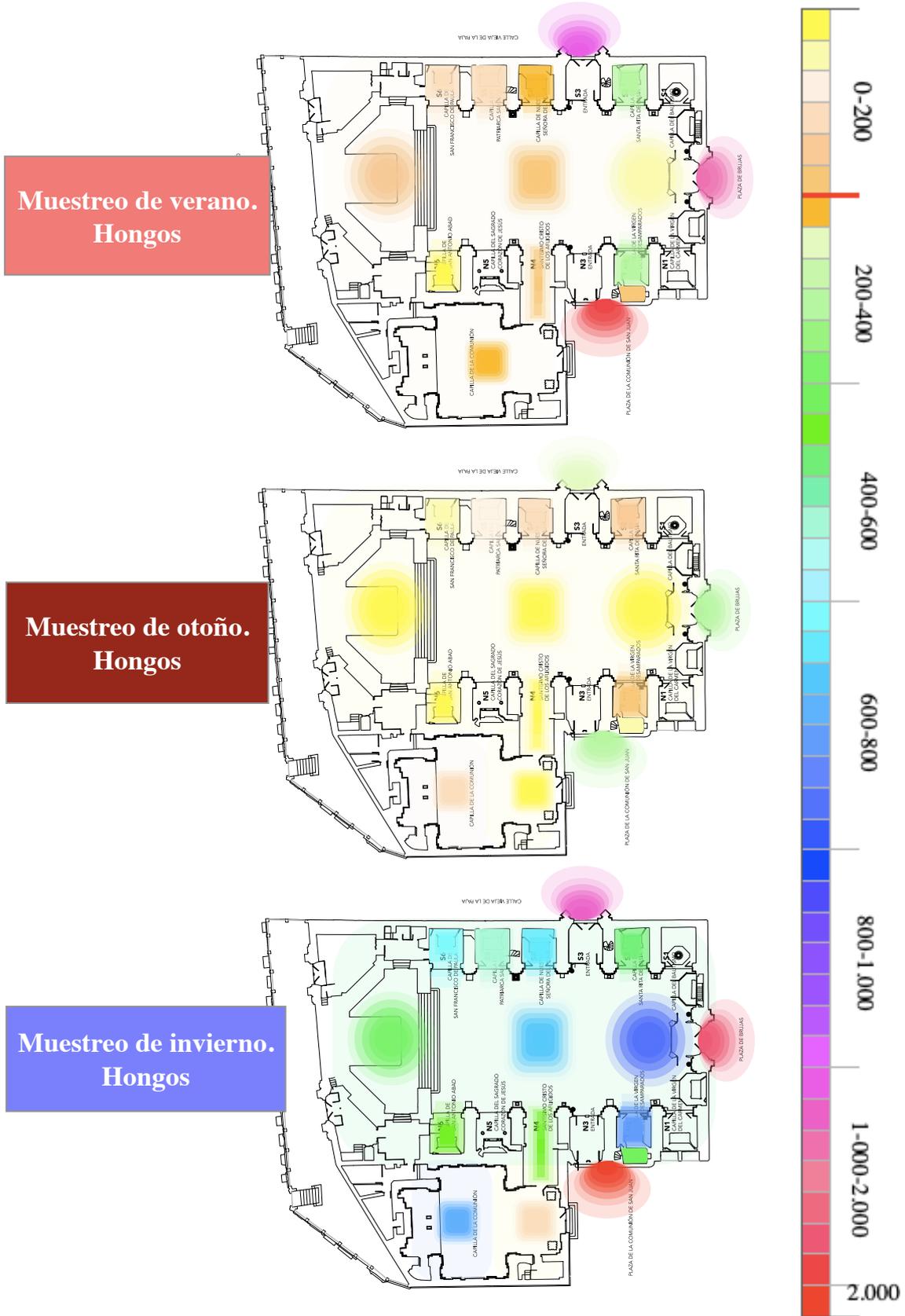


Fig. 16. Gráfico de colores mostrando los valores de hongos (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del interior, exterior y Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. A la derecha, leyenda de escala de valores de hongos (UFC/m<sup>3</sup>) con el límite recomendado (<200UFC/m<sup>3</sup>) marcado con una línea roja.

• BACTERIAS.

La Fig. 17 muestra los valores de bacterias recogidos en los muestreos del **interior** de la iglesia.

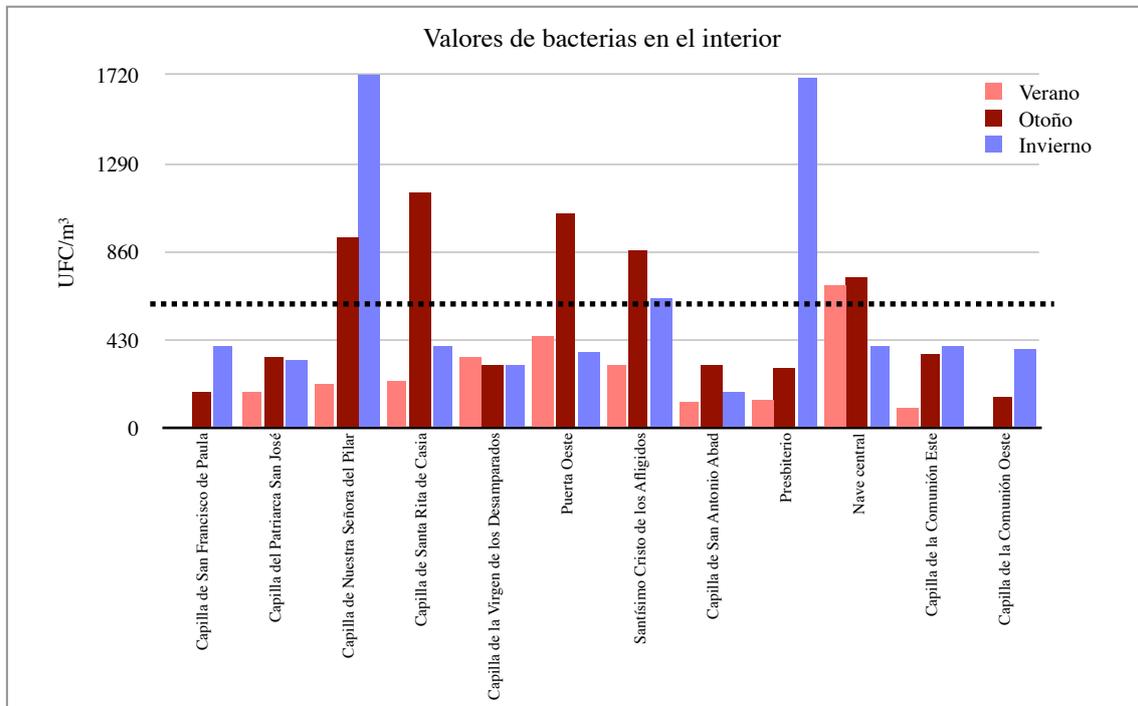


Fig. 17. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del interior de la iglesia de los Santos Juanes<sup>64</sup>. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

En verano, la mayoría de los puntos de muestra presentan valores por debajo de las recomendaciones en un 90,9% de los casos (<600 UFC/m<sup>3</sup>) sobrepasando las recomendaciones solo en la Nave central (690 UFC/m<sup>3</sup>).

Al contrario de lo que ocurre en los hongos, las bacterias presentan en otoño los valores que más sobrepasan los límites de confort (<600 UFC/m<sup>3</sup>). Estos son: la Capilla de Nuestra Señora del Pilar (930 UFC/m<sup>3</sup>), la Capilla de Santa Rita de Casia (1150 UFC/m<sup>3</sup>), la puerta Oeste (1050 UFC/m<sup>3</sup>), la Capilla del Santísimo Cristo de los Afligidos (860 UFC/m<sup>3</sup>) y la Nave central (730 UFC/m<sup>3</sup>). Es por esto que tan solo el 58,33% de los casos cumplen la normativa UNE 171330-2:2014.

Invierno es una estación en la que la mayoría de los puntos de muestreo se encuentran por debajo de los límites en el 75% de los casos, pero hay dos zonas en las que el límite de confort (<600 UFC/m<sup>3</sup>) se so-

<sup>64</sup> Debido a los altos valores en uno de los puntos de muestreo, la gráfica se ha simplificado mostrando los valores comprendidos entre 0 y 1.720 UFC/m<sup>3</sup>.

brepasa considerablemente. Se trata de la Capilla de Nuestra Señora del Pilar (4470 UFC/m<sup>3</sup>) y el Presbiterio (1.710 UFC/m<sup>3</sup>).

La Fig. 18 muestra los resultados del **Camarín**. En este caso, únicamente invierno cuenta con el 100% de sus puntos de muestreo por debajo de los límites de confort (<600 UFC/m<sup>3</sup>). En cambio, ningunos de los muestreos de verano y otoño se encuentran por debajo de los límites. En este caso, verano cuenta con los resultados más elevados (entre 2.680 UFC/m<sup>3</sup> y 2.060 UFC/m<sup>3</sup>), seguido de otoño (entre 1.190 UFC/m<sup>3</sup> y 970 UFC/m<sup>3</sup>). En invierno, los resultados son más óptimos para la salud humana y los bienes patrimoniales, encontrando números de colonias entre 260 UFC/m<sup>3</sup> y 380 UFC/m<sup>3</sup>.

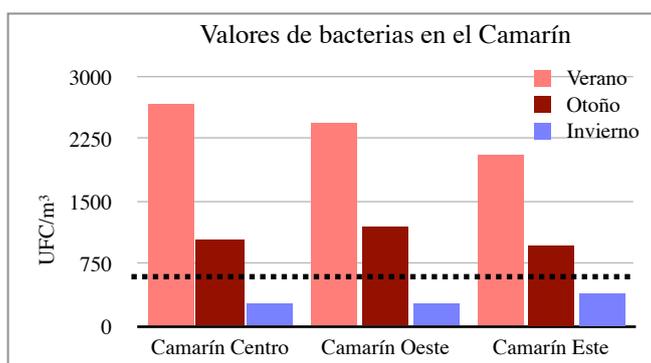


Fig. 18. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

Las bacterias contabilizadas en el **exterior** (Fig. 19), muestran unos resultados muy dispares, en los que en el muestreo de invierno presenta valores más elevados que en el resto de las estaciones.

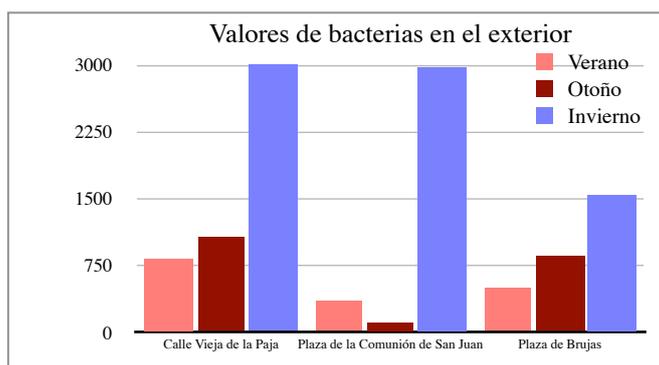


Fig. 19. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del exterior de la iglesia de los Santos Juanes<sup>65</sup>.

<sup>65</sup> Debido a los altos valores en uno de los puntos de muestreo, la gráfica se ha simplificado mostrando los valores comprendidos entre 0 y 3.000 UFC/m<sup>3</sup>.

Los **valores medios** de bacterias (Fig. 20), al igual que los hongos, no presentan un patrón relacionado con la ubicación y la estación en la que se haya tomado la muestra. En verano, en el interior (251 UFC/m<sup>3</sup>) se contabilizan colonias de bacterias por debajo de los límites (<600 UFC/m<sup>3</sup>), en cambio, en el camarín (2.390 UFC/m<sup>3</sup>) éstos se superan con creces. En otoño, en el interior de la iglesia (553 UFC/m<sup>3</sup>) el número medio de colonias se encuentra por debajo de las recomendaciones, pero en el camarín (1.036 UFC/m<sup>3</sup>) se sobrepasan. En invierno, en el interior (830 UFC/m<sup>3</sup>) los resultados medios rebasan el margen establecido, pero en el camarín (300 UFC/m<sup>3</sup>) se encuentra por debajo.

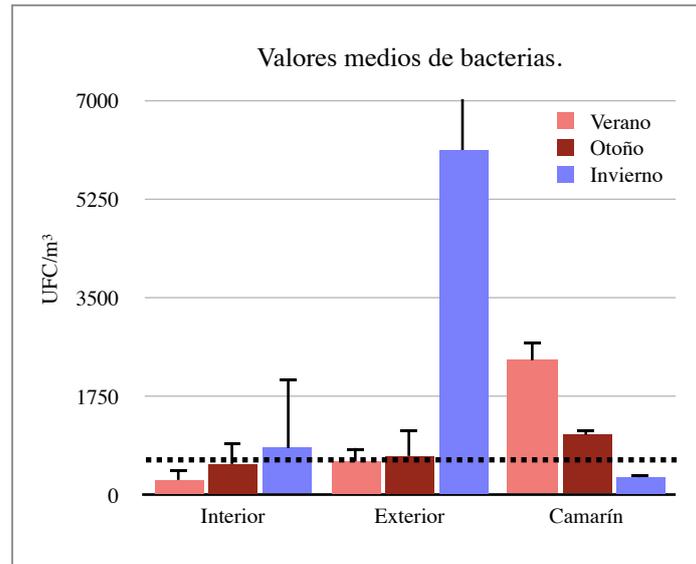


Fig. 20. Gráfico de barras mostrando los valores medios de bacterias (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del interior, exterior y Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados en el interior.

Los cambios observados solo son significativos estadísticamente en el interior de la iglesia entre verano y otoño (p-valor 0,0226), mientras que en el Camarín cuenta con cambios significativos en todos sus puntos (p-valor <0,0025).

A continuación se muestran los resultados obtenidos de una forma más visual (Fig. 21) para una mejor comprensión. En este se puede comprobar cómo los valores obtenidos son más dispares, sobre todo en el muestreo de otoño e invierno. Se detecta que la mayor concentración de bacterias tanto en verano como en otoño se concentran en los pies de la iglesia mientras que en el muestreo de invierno se centran en el altar y en una de sus Capillas.



En cuanto a la flora microbiana mesófila (Fig. 22), únicamente cumple la normativa de los límites de confort (<800 UFC/m<sup>3</sup>) los muestreos de verano (427 UFC/m<sup>3</sup>) y otoño (638 UFC/m<sup>3</sup>) en el interior y en invierno (717 UFC/m<sup>3</sup>) en el camarín. El resto de puntos de muestreos sobrepasan considerablemente estos parámetros. Es en la toma de muestra de otoño donde se pueden observar los mejores resultados de la flora microbiana.

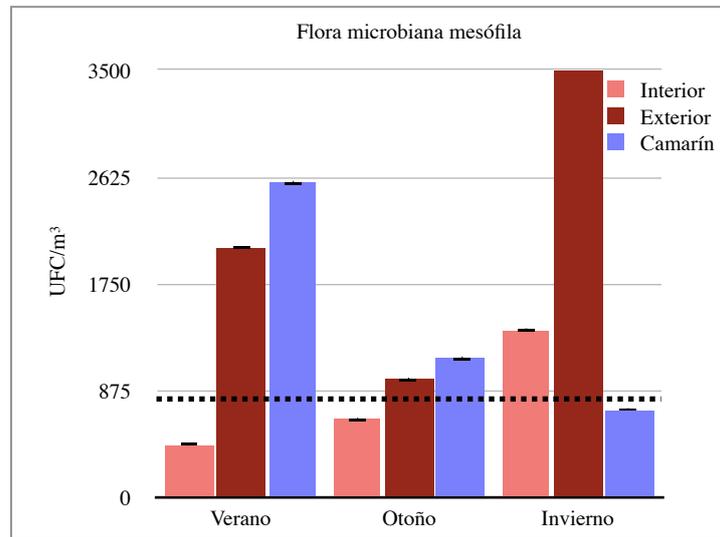


Fig. 22. Gráfico de barras mostrando la flora microbiana mesófila (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el aire del interior, exterior y camarín de la iglesia de los Santos Juanes. La línea de puntos negra indica los límites recomendados<sup>66</sup>.

### 7.1.3. ANÁLISIS DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN.

El control de partículas en suspensión tampoco cuentan con una normativa específica para interiores de iglesias o museos, pero sí existen normativas para interiores en otro tipo de ámbitos laborales. La UNE 171330-2:2014 describe la metodología para realizar la inspección de calidad ambiental en interiores y aporta un criterio de confort para partículas de 0,5µm y las de 5,0µm. Esta norma indica<sup>67</sup> que el conteo de las partículas de 0,5µm deben ser inferior de 35.200.000 partículas/m<sup>3</sup> y el conteo de las de 5,0µm deben ser menor de 293.000 partículas/m<sup>3</sup>. Además, según los criterios de conformidad de la calidad ambiental, al menos “el 75% de los puntos analizados se deben encontrar por debajo del valor límite<sup>68</sup>”.

<sup>66</sup> Debido a los altos valores en uno de los puntos de muestreo, la gráfica se ha simplificado mostrando los valores comprendidos entre 0 y 3.500 UFC/m<sup>3</sup>.

<sup>67</sup> AENOR (2014). Op. Cit., p.11.

<sup>68</sup> Íbid., p.12.

Las partículas en suspensión en el exterior tampoco tienen una normativa con valores concretos. En su lugar, existen unas legislaciones europeas que regulan la cantidad de partículas máximas que pueden encontrarse en el aire en un período concreto. La Directiva 80/779/CEE<sup>69</sup>, por ejemplo, establece unos límites que deben cumplirse anualmente, mientras que la Posición Común n° 57/98, documento 9272/98 que establece unos límites a largo plazo y por objetivos<sup>70</sup>.

- PARTÍCULAS DE 0,3 $\mu$ m.

El **interior** de la iglesia (Fig. 23) presenta unos resultados muy similares entre ellos.

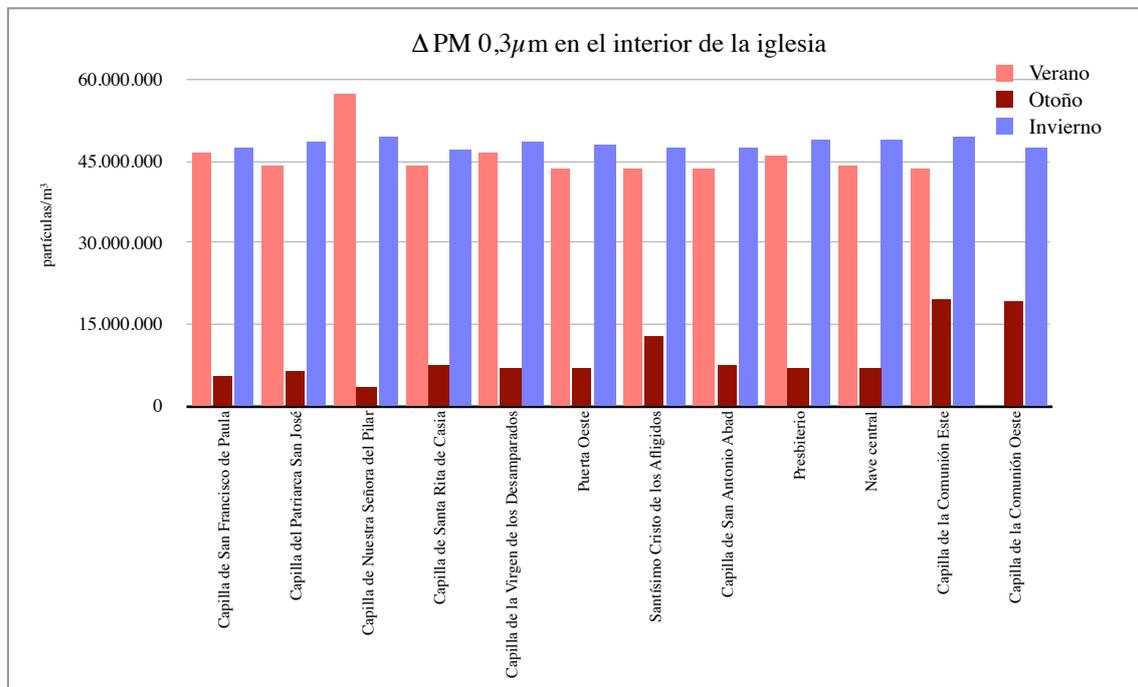


Fig. 23. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta$  PM 0,3 $\mu$ m en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior.

En verano destaca la Capilla de Nuestra Señora del Pilar por sus valores más elevados (57.230.690 partículas/m<sup>3</sup>) mientras que los demás puntos de muestreo rondan entre las 43.600.000 partículas/m<sup>3</sup> y las

<sup>69</sup> DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNICACIONES EUROPEAS. Directiva 80/779/CEE Del Consejo, de 15 de Julio de 1980, Relativa a *Los Valores Límite y a Los Valores Guía de Calidad Atmosférica Para El Anhídrido Sulfuroso y Las Partículas En Suspensión*, Vol. 2 (15), pp.197-198.

<sup>70</sup> SALVADOR MARTÍNEZ, P.; ARTIÑANO RODRÍGUEZ DE TORRES, B.: Características físico-químicas de las partículas. En: CIEMAT (ed.): *Evaluación de la Contaminación Atmosférica Producida por Partículas en Suspensión en las Redes de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid*. Madrid, Departamento de Impacto Ambiental de la Energía, 2000, pp.57-67.

46.900.000 partículas/m<sup>3</sup>. En invierno, los valores obtenidos son muy similares entre ellos (entre las 46.900.000 partículas/m<sup>3</sup> y las 49.500.000 partículas/m<sup>3</sup>), no presentando variaciones relevantes. En otoño los resultados son los más bajos y más variados entre sí. La zona de muestreo con los niveles de partículas más bajos se encuentran, al contrario que en muestreo de verano, en la Capilla de Nuestra Señora del Pilar (3.400.102 partículas/m<sup>3</sup>) mientras que los más elevados se ubican en la Capilla de la Comunión Este (19.463.004 partículas/m<sup>3</sup>).

Los resultados en el interior del **Camarín** (Fig. 24) son muy estables. En verano las partículas contabilizan entre las 39.369.209 partículas/m<sup>3</sup> y las 40.176.857 partículas/m<sup>3</sup>. En otoño, el conteo desciende hasta las 4.097.568 - 4.329.232 partículas/m<sup>3</sup>. Finalmente, en invierno, vuelven a aumentar contabilizando entre 38.419.595 partículas/m<sup>3</sup> y 40.744.717 partículas/m<sup>3</sup>.

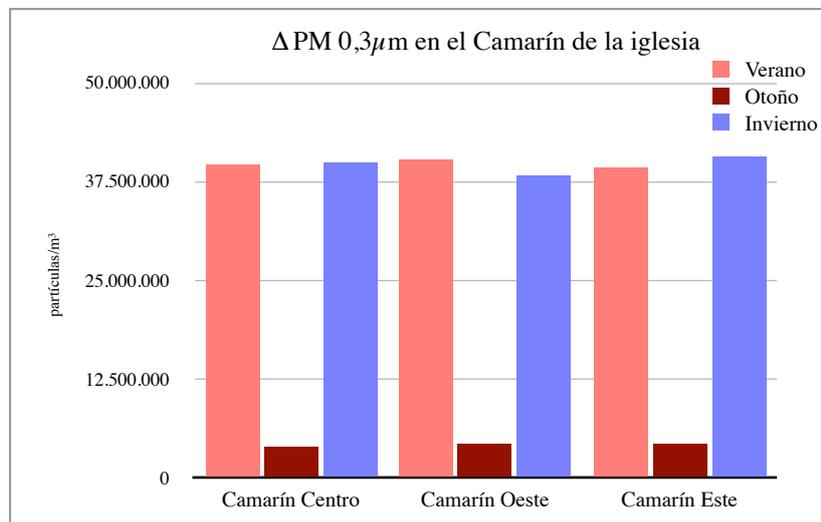


Fig. 24. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,3\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el Camarín.

En el **exterior** de la iglesia (Fig. 25) presenta unos resultados variados tanto en otoño como en invierno. En verano los valores son más o menos estables en cada una de las zonas (entre 60.168.875 partículas/m<sup>3</sup> y 66.524.466 partículas/m<sup>3</sup>). Otoño cuenta con resultados más bajos y más dispares, entre 14.155.201 partículas/m<sup>3</sup> y 3.564.137 partículas/m<sup>3</sup>. En invierno hay una zona que destaca por el alto valor de su resultado, se trata de la Calle Vieja de la Paja, en la que el número de partículas asciende hasta las 100.500.000.000 partículas/m<sup>3</sup>.

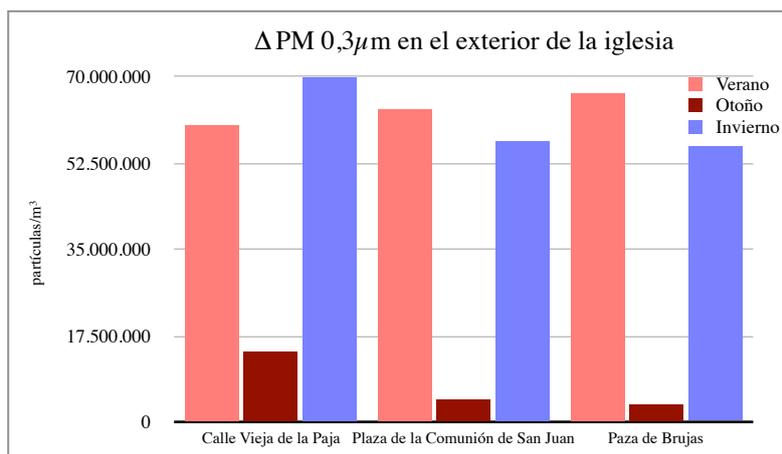


Fig. 25. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,3\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el exterior<sup>71</sup>.

La Fig. 26 muestra los **valores medios** de las partículas más pequeñas estudiadas:  $0,3\mu m$ . Se trata de la tipología que mayor número de partículas recoge de las tres estudiadas ( $0,3\mu m$ ,  $0,5\mu m$  y  $5,0\mu m$ ). Como se puede observar, otoño presenta el menor resultado en las tres zonas. El muestreo de verano, muestra valores más bajos en comparación con el muestreo de invierno tanto en el interior ( $45.844.514,64\mu m$  en verano y  $48.288.736,83\mu m$  en invierno) como en el exterior ( $63.425.245,67\mu m$  en verano y  $33.537.781.342,67\mu m$  en invierno), pero en el camarín es ligeramente superior ( $39.730.949,33\mu m$  en verano y  $39.703.167,67\mu m$  en invierno).

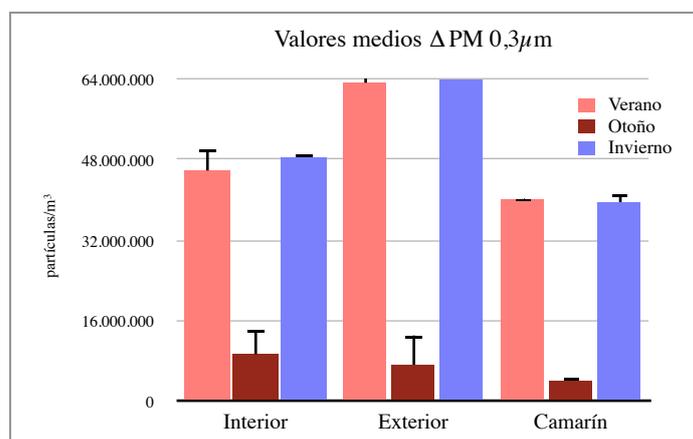


Fig. 26. Gráfico de barras mostrando los valores medios estacionales de  $\Delta PM 0,3\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior, en el exterior y en el Camarín<sup>72</sup>.

<sup>71</sup> Debido a los altos valores en uno de los puntos de muestreo, la gráfica se ha simplificado mostrando los valores comprendidos entre 0 y 70.000.000 partículas/m<sup>3</sup>.

<sup>72</sup> Debido a los altos valores en uno de los puntos de muestreo, la gráfica se ha simplificado mostrando los valores comprendidos entre 0 y 64.000.000 partículas/m<sup>3</sup>.

Las diferencias que existen entre las estaciones en el interior de la iglesia, es significativa estadísticamente entre entre todas sus estaciones (p-valor  $<0,0486$ ). En el Camarín, también supone una diferencia significativa entre verano y otoño y entre otoño e invierno (p-valor  $0,0001$ ), pero no entre verano e invierno (p-valor  $0,9711$ ).

En la siguiente figura (Fig. 27) se observa claramente cómo otoño es la estación con valores más inferiores en todos sus espacios, mientras que en verano e invierno los resultados son más elevados. De manera general se contempla homogeneidad entre sus resultados.

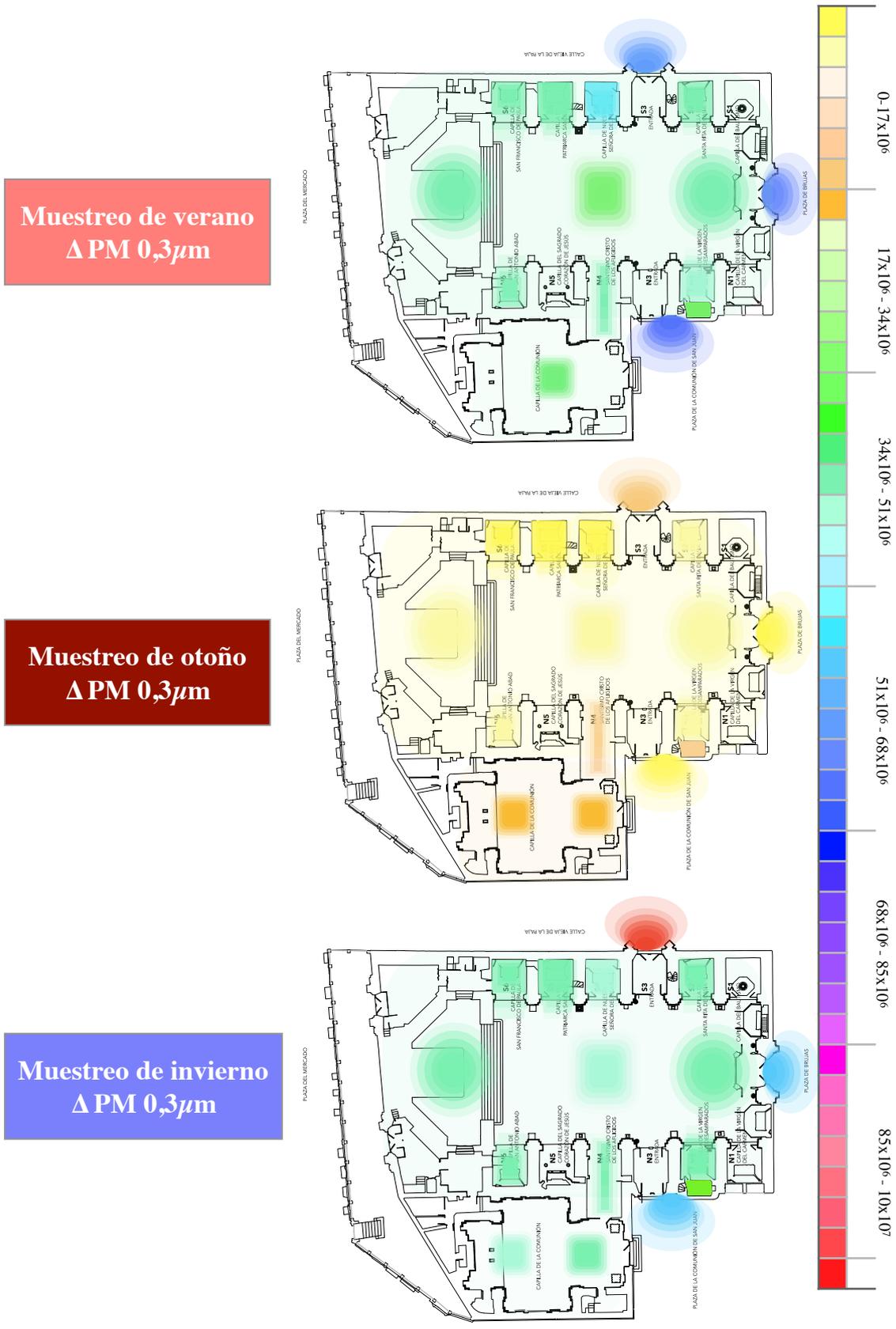


Fig. 27. Gráfico de colores mostrando los valores de  $\Delta PM 0,3\mu m$  del interior, exterior y Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. A la derecha, leyenda de escala de valores de  $\Delta PM 0,3\mu m$ .

- PARTÍCULAS DE  $0,5\mu\text{m}$ .

En el **interior** de la iglesia (Fig. 28) cuenta con todos sus resultados por debajo de los límites de confort. De ellos, predominan, de manera general, las partículas contabilizadas en verano con valores desde 7.902.376 partículas/m<sup>3</sup> en la Capilla de la Virgen de los Desamparados, hasta 5.616.454 partículas/m<sup>3</sup> en la Santísimo Cristo de los Afligidos. En otoño, al igual que ocurre en las partículas de  $0,3\mu\text{m}$ , el muestreo con menor cantidad de partículas se halla en la Capilla de Nuestra Señora del Pilar (859.207 partículas/m<sup>3</sup>), mientras que el mayor se ubica en la Capilla de Santa Rita de Casia (5.118.163 partículas/m<sup>3</sup>). En invierno, todos los resultados se encuentran en torno a los 5.350.000 - 6.000.000 partículas/m<sup>3</sup>, a excepción de la Capilla de Nuestra Señora del Pilar (6.725.689 partículas/m<sup>3</sup>), la Capilla de la Virgen de los Desamparados (6.035.992 partículas/m<sup>3</sup>), la Nave central (6.120.042 partículas/m<sup>3</sup>) y la Capilla de la Comunión Oeste (4.858.953 partículas/m<sup>3</sup>).

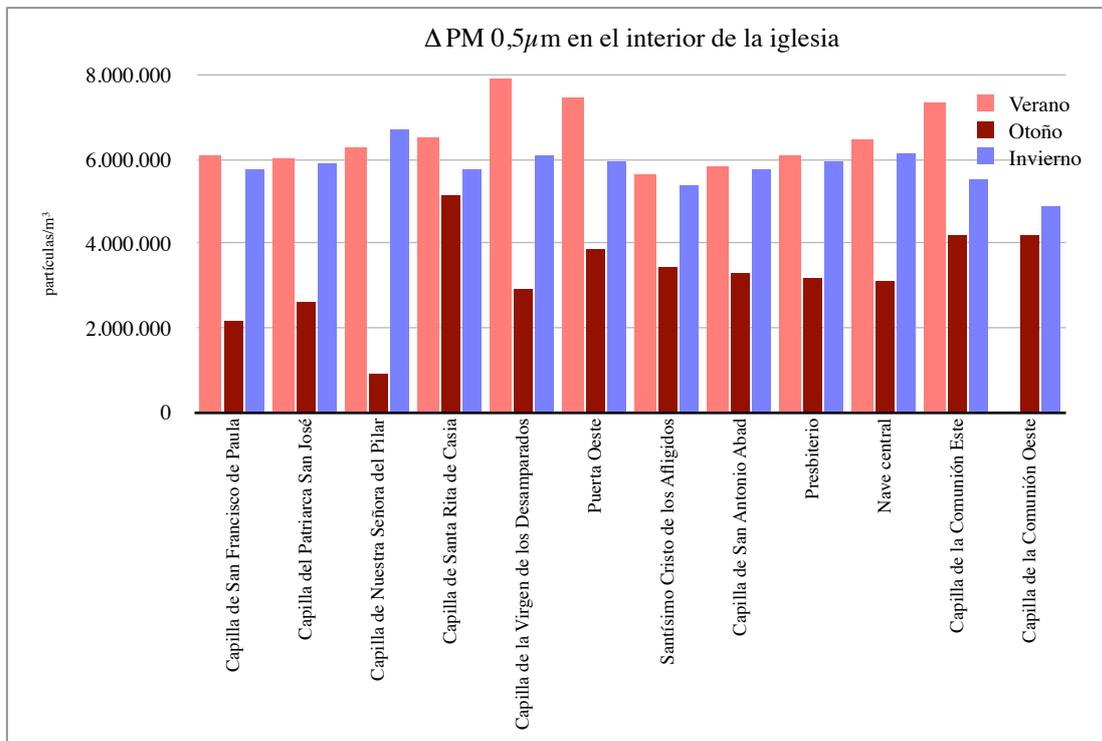


Fig. 28. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu\text{m}$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior.

En el **Camarín** (Fig. 29) destaca el muestreo de verano con un máximo de hasta 11.183.467 partículas/m<sup>3</sup> frente a la toma de muestra de otoño e invierno. En otoño la cantidad de partículas caen hasta las 4.297.802 - 7.783.365 partículas/m<sup>3</sup>, mientras que en invierno descienden hasta las 4.367.019 partículas/m<sup>3</sup> - 5.558.538 partículas/m<sup>3</sup>.

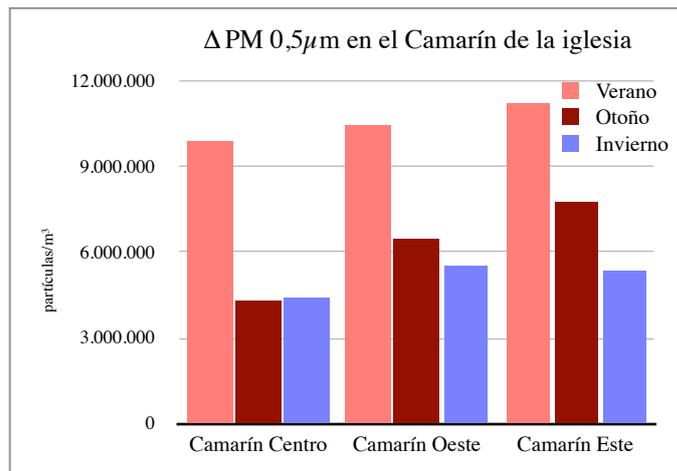


Fig. 29. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el Camarín.

En el **exterior** de la iglesia (Fig. 30), los valores de invierno son los más elevados, destacando el muestreo de la calle Vieja de la Paja por presentar el mayor número de partículas (11.746.384 partículas/m<sup>3</sup>). Verano presenta unos resultados medios en comparación a las otras dos estaciones, con valores comprendidos entre las 6.738.40 partículas/m<sup>3</sup> y las 7.544.638 partículas/m<sup>3</sup>. En otoño los valores obtenidos distan más entre sí, obteniendo valores entre las 917.830 partículas/m<sup>3</sup> y 3.080.504 partículas/m<sup>3</sup>.

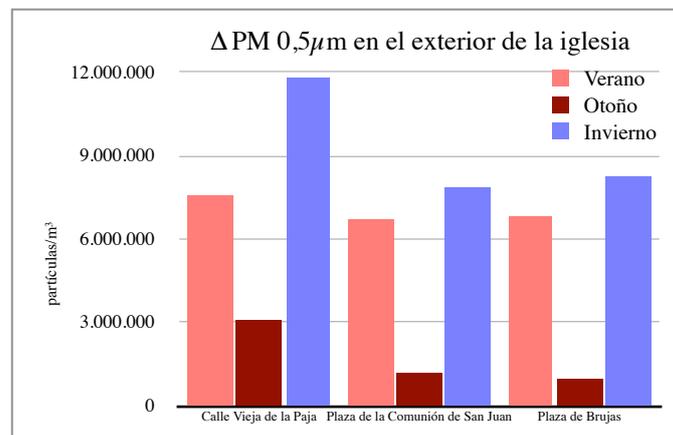


Fig. 30. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el exterior.

Los **valores medios** de las partículas de  $0,5\mu m$  (Fig. 31) cumplen en todos sus puntos los límites recomendados ( $<35.200.000$  partículas/m<sup>3</sup>). En el interior de la iglesia, predominan los resultados de la toma de muestra de verano (6.487.572,82μm) frente a la de otoño (3.228.224,58μm) e invierno

( $5.802.032,67\mu\text{m}$ ). Este muestreo supone un cambio significativo entre las tres estaciones (p-valor 0,0001 entre verano y otoño y entre otoño e invierno; y p-valor 0,0132 entre verano e invierno). Lo mismo ocurre con las tomas de muestra del Camarín, en la que en verano ( $10.511.427,67\mu\text{m}$ ), el muestreo con mayor número de partículas de  $0,5\mu\text{m}$ , los resultados son mayores que en otoño ( $6.173.484,67\mu\text{m}$ ) e invierno ( $5.093.443\mu\text{m}$ ). Es por esto que entre en verano y otoño (p-valor 0,0160) y entre verano e invierno (p-valor 0,0005) se observa un cambio significativo estadísticamente, pero entre otoño e invierno no (p-valor 0,3737).

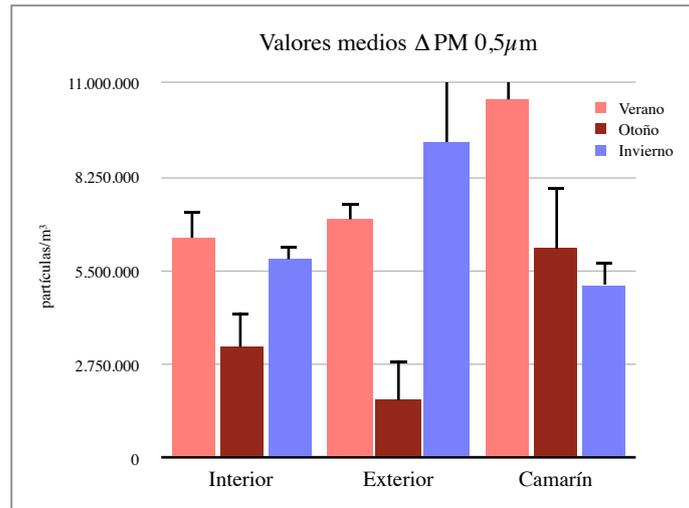
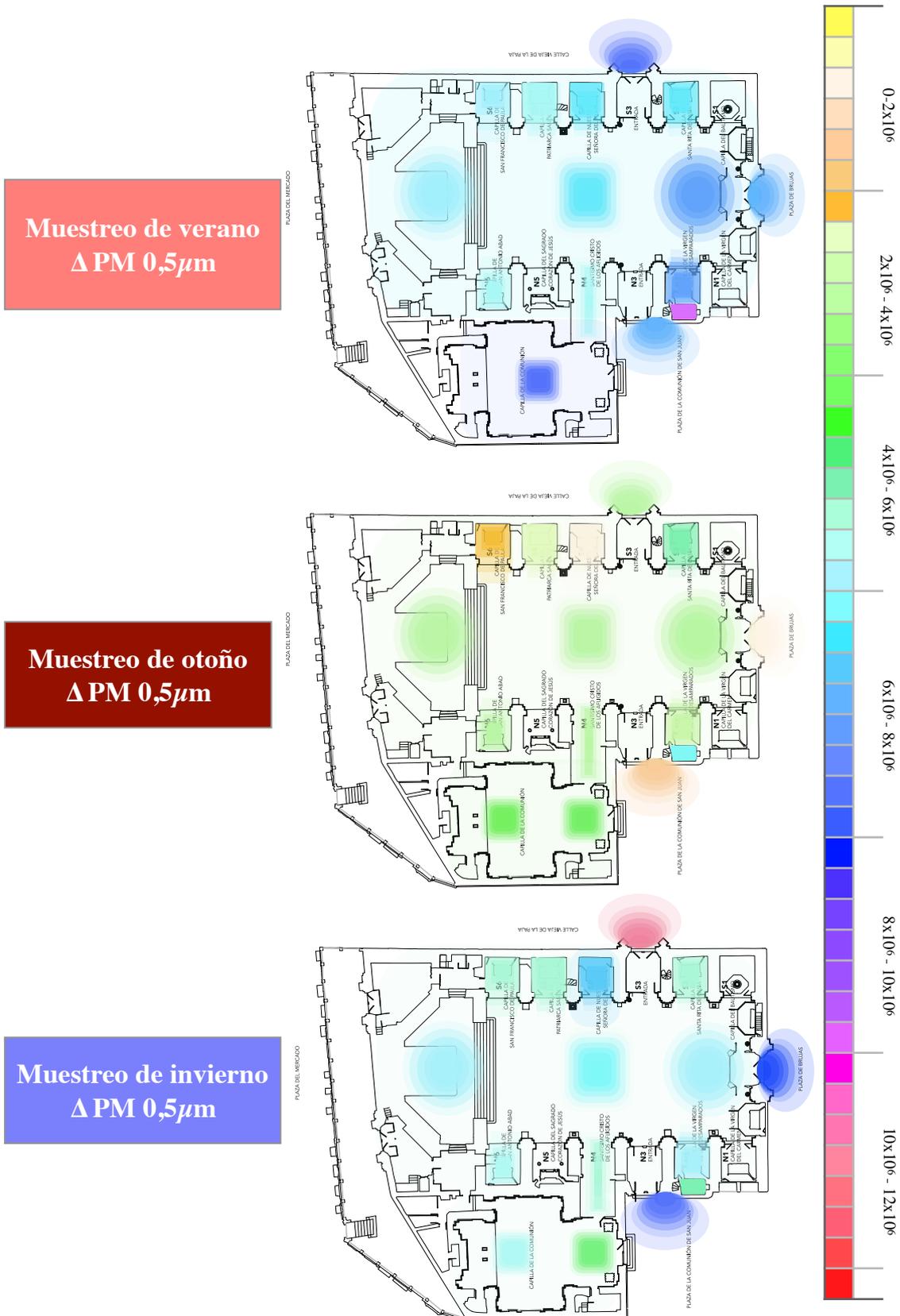


Fig. 31. Gráfico de barras mostrando los valores medios estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu\text{m}$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior, en el exterior y en el Camarín.

En la siguiente figura (Fig. 32) se contempla la variación entre los resultados de las partículas de  $0,5\mu\text{m}$ . Se puede ver claramente que el muestreo de otoño presenta los resultados más bajos en todos sus puntos, además de comprobar la ubicación de las zonas exactas de los valores más altos y más bajos contabilizados.



Muestreo de verano  
 $\Delta PM_{0.5\mu m}$

Muestreo de otoño  
 $\Delta PM_{0.5\mu m}$

Muestreo de invierno  
 $\Delta PM_{0.5\mu m}$

Fig. 32. Gráfico de colores mostrando los valores de  $\Delta PM_{0.5\mu m}$  del interior, exterior y Camarín de la iglesia de los Santos Juanes. A la derecha, leyenda de escala de valores de  $\Delta PM_{0.5\mu m}$ .

• PARTÍCULAS DE  $5,0\mu\text{m}$ .

Estas partículas ( $5,0\mu\text{m}$ ) son las más escasas de las tres estudiadas, además de presentar unos resultados muy dispares entre ellos. En el **interior** (Fig. 33), hay tres zonas que presentan valores por encima de los límites establecidos ( $< 293.000$  partículas/ $\text{m}^3$ ). Se trata de la Capilla de la Virgen de los desamparados ( $311.476$  partículas/ $\text{m}^3$ ) y la Puerta Oeste ( $422.735$  partículas/ $\text{m}^3$ ) en verano, y la Capilla de Nuestra Señora del Pilar ( $43.437$  partículas/ $\text{m}^3$ ) en otoño. El resto de los puntos de muestreo se encuentran por debajo de los límites establecidos.

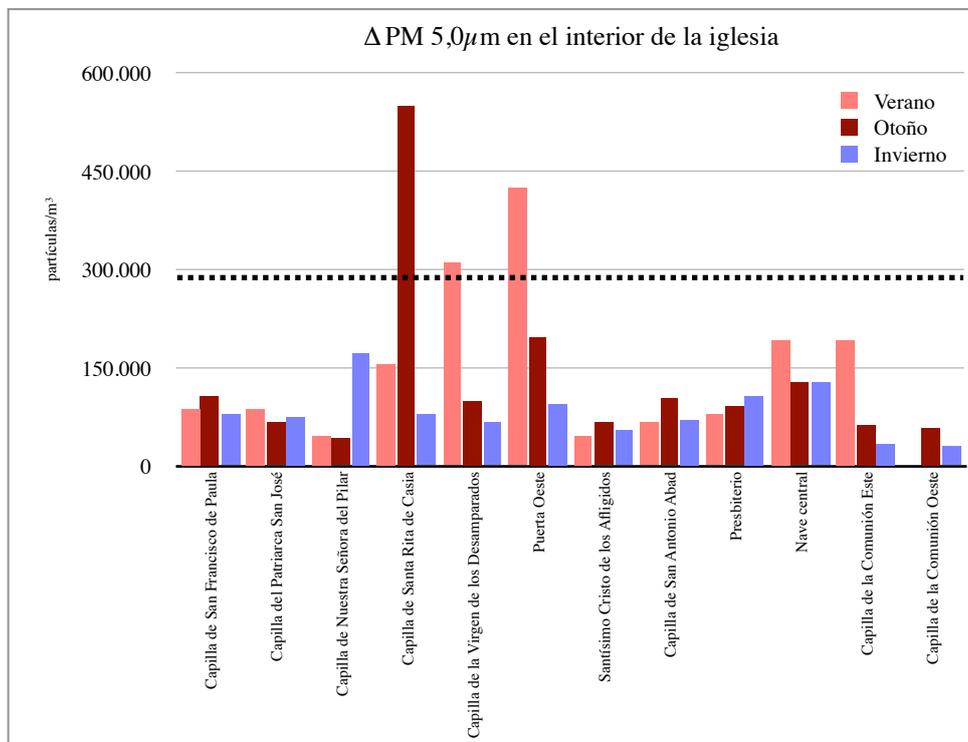


Fig. 33. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu\text{m}$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

El **Camarín** (Fig. 34) presenta resultados muy elevados, por encima de los límites confort ( $< 293.000$  partículas/ $\text{m}^3$ ) en todos sus puntos del muestreo de verano y otoño. En verano se encuentran los resultados más elevados de cada punto de muestreo, seguido de la toma de muestra de otoño y finalmente, invierno.

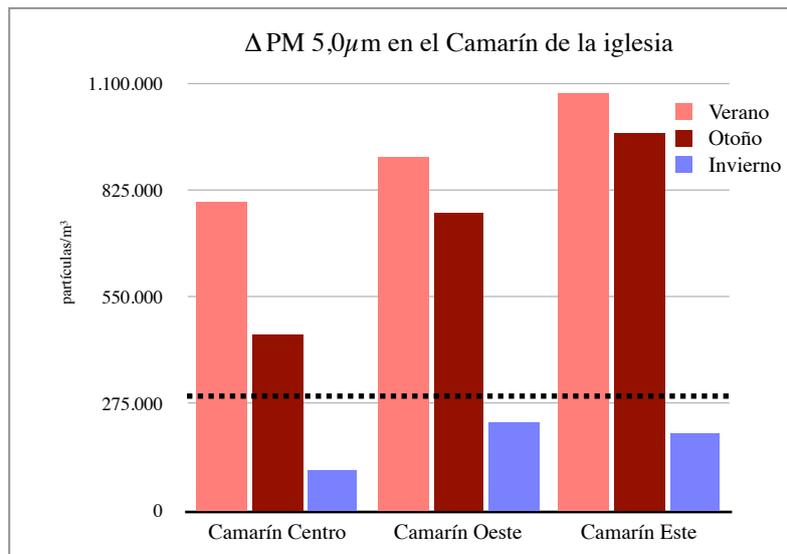


Fig. 34. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el Camarín. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

En el **exterior** de la iglesia (Fig. 35) se observa que, de manera general, la mayor parte de las partículas se localizan en la Calle Vieja de la Paja, a excepción del muestreo de invierno de la Plaza de Brujas, que cuenta con un total de 327.559 partículas/m<sup>3</sup>, un número superior a los límites de confort establecidos (< 293.000 partículas/m<sup>3</sup>). Se puede contemplar, además, que otoño es la estación que menor número de partículas presenta en las tres ubicaciones.

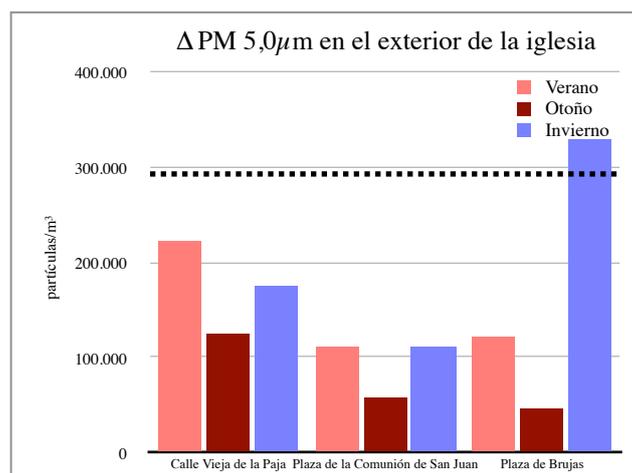


Fig. 35. Gráfico de barras mostrando los valores estacionales de  $\Delta PM 0,5\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el exterior. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

Los **valores medios** (Fig. 36) muestran que todas las estaciones, a excepción de dos de ellas pertenecientes al interior del Camarín, cumplen la normativa UNE 171330-2:2014 (<293.000 partículas/m<sup>3</sup>). Estas dos estaciones son las de verano (928.071 partículas/m<sup>3</sup>) y otoño (732.662,67 partículas/m<sup>3</sup>). En el interior de la iglesia los valores son ciertamente similares ya que no existe ningún cambio significativo entre ellos (p-valor >0,05). En el Camarín, los cambios producidos entre verano y otoño (las estaciones con mayor número de partículas) no son significativos entre ellos (p-valor 0,3203). Al contrario, tanto entre verano e invierno (p-valor 0,0012) como entre otoño e invierno (p-valor 0,0232), sí existe un cambio significativo estadísticamente.

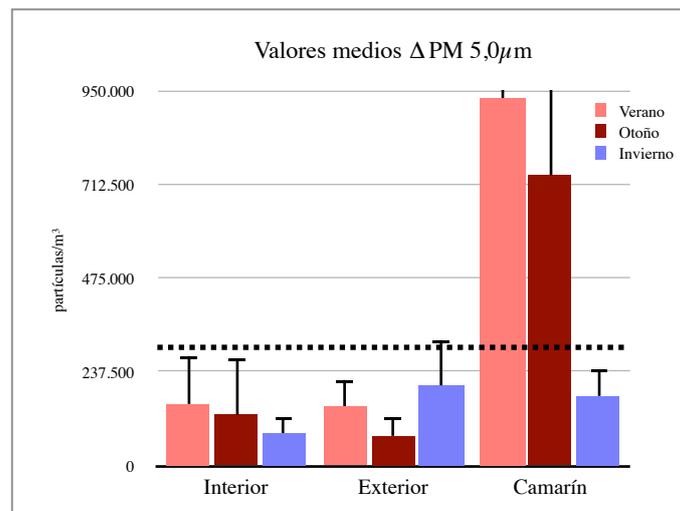


Fig. 36. Gráfico de barras mostrando los valores medios estacionales de  $\Delta PM 5,0\mu m$  en la iglesia de los Santos Juanes de Valencia en el interior, en el exterior y en el Camarín. La línea de puntos negra indica los límites recomendados.

En la siguiente figura (Fig. 37), se muestra de manera visual los resultados obtenidos en cada punto de muestreo en las diferentes estaciones. En ella se puede comprobar que, a pesar de presentar resultados similares, en algunos de sus puntos de muestreo los resultados destacan de manera irregular, puesto que no existe un patrón de acontecimiento homogéneo.

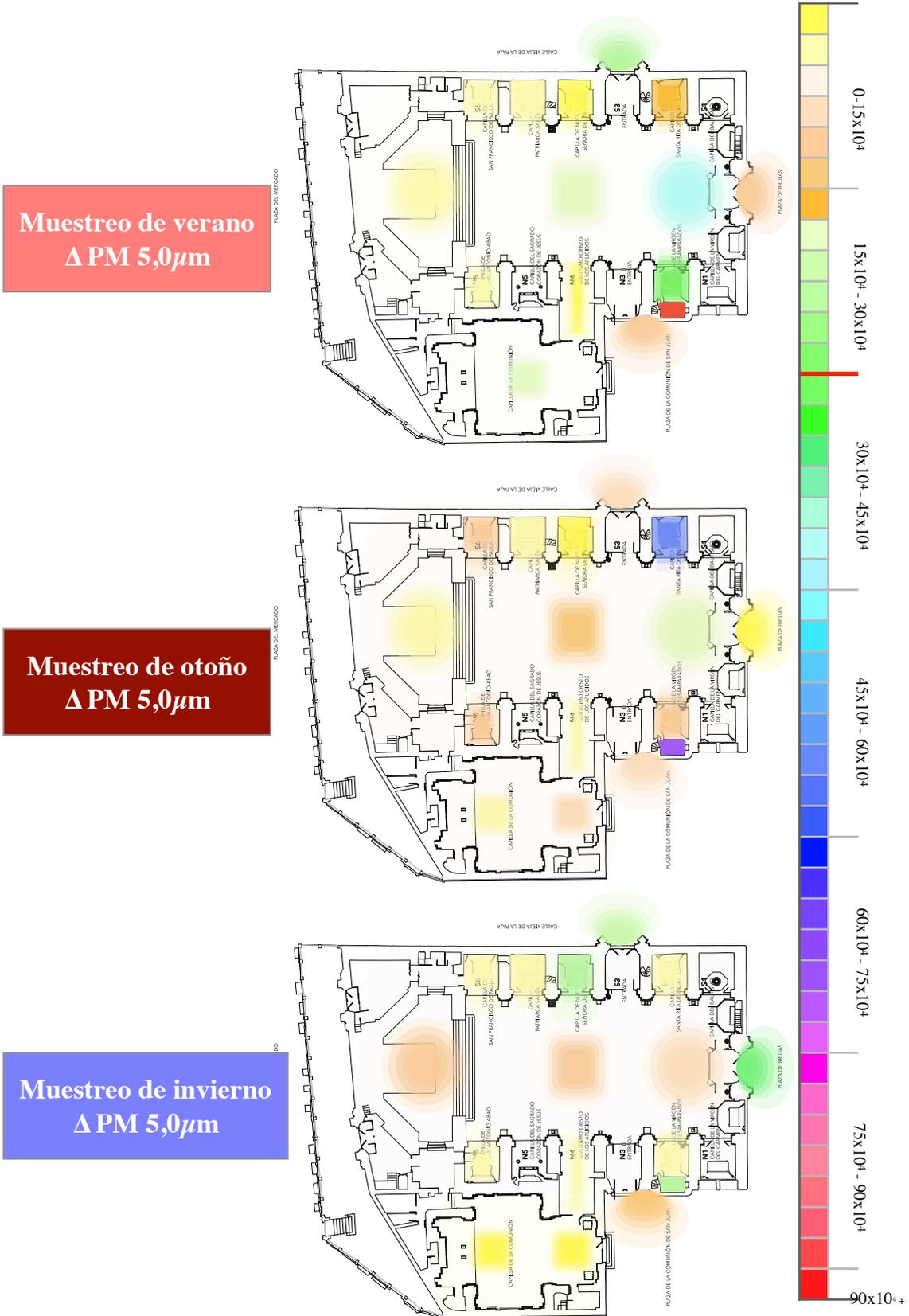


Fig. 37. Gráfico de colores mostrando los valores de  $\Delta PM 5,0\mu m$  del interior, exterior y Camarin de la iglesia de los Santos Juanes. A la derecha, leyenda de escala de valores de  $\Delta PM 5,0\mu m$  con el límite recomendado ( $< 293.000$  partículas/m<sup>3</sup>) marcado con una línea roja.

## 7.2. ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Los estudios preliminares realizados en la iglesia de los Santos Juanes muestran la existencia de contaminación ambiental en varios de los puntos de muestreo realizados. Es por ello que se va a llevar a cabo esta segunda fase del estudio: testar diferentes aceites esenciales, estudiados previamente, para la disminución de microorganismos en el aire y partículas en suspensión. Esta fase del proyecto se planea para ser trasladado a un espacio confinado de un Bien Patrimonial, como es el caso del Camarín de la Virgen de los Desamparados. Este espacio presenta unos resultados, tanto en hongos como en bacterias, que exceden los límites de confort óptimos para la salud humana ( $<200$  UFC/m<sup>3</sup> en el caso de los hongos y  $<600$  UFC/m<sup>3</sup> para las bacterias), así como en las partículas de mayor tamaño ( $5,0\mu\text{m}/\text{m}^3$ ).

El estudio de aceites esenciales se lleva a cabo en diferentes salas (ver pág. 14) con características análogas al espacio confinado a trazar: sala 1: difusión de AE de árbol del té; sala 2: difusión de AE de tomillo; sala 3: difusión de la mezcla de AEs de árbol de té y de tomillo. Además, en cada sala se han estudiado los niveles de hongos, bacterias y partículas en suspensión antes, durante y después de la aplicación de los AEs. Las tomas de muestra que se realizan son cinco:

- 1)  $t=0\text{h}$ : toma de muestra inicial.
- 2)  $t=2\text{h}$ : toma de muestra tras la aplicación del aceite esencial. Se recuerda que la difusión del aceite dura dos horas.
- 3)  $t=3\text{h}$ : toma de muestra tras tres horas de la toma de muestra inicial.
- 4)  $t=4\text{h}$ : toma de muestra tras cuatro horas de la toma de muestra inicial.
- 5)  $t=24\text{h}$ : toma de muestra tras veinticuatro horas de la toma de muestra inicial.

A continuación se muestran los resultados de cada aplicación de aceite esencial para valorar su efectividad. Todos los datos obtenidos aparecen en el Anexo 2 (pág. 103).

### 7.2.1. ESTUDIO DEL ACEITE ESENCIAL DE ÁRBOL DEL TÉ.

La sala 1 presenta en  $t=0\text{h}$  un nivel de hongos ( $267$  UFC/m<sup>3</sup>) (Fig. 38) superior a los límites establecidos por la normativa UNE 171330-2:2014 ( $<200$  UFC/m<sup>3</sup>). Tras la aplicación del AE de árbol del té ( $t=2\text{h}$ ), la cantidad de hongos disminuye de manera significativa (p-valor 0,0208) hasta alcanzar una media de  $90$  UFC/m<sup>3</sup>, siendo el muestreo de la zona Oeste el punto con mayor cantidad de hongos ( $170$  UFC/m<sup>3</sup>). Tras

una hora de la aplicación del AE ( $t=3h$ ), los valores medios descienden levemente hasta las 83 UFC/m<sup>3</sup>. En  $t=4h$ , los resultados medios aumentan hasta alcanzar los 93 UFC/m<sup>3</sup>, pero, tras las veinticuatro horas de la aplicación del AE ( $t=24h$ ), la cantidad media de hongos disminuye hasta los 60 UFC/m<sup>3</sup>, un resultado incrementado por el muestreo de la zona Oeste, el cual alcanza las 110 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que en los otros dos puntos los valores son 30 UFC/m<sup>3</sup> de en el Este y 40 UFC/m<sup>3</sup> en el centro. La diferencia entre los resultados desde  $t=2h$  hasta  $t=24h$  no suponen cambios significativos ( $p$ -valor  $>0,05$ ), aunque entre el estado inicial del aire ( $t=0h$ ) y el final ( $t=24h$ ) si implica una diferencia significativa estadísticamente ( $p$ -valor 0,0038).

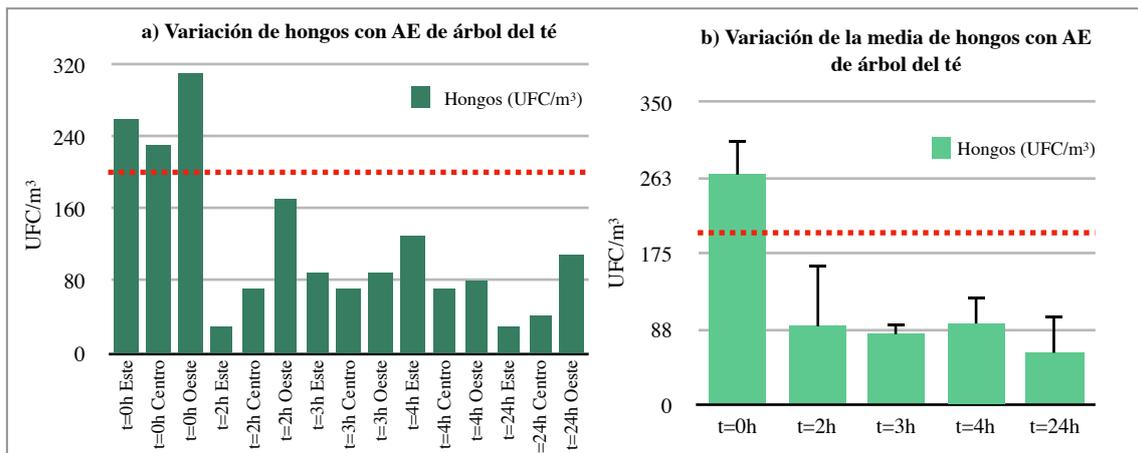


Fig. 38. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE árbol del té a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo. La línea de puntos roja indica los límites recomendados ( $<200\text{UFC/m}^3$ ).

Las bacterias (Fig. 39) presentan un comportamiento similar a los hongos, salvo porque tienden a estabilizar sus valores lo largo del tiempo. El aire, antes de aplicar el AE ( $t=0h$ ), presenta un valor medio de bacterias de 130 UFC/m<sup>3</sup>, un resultado dentro de los límites de confort ( $<600\text{UFC/m}^3$ ). Tras la aplicación del AE de árbol del té ( $t=2h$ ), la cantidad media de bacterias desciende hasta las 50 UFC/m<sup>3</sup> (90 UFC/m<sup>3</sup> en el Este, 30 UFC/m<sup>3</sup> en el centro y 30 UFC/m<sup>3</sup> en el Oeste), un cambio estadísticamente significativo ( $p$ -valor 0,0184) con respecto a  $t=0h$ . En  $t=3h$ , los resultados medios se mantienen igual que en  $t=2$ , con 50 UFC/m<sup>3</sup> ( $p$ -valor 1). En  $t=4h$ , los resultados medios descienden levemente hasta las 40 UFC/m<sup>3</sup>, una diferencia no significativa con respecto a  $t=3h$  ( $p$ -valor 0,5484). Finalmente, tras las veinticuatro horas de la aplicación del AE ( $t=24h$ ), los resultados medios vuelven a aumentar hasta las 50 UFC/m<sup>3</sup> (40 UFC/m<sup>3</sup> en el Este, 50 UFC/m<sup>3</sup> en el centro y 60 UFC/m<sup>3</sup> en el Oeste). La diferencia entre las bacterias en  $t=0h$  y  $t=24h$ , supone un cambio estadísticamente significativo ( $p$ -valor 0,0006).

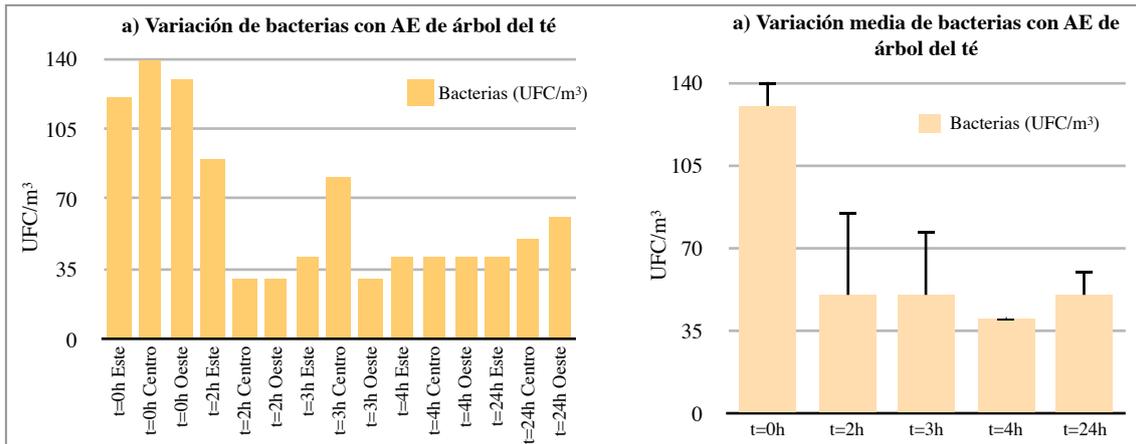


Fig. 39. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE árbol del té a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Los valores medios de flora mesófila de la sala donde se aplicó el AE de árbol del té, se mantienen, en todas sus medidas, por debajo de los valores máximos de 800 UFC/m<sup>3</sup> establecidos por la norma UNE 100012:2005. Aún así, se observa cómo, tras la aplicación del aceite esencial, la cantidad de microorganismos desciende creando una diferencia muy significativa ( $p$ -valor 0,0019) y se mantiene más o menos regular a lo largo del tiempo, disminuyendo levemente al cabo de veinticuatro horas (Fig. 40).

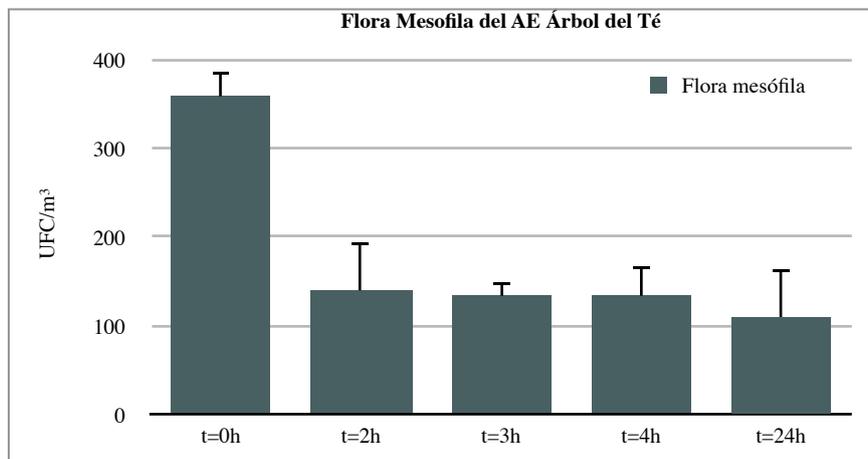


Fig. 40. Gráfico de barras mostrando los valores de la flora mesófila en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE árbol del té.

Las partículas en suspensión estudiadas ( $0,3\mu m$ ,  $0,5\mu m$  y  $5,0\mu m$ ) actúan de forma diferente según su tamaño. De manera general, todas las partículas se encuentran dentro de los límites de confort establecidos por la normativa UNE 171330-2:2014 ( $<35.200.000$  partículas/m<sup>3</sup> para las de  $0,5\mu m$  y  $<293.000$  partículas/m<sup>3</sup> para las de  $5,0\mu m$ ).

En el caso de las partículas más pequeñas ( $0,3\mu\text{m}$ ) (Fig. 41), comienza en  $t=0\text{h}$  con un valor medio de  $4.936.881$  partículas/ $\text{m}^3$ , los resultados más bajos de las cinco tomas de muestras realizadas. Tras la aplicación del AE de árbol de té, la cantidad de partículas aumenta hasta una media de  $11.946.892,33$  partículas/ $\text{m}^3$ , una diferencia estadísticamente significativa ( $p$ -valor  $0,0001$ ) con respecto a  $t=0\text{h}$ . En  $t=3\text{h}$ , las partículas comienzan a descender hasta obtener una media de  $7.527.215,67$  partículas/ $\text{m}^3$ , y continúa su decrecimiento en las siguientes dos tomas de muestra ( $7.314.032,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=4\text{h}$  y  $6.659.768,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=24\text{h}$ ), las cuales suponen diferencias significativas en todos sus puntos, obteniendo un  $p$ -valor  $> 0,05$ . Además, entre  $t=0\text{h}$  y  $t=24\text{h}$ , también existe un cambio significativo estadísticamente ( $p$ -valor  $0,0004$ ).

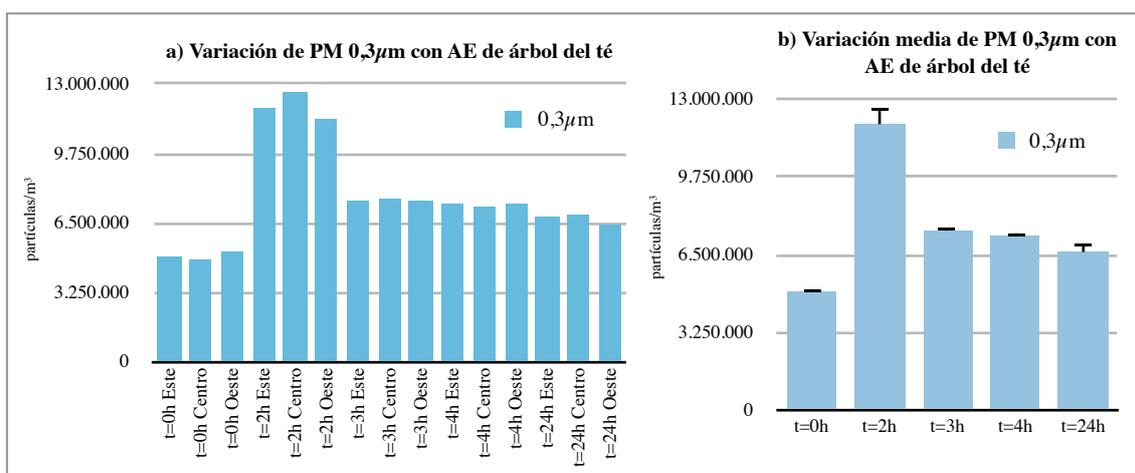


Fig. 41. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta\text{PM } 0,3\mu\text{m}$  antes ( $t=0\text{h}$ ) y después ( $t=2\text{h}, 3\text{h}, 4\text{h}$  y  $24\text{h}$ ) de la aplicación del AE árbol del té a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las partículas de  $0,5\mu\text{m}$  (Fig. 42) actúan de una forma muy similar a las de menor tamaño. En  $t=0\text{h}$  se obtienen los resultados más bajos de todas las muestras realizadas, con una media de  $607.648,67$  partículas/ $\text{m}^3$ . En  $t=2\text{h}$ , una vez terminada la aplicación del AE, las partículas aumentan hasta alcanzar  $1.738.082,67$  partículas/ $\text{m}^3$ , creando una diferencia significativa estadísticamente ( $p$ -valor  $0,0001$ ) entre  $t=0\text{h}$  y  $t=2\text{h}$ . Al cabo de una hora ( $t=3\text{h}$ ), las partículas disminuyen creando un cambio significativo estadísticamente ( $p$ -valor  $0,0004$ ) hasta obtener una media de  $923.597,67$  partículas/ $\text{m}^3$ . En  $t=4\text{h}$  el descenso continúa hasta alcanzar las  $744.669,67$  partículas/ $\text{m}^3$ , una diferencia significativa ( $p$ -valor  $0,0025$ ) entre  $t=3\text{h}$  y  $t=4\text{h}$ . La última toma de muestra ( $t=24\text{h}$ ), la cantidad de partículas aumenta levemente sin diferencias significativas ( $p$ -valor  $0,1872$ ) hasta las  $765.858,67$  partículas/ $\text{m}^3$ . Si se compara la diferencia existente entre  $t=0\text{h}$  y  $t=24\text{h}$ , se puede observar que sí existe un cambio significativo estadísticamente ( $p$ -valor  $0,0021$ ).

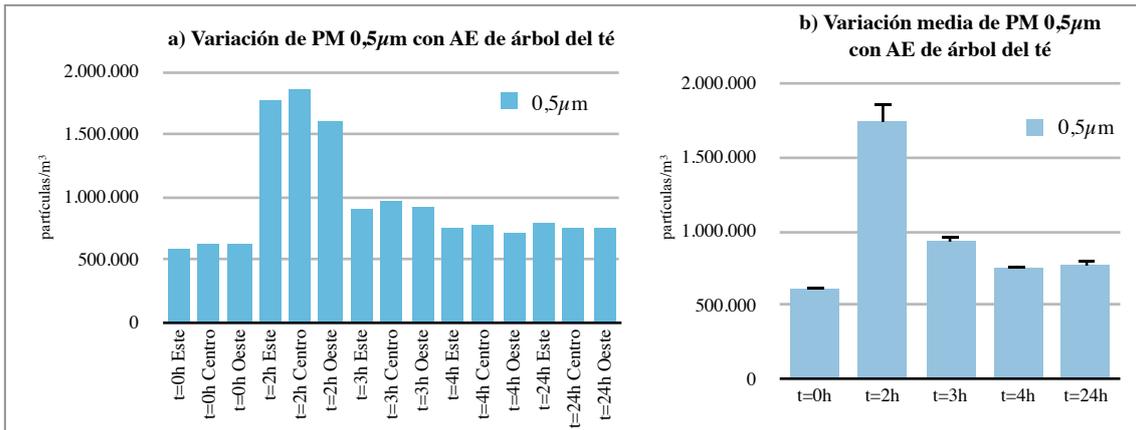


Fig. 42. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta PM_{0,5\mu m}$  antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE árbol del té a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las partículas de mayor tamaño ( $5,0\mu m$ ) (Fig. 43), presentan unos resultados muy diferentes a los otros tamaños de partículas ( $0,3\mu m$  y  $0,5\mu m$ ). En  $t=0h$  los valores de  $\Delta PM$  son más elevados que tras el tratamiento con el AE ( $32.371,67$  partículas/ $m^3$ ). Tras la aplicación del AE de árbol de té ( $t=2h$ ), los valores medios descienden con un cambio no significativo ( $p$ -valor  $0,1444$ ) hasta las  $18.902$  partículas/ $m^3$ . En  $t=3h$  las partículas aumentan ligeramente hasta  $19.776,33$  partículas/ $m^3$ , un cambio no significativo estadísticamente ( $p$ -valor  $0,9009$ ) con respecto a  $t=2h$ . En  $t=4h$ , los valores medios de partículas descienden hasta las  $14.243,67$  partículas/ $m^3$ , el resultado más bajo de las cinco tomas de muestras, un cambio no significativo ( $p$ -valor  $0,2855$ ) con respecto a  $t=3h$ . Finalmente, en  $t=24h$ , la cantidad media de partículas vuelve a aumentar hasta alcanzar las  $30.370,67$  partículas/ $m^3$ , cuyo resultado supone una diferencia significativa ( $p$ -valor  $0,0312$ ) con respecto a  $t=4h$ . Entre el número de partículas iniciales ( $t=0h$ ) y las finales ( $t=24h$ ), no existe una diferencia significativa ( $p$ -valor  $0,7601$ ).

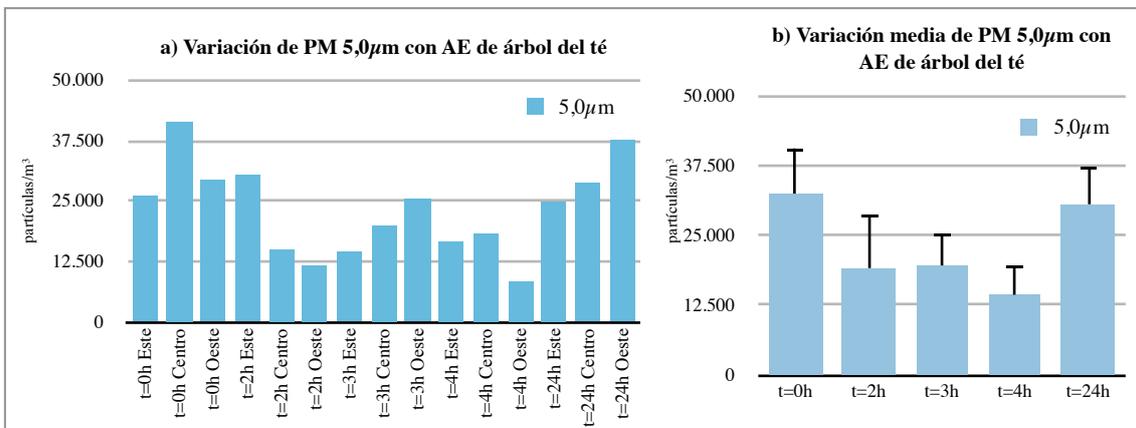


Fig. 43. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta PM_{5,0\mu m}$  antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE árbol del té a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

### 7.2.2. ESTUDIO DEL ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO.

En la Sala 2 se presenta con una cantidad de hongos (Fig. 44) superior a los límites establecidos ( $<200$  UFC/m<sup>3</sup>) en todas sus tomas de muestra. En  $t=0h$ , el espacio comienza con una cantidad media de 676 UFC/m<sup>3</sup> (530 UFC/m<sup>3</sup> en el Este, 740 UFC/m<sup>3</sup> en el centro y 760 UFC/m<sup>3</sup> en el Oeste). Tras la aplicación del aceite esencial de tomillo ( $t=2h$ ), la cantidad de hongos aumenta hasta adquirir una media de 773 UFC/m<sup>3</sup>, una diferencia no significativa ( $p$ -valor 0,5907). Este aumento se debe a la toma de muestra del Oeste de la sala, cuyo resultado alcanza las 1.070 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que en el centro se contabilizan 630 UFC/m<sup>3</sup> y 620 en el Este UFC/m<sup>3</sup>. La presencia de un resultado tan elevado y deferente a los demás podría deberse a una contaminación previa de la placa utilizada para el análisis. Al cabo de una hora ( $t=3h$ ), la cantidad media de hongos disminuye levemente hasta las 733 UFC/m<sup>3</sup>, un cambio no significativo ( $p$ -valor 0,8017). En  $t=4h$ , las colonias de hongos continúan disminuyendo, alcanzando una media de 583 UFC/m<sup>3</sup>, un resultado que tampoco aporta significancia en el cambio ( $p$ -valor 0,03063). En  $t=24h$ , se obtienen los resultados más bajos de las cinco tomas de muestra: 347 UFC/m<sup>3</sup>. La diferencia entre  $t=4h$  y  $t=24h$  no estadísticamente significativa ( $p$ -valor 0,1582), en cambio, si se comparan los resultados iniciales ( $t=0h$ ) y finales ( $t=24h$ ) se puede comprobar de manera estadística que sí se observa una diferencia significativa ( $p$ -valor 0,0206).

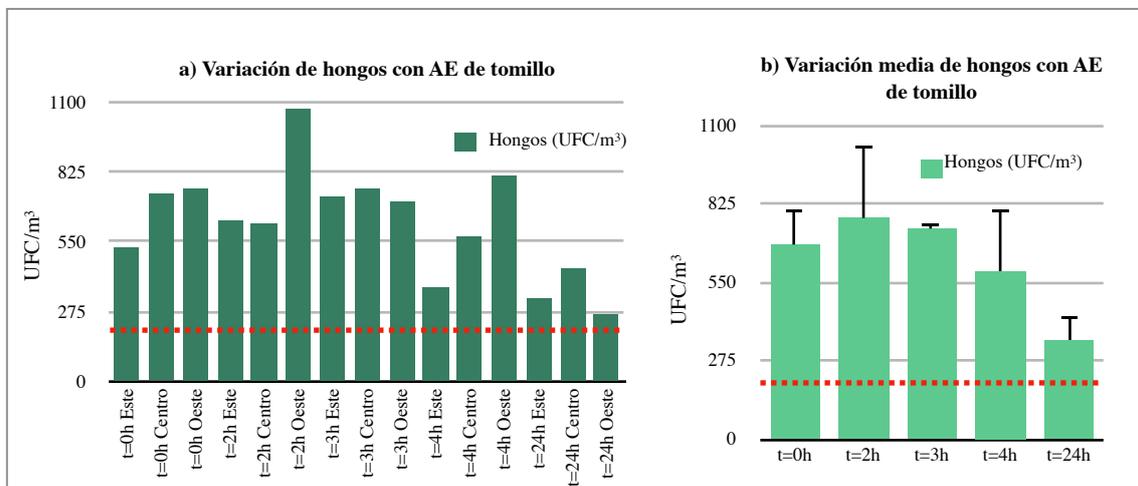


Fig. 44. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación del AE de tomillo a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo. La línea de puntos roja indica los límites recomendados ( $<200$ UFC/m<sup>3</sup>).

Las bacterias (Fig. 45) contabilizadas en todos los muestreos se encuentran dentro de los límites de confort ( $<600$  UFC/m<sup>3</sup>). El aire inicial ( $t=0h$ ) de la sala presentaba una media de 160 UFC/m<sup>3</sup> (120 UFC/m<sup>3</sup>

en el Este, 170 UFC/m<sup>3</sup> en el centro y 190 UFC/m<sup>3</sup> en el Oeste). Tras la aplicación del AE (t=2h), la cantidad de bacterias disminuyeron con un cambio no significativo estadísticamente (p-valor 0,0927) hasta las 87 UFC/m<sup>3</sup>. En t=3h ese decrecimiento continúa hasta alcanzar las 73 UFC/m<sup>3</sup>, de nuevo sin generar una diferencia significativa estadísticamente (p-valor 0,6530). Es en t=4h donde la nueva disminución de bacterias produce un cambio significativo estadísticamente (p-valor 0,0327) al alcanzar las 33 UFC/m<sup>3</sup>. Finalmente, en t=24h, la cantidad de bacterias aumenta levemente hasta las 77 UFC/m<sup>3</sup>, un aumento no significativo (p-valor 0,1398). Además, entre t=0h y t=24h, tampoco se puede considerar la significancia estadística del cambio entre la cantidad de bacterias transcurridas las veinticuatro horas, puesto que el p-valor= 0,0508.

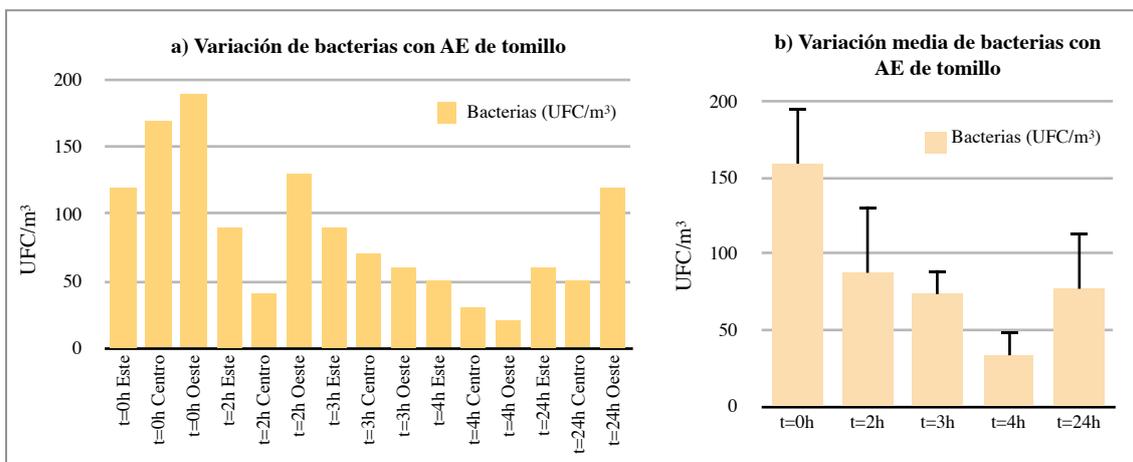


Fig. 45. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes (t=0h) y después (t=2h, 3h, 4h y 24h) de la aplicación del AE de tomillo a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Los valores medios de la flora mesófila (Fig. 46) de la sala 2 (aplicación del AE de tomillo), presentan en las tres tomas de muestras iniciales (t=0h, t=2h y t=3h) unos valores (837 UFC/m<sup>3</sup> en el Este, 860 UFC/m<sup>3</sup> en el centro y 807 UFC/m<sup>3</sup> en el Oeste) que sobrepasan los límites de confort recomendados por la norma UNE 100012:2005 (<800 UFC/m<sup>3</sup>). En t=4h la cantidad de flora mesófila desciende de manera no significativa estadísticamente (p-valor 0,1888) hasta las 617 UFC/m<sup>3</sup>, continuando dicho descenso hasta alcanzar en t=24h un total de 423 UFC/m<sup>3</sup>. A pesar de no existir ninguna diferencia significativa entre ninguna de la secuencia de tomas de muestra, sí existe un cambio estadístico (p-valor 0,0143) entre la toma de muestra inicial (t=0h) y la final (t=24h).

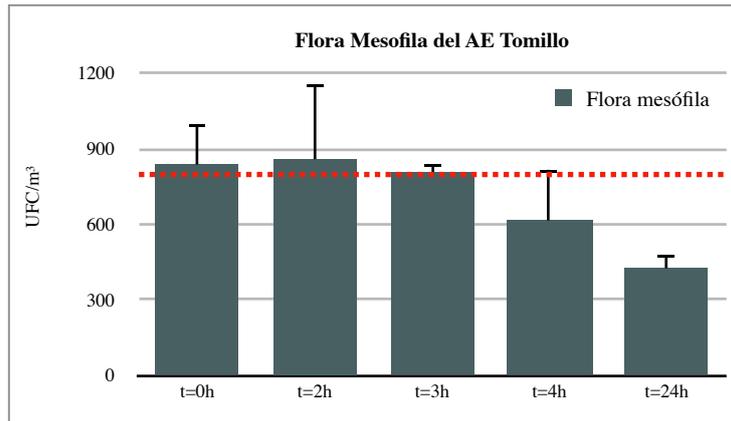


Fig. 46. Gráfico de barras mostrando los valores de la flora mesófila en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes (t=0h) y después (t=2h, 3h, 4h y 24h) de la aplicación del AE de tomillo.

Las partículas en suspensión de  $0,3\mu\text{m}$  (Fig. 47) presentes en la sala 2, antes de la aplicación del aceite esencial de tomillo (t=0h), contabilizan una media de 4.858.600 partículas/m<sup>3</sup>. Al finalizar la aplicación del AE (t=2h), la cantidad de partículas se incrementa con un cambio significativo (p-valor 0,0001) hasta las 88.289.754,67 partículas/m<sup>3</sup>. En t=3h, las partículas vuelven a disminuir con un cambio significativo (p-valor 0,0004) hasta las 50.269.258 partículas/m<sup>3</sup>. En t=4h, el descenso continúa creando una diferencia significativa estadísticamente (p-valor 0,0001) hasta las 29.301.098,67 partículas/m<sup>3</sup>. Al transcurrir las veinticuatro horas de la aplicación del AE (t=24h), las partículas menguan hasta las 3.418.583 partículas/m<sup>3</sup>. Esto supone una diferencia significativa tanto entre t=4h y t=24h (p-valor 0,0001), como entre el estado inicial (t=0h) y el final (t=24h) (p-valor 0,0002).

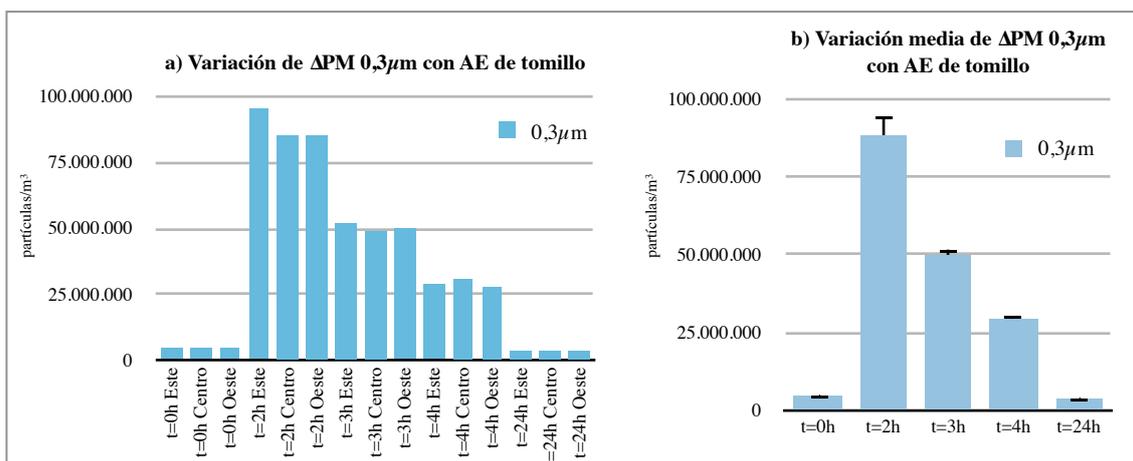


Fig. 47. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta\text{PM } 0,3\mu\text{m}$  antes (t=0h) y después (t=2h, 3h, 4h y 24h) de la aplicación del AE de tomillo a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las partículas de  $0,5\mu\text{m}$  (Fig. 48) actúan igual que las de menor tamaño ( $0,3\mu\text{m}$ ). En un inicio ( $t=0\text{h}$ ), las partículas comienzan con unos resultados medios de  $966.917$  partículas/ $\text{m}^3$ . Tras la aplicación del AE de tomillo, la cantidad de partículas se incrementan considerablemente hasta alcanzar las  $20.195.314$  partículas/ $\text{m}^3$ , un cambio muy significativo estadísticamente ( $p$ -valor  $0,0001$ ). A medida que transcurre el tiempo, la cantidad de partículas desciende ( $9.933.094,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=3\text{h}$  y  $5.384.906,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=4\text{h}$ ) provocando cambios significativos (entre  $t=2\text{h}$  y  $t=3\text{h}$ :  $p$ -valor  $0,0009$ ; entre  $t=3\text{h}$  y  $t=4\text{h}$ :  $p$ -valor  $0,0001$ ). Finalmente, en  $t=24\text{h}$ , la cantidad de partículas desciende por debajo de los valores iniciales, obteniendo una media de  $573.628,67$  partículas/ $\text{m}^3$ , un cambio significativo estadísticamente tanto para  $t=4\text{h}$  y  $t=24\text{h}$  ( $p$ -valor  $0,0001$ ), como para  $t=0\text{h}$  y  $t=24\text{h}$  ( $p$ -valor  $0,0003$ ).

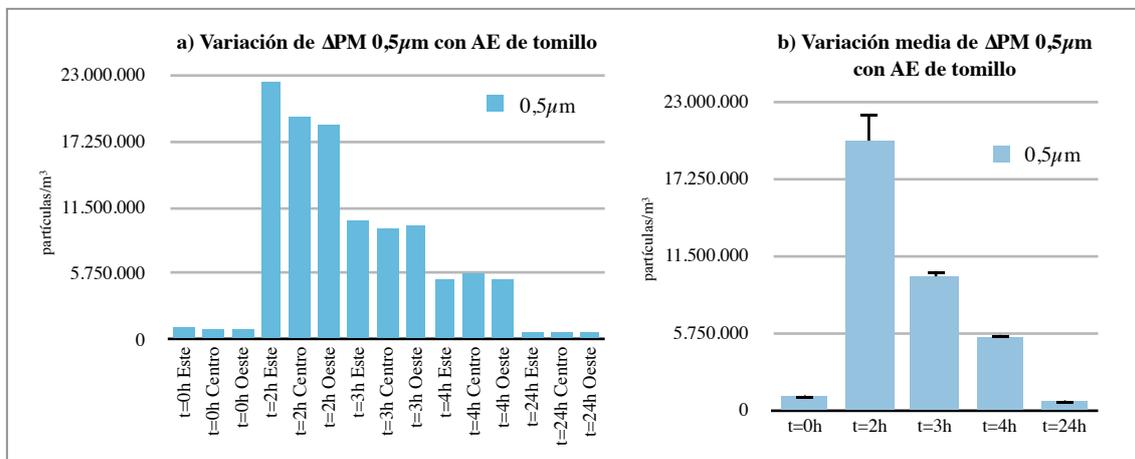


Fig. 48. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta\text{PM } 0,5\mu\text{m}$  antes ( $t=0\text{h}$ ) y después ( $t=2\text{h}, 3\text{h}, 4\text{h}$  y  $24\text{h}$ ) de la aplicación del AE de tomillo a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las partículas de mayor tamaño ( $5,0\mu\text{m}$ ) (Fig. 49) tienen un comportamiento distinto al de las otras dos partículas ( $0,3\mu\text{m}$  y  $5\mu\text{m}$ ), pero muy similar al de las partículas del mismo tamaño en la Sala 1 (ver pág. X). En un inicio ( $t=0\text{h}$ ), la cantidad media de partículas es de  $32.371,67$  partículas/ $\text{m}^3$ . Una vez aplicado el AE de tomillo ( $t=2\text{h}$ ), los resultados decrecieron con una diferencia significativa estadísticamente hasta las  $18.902$  partículas/ $\text{m}^3$ . La variación entre las restantes tomas de muestra no resultaron significativa en ninguno de los casos. La cantidad de partículas en  $t=3\text{h}$  disminuye levemente hasta las  $19.776,33$  partículas/ $\text{m}^3$ . En  $t=4\text{h}$  continua el descenso hasta las  $14.243,67$  partículas/ $\text{m}^3$ , mientras que en  $t=24\text{h}$  aumenta hasta finalizar con un total de  $30.370,67$  partículas/ $\text{m}^3$ .

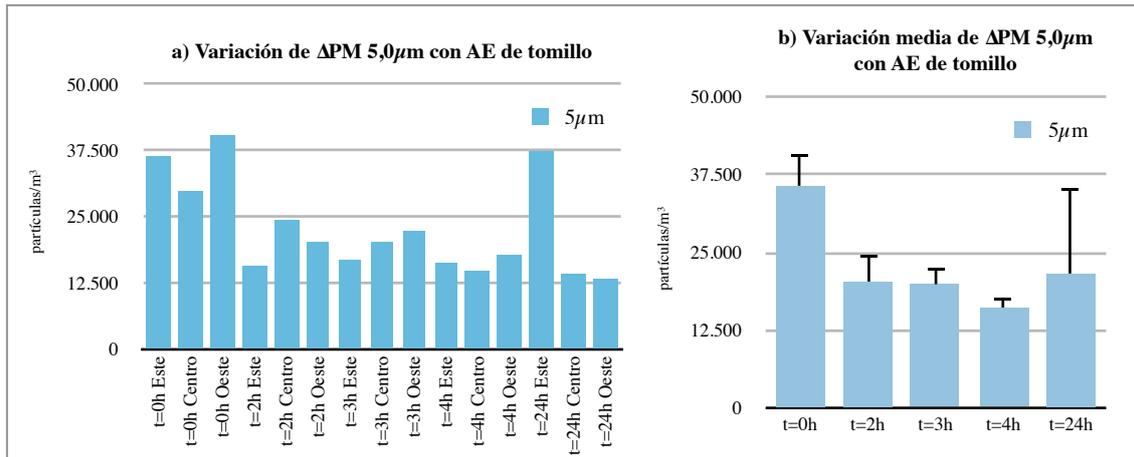


Fig. 49. Gráfico de barras mostrando los valores de ΔPM 5,0μm antes (t=0h) y después (t=2h,3h, 4h y 24h) de la aplicación del AE de tomillo a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

### 7.2.3. ESTUDIO DE LA MEZCLA DE ACEITES ESENCIALES: AE DE ÁRBOL DEL TÉ Y AE DE TOMILLO.

Los hongos (Fig. 50) presentes en la sala en t=0h presenta unos valores medios de 97 UFC/m<sup>3</sup>. Una vez aplicado aplicados los AEs la cantidad de hongos desciende en t=2h (53 UFC/m<sup>3</sup>) y t=3h (47 UFC/m<sup>3</sup>) con una diferencia no significativa estadísticamente. En t=4h los resultados comienzan a aumentar hasta alcanzar los 80 UFC/m<sup>3</sup>, y continúa el crecimiento hasta las 137 UFC/m<sup>3</sup> en t=24h. Los aumentos de descensos de hongos no suponen una diferencia significativa entre ninguna de las tomas de muestra (p-valor >0,05), incluso entre t=0h y t=24h (p-valor 0,2653).

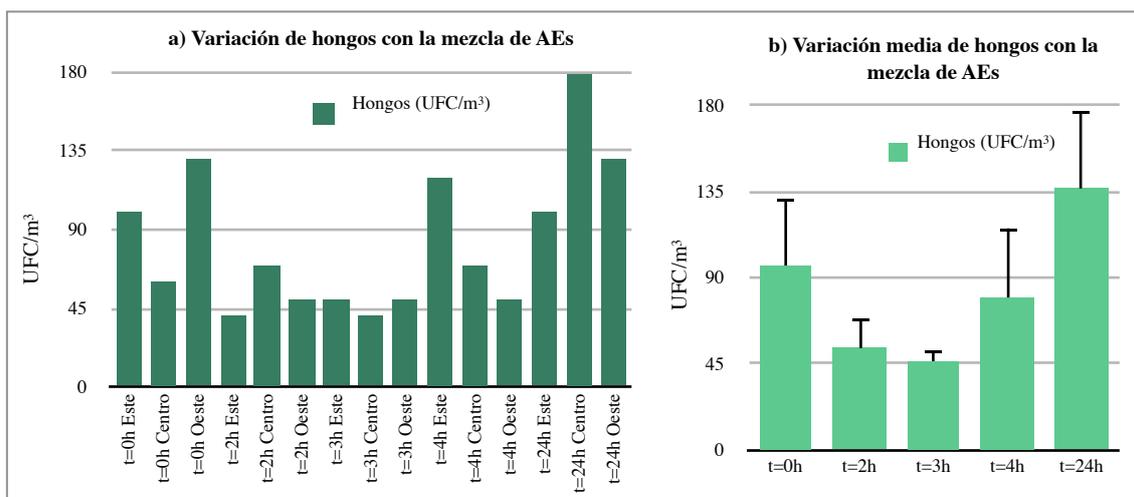


Fig. 50. Gráfico de barras mostrando los valores de hongos en el aire (UFC/m<sup>3</sup>) antes (t=0h) y después (t=2h,3h, 4h y 24h) de la aplicación de la mezcla de AEs a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las cantidad bacterias (Fig. 51) en  $t=0h$  es muy reducida ( $20 \text{ UFC/m}^3$ ) y la variación de los resultados en los distintos muestreos es muy leve, por lo que las diferencias entre ellos no es significativa estadísticamente ( $p\text{-valor} > 0,05$ ). Tras la aplicación de los AEs ( $t=2h$ ), la cantidad media de bacterias asciende hasta las  $23 \text{ UFC/m}^3$ , presentando resultados irregulares en cada zona ( $0 \text{ UFC/m}^3$  en el Este,  $20 \text{ UFC/m}^3$  en el centro y  $50 \text{ UFC/m}^3$  en el Oeste). En  $t=3h$  la cantidad media de bacterias se mantiene estable ( $23 \text{ UFC/m}^3$ ), pero en  $t=4h$  desciende hasta las  $13 \text{ UFC/m}^3$ . Finalmente, en  $t=24h$ , hay un aumento tras el recuento de este tipo de microorganismos ( $27 \text{ UFC/m}^3$ ).

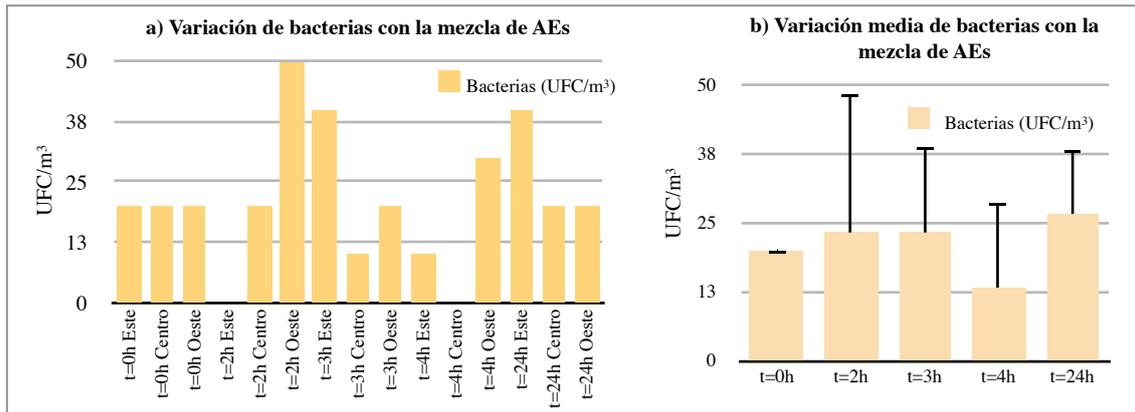


Fig. 51. Gráfico de barras mostrando los valores de bacterias en el aire ( $\text{UFC/m}^3$ ) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación de la mezcla de AEs a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

La flora mesófila (Fig. 52) de la sala 3 (aplicación de la mezcla de AE) está, en todos los casos, por debajo de los límites de confort ( $< 800 \text{ UFC/m}^3$ ) y, además, debido a la concentración tan baja de microorganismos, los cambios que se producen entre cada toma de muestra no es significativo ( $p\text{-valor} > 0,05$ ). La flora mesófila en  $t=0h$  es de  $117 \text{ UFC/m}^3$  y tras la aplicación de los AEs, desciende hasta las  $77 \text{ UFC/m}^3$   $\text{UFC/m}^3$  en  $t=2h$  y hasta las  $70 \text{ UFC/m}^3$  en  $t=3h$ . Es a partir de  $t=4h$  cuando los valores comienzan a elevarse alcanzando las  $93 \text{ UFC/m}^3$  en  $t=4h$  y las  $167 \text{ UFC/m}^3$  en  $t=24h$ .

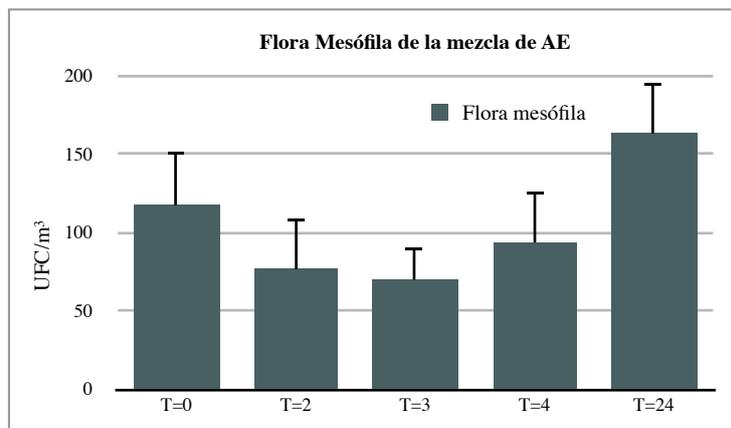


Fig. 52. Gráfico de barras mostrando los valores medios de la flora mesófila en el aire ( $\text{UFC/m}^3$ ) antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación de la mezcla de AEs.

Las partículas en suspensión sí presentan resultados óptimos, muy similares a los obtenidos con la aplicación del aceite esencial de Tomillo. Las partículas de  $0,3\mu\text{m}$  (Fig. 53) parten en  $t=0\text{h}$  con una media de  $7.240.790,33$  partículas/ $\text{m}^3$ . Tras la exposición de los AEs, esta cifra aumenta hasta las  $42.425.815,33$  partículas/ $\text{m}^3$ , pero a medida que avanza el tiempo, las partículas disminuyen poco a poco ( $31.049.294,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=3\text{h}$  y  $22.233.444,33$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=4\text{h}$ ) hasta alcanzar las partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=24\text{h}$ . Todos los cambios entre una toma de muestra y otra son significativos estadísticamente, obteniendo un p-valor de  $0,0001$  en todos los casos.

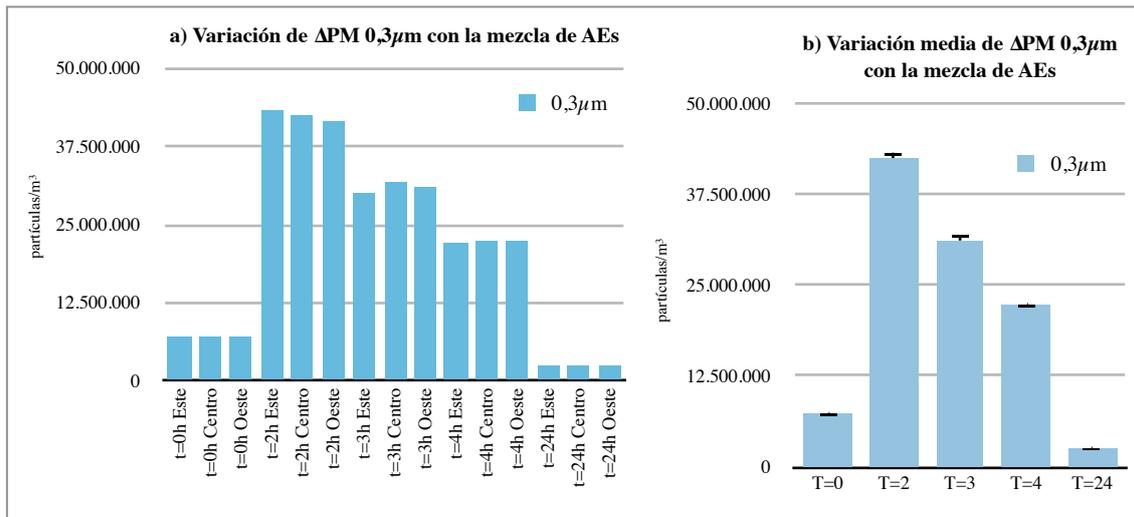


Fig. 53. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta\text{PM } 0,3\mu\text{m}$  antes ( $t=0\text{h}$ ) y después ( $t=2\text{h}, 3\text{h}, 4\text{h}$  y  $24\text{h}$ ) de la aplicación de la mezcla de AEs a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Las partículas de  $0,5\mu\text{m}$  (Fig. 54) presentan un comportamiento muy similar al de las de menor tamaño ( $0,3\mu\text{m}$ ). Éstas comienzan en  $t=0\text{h}$  con una cantidad de partículas medias de  $728.112,33$  partículas/ $\text{m}^3$  y tras la aplicación de los AEs ( $t=2\text{h}$ ) aumentan hasta las  $7.519.093,67$  partículas/ $\text{m}^3$ . A partir de  $t=3\text{h}$  en adelante, el número de partículas desciende ( $5.212.806,67$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $T=3$  y  $3.567.258$  partículas/ $\text{m}^3$  en  $t=4\text{h}$ ) hasta finalizar en  $t=24\text{h}$  con una media menor ( $426.837,33$  partículas/ $\text{m}^3$ ) que la que presentaba en su estado inicial ( $t=0\text{h}$ ). Todos los cambios entre una toma de muestra y otra son significativos estadísticamente, obteniendo un p-valor de  $0,0001$  en todos los casos.

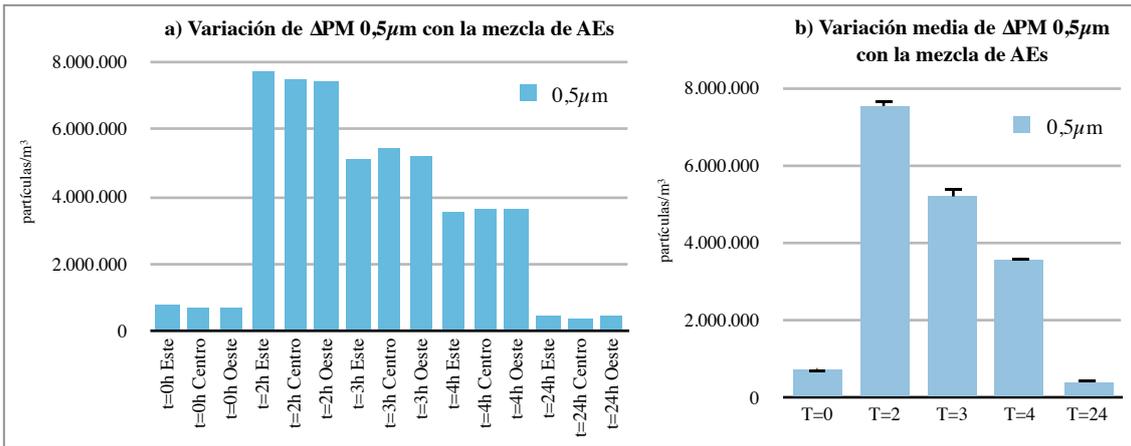


Fig. 54. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta PM 0,5\mu m$  antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación de la mezcla de AEs a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Para finalizar, las partículas de mayor tamaño ( $5,0\mu m$ ) (Fig. 55) manifiestan un comportamiento opuesto: comienzan con un total de  $15.835,67$  partículas/m<sup>3</sup>, y tras la aplicación de los AEs ( $t=2h$ ) la cantidad de partículas disminuye con una diferencia significativa estadísticamente (p-valor  $0,0470$ ) hasta las  $3531,33$  partículas/m<sup>3</sup>. A partir de  $t=3h$  ( $7298,33$  partículas/m<sup>3</sup>) los resultados comienzan a aumentar ( $8593,33$  partículas/m<sup>3</sup> en  $t=4h$ ) lentamente de manera no significativa (p-valor  $>0,05$ ) hasta alcanzar en  $t=24h$  un total de  $12.124,67$  partículas/m<sup>3</sup>, un resultado inferior al inicial.

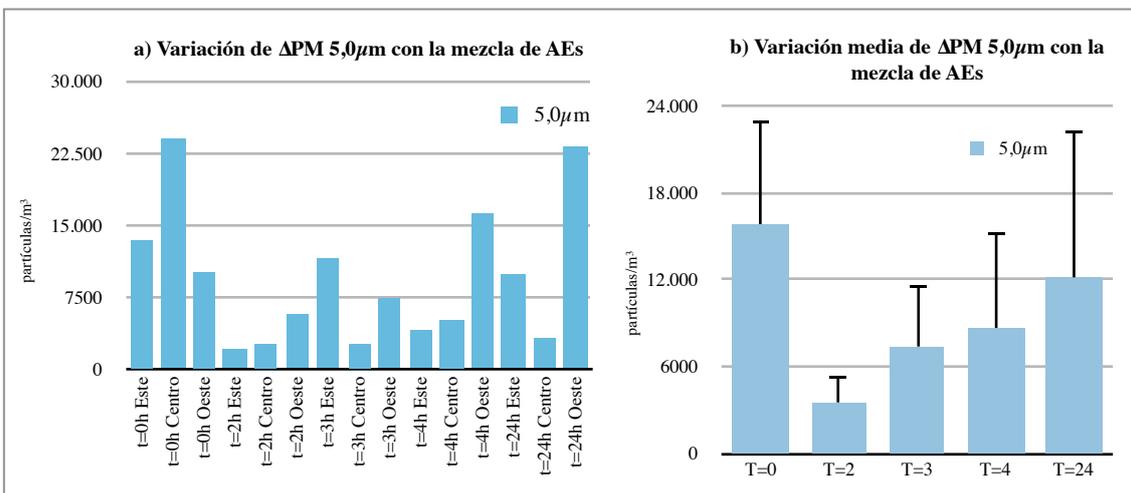


Fig. 55. Gráfico de barras mostrando los valores de  $\Delta PM 5,0\mu m$  antes ( $t=0h$ ) y después ( $t=2h, 3h, 4h$  y  $24h$ ) de la aplicación de la mezcla de AEs a) en cada punto de muestreo por separado y b) los valores medios de cada tiempo.

Los resultados obtenidos en la sala 3 tras la aplicación de la mezcla de los aceites esenciales no son tan óptimos como cabría esperar debido al aumento de microorganismos transcurridas las veinticuatro horas de la aplicación de los AEs. En un principio se eligió la mezcla de estos dos aceites ya que estudios pre-

vios mostraban un efecto sinérgico o aditivo<sup>73</sup>. Sin embargo en nuestro caso parece observarse un efecto antagónico. Diversos trabajos muestran que las mezclas de AEs pueden generar interacciones entre los componentes principales de los mismos pudiendo conllevar a cuatro tipos de efectos: aditivos, sinérgicos, indiferentes o antagónicos (menos frecuentes)<sup>74</sup>. Además, ciertos estudios muestran que esa interacción depende no solo del tipo de mezcla de aceites esenciales sino también de la concentración empleada<sup>75</sup>. Futuras investigaciones se deberían realizar para elucidar si este efecto antagónico observado se debe a la concentración utilizada o al tipo de interacción entre los componentes de los aceites esenciales utilizados. Así mismo, el mecanismo responsable del proceso antagónico es desconocido y más investigación es necesaria para poder explicarlo.

---

<sup>73</sup> TSERENNADMID, RENTSENKHAND, TAKÓ, MIKLÓŠ, GALGÓCZY, LÁSZLÓ, PAPP, TAMÁS, PESTI, MIKLÓŠ, VÁG-VÖLGYI, CSABA, ALMÁSSY, KATALIN y KRISCH, JUDIT. Anti yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 144, no. 3, 2011, pp. 480-486. ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.004.

<sup>74</sup> BASSOLÉ, Imaël Henri Nestor y JULIANI, H. Rodolfo. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*. Vol. 17, N° 4, 2012, p. 3989–4006. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules17043989.

<sup>75</sup> GOÑI, P, LÓPEZ, P, SÁNCHEZ, C, GÓMEZ-LUS, R, BECERRIL, R y NERÍN, C. Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. En: *Food Chemistry*, vol. 116, no. 4, 2009, pp. 982-989. ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/j.foodchem.2009.03.058.

## 8. Conclusiones.



Este trabajo nace fruto del interés y curiosidad por la unión entre la conservación y restauración y la biotecnología, materias que se han tratado a lo largo del Máster de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universitat Politècnica de Valencia, pero también surge por la preocupación por el medioambiente. Este proyecto promueve la realización de una investigación sostenible que favorezca la mejora del medioambiente y del patrimonio que contiene. Además, los principios de esta investigación se podrían relacionar con 3 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible<sup>76</sup> (ODS) establecidos por parte de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Estos se basan en la búsqueda del bienestar y la salud (Objetivo 3)<sup>77</sup> a través de la mejora del clima y el medioambiente; el uso del consumo responsable (Objetivo 12)<sup>78</sup> eliminando el empleo de materiales tóxicos y sustituyéndolos por naturales; y en la lucha por la prosperidad climática (Objetivo 13)<sup>79</sup> mediante la mejora de la calidad del aire.

En líneas generales, este TFM es una pequeña aportación y un primer paso para la mejora de la calidad del aire en espacios patrimoniales con sustancias naturales que pretende o invita a continuar con la profundización de su estudio con el fin de crear una investigación que abarque dimensiones más grandes. Hay que tener en cuenta, antes de continuar, que la presente investigación se ha visto ciertamente afectada por motivos ajenos a causa de la pandemia global COVID-19, por lo que se ha tenido que finalizar el proyecto antes de la aplicación del sistema *in-situ* en el Camarín de la Virgen de los Desamparados, aunque es una tarea pendiente de realizar.

## 8.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES.

Los estudios preliminares han demostrado la férrea necesidad de una intervención integral de la calidad del aire de la iglesia:

Los estudios **termo-higrométricos** han revelado que en verano la temperatura es demasiado elevada tanto en el interior de la iglesia como en el Camarín. Además, en este último espacio, llama la atención la ele-

---

<sup>76</sup> Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulta: 03-06-20]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

<sup>77</sup> Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulta: 03-06-20]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-3-good-health-and-well-being.html>

<sup>78</sup> Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulta: 03-06-20]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-12-responsible-consumption-and-production.html>

<sup>79</sup> Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulta: 03-06-20]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>

vada humedad relativa debido al potencial de riesgo que presenta tanto verano como invierno, pudiendo se esto debido a los daños estructurales del espacio y la ascensión de humedad por capilaridad. En cuanto al interior de la iglesia, se ve necesario instalar un sistema automático<sup>80</sup> para la medición y almacenamiento de datos ambientales para analizar en profundidad los posibles riesgos.

El estudio de la **contaminación microbiológica** del aire de la iglesia muestra la existencia de una contaminación microbiológica elevada en algunos de los puntos del interior, sobre todo en invierno, y una contaminación constante en el Camarín de la Virgen de los Desamparados: en invierno, la cantidad de hongos detectados sobrepasan los límites, y en verano y otoño los sobrepasan las bacterias. Cabe esperar al comprobar estos resultados, que existe la probabilidad de crecimiento microbiológico sobre las superficies artísticas pictóricas y ornamentales. La contaminación del interior de la iglesia y del Camarín, podría deberse a las condiciones termo-higrométricas, a los problemas de ventilación presentes de manera general, especialmente en el Camarín, a posibles déficits de limpiezas, así como al aumento de fieles y turistas de la iglesia desde la inclusión de la misma en diversos recorridos turísticos de la ciudad.

Los datos obtenidos de las **partículas en suspensión** varían en función del tamaño de partícula y la estación tal como ya se ha comprobado en otras investigaciones<sup>81</sup>. Las partículas de  $0,3\mu\text{m}$  y  $0,5\mu\text{m}$  se encuentran por debajo de los límites permitidos para la salud humana, pero las partículas de  $5,0\mu\text{m}$  sobrepasan algunos límites, sobre todo en el Camarín, cuyos resultados de verano y otoño son preocupantes. Como ya se comentó anteriormente, las bacterias tienen un tamaño entre  $0,5-5,0\mu\text{m}$ , hecho que concuerda con los resultados obtenidos de la contaminación microbiológica de bacterias en el aire en comparación con los resultados de las partículas de  $0,5\mu\text{m}$  y  $5,0\mu\text{m}$  tanto en verano como en otoño. Hay que destacar en este apartado que, aunque las partículas no excedan los límites, éstos si repercuten directamente sobre los bienes patrimoniales puesto que conllevan al ennegrecimiento de las pinturas murales y fachadas, así como generar importantes deterioros de los materiales constituyentes de los BIC, todo ello favorecido por las condiciones ambientales. La concentración de partículas podrían ser debido al permanente andamio aéreo y al cese de los trabajos de restauración, pero también a la presencia de microorganismos en el aire, así como a la contaminación del exterior que se introduce en el interior.

---

<sup>80</sup> GROSSI, C. M., BRIMBLECOMBE, P., MENÉNDEZ, B., BENAVENTE, D., HARRIS, I y DÉQUÉ, M. Climatology of salt transitions and implications for stone weathering. En: *Science of the Total Environment*, vol. 409, no. 13, 2011, pp. 2577-2585. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2011.03.029.

<sup>81</sup> PERRONE, M. G., GUALTIERI, M., CONSONNI, V., FERRERO, L., SANGIORGI, G., LONGHIN, E., BALLABIO, D., BOLZACCHINI, E. et CAMATINI, M. Particle size, chemical composition, seasons of the year and urban, rural or remote site origins as determinants of biological effects of particulate matter on pulmonary cells. En: *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd, 2013, Vol. 176, p. 215–227. DOI 10.1016/j.envpol.2013.01.012

El Camarín de la Virgen de los Desamparados se comporta de una forma muy diferente en comparación con el interior y el exterior de la iglesia. Los valores medios de bacterias y de flora mesófila total aparecen muy elevados en verano en el Camarín mientras que en el resto de espacios es en invierno cuando más elevadas están. También se observa en las PM 5 que, tanto en interior como en exterior, aparecen bajas en todas las estaciones pero en el Camarín aparecen muy altas en verano y otoño, mientras que en las PM 0,3 son más elevadas en los otros espacios en todas las estaciones

Debido la relevancia histórica de este espacio y a las obras de arte que presenta en su interior, se considera de suma importancia la próxima intervención integral del templo, incluyendo entre dichas tareas las inspecciones trimestrales de sus parámetros termo-higrométricos y microbiológico para evaluar su evolución conforme se vayan realizando las tareas de restauración programadas en la iglesia. Como ya se sabe, la calidad ambiental va de la mano de las condiciones climáticas, por lo que se recomienda aumentar la limpieza de las superficies donde se hayan podido depositar partículas o microorganismos y disponer de un sistema que reduzca la temperatura ambiental cuando sea necesario mediante la ventilación con un filtrado adecuado o por sistemas de climatización.

La fuente de exterior de partículas proviene principalmente del tráfico rodado, por lo que sería interesante limitar al máximo el acceso de vehículos a las calles circundantes. En la actualidad, a través de un concurso público celebrado por el Ayuntamiento de Valencia, se ha realizado un proyecto<sup>82</sup> de *Regeneración Urbana del Entorno* de la Plaza de Ciudad de Brujas, Lonja, Mercado Central y Santos Juanes. Incluso, también se están llevando a cabo obras para la peatonalización de varias calles y plazas del centro histórico de la ciudad, por lo que se espera que la cantidad de partículas disminuya en esta zona.

De manera general, se cree muy necesario establecer unas recomendaciones o normativas específicas que marque unos límites de seguridad de microorganismos y partículas en suspensión para el Patrimonio Cultural, y con ello predecir con mayor facilidad los riesgos a los que puede estar enfrentado.

---

<sup>82</sup> AYUNTAMIENTO DE VALENCIA. *Valencia recibe el proyecto para la regeneración del entorno de la Plaza Ciudad de Brujas*, 2018. <https://valenciaplaza.com/proyecto-regeneracion-plaza-ciudad-brujas>

## 8.2. CONCLUSIONES DEL SISTEMA DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE.

A modo de contribuir a la mejora de la calidad del aire, en este proyecto se ha diseñado un sistema de difusión de aceites esenciales como parte del plan de conservación preventiva para espacios confinados en la iglesia de los Santos Juanes.

El **AE de árbol del té** ha mostrado muy buenos resultados en la disminución de microorganismos con diferencias significativas entre los resultados antes y después de la aplicación de AE. En cuanto a las partículas en suspensión, se observa que las más pequeñas ( $0,3 - 0,5\mu\text{m}$ ) permanecen más elevadas transcurridas las veinticuatro horas. Esto puede ser debido a que el tamaño de las micropartículas liberadas por el difusor comprenden dichos tamaños, puesto que este gran aumento sucede en las tres difusiones de aceites esenciales. En el caso del árbol de té, que permanezca por encima de los valores iniciales podría deberse a que perdura en suspensión más tiempo. Las partículas de  $5,0\mu\text{m}$  disminuyen tras la difusión del aceite, pero a las veinticuatro horas aumenta, quedando por debajo de los resultados iniciales. Esto podría deberse, como se comentó anteriormente, a la disminución de bacterias en el aire. El hecho de que disminuyan, hace pensar que el aceite esencial del árbol del té es el causante de ello y se podría concluir que este producto, en un periodo de tiempo acotado, reduce la cantidad de partículas de  $5,0\mu\text{m}$  en el aire. Para poder confirmar estas hipótesis, son necesarios más estudios que permitan conocer en mayor profundidad el comportamiento de este AE con las partículas en suspensión.

El **AE de tomillo** también disminuye la cantidad de microorganismos, pero, en el caso de los hongos, no llega a establecer valores por debajo de los límites para la salud humana. En cuanto a las partículas, los resultados son muy óptimos puesto que consigue finalizar, tras las veinticuatro horas, con unos valores de inferiores a los iniciales para cada tamaño de partícula.

La **mezcla de AEs de árbol de té y tomillo**, se ha podido confirmar que muestran resultados antagónicos en la interacción con los microorganismos. Se han realizado previamente otros estudios de combinación de AEs para todo tipo de campos, y se ha comprobado que a concentraciones mínimas inhibitorias puede llegar a observarse un efecto antagónico, mientras que si se utiliza la máxima concentración, se observa un efecto sinérgico. Por esta razón se decidió utilizar la máxima concentración de cada AE permitido por el fabricante pero, aún así, no se obtuvieron resultados sinérgicos. Es por ello que más investigaciones son necesarias para elucidar el mecanismo responsable del proceso antagónico puesto que, actualmente, no se conoce. En cuanto a las partículas en suspensión, si se observan unos resultados muy óptimos, similares a los del AE de tomillo.

Los resultados en laboratorio demuestran una reducción significativa y esperanzadora de microorganismos y partículas en suspensión, por lo que se considera conveniente probarlo en el Camarín de la Virgen de los Desamparados y otros espacios confinados, realizando en primer lugar estudios de su perdurabilidad y comportamiento en el tiempo para comprobar cómo interacciona con el medio a largo plazo. Tras analizar cada tipo de aceite esencial, se opta por los beneficios aportados por el AE de árbol del té a causa de sus cualidades para la disminución de microorganismos en el aire, puesto que los resultados de la calidad del aire en el Camarín de la Virgen de los Desamparados son muy preocupantes.

Cabe mencionar que, en la actualidad, por motivo de la devastadora crisis sanitaria causada por la pandemia global COVID-19, en varias partes del mundo se están realizando limpiezas en los BIC con productos tóxicos como el etanol, el peróxido de hidrógeno o productos derivados de la química del cloro, como la lejía, entre otros, que pueden generar residuos muy dañinos para los bienes. Por su parte, el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), a modo de frenar este tipo de actuaciones, ha realizado un documento de recomendaciones para la desinfección de los bienes culturales promoviendo la reflexión sobre la eficacia de los productos de desinfección y la repercusión que generan, tanto para las personas como para el patrimonio cultural y el medio ambiente<sup>83</sup>. A través de este proyecto, se hace hincapié en dichas recomendaciones y, al conocer las propiedades antivirales que presentan muchos aceites esenciales (entre ellos el tomillo y el árbol del té), sería muy interesante promover la investigación de la acción de los AEs como medida preventiva para la disminución de la carga viral del COVID-19 en espacios interiores y patrimoniales.

La instalación de un sistema de aceites esenciales para la mejora de la calidad del aire es, por tanto, una acción de prevención que podría ayudar a disminuir los procesos de biodeterioro, incluyendo un sistema de monitorización para la regulación de la humedad y temperatura. Además, es muy importante aumentar la conciencia social acerca de la importancia del control de la calidad del aire interior para realizar inspecciones periódicas que permitan conocer la evolución de las medidas de prevención utilizadas.

Por último, es fundamental recalcar en este proyecto, la importancia que tiene el empleo de productos naturales y BIO, por lo que se invita a otros investigadores a promover y explorar el uso de este tipo de productos con el fin de sustituir, en la medida de lo posible, los materiales químicos que aporten sustancias tóxicas al medioambiente y al ser humano.

---

<sup>83</sup> MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE. *Recomendaciones sobre procedimientos de desinfección en bienes culturales con motivo de la crisis por COVID 19*. Madrid: IPCE, 2020.

## 9. Bibliografía.



AENOR, *Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior*. UNE 171330-2:2014. Madrid: AENOR, 2014.

AENOR, *Higienización de sistemas de climatización*. UNE 100012:2005. Madrid: AENOR, 2005.

AHMED, T., USMAN, M. y SCHOLZ, M. Biodeterioration of buildings and public health implications caused by indoor air pollution. En: *Indoor and Built Environment*. Vol. 27, Nº 6, 2018 p. 752–765. ISSN 1945-8339. DOI 10.1177/1420326X17690912

ANDRADE-OCHOA, Sergio, SÁNCHEZ-TORRES, Luvia E., NEVÁREZ-MOORILLÓN, Guadalupe Virginia, CAMACHO, Alejandro D. y NOGUEDA-TORRES, Benjanín. Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. En: *Biomédica*, vol. 37, Nº 2, 2017 pp. 224-243. ISSN 0120-4157. DOI 10.7705/biomedica.v34i2.3475.

AYUNTAMIENTO DE VALENCIA. *Valencia recibe el proyecto para la regeneración del entorno de la Plaza Ciudad de Brujas*, 2018. <https://valenciaplaza.com/proyecto-regeneracion-plaza-ciudad-brujas>

BASSOLÉ, Imaël Henri Nestor y JULIANI, H. Rodolfo. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*. Vol. 17, Nº 4, 2012, p. 3989–4006. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules17043989

BAUDOUX, D., BREDA, M.L. *Aceites esenciales quimiotipados: Aromaterapia científica*. Bruselas: Editions Amyris, 2018. ISBN: 2-919905-62-7.

BERENGUER SUBILS, M<sup>a</sup> J. NTP 289: *Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 2019. [Consulta: 20-05-20]. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_289.pdf/7299-d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_289.pdf/7299-d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9)

BÖKE, H.; GOKTURK, H.; CANER-SALTIK, E.; DEMIRCI, S. Effect of Airborne Particle on SO<sub>2</sub>-Calcite Reaction. En *Applied Surface Science*, vol. 140 (1999) 70-82.

BOLETÍN ESTADÍSTICO APV. *Autoridad portuaria de Valencia*, 2020. Consulta [16-04-20]. Disponible en: <https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Boletin-Estadistico-Febrero-2020-PBI.pdf>.

BOSCH ROIG, M. P. *Caracterización del biodeterioro y desarrollo de nuevos tratamientos de limpieza aplicables a los frescos restaurados de Antonio Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Domenech Carbó, María Teresa (dir). Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2011.

BOSCH ROIG, María Pilar. Control de la evolución de partículas en suspensión. En: ROIG PICAZO, P., CAMPOS GONZÁLEZ, C., BERNAL NAVARRO, J.C., REGIDOR ROS, J.L., MARCENAC, V., MADRID GARCÍA, J.A. y VALCARCEL ANDRÉS, J.C. *Intervención arquitectónica y pictórico-ornamental en la iglesia parroquial de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia*. Valencia, 2016. ISBN: 978-84-617-5628-5

BOSCH-ROIG, P, BARCA, D, CRISCI, G. M y LALLI, C, 2013. Lichens as bioindicators of atmospheric heavy metal deposition in Valencia, Spain. En: *Journal of atmospheric chemistry*, vol. 70, Nº 4, pp. 373-388. ISSN 1573-0662. DOI 10.1007/s10874-013-9273-6.

CANEVA, G., NUGARI, M.P. y SALVADORI, O. *La biología en la restauración*. Hondarribia; Sevilla: Nerea: Consejería de Cultura, 2000. ISBN 8489569487.

CAMPO VELASCO, July Alexandra y VANEGA MAHECHA, Pedro. Evaluación de aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) como microbicidas y conservantes en mazorcas tiernas de maíz (*Zea mays* L.). En: *Acta agronomica (Palmira)*, vol. 61, no. 5, 2012. pp. 43. ISSN 0120-2812.

CHATOUTSIDOU, Sofia Eirini Y LAZARIDIS, Mihalís. Assessment of the impact of particulate dry deposition on soiling of indoor cultural heritage objects found in churches and museums/libraries. *Journal of Cultural Heritage* [en línea]. Elsevier Masson SAS, 2019, Vol. 39, p. 221–228. [Consulta: 28-04-20]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207418305922>. DOI 10.1016/j.culher.2019.02.017

CINCINELLI, A. y MARTELLINI, T.. Indoor Air Quality and Health. En: *International journal of environmental research and public health*, vol. 14, no. 11, 2017, pp. 1286. ISSN 1660-4601. DOI 10.3390/ijerph14111286.

DE LA ROSA, M.C, MOSSO, M.A y ULLAN, C. El aire: habitat y medio de transmisión de microorganismos. En: *Observatorio medioambiental*, vol. 5, 2002, pp. 375. ISSN 1139-1987.

DEL MONTE, M., SABBIONI, C. et VITTORI, O. Airborne carbon particles and marble deterioration. En: *Atmospheric Environment (1967)*, Vol. 15, nº 5, 1981 p. 645–652. DOI 10.1016/0004-6981(81)90269-9

DEL MONTE, M.; LEFÈVRE, R. A. *Particulate matter in the urban atmosphere*. En: Advanced Study Course «Sciences and Technologies of the materials and of the environment for the protection of stained glass and stone monuments». European Commission, Protection and Conservation of the European Cultural Heritage, Research report N° 14.

DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNICACIONES EUROPEAS. Directiva 80/779/CEE Del Consejo, de 15 de Julio de 1980, Relativa a *Los Valores Límite y a Los Valores Guía de Calidad Atmosférica Para El Anhídrido Sulfuroso y Las Partículas En Suspensión*, Vol. 2 (15), pp.197-198.

DOLSKE, D.A. Deposition of atmospheric pollutants to monuments, statues, and buildings. En: *Science of the Total Environment*, vol. 167, no. 1, 1995 pp. 15-31. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/0048-9697(95)04566-J.

FIDANZA, M. R. y CANEVA, G. Natural biocides for the conservation of stone cultural heritage: A review. En: *Journal of Cultural Heritage*. Elsevier Masson SAS, 2019, Vol. 38, p. 271–286. ISSN 1296-2074. DOI 10.1016/j.culher.2019.01.005

GARZÓN ALONSO, R. *Camarines antequeranos*. Madrid, 2000. [Consulta: 20-10-19] Disponible en <https://sites.google.com/site/camerinosenantequera/5-el-camarin-como-elemento-arquitectonico-religioso-con-entidad-propia>.

GENERALITAT VALENCIANA. *Datos Estadísticos de la ciudad de Valencia*. L'Ajuntament de València: Área de gestión de recursos, 2019. Consulta [02-06-20]. Disponible en: <http://www.valencia.es/ayuntamiento/webs/estadistica/pdf/Dades202.pdf>. Consulta [16-04-20].

GENERALITAT VALENCIANA. *Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Aglomeración ES1016: L'horta y Área Metropolitana*. L'Ajuntament de València, 2019. Consulta [16-04-20]. Disponible en: [http://www.valencia.es/ayuntamiento/maparuido.nsf/0/553C7ECB9325610FC1257B8E0031A482/\\$FILE/](http://www.valencia.es/ayuntamiento/maparuido.nsf/0/553C7ECB9325610FC1257B8E0031A482/$FILE/)

20190401%20Actualización%20del%20Plan%20de%20Mejora%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf?OpenElement&lang=1.

GIL GAY, M. *Monografía histórico-descriptiva de la Real Parroquia de los Stos. Juanes de Valencia*. Valencia: Tipografía de San José, 1909.

GÓMEZ de SARAVIA, S. G., BORREGO, S., LAVIN, P., VALDÉS, O., BATTISTONI, P., GUIAMET P. Aceites esenciales y extractos vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental Argentino y Cubano. En: *2do. Congreso Iberoamericano y X Jornadas "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"*. La Plata, Argentina: COIBRECOPIA, 2011.

GOÑI, P, LÓPEZ, P, SÁNCHEZ, C, GÓMEZ-LUS, R, BECERRIL, R y NERÍN, C. Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. En: *Food Chemistry*, vol. 116, no. 4, 2009, pp. 982-989. ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/j.foodchem.2009.03.058.

GROSSI, C. M, BRIMBLECOMBE, P, MENÉNDEZ, B, BENAVENTE, D, HARRIS, I y DÉQUÉ, M. Climatology of salt transitions and implications for stone weathering. En: *Science of the Total Environment*, vol. 409, no. 13, 2011, pp. 2577-2585. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2011.03.029.

(4) HERMOSÍN, B. *Efectos de la contaminación atmosférica sobre el patrimonio histórico: Deposición de compuestos orgánicos y formación de costras negras sulfatadas*. SÁIZ JIMÉNEZ, C. (dir), GÓMEZ GUILLÉN, M. (tutor). Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, 1995. [Consulta: 27-03-20]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/81260/4/Efectos%20de%20la%20contaminación.pdf>

HUECK, H.J.. The biodeterioration of materials—an appraisal. En: *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 48, no. 1, 2001, pp. 5-11. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/S0964-8305(01)00061-0. [Consulta: 16-11-2019] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305\(01\)00061-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-8305(01)00061-0).

JOVER, Antonia. *Aliviar el estrés con aceites esenciales: Soluciones fáciles para tu bienestar*. Barcelona: RBA INTEGRAL, febrero 2014. ISBN: 978-84-15541-78-3.

KOZICS, K., BUČKOVÁ, M., PUŠKÁROVÁ, A. KALÁSZOVÁ, V., CABICAROVÁ, T. y PANGALLO, D. The Effect of Ten Essential Oils on Several Cutaneous Drug-Resistant Microorganisms and Their

Cyto/Genotoxic and Antioxidant Properties. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 24, no. 24, 2019, pp. 4570. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules24244570.

KUBLER, G. *Ars hispaniae: historia universal del arte hispánico. Volumen decimocuarto, Arquitectura de los siglos XVII y XVIII*. Madrid: Plus Ultra, 1946.

LÓPEZ ROMÁN, Antonio. *Prevención de riesgos laborales en la investigación e intervención en Patrimonio Histórico*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Cultura. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y Editorial Comares, 1999. ISBN 84-8266-094-2.

MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE. *Recomendaciones sobre procedimientos de desinfección en bienes culturales con motivo de la crisis por COVID 19*. Madrid: IPCE, 2020.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. *Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire PNMCA*, pp. 2-3. Consulta [16-04-20]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/anuncios-oficiales/PNMCA\\_tcm30-186408.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/anuncios-oficiales/PNMCA_tcm30-186408.pdf).

ORELLANA, M.A. de y SALAS, X. *Biografía pictórica valentina o vida de los pintores, arquitectos, escultores y grabadores valencianos*. Valencia: París-Valencia, 1995.

PALLA, Franco y BARRESI, Giovanna. *Biotechnology and Conservation of Cultural Heritage* [en línea]. 1st ed. Cham: Springer, 2016. ISBN 9783319461663. Disponible en: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE\\_ID\]/detail.action?docID=4810066](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID]/detail.action?docID=4810066).

PALLA, F., BRUNO, M., MERCURIO, F., TANTILLO, A. y ROTOLO, V. Essential Oils as Natural Biocides in Conservation of Cultural Heritage. En: *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 25, no. 3, 2020, pp. 730. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules25030730.

PIERRON, C. *Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France: exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs*. S.l.: HAL CCSD, 2014.

PERRONE, M. G., GUALTIERI, M., CONSONNI, V., FERRERO, L., SANGIORGI, G., LONGHIN, E., BALLABIO, D., BOLZACCHINI, E. et CAMATINI, M. Particle size, chemical composition, seasons of the year and urban, rural or remote site origins as determinants of biological effects of particulate matter

on pulmonary cells. En: *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd, 2013, Vol. 176, p. 215–227.  
DOI 10.1016/j.envpol.2013.01.012

PUBLICATIONS OFFICE OF THE EU. *Directiva 84/360/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1984, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales*. [Consulta: 16-04-20] Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/528ec084-3b51-44d4-8511-d9c612d6b651/language-es>

QUINTANA-OBREGÓN, E. A., PLASCENCIA-JATOMEA, M., GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. y CORTEZ-ROCHA, M. O. Inhibición del crecimiento de *Penicillium chrysogenum* por presencia de aceites de *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium cepa* y *Cymbopogon citratus*. En: *Revista mexicana de micología*, vol. 32, 2010, pp. 59-62. ISSN 0187-3180.

RODRÍGUEZ CULEBRAS, R. Paisajes y escenas de género en la obra del pintor José Camarón. En: *Mi-lars: revista del Colegio Universitario de Castellón de la Plana*, Vol. 2, 2009. ISSN 0210-5683.

RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; Sebastian, E. *Role of particulate matter from vehicle exhaust on porous building stones (limestone) sulfation*. En: *Science of Total Environment*, Vol.187, 1996, pp. 79-91.

ROIG PICAZO, P. y BOSCH REIG, I. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia: proceso de intervención pictórica 1936-1990*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1990.

SALVADOR MARTÍNEZ, P.; ARTIÑANO RODRÍGUEZ DE TORRES, B.: Características físico-químicas de las partículas. En: CIEMAT (ed.): *Evaluación de la Contaminación Atmosférica Producida por Partículas en Suspensión en las Redes de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid*. Madrid, Departamento de Impacto Ambiental de la Energía, 2000.

TOLOZA-MORENO, D., LIZARAZO-FORERO, L. y BLANCO-VALBUENA, J. Concentración y composición microbiana en el ambiente de la biblioteca central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. En: *Actualidades Biológicas* [en línea], 2012, pp. 241-252. ISSN 03043584. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/1630026716/>.

TSERENNADMID, RENTSENKHAND, TAKÓ, MIKLÓŠ, GALGÓCZY, LÁSZLÓ, PAPP, TAMÁS, PESTI, MIKLÓŠ, VÁGVÖLGYI, CSABA, ALMÁSSY, KATALIN y KRISCH, JUDIT. Anti yeast activities of

some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 144, no. 3, 2011, pp. 480-486. ISSN 0168-1605. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.004.

VALENTÍN N. *Microbial Contamination in Archives and Museums: Health Hazards and Preventive Strategies Using Air Ventilation Systems*. The Getty Conservation Institute, 2007.

VENERANDA, MARCO, BLANCO-ZUBIAGUIRRE, LAURA, ROSELLI, GRAZIELLA, DI GIROLAMI, GIUSEPPE, CASTRO, KEPA y MADARIAGA, JUAN MANUEL. Evaluating the exploitability of several essential oils constituents as a novel biological treatment against cultural heritage biocolonization. *Microchemical Journal*, vol. 138, 2018, pp. 1-6. ISSN 0026-265X. DOI 10.1016/j.microc.2017.12.019.

VILAPLANA, D. y CONSELL VALENCIÀ DE CULTURA. *Arte e historia de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Valencia: Consell Valencià de Cultura, 1996. ISBN 8448212428.

VIVÓ SORIA, E., 2016. *Metodología y técnicas aplicadas a la conservación preventiva en el ámbito del estudio microclimático de bienes de interés cultural*. ROIG PICAZO (dir). Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2016. S.l.: s.n.

ZAPATA, B. Actividad in vitro anti-candida y anti-aspergillus de aceites esenciales de plantas de la familia piperaceae. En: *Scientia et Technica*, vol. 1, no. 33, 2007, pp. 247-249. ISSN 0122-1701.

## CONSULTA ONLINE:

AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA. Consulta [16-04-20]. Disponible en: <https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Boletin-Estadistico-Febrero-2020-PBI.pdf>.

MUSEO DEL PRADO. [Consulta 24-11-19]. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/aprende/enciclopedia/voz/cameron-bonanat-jose/5b539bdc-b733-4100-9665-d0813f51f34a>.

MUSEO DEL PRADO. [Consulta: 25-06-20]. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/dios-padre-en-gloria-de-angeles/9d54790a-ac18-4023-82a3-cf522bdc00f0>.

OMS (2018). [Consulta: 16-04-20] Disponible en: [https://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/es/](https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/es/)

NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Objetivos de desarrollo sostenible. [Consulta: 03-06-20]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

SIMULACIONES Y PROYECTOS. *Clasificación climática mundial según Köppen*. Disponible en: <https://www.simulacionesyproyectos.com/blog-ingenieria-arquitectura/clasificacion-climatica/>. Consulta [16-04-20].

## ÍNDICE DE IMÁGENES:

**Figura 1:** fotografía de la autora.

**Figura 2:** fotografías cedidas por Doctor y Profesor de Telecomunicaciones de la UPV Ignacio Bosch Roig.

**Figura 3:** plano cedido por el arquitecto Carlos Campos y modificado por la autora.

**Figura 4:** plano cedido por la arquitecta Nuria Salvador Navarro y modificado por la autora.

**Figura 5:** diagrama de la autora.

**Figura 6:** fotografía de la autora.

**Figura 7:** ROLLI, G.M. *Dios Padre en Gloria de ángeles*. [lápiz y pluma sobre papel, c.1700]. En: Colección Museo del Prado. [Consulta: 25-06-20]. Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/dios-padre-en-gloria-de-angeles/9d54790a-ac18-4023-82a3-cf522bdc00f0>

**Figura 8:** Imagen obtenida de Google Maps y modificada por la autora.

**Figura 9:** <http://www.stuartxchange.com/PaperbarkTree.html>

**Figura 10:** <https://www.pinterest.es/pin/574560864951757319/>

**Figura 11:** gráfico obtenido del Datalogger Tzone TempU 03.

**Figuras 12-15:** gráficos elaborados por la autora.

**Figura 16:** diagrama de la autora.

**Figuras 17-20:** gráficos elaborados por la autora.

**Figura 21:** diagrama de la autora.

**Figuras 22-26:** gráficos elaborados por la autora.

**Figura 27:** diagrama de la autora.

**Figuras 28-31:** gráficos elaborados por la autora.

**Figura 32:** diagrama de la autora.

**Figuras 33-36:** gráficos elaborados por la autora.

**Figura 37:** diagrama de la autora.

**Figuras 38-55:** gráficos elaborados por la autora.

**Tabla 1:** elaborada por la autora.

**Tabla 2:** elaborada por la autora.

**Portada del trabajo:** fotografía obtenida de Google Earth.

**Portada capítulo 4:** fotografía de la autora.

**Portada capítulo 5:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iglesia\\_de\\_los\\_Juanes,\\_Valencia,\\_ España,\\_2014-06-29,\\_DD\\_19.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iglesia_de_los_Juanes,_Valencia,_España,_2014-06-29,_DD_19.JPG)

**Portada capítulo 6:** <https://blog-es.kinedu.com/aceites-esenciales-durante-el-embarazo-cuales-se-recomiendan-y-son-seguros/>

**Portada capítulo 7:** fotografía de la autora.

**Portada capítulo 8:** fotografía obtenida de Google Earth.

**Portada capítulo 9:** <https://blog.foto24.com/10-libros-fotografia-deberias-biblioteca/>

**Portada capítulo 10:** <https://noticias.universia.es/educacion/noticia/2017/03/27/1150903/como-dejar-tomar-apuntes-inutiles-clase.html>



## 10. Anexos.



## ANEXO 1. ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES.

- TOMA DE MUESTRA DE VERANO (27-09-2019).

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSLES. SAS													
FECHA: 27/09/2019 HR %: 60,6 T.: 26,7°C													
	Punto de muestreo	Código		Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA	OBSERVACIONES	
1	Capilla de san Francisco de Paula	S6	Hongos	1S	13	13	130				11:38		
			Bacterias	1P	0	0						11:39	
			Partículas	1				Σ 52673678	6167717	86168		11:38	2 personas
							Δ 46505961	6081549	86168		11:38		
2	Capilla del Patriarca San José	S5	Hongos	2S	13	13	130				11:42		
			Bacterias	2P	17	18	180					11:43	
			Partículas	2				Σ 50296291	6072720	86168		11:42	2 personas
							Δ 44223571	5986552	86168		11:42		
3	Capilla de Nuestra Señora del Pilar	S4	Hongos	6S	20	21	210				11:56		
			Bacterias	6P	20	21	210					11:57	
			Partículas	6				Σ 63505410	6274720	47322		11:56	2 personas
							Δ 57230690	6227398	47322		11:56		
4	Capilla de Santa Rita de Casia	S2	Hongos	3S	31	33	330				11:46		
			Bacterias	3P	21	22	220					11:47	
			Partículas	3				Σ 50787165	6631752	156091		11:47	2 personas
							Δ 44155413	6475661	156091		11:47		
											11:24	2 personas	

5	Capilla de la Virgen de los Desamparados	N2	Bacterias	5P	32	34	340								11:25	2 personas
			Partículas	5					Σ	55027757	8213852	311476			11:26	2 personas
6	Puerta Oeste		Hongos	4S	11	11	110								11:51	4 personas
			Bacterias	4P	41	45	450								11:52	4 personas
			Partículas	4					Σ	51784818	7880510	422735			11:51	4 personas
									Δ	43904308	7457775	422735			11:51	4 personas
7	Santísimo Cristo de los Afigidos	N4	Hongos	7S	17	18	180								12:15	2 personas de paso
			Bacterias	7P	29	31	310								12:17	2 personas de paso
			Partículas	7					Σ	49489349	5663069	46615			12:15	1 persona de paso
									Δ	43826280	5616454	46615			12:15	1 persona de paso
8	Capilla de San Antonio Abad	N6	Hongos	8S	7	7	70								12:27	
			Bacterias	8P	12	12	120								12:28	
			Partículas	8					Σ	49669807	5890496	65685			12:30	No había nadie, pero es una zona de mucho tránsito
									Δ	43779311	5824811	65685			12:30	
9	Presbiterio		Hongos	9S	15	15	150								11:35	Nadie
			Bacterias	9P	14	14	140								11:36	Nadie
			Partículas	9					Σ	52197635	6143703	80164			11:35	Nadie
									Δ	46053932	6063539	80164			11:35	Nadie
	Nave		Hongos	10S	19	20	200								12:03	5 personas al lado. 14 cerca
			Bacterias	10P	59	69	690								12:05	2 personas al lado. 12 cerca

10	central	Partículas	10															12 personas cerca	
11	Capilla de la Comunión Este	Hongos	11S	20	21	210												4 personas	
		Bacterias	11P	10	10	100												4 personas	
		Partículas	11																4 personas
12	Capilla de la Comunión Oeste	Hongos	12S																
		Bacterias	12P																
		Partículas	12																
13	Calle vieja de la paja	Hongos	13S	83	104	1040												Tránsito de personas, coches, viento, etc	
		Bacterias	13P	70	84	840												Tránsito de personas, coches, viento, etc	
		Partículas	13																Tránsito de personas, coches, viento, etc
14	Plaza de la comunión de San Juan	Hongos	14S	131	199	1990												Zona de aparcamiento, poco tránsito y en peores condiciones de limpieza	
		Bacterias	14P	34	37	370												Zona de aparcamiento, poco tránsito y en peores condiciones de limpieza	
		Partículas	14															Zona de aparcamiento, poco tránsito y en peores condiciones de limpieza	
																			Tránsito de personas, coches, viento, etc

15	Paça de bruja	Bacterias	12P	45	50	500						12:51	Tránsito de personas, coches, viento, etc
		Partículas	12				Σ 73493121	6968655	122189	12:55	Tránsito de personas, coches, viento, etc		
16	Centro del Camarín	Hongos	15S	19	190							10:31	2/3 personas
		Bacterias	15P	268	2680				10:32	3 personas			
		Partículas	15			Σ	3333 10686589	793522			2 personas		
						Δ	6467 9893067	793522					
17	Oeste	Hongos	16S	20	200							10:36	2 personas
		Bacterias	16P	243	2430				10:37	2 personas			
		Partículas	16			Σ	5457 11368869	911120	10:36		2 personas		
						Δ	1768 10457749	911120	10:36				
18	Este	Hongos	17S	18	180							10:40	1/2 personas
		Bacterias	17P	206	2060				10:41	1 persona			
		Partículas	17			Σ	6322 12263038	1079571	10:41		2/3 personas		
						Δ	3692 11183467	1079571	10:41				

- TOMA DE MUESTRA DE OTOÑO (04-11-2019).

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSLES. SAS														
FECHA: 04/11/2019		HR %: 54,7%		T.:22,7°C										
Punto de muestreo	Código	Hongos	Bacterias	Partículas	Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA	OBSERVACIONES	
1	Capilla de san Francisco de Paula	1S			1S	6	6	60						
		1P			1P	17	18	180						
					1					Σ	7643360	2248751	105261	12:40
									Δ	5394609	2143490	105261	12:40	
2	Capilla del Patriarca San José	2S			2S	11	11	110						
		2P			2P	32	34	340						
					2					Σ	8992750	2691677	67735	12:46
									Δ	6301073	2623942	67735	12:46	
3	Capilla de Nuestra Señora del Pilar	6S			6S	12	12	120				13:50		
		6P			6P	64	93	930				13:46		
					6					Σ	4302746	902644	43437	12:36
									Δ	3400102	859207	43437	12:36	
4	Capilla de Santa Rita de Casia	3S			3S	15	15	150				13:02		
		3P			3P	96	115	1150				13:00		
					3					Σ	1284608	5668366	550203	12:05
									Δ	7177718	5118163	550203	12:05	

5	Capilla de la Virgen de los Desamparados	N2	Hongos	5S	18	19	190						13:43
			Bacterias	5P	28	30	300						13:40
			Partículas	5				Σ	10099556	3033763	97400		12:33
6	Puerta Oeste		Hongos	4S	10	10	10						
			Bacterias	4P	82	105	1050						
			Partículas	4				Σ	11099065	4035414	197409		12:51
7	Santísimo Cristo de los Aflijidos	N4	Hongos	7S	2	2	20						
			Bacterias	7P	55	86	860						
			Partículas	7				Σ	162737751	3482738	67098		13:08
8	Capilla de San Antonio Abad	N6	Hongos	8S	4	4	40						13:29
			Bacterias	8P	28	30	300						13:27
			Partículas	8				Σ	10871262	3369025	102818		12:25
9	Presbiterio		Hongos	9S	7	7	70						13:34
			Bacterias	9P	27	29	290						13:32
			Partículas	9				Σ	10234902	3224176	89271		12:23
			Hongos	10S	5	5	50						
			Partículas					Δ	7010726	3134905	89271		12:23

10	Nave central	Bacterias	10P	39	73	730	Σ	10209134	3203752	128192	13:05
		Partículas	10				Δ	7005382	3075560	128192	13:05
11	Capilla de la Comunión Este	Hongos	11S	15	15	150					
		Bacterias	11P	33	36	360	Σ	23700065	4237061	62860	12:53
		Partículas	11				Δ	19463004	4174201	62860	12:53
12	Capilla de la Comunión Oeste	Hongos	12S	4	4	40					
		Bacterias	12P	15	15	150	Σ	23198949	4212694	59682	12:55
		Partículas	12				Δ	18986255	4153012	59682	12:55
13	Calle vieja de la paja	Hongos	13S	24	25	250					13:07
		Bacterias	13P	85	107	1070					13:05
		Partículas	13				Σ	17361425	3206224	125720	12:45
							Δ	14155201	3080504	125720	12:45
14	Plaza de la comunión de San Juan	Hongos	14S	27	29	290					
		Bacterias	14P	13	13	130	Σ	5785965	1252613	56857	12:14
		Partículas	14				Δ	4533352	1195756	56857	12:14
15	Plaza de brujas	Hongos	15S	26	28	280					
		Bacterias	15P	56	86	860	Σ	4528582	964445	46615	12:19
		Partículas	15				Δ	3564137	917830	46615	12:19

16	Centro del Camarín	Hongos	16S	5	5	50						13:53
		Bacterias	16P	79	103	1030						13:54
		Partículas	16				Σ	8851283	4753715	455913	455913	13:53
17	Oeste	Hongos	17S	7	7	70						13:57
		Bacterias	17P	102	119	1190						13:59
		Partículas	17				Σ	11516132	7205263	765976	765976	13:57
18	Este	Hongos	18S	11	11	110						14:01
		Bacterias	18P	70	97	970						14:03
		Partículas	18				Σ	13088696	8759464	976099	976099	14:01
						Δ	4329232	7783365	976099	976099	14:01	

- TOMA DE MUESTRA DE INVIERNO (25-02-2020).

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSLES. SAS														
FECHA: 25/02/2020		HR %: 63,9%		T.: 16,2°C										
Punto de muestreo	Código	Hongos	Bacterias	Partículas	Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	Δ	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA	OBSERVACIONES
1	Capilla de san Francisco de Paula S6	Hongos	Bacterias	Partículas	1S	53	60	600					11:20	
					1P	36	39	390					11:21	
					1				Σ	53514875	5842821	77692		11:23
									Δ	47672054	5765129	77692	11:23	
2	Capilla del Patriarca San José S5	Hongos	Bacterias	Partículas	2S	48	54	540					11:24	
					2P	31	33	330					11:25	
					2				Σ	54374435	5935699	74514		11:26
									Δ	48438736	5861185	74514	11:26	
3	Entrada Norte S4	Hongos	Bacterias	Partículas	6S	54	62	620					11:11	
					6P	191	447	4470					11:09	
					6				Σ	56330871	6898025	172336		11:08
									Δ	49432846	6725689	172336	11:08	
4	Capilla de Santa Rita de Casia S2	Hongos	Bacterias	Partículas	3S	43	48	480					11:39	
					3P	37	40	400					11:37	
					3				Σ	52789157	5837524	78752		11:29
									Δ	46951633	5758772	78752	11:29	

5	Capilla de la Virgen de los Desamparados	N2	Hongos	5S	60	70	700					11:16	
			Bacterias	5P	29	31	310						11:14
			Partículas	5				Σ	54858600	6104503	68511	68511	11:14
6	Puerta Oeste		Hongos	4S	66	78	780					11:31	
			Bacterias	4P	34	37	370						11:29
			Partículas	4				Σ	54001511	6055416	96409	96409	11:27
7	Santísimo Cristo de los Aflijidos	N4	Hongos	7S	40	44	440					10:58	
			Bacterias	7P	55	63	630						10:56
			Partículas	7				Σ	53086154	5407391	53325	53325	10:54
8	Capilla de San Antonio Abad	N6	Hongos	8S	42	46	460					11:21	
			Bacterias	8P	17	18	180						11:19
			Partículas	8				Σ	53388801	5795499	70742	70742	11:19
9	Presbiterio		Hongos	9S	36	39	390					11:03	
			Bacterias	9P	119	171	1710						11:00
			Partículas	9				Σ	55056715	6068835	107004	107004	11:00
			Hongos	10S	56	64	640					11:07	



16	Centro del Camarín	Hongos	16S	30	32	320					10:06	32 hongos
		Bacterias	16P	25	26	260					10:04	
		Partículas	16				Σ	44412504	4467313	100294	10:04	
							Δ	39945191	4367019	100294	10:04	
17	Oeste	Hongos	17S	46	51	510					10:10	27 hongos
		Bacterias	17P	25	26	260					10:08	
		Partículas	17				Σ	44205560	5785965	227427	10:07	
							Δ	38419595	5558538	227427	10:07	
18	Este	Hongos	18S	38	42	420					10:12	27 hongos
		Bacterias	18P	35	38	380					10:12	
		Partículas	18				Σ	46295839	5551122	196350	10:09	
							Δ	40744717	5354772	196350	10:09	

## ANEXO 2. ESTUDIOS *EX-SITU* DE ACEITES ESENCIALES.

- ACEITE ESENCIAL DE ÁRBOL DEL TÉ.

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSOLES. SAS										
T.:21,5°C										
FECHA: 30/01/2020	Punto de muestreo	Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA	
1	ESTE 0	Hongos	25	26	260				11:04	
		Bacterias	12	12	120				10:53	
		Partículas				Σ	5497090	607766	26133	10:53
2	CENTRO 0	Hongos	22	23	230				11:02	
		Bacterias	14	14	140				10:50	
		Partículas				Σ	5477667	657913	41671	10:46
3	OESTE 0	Hongos	29	31	310				11:00	
		Bacterias	2	2	20				10:56	
		Partículas				Σ	5755947	654382	29311	10:56
4	ESTE 2	Hongos	3	3	30				13:15	
		Bacterias	9	9	90				13:13	
		Partículas				Σ	13645957	1787157	30220	13:13
						Δ	11858800	1756937	30220	13:13

5	CENTRO 2	Hongos	5S	7	7	70							13:19
		Bacterias	5P	3	3	30							13:18
		Partículas	5				Σ	14519296	1864617	14832			13:16
6	OESTE 2	Hongos	6S	16	17	170							13:24
		Bacterias	6P	3	3	30							13:22
		Partículas	6				Σ	12946378	1619180	11654			13:18
7	ESTE 3	Hongos	7S	9	9	90							15:21
		Bacterias	7P	4	4	40							15:20
		Partículas	7				Σ	8384775	911120	14126			15:18
8	CENTRO 3	Hongos	8S	7	7	70							15:17
		Bacterias	8P	8	8	80							15:13
		Partículas	8				Σ	8596663	981749	19776			15:13
9	OESTE 3	Hongos	9S	9	9	90							15:25
		Bacterias	9P	3	3	30							15:23
		Partículas	9				Σ	8430331	937253	25427			15:21
		Hongos	10S	13	13	130						15:21	



• ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO.

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSOLES. SAS										
FECHA: 05/03/2020		T: 21,9°C								
HR %:										
Punto de muestreo	Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA		
1 ESTE 0	Hongos	47	53	530				10:02		
	Bacterias	12	12	120				10:00		
	Partículas				Σ	6009154	1059795	36374	10:00	
2 CENTRO 0	Hongos	63	74	740				10:07		
	Bacterias	16	17	170				10:05		
	Partículas				Σ	5752062	944669	30018	10:03	
3 OESTE 0	Hongos	64	76	760				10:12		
	Bacterias	18	19	190				10:10		
	Partículas				Σ	5821986	1002938	40259	10:06	
4 ESTE 2	Hongos	55	63	630				12:20		
	Bacterias	9	9	90				12:17		
	Partículas				Σ	11740000000	22447805	15892	12:16	
					Δ	94916445	22431913	15892	12:16	

5	CENTRO 2	Hongos	5S	54	62	620											12:24	
		Bacterias	5P	4	4	40												12:22
		Partículas	5								Σ	104400000000	19379662	24367	24367			12:19
6	OESTE 2	Hongos	6S	85	107	1070											12:29	
		Bacterias	6P	13	13	130											12:27	
		Partículas	6								Σ	103800000000	18819217	20483	20483			12:21
7	ESTE 3	Hongos	7S	62	73	730											13:19	
		Bacterias	7P	9	9	90											13:17	
		Partículas	7								Σ	62396528	10393830	16951	16951			13:16
8	CENTRO 3	Hongos	8S	64	76	760											13:24	
		Bacterias	8P	7	7	70											13:22	
		Partículas	8								Σ	58461055	9611609	20129	20129			13:18
9	OESTE 3	Hongos	9S	61	71	710											13:228	
		Bacterias	9P	6	6	60											13:26	
		Partículas	9								Σ	59808786	9853156	22231	22231			13:21
		Hongos	10S	34	37	370											14:19	

10	ESTE 4	Bacterias	10P	5	5	50	Σ	34599955	5351593	16245	14:16
		Partículas	10				Δ	29248362	5335348	16245	14:16
		Hongos	11S	50	57	570					14:23
11	CENTRO 4	Bacterias	11P	3	3	30	Σ	36174992	5646471	14832	14:21
		Partículas	11				Δ	30528521	5631639	14832	14:18
		Hongos	12S	68	81	810					14:27
12	OESTE 4	Bacterias	12P	2	2	20	Σ	33331803	5205390	17657	14:25
		Partículas	12				Δ	28126413	5187733	17657	14:20
		Hongos	13S	31	33	330					10:18
13	ESTE 24	Bacterias	13P	6	6	60	Σ	4237767	685812	37434	10:16
		Partículas	13				Δ	3601396	598937	37434	10:16
		Hongos	14S	40	44	440					10:24
14	CENTRO 24	Bacterias	14P	5	5	50	Σ	3963727	579515	14479	10:22
		Partículas	14				Δ	3384210	565036	14479	10:17
		Hongos	15S	26	27	270					10:27
15	OESTE 24	Bacterias	15P	12	12	120	Σ	3840476	570333	13420	10:25
		Partículas	15				Δ	3270143	556913	13420	10:20

- ACEITE ESENCIAL DE ÁRBOL DEL TÉ + TOMILLO.

PUNTO DE TOMA DE MUESTRAS DE BIOAEROSLES. SAS											
T.:20,8°C											
FECHA: 09/03/2020	Punto de muestreo	Nº DE MUESTRA	UFC	UFC CORREGIDAS	UFC/m3	0,3µm	0,5µm	5µm	HORA		
1	T.0 NORTE	Hongos	1S	10	10				10:01		
		Bacterias	1P	2	2				9:59		
		Partículas	1				Σ 8059173	755029	13420	9:58	
2	T.0 CENTRO	Hongos	2S	6	6				10:06		
		Bacterias	2P	2	2				10:04		
		Partículas	2				Σ 7793960	732427	24014	10:01	
3	T.0 SUR	Hongos	3S	13	13				10:12		
		Bacterias	3P	2	2				10:10		
		Partículas	3				Σ 8101082	744388	10073	10:03	
4	T.2 NORTE	Hongos	4S	4	4				12:25		
		Bacterias	4P	0	0				12:23		
		Partículas	4				Σ 50827777	7692960	2119	12:23	
						Δ 43134817	7690841	2119	12:23		

5	T.2 CENTRO	Hongos	5S	7	7	70							12:30
		Bacterias	5P	2	2	20							12:28
		Partículas	5				Σ	49914185	7465533	2825			12:27
6	T.2 SUR	Hongos	6S	5	5	50							12:35
		Bacterias	6P	5	5	50							12:33
		Partículas	6				Σ	49103359	7409382	5650			12:32
7	T.3 NORTE	Hongos	7S	5	5	50							13:20
		Bacterias	7P	4	4	40							13:18
		Partículas	7				Σ	35377232	5086733	11654			13:18
8	T.3 CENTRO	Hongos	8S	4	4	40							13:24
		Bacterias	8P	1	1	10							13:22
		Partículas	8				Σ	37362626	5410922	2825			13:19
9	T.3 SUR	Hongos	9S	5	5	50							13:29
		Bacterias	9P	2	2	20							13:26
		Partículas	9				Σ	36068341	5162660	7416			13:21
		Hongos	10S	12	12	120							14:20
							Δ	30905681	5155244	7416			13:21

10	T.4 NORTE	Bacterias	10P	1	1	10	Σ	25405413	3511343	4238	14:18
		Partículas	10				Δ	21894070	3507105	4238	14:18
11	T.4 CENTRO	Hongos	11S	7	7	70					14:24
		Bacterias	11P	0	0	0	Σ	26126893	3599630	5297	14:21
12	T.4 SUR	Partículas	11				Δ	22527263	3594333	5297	14:21
		Hongos	12S	5	5	50					14:28
13	T.24 NORTE	Bacterias	12P	3	3	30	Σ	25895581	3616581	16245	14:23
		Partículas	12				Δ	22279000	3600336	16245	14:23
14	T.24 CENTRO	Hongos	13S	10	10	100					10:20
		Bacterias	13P	4	4	40	Σ	3024706	459445	9888	10:18
15	T.24 SUR	Partículas	13				Δ	2565261	449557	9888	10:18
		Hongos	14S	17	18	180					10:24
16	T.24 SUR	Bacterias	14P	2	2	20	Σ	2957255	394112	3178	10:20
		Partículas	14				Δ	2563143	390934	3178	10:20
17	T.24 SUR	Hongos	15S	13	13	130					10:28
		Bacterias	15P	2	2	20	Σ	3021528	463329	23308	10:26
18	T.24 SUR	Partículas	15				Δ	2558199	440021	23308	10:23
											10:23



## AGRADECIMIENTOS

*Los agradecimientos en este trabajo van dirigido a muchas personas que han hecho posible su realización.*

*Agradecer a la Dra. Pilar Roig Directora facultativa de la restauración pictórico-escultórico-ornamental de la iglesia de los Santos Juanes por su apoyo y su asentimiento que hizo posible que este proyecto se haya llevado a cabo. Agradecer al párroco de la Iglesia de los Santos Juanes, Don Gonzalo Albero, por facilitarnos el acceso a todos los espacios y poder llevar a cabo todas las mediciones necesarias para el desarrollo del proyecto. Agradecer a los arquitectos Carlos Campos González y a Nuria Salvador Navarro por la cesión de los planos de la iglesia de los Santos Juanes y del laboratorio de biolimpieza y biodeterioro del IRP de la UPV. Agradecer a Ignacio Bosch Roig por su tiempo e instrumental para la realización de fotos con la cámara termográfica. Agradecer, al Arzobispado de Valencia y a la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia por permitirme desarrollar este trabajo, así como a la Fundación Hortensia Herrero por financiar los estudios previos de la iglesia, de entre los cuales se encuentra este proyecto. Agradecer, así mismo, al Departamento de Conservación y Restauración, a la Universitat Politècnica de Valencia y al Instituto de Restauración del Patrimonio por facilitar el espacio y los medios para llevar esta investigación adelante.*

*Por otro lado, quiero agradecer a mi madre, a mi hermana, a mi padre y a mi pareja por confiar siempre en mí, hacerme ver que todo es posible y darme todo el amor necesario para seguir siempre adelante a pesar de la distancia.*

*Pero, sobre todo, quiero transmitir mis más sinceros agradecimientos a mis tutores María Pilar Bosch Roig y José Luis Regidor Ros, toda su dedicación, paciencia y optimismo, además de darme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación en la cual me han guiado, ayudado y he podido aprender mucho de ellos. Muchas gracias.*