



# Mentre respirem: Informe tècnic

Anàlisi de resultats del projecte AYRA, finançat pels Ajuts Joan Oró  
per al foment de la cultura científica a Catalunya, de la Fundació  
Catalana per a la Recerca i la Innovació



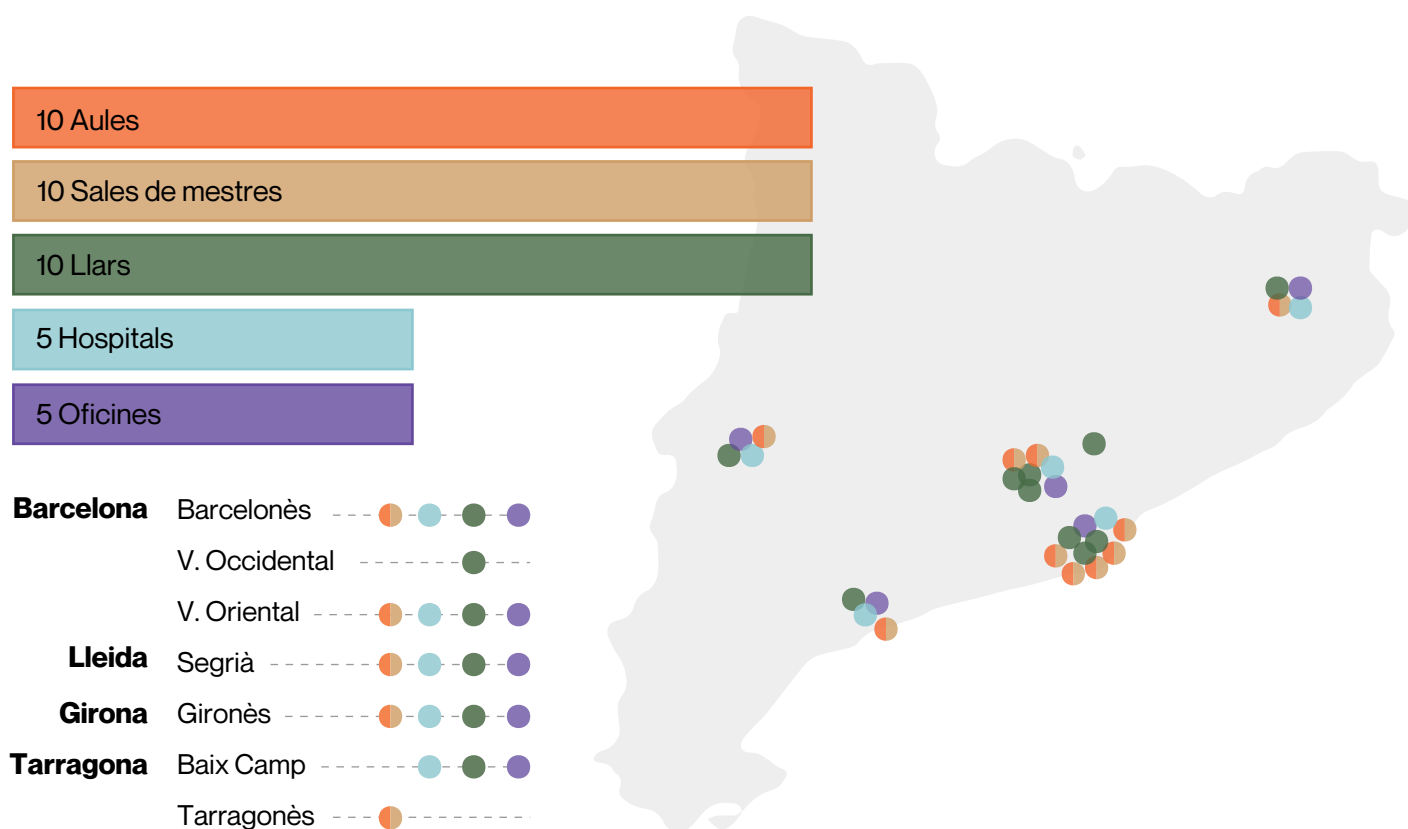
# **Mentre respirem: Informe tècnic**

Anàlisi de resultats del projecte AYRA, finançat pels Ajuts Joan Oró per al foment de la cultura científica a Catalunya, de la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació

## Introducció, objectius i metodologia

El projecte AYRA pretén visibilitzar el que és, sens dubte, un problema de salut pública: la qualitat de l'aire interior (QAI). Passem la major part del nostre temps en espais tancats, on s'ha vist que la contaminació de l'aire pot ser entre 2 i 5 vegades major que als carrers.

Durant el mes de febrer de 2023 hem analitzat la QAI de diversos espais públics (10 escoles, 5 hospitals) i privats (10 habitatges, 5 oficines) de Catalunya, repartits per diverses comarques a les quatre províncies catalanes (Fig. 1).



● **Fig. 1** Descripció del conjunt de dades incloses a l'estudi. El color està associat a la tipologia d'espai.

A través de sensors digitals, hem mesurat diversos indicadors de QAI (temperatura, humitat relativa, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>1</sub> i COV) de manera puntual i en funció de l'ús de cada tipologia d'espai:

- A les escoles, hem analitzat la QAI de les aules de cicle superior d'educació primària (5è i 6è) abans de l'hora del pati, quan els alumnes portaven entre 1.30 h i 2 h d'activitat lectiva, i també hem analitzat les sales de mestres durant l'hora del pati.
- A les oficines, hem analitzat la QAI al migdia, després de l'activitat laboral habitual del matí.
- A les llars, hem analitzat la QAI de l'habitació més utilitzada (el menjador, a la majoria de casos) a mitja tarda, durant una jornada de teletreball.
- Als hospitals, hem analitzat la QAI de sales d'espera d'urgències a mitja tarda en dies laborables.

També s'ha recollit informació complementària de cada espai analitzat, com ara el tipus de ventilació, els materials de construcció, el mobiliari dels espais i l'ús d'aquests. En els casos en els quals ha estat possible (escoles i llars), s'ha demanat als voluntaris de l'estudi

que no ventilessin l'espai durant les dues hores prèvies a l'anàlisi de QAI.

## **Resultats 1: Els indicadors de qualitat de l'aire interior (QAI)**

### **1. Confort: temperatura i humitat**

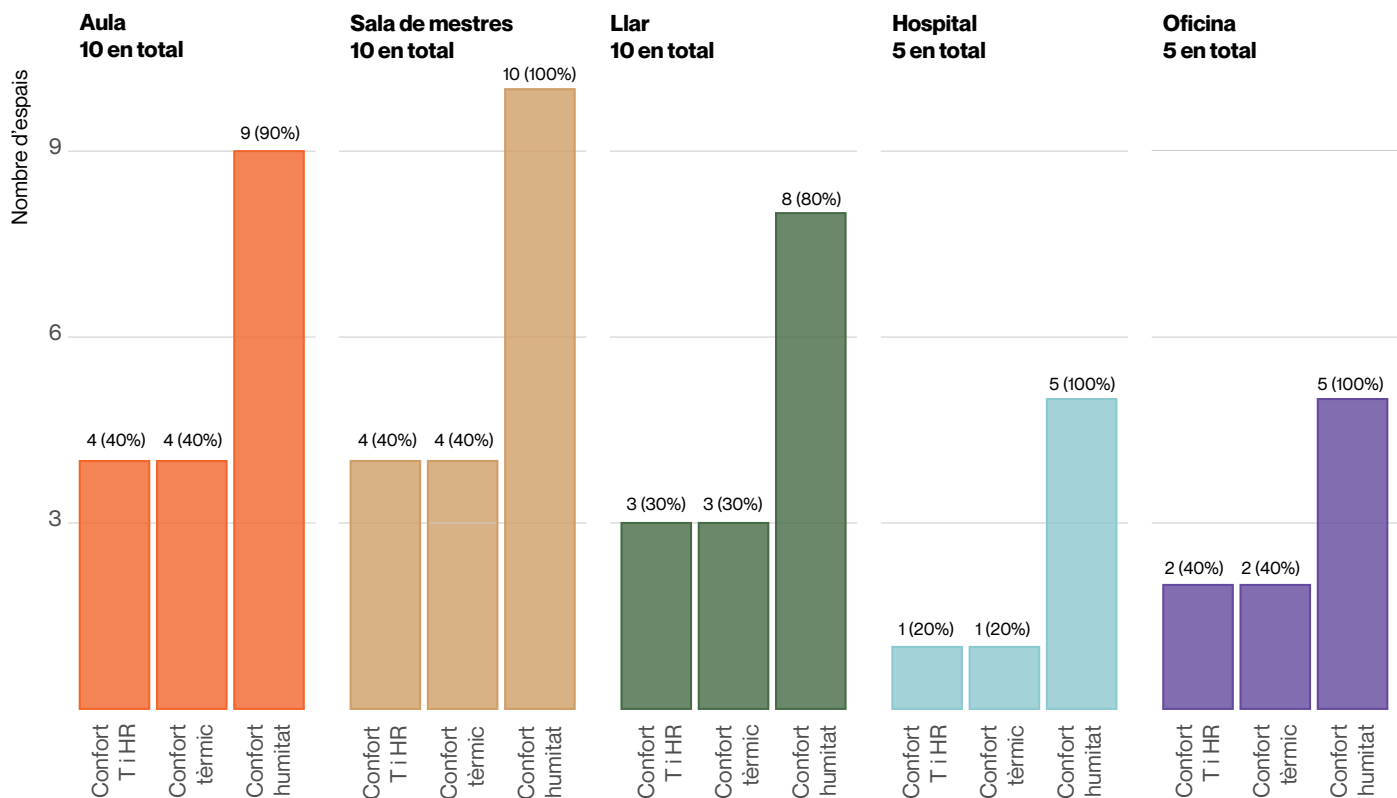
Les oficines són els espais amb un confort tèrmic i d'humitat més controlat. En general, els espais que hem estudiat tenen l'humitat relativa dins dels rangs recomanats, però més de la meitat dels espais tenen temperatures fora del rang recomanat.

Més de la meitat dels espais analitzats a escoles (60%), llars (60%), hospitals (80%) i oficines (60%) tenen un confort tèrmic i d'humitat relativa fora dels rangs recomanables per la normativa UNE 171330-1:2008 de Qualitat Ambiental a Interiors<sup>1</sup> (Fig.2 i Fig. 3).

Hem trobat valors d'humitat relativa adequats segons la normativa (30-70% a l'hivern, UNE 171330-1:2008) a la gran majoria d'espais estudiats (entre el 80-100%), però el percentatge d'espais amb temperatura adequada (21-23°C a l'hivern segons UNE 171330-1:2008) és molt més baix (entre 20-40% dels espais)(Fig.3).



● **Fig. 2** Distribució dels espais en funció del confort tèrmic (eix X) i humitat relativa (eix Y). El color està associat a la tipologia d'espai.



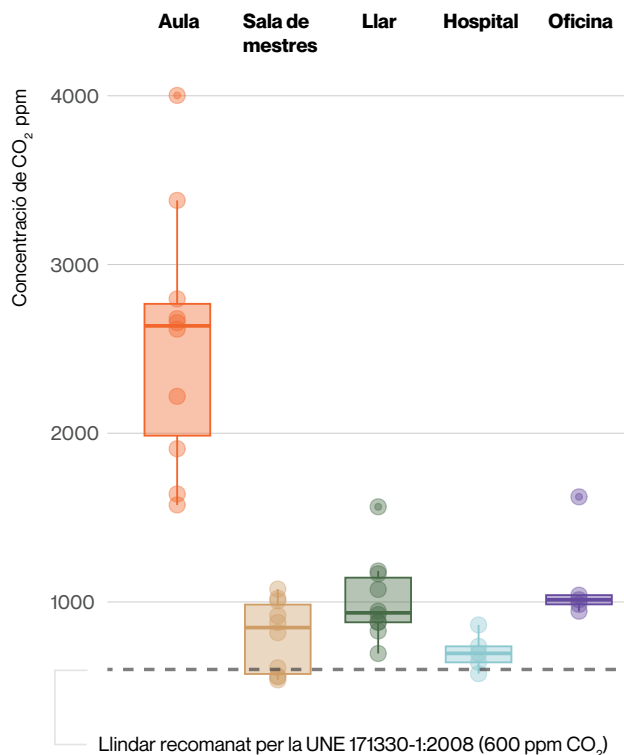
● **Fig. 3** Gràfic de barres del nombre d'espais (eix Y) en condicions de confort tèrmic, d'humitat o confort d'ambdues (eix X). El color està associat a la tipologia d'espai.

## 2. El CO<sub>2</sub>

**El CO<sub>2</sub> s'acumula ràpidament a tota mena d'espais i fàcilment supera els llindars recomanats pel benestar i la salut, independentment de l'ús, ocupació o tipus d'activitat que es dugui a terme.**

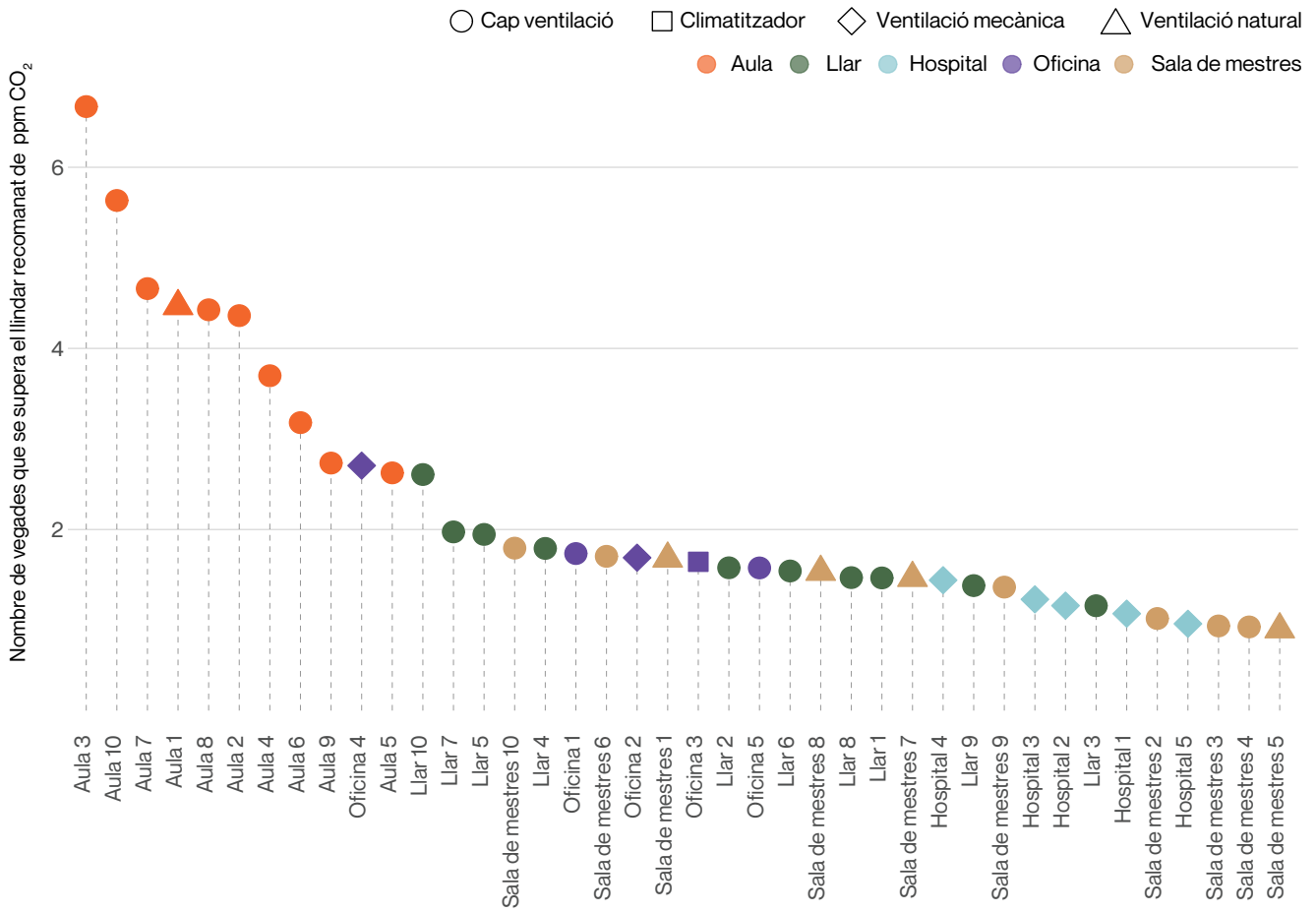
Tots els espais que hem analitzat mostren nivells de CO<sub>2</sub> per sobre del llindar recomanat de 600 ppm (segons la UNE 171330-1:2008) (Fig.4).

Pel que fa a les aules, només dues hores després de començar la jornada i amb activitat lectiva sedentària, s'hi acumulen nivells de CO<sub>2</sub> entre 3 i 7 vegades superiors al valor recomanat (Fig.5). Això és segurament degut a l'alta ocupació de les aules (entre 12 i 27 persones) combinada amb l'absència de ventilació durant la presa de mostra. Les oficines i llars mostren valors similars entre elles, superiors al llindar recomanat i inclús del doble, però molt menors als de les aules. Finalment, els hospitals mostren els nivells menors de CO<sub>2</sub> de tot l'estudi, fins i tot en aquelles sales d'espera amb més ocupació (32 persones).

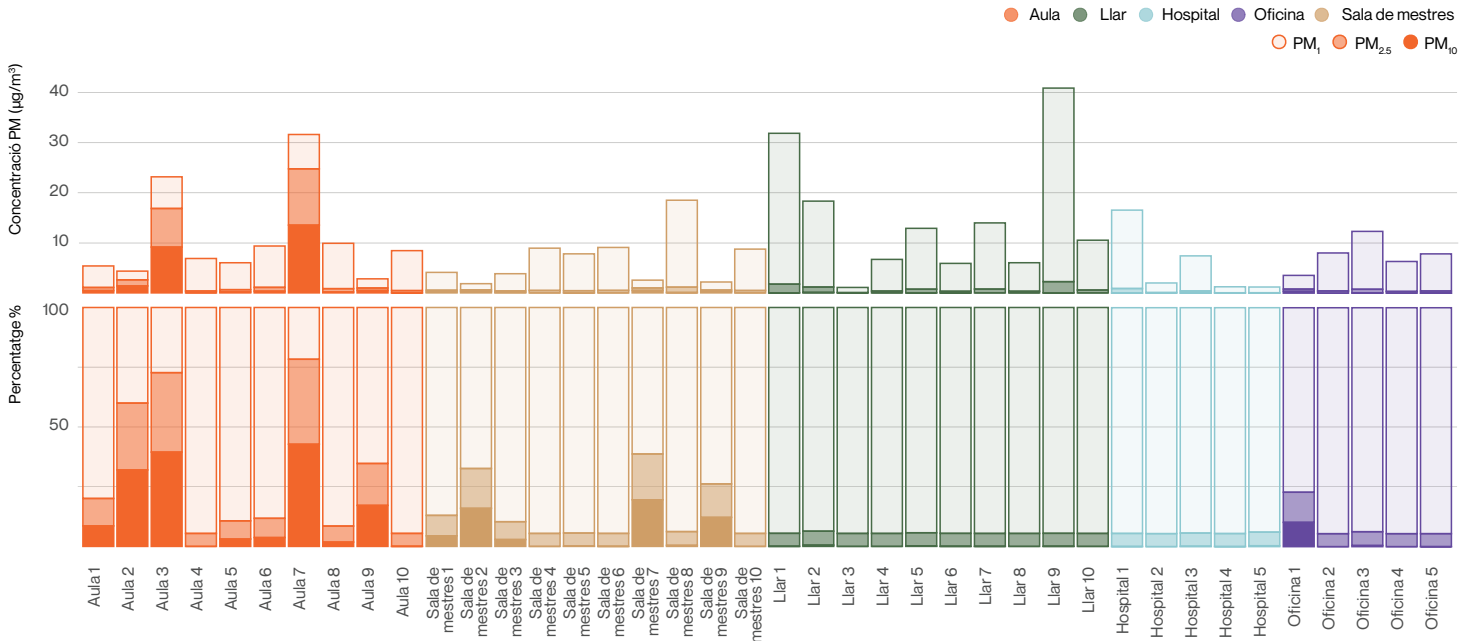


● **Fig. 4**

Diagrama de caixes de la distribució de les concentracions de CO<sub>2</sub> (ppm, eix Y) en cada tipus d'espai (eix X). El color està associat a la tipologia d'espai.



**Fig. 5** Visualització del nombre de vegades en que la concentració de CO<sub>2</sub> (ppm, eix Y) de cada espai individual (eix X) supera el límit recomanat de 600 ppm. El color està associat a la tipologia d'espai i la forma al sistema de ventilació en marxa durant l'avaluació de la qualitat de l'aire interior.



**Fig. 6** El gràfic de barres superior quantifica la concentració de PM (eix Y) en cada espai individual (eix X). El gràfic de barres inferior indica la proporció de cada tipus de PM (eix Y) per cada espai individual (eix X). El color està associat a la tipologia d'espai i el to a la mida de les PM.

### 3. El material particulat (PM)

**La majoria de PM a l'aire interior de llars, hospitals i oficines és < 1 µm (PM<sub>1</sub>), mentre que a les escoles trobem concentracions més elevades de PM de mida més gran (PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub>).**

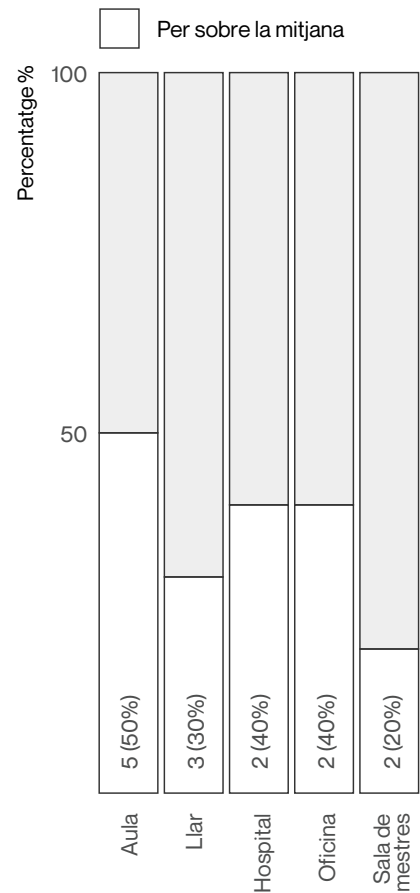
Les llars han estat els espais on hem trobat valors més elevats de partícules, seguides de les escoles. Pel que fa als hospitals, tres d'ells tenien nivells de PM propers a 0, però dos tenien nivells similars als de les oficines i la majoria d'aules i llars (Fig.6). En cap cas hem registrat valors de PM superiors al límit recomanat per l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2.5</sub> al dia i 45 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> al dia )<sup>2</sup>.

En separar el PM en funció de la seva mida, veiem una gran diferència en aquesta composició entre les aules i la resta dels espais estudiats (Fig.6). Mentre que a les llars, els hospitals i les oficines, la immensa majoria (~90%) de les partícules són PM<sub>1</sub>, a les aules veiem que les PM<sub>10</sub> fluctuen entre el 5-40% del total i les PM<sub>2.5</sub> entre el 10-25% del total.

### 4. Els composts orgànics volàtils (COV)

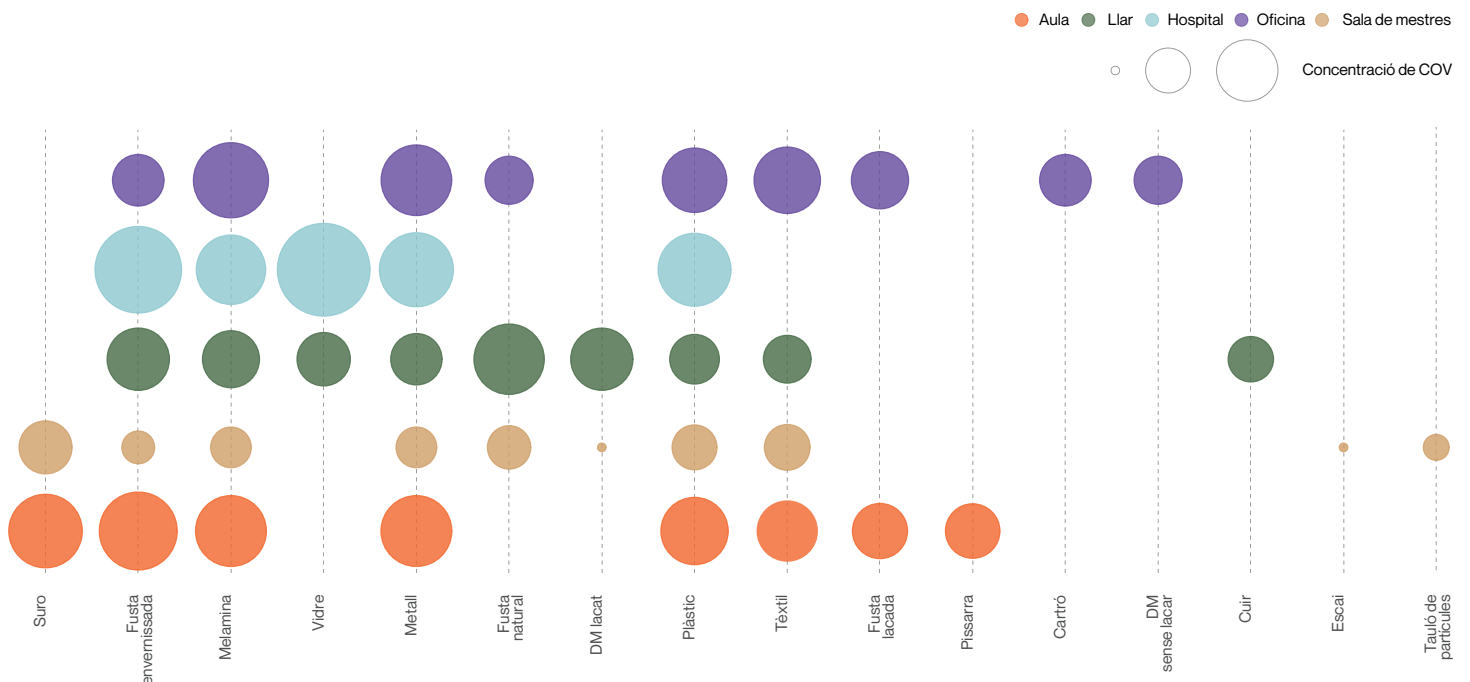
Comparant els valors de COV entre els espais que hem analitzat, hem trobat que el 50% de les aules tenen valors de COV per sobre de la mitjana, un valor que baixa a la meitat a la sala de mestres. A oficines i hospitals trobem el 40% dels espais per sobre de la mitjana, mentre que a les llars només passa a 3 de les 10 que hem estudiat (Fig.7).

En calcular la mitjana de COV per espai i en funció de la presència de cada tipus de material de mobiliari, veiem que els valors més elevats de COV coincideixen als hospitals i aules amb melamina, fusta envernissada i plàstic (Fig.8).



● **Fig. 7**

Gràfic de barres de la quantitat d'espais amb valors de COV sobre la mitjana de tots els espais analitzats.



● **Fig. 8** Gràfic de punts amb la comparativa de concentracions de COV (mida dels punts) a cada tipologia d'espai (colors) segons la presència dels diferents tipus de material de mobiliari (eix X).

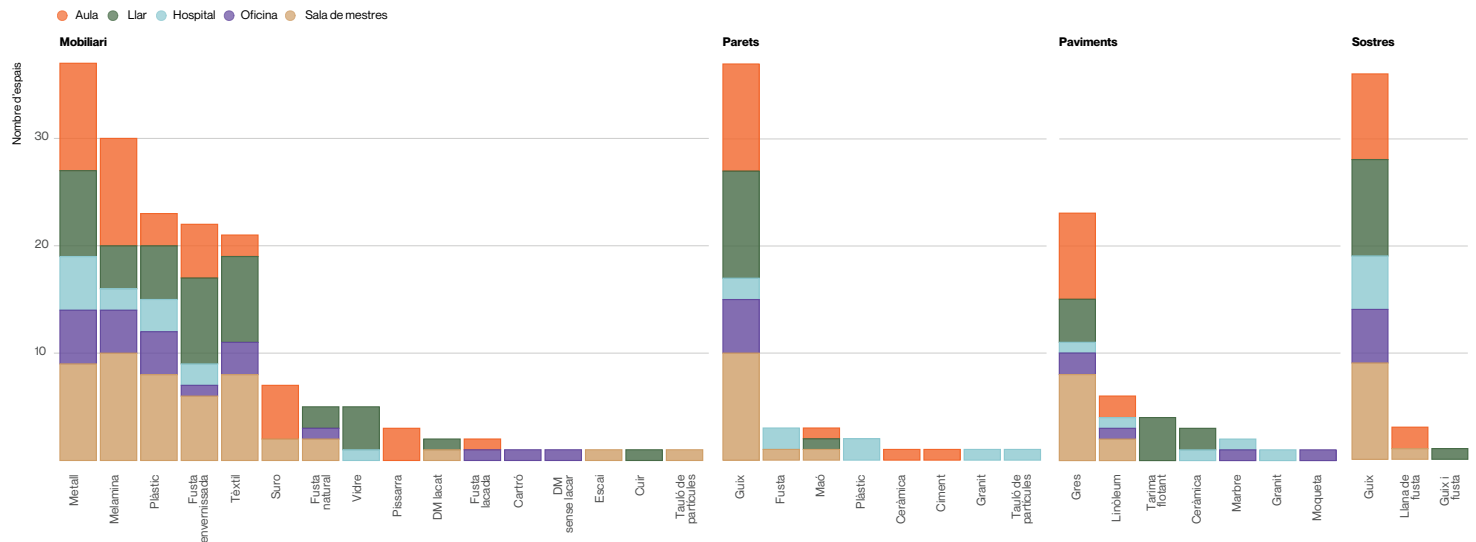
## Resultats 2: La qualitat de l'aire interior (QAI) i l'espai

Per entendre les mesures de qualitat de l'aire, és necessari estudiar l'entorn per saber com hi pot estar afectant. Per això hem observat variables com els materials del mobiliari i construcció, la presència de mascotes i els hàbits d'ús dels espais com encendre encens i/o espelmes, el tipus de cuina o el tipus d'activitat (en els casos en els quals es pogués aplicar).

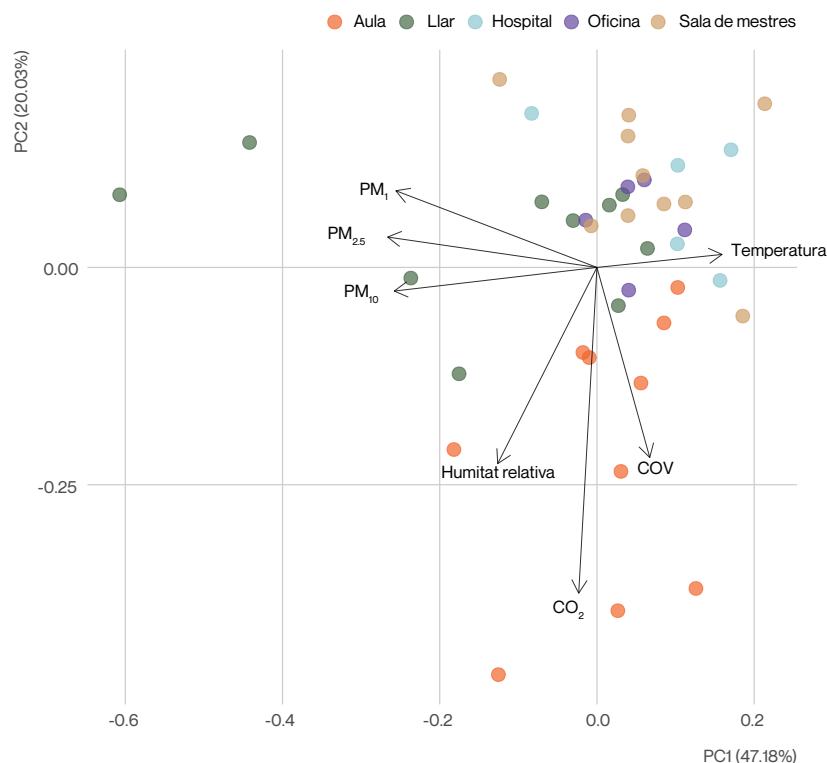
Els materials de mobiliari més comuns són els de contraxapat (sobretot els mobles de melamina amb potes metàl·liques a aules, oficines i hospitals), plàstic i fusta envernissada. El tèxtil és molt

utilitzat sobretot a les llars i en menor grau a aules i oficines (Fig.9). Pel que fa a la construcció, el material predominant en parets i sostres és el guix, mentre que la majoria dels paviments dels espais analitzats són de gres (seguit del linòleum) (Fig.9).

Els materials de mobiliari són emissors de COV reconeguts. Si comparem els diferents tipus de materials en funció dels valors de PM i COV dels espais on estan presents, veiem com els espais amb mobiliari de plàstic, melamina, tèxtil i fusta envernissada tenen un perfil similar de concentracions d'aquest tipus de contaminants (Fig.10).



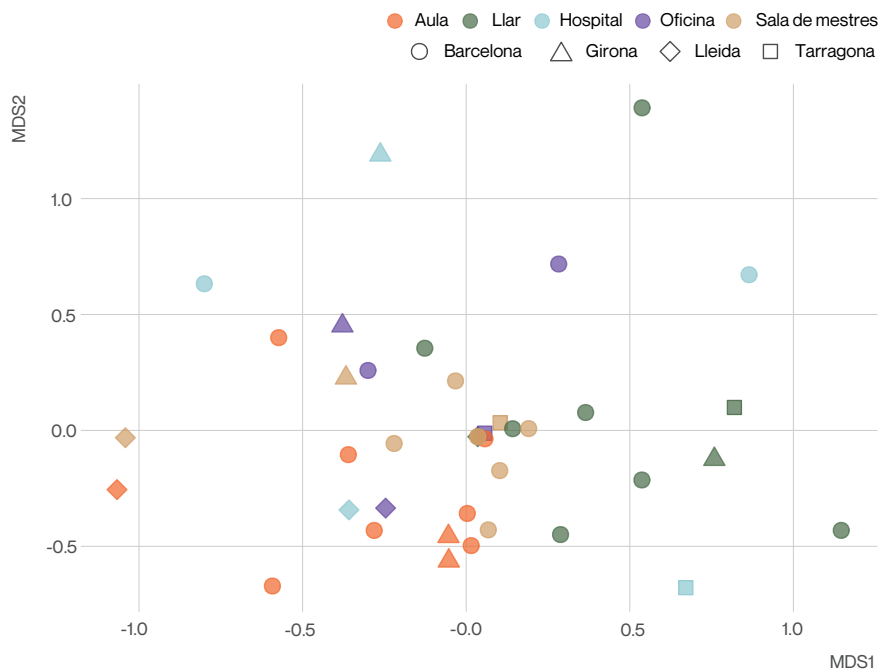
● **Fig. 9** Gràfic de barres de la quantitat d'espais (eix Y) en els que hi ha presents cada tipus de material de mobiliari, parets, paviments i sostres (eix X).



● **Fig. 10**

Gràfic d'ordenació PCA dels espais individuals (punts) en funció dels nivells indicadors de qualitat d'aire interior (temperatura, humitat relativa, CO<sub>2</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> i COV). Les fletxes corresponen a cada indicador i estan orientades en la direcció d'increment del valor de cada indicador. El color està associat a la tipologia d'espai.

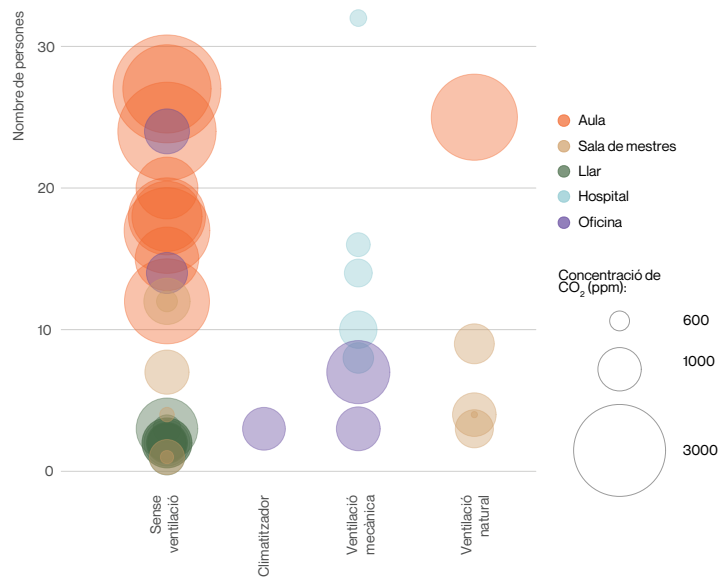




● Fig. 11

Gràfic d'ordenació NMDS a través de distàncies de Jaccard entre els diferents espais individuals (punts) en funció de la presència o absència dels materials de mobiliari detectats en aquest estudi. El color està associat a la tipologia d'espai i la forma a la província on s'ubica cada espai.

Si ordenem els espais d'acord amb els indicadors de QAI (temperatura, humitat relativa, CO<sub>2</sub>, COV i PM) veiem que les variables que explicarien millor la variància entre ells són, sobretot, el PM (PC1, 47.18%), seguit de la concentració de CO<sub>2</sub> (PC2, 20.03%). Si ens fixem en la distribució dels espais a l'anàlisi de components principals (PCA) (Fig.10) en funció d'aquestes característiques, trobem que les aules i sales de professors, tot i compartir edifici, tenen QAI diferents. Les llars i hospitals també mostren certa segregació de la resta d'espais mentre que les oficines no tenen un perfil de QAI que les distingeixi de la resta. Si ordenem els espais d'acord amb l'ús de materials del seu mobiliari a través d'un anàlisi multidimensional no mètric (NMDS) (Fig.11), no veiem una separació dels hospitals respecte la resta d'espais. Això vol dir que, tot i que els hospitals estan destinats a la salut, l'ús dels materials del mobiliari de les sales d'espera d'urgències és similar als que trobem presents en aules, oficines o llars analitzades.



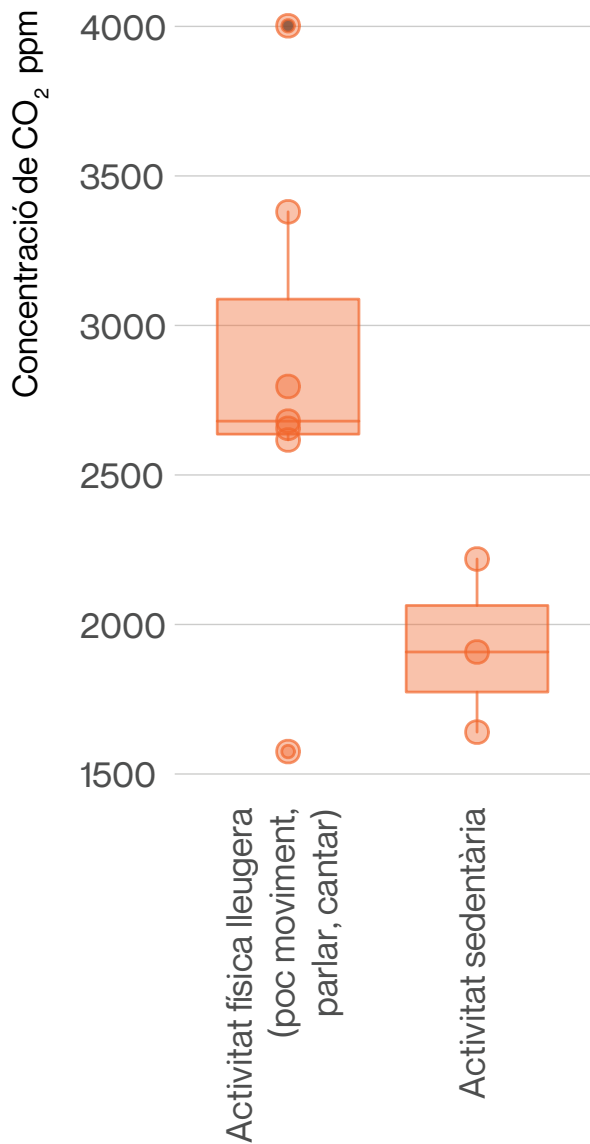
● Fig. 12

Gràfic de punts de la concentració de CO<sub>2</sub> (ppm, mida dels punts) de cada espai individual en funció del nombre de persones presents durant l'avaluació de la qualitat de l'aire interior (eix Y) i el tipus de ventilació en marxa (eix X). El color està associat a la tipologia d'espai.

Pel que fa als sistemes de ventilació i ús de l'espai, veiem que als llocs amb més ocupació (les aules, Taula 1), independentment de la seva superfície, s'acumulen els nivells de CO<sub>2</sub> més elevats de l'estudi quan no hi ha cap sistema de ventilació en marxa (Fig.12).

Espai	Ocupació màxima	Ocupació mínima	Ocupació mitjana
Aula	27	12	20.3
Sala de mestres	12	1	5.7
Llar	3	1	2.1
Hospital	32	8	16
Oficina	24	3	10.2

● Taula 1. Valors d'ocupació màxima, mínima i mitjana de cada tipus d'espai.

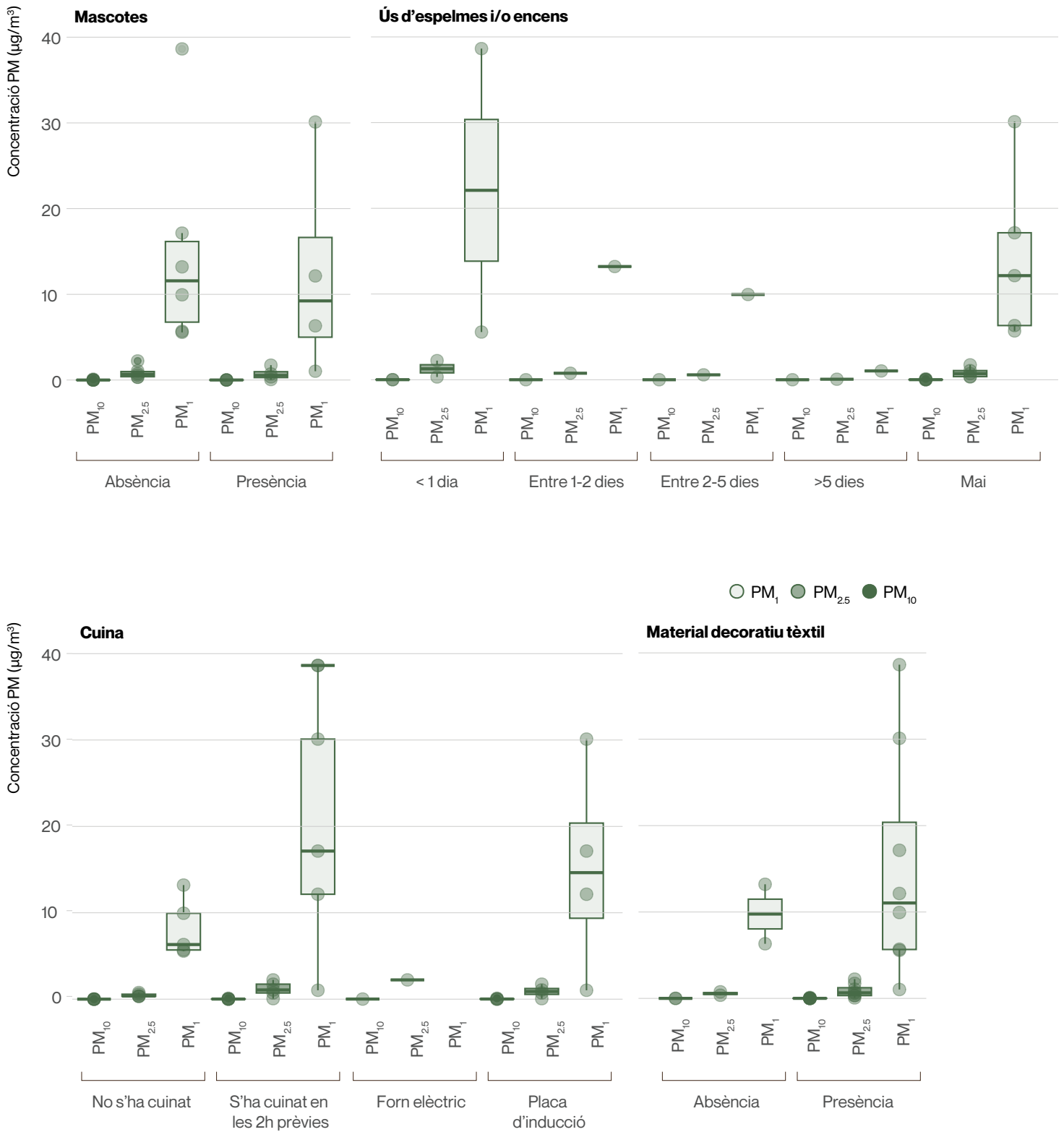


Ara bé, els sistemes de ventilació centralitzada de les sales d'espera dels hospitals aconsegueixen reduir de manera significativa la concentració de CO<sub>2</sub> tot i tenir ocupacions similars o més elevades al de les aules (>30 persones). El sistema de ventilació centralitzada que hem trobat a dues de les cinc oficines estudiades no és tan efectiu com el dels hospitals, ni tan sols amb valors molt més baixos d'ocupació. Tot i ser efectius en la reducció dels nivells de CO<sub>2</sub>, els sistemes de ventilació dels hospitals no són suficients per reduir també els valors de COV (Fig.8).

La intensitat de les activitats que es duen a terme en un espai també afecten als nivells de CO<sub>2</sub>. En aules amb activitat física mitjana (classes de música, activitats dinàmiques o participatives) o a mesura que avança el dia, és fàcil que els nivells de CO<sub>2</sub> es continuïn acumulant si no es procura una ventilació regular (Fig. 13).

● **Fig. 13**

Diagrama de caixes de les concentracions de CO<sub>2</sub> (ppm, eix Y) a les aules en funció del nivell d'activitat desenvolupada durant l'avaluació de qualitat de l'aire interior (eix X).



● **Fig. 14**

Diagrama de caixes de les concentracions de PM (µg/m³, eix X) segons els hàbits d'ús de l'espai a les llars. El to dels colors està associat a la mida de les PM.

Els hàbits d'ús de l'espai són determinants pels nivells de contaminació de PM de l'aire interior (Fig.14). A les llars hem vist que els valors de PM<sub>1</sub> són elevats quan s'hi havia cuinat en les dues hores prèvies a la presa de mesures, tant amb forn elèctric com amb placa d'inducció. També hem trobat valors més elevats de PM<sub>1</sub> allà on el mobiliari inclou materials tèxtils, possiblement degut a la dificultat de neteja regular d'aquest tipus de material.

## Conclusions

Esperem que aquest estudi transmeti la importància d'entendre la qualitat de l'aire interior com un assumpte complex que ve acompanyat per un context espacial que és clau i que no podem obviar, tant pel que fa a la presència de certs materials, com per l'ús que es fa de l'espai, els sistemes de ventilació que hi actuen, la seva freqüència d'ús i la seva eficàcia. La inclusió d'espais heterogenis repartits pel territori català evidencia que, tot i que la contaminació atmosfèrica pot influenciar la QAI, és el que passa dins dels edificis el que en determina la seva salubritat.

Gràcies als resultats que hem obtingut i entenent la particularitat de cada tipologia d'espai que hem analitzat, hem desenvolupat unes guies d'accions de millora de la QAI específiques per a oficines, llars, hospitals i escoles, que volen servir d'ajuda per prendre consciència d'aquesta problemàtica invisible i empoderar-nos per millorar-la.

### - Pots trobar les guies aquí:

<https://mentrerespirem.com/>

## Bibliografia

<sup>1</sup>[UNE 171330-1:2008](#) Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.

<sup>2</sup>[WHO global air quality guidelines](#). Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Autoria del projecte:

Marc Conangla Bermejo - Direcció del projecte

Marta Royo Lionch - Recerca científica

Amb el suport de l'FCRI (Convocatòria Joan Oro 2022).



