



REIAL ACADÈMIA  
DE FARMÀCIA  
DE CATALUNYA



## DISCURS

LLEGIT EN L'ACTE D'INGRÉS DE L'ACADÈMIC CORRESPONENT  
IL·LUSTRE SR. DR. MANUEL MIGUEL JORDAN I VIDAL  
CELEBRAT EL DIA 10 D'ABRIL DE 2024

BARCELONA  
2024

PRESENTACIÓ A CÀRREC DE L'ACADÈMIC NUMERARI  
EXCEL·LENTÍSSIM SR. DR. JAUME BECH I BORRÀS

**CARACTERITZACIÓ MORFOLÒGICA  
DEL PARTICULAT ATMOSFÈRIC INHALABLE  
A L'INTERIOR DE COL·LEGIS  
D'EDUCACIÓ INFANTIL**

**DISCURS**

llegit a l'acte d'ingrés de l'Acadèmic Corresponent  
**Il·lustre Sr. Dr. Manuel Miguel Jordan i Vidal**  
Celebrat el dia 10 d'abril de 2024

**PRESENTACIÓ**

a càrrec de l'Acadèmic Numerari  
**Excel·lentíssim Sr. Dr. Jaume Bech i Borràs**

Barcelona  
2024

*L'Acadèmia no es fa solidària de  
les opinions que s'exposen en les publicacions,  
de les quals és responsable l'autor.*



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Justícia**

Amb la col·laboració del Departament de  
Justícia de la Generalitat de Catalunya

Dipòsit legal: B-6383-2024  
GAM DIGITAL

# PRESENTACIÓ

a càrrec de l'Acadèmic Numerari

**Excel·lentíssim Sr. Dr. Jaume Bech i Borràs**



**Excel·lentíssim Senyor President,  
Excel·lentíssims i Il·lustres Senyores i Senyors Acadèmics,  
Distingides autoritats acadèmiques i professionals,  
Senyores i senyors,**

## **Introducció**

D'acord amb el Reglament Vigent d'aquesta Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya, he estat designat per fer la presentació del Prof. Dr. Manuel Miguel Jordan Vidal com a nou Acadèmic corresponent adscrit a la Secció Primera: Física, Química i Ciències de la Terra.

És per a mi una distinció, un honor i una satisfacció, donats els profunds lligams d'amistat i col·laboració que ens uneixen, tant amb ell com amb la seva família i amb l'equip de col·laboradors (en especial dels Drs. Jordi Mataix-Solera i Josep Navarro Pedreño) de la benvolguda Universitat Miguel Hernández (UMH) d'Elx.

El Dr. Manuel Miguel Jordan Vidal va néixer en Castelló de la Plana l'any 1969. Va cursar els estudis de primària al Col·legi Cervantes i el batxillerat a l'Institut Francesc Ribalta, ambdós a Castelló.

## **Professionalitat i contribucions remarcables**

Vaig conèixer al Dr. Manuel Miguel Jordan Vidal a la Universitat Jaume I de Castelló de la Plana l'any 1993, amb motiu de la meva estada a Castelló per impartir algunes conferències convidat pel benvolgut amic Prof. Dr. Teòfil Sanfeliu-Montolio (e.p.r), mestre del Dr. Jordan, director de la seva tesina i codirector de la tesi doctoral. El títol de

la Tesina fou “Estudio mineralógico, físico-químico y ceramicidad de arcillas wealdenses del área de Zucaina (Castellón). Qualificació: Excel·lent (per unanimitat). El títol de la Tesi Doctoral fou “Mineralotecnia de arcillas cretácicas de Castellón”. Qualificació: Apto Cum Laude (per unanimitat).

El Dr. Jordan va cursar a la Universitat de València la Llicenciatura de Ciències Químiques, especialitat en Bioquímica i Biologia Molecular. La carrera universitària fou brillantíssima, tant en l'àmbit docent com quant a investigador, i molt extensa, amb un CV de 201 pàgines (2023). Becari d'investigació (1994-98) a la Universitat Jaume I de Castelló, Prof. Ajudant (1998) a la Universitat Miguel Hernández (UMH, Elx), Prof. Titular UMH (2002). Catedràtic d'Edafologia i Química Agrícola UMH (2017 fins a l'actualitat). Sexennis d'investigació reconeguda (4 trams), Quinquennis docents reconeguts (5 trams). Secretari de la Facultat de Ciències Experimentals, Vicerector adjunt d'Ordenació Acadèmica, Vicerector adjunt d'Estudis de Doctorat, Vicerector de Relacions Internacionals a la UMH, Vicerector d'Investigació i Innovació a la UMH, Acadèmic Corresponent de l'Acadèmia de Ciències Veterinàries de Catalunya. Membre de 6 Societats Científiques. President de la Asociación Española de Científicos (AEC). Coordinador d'ECTS (European Credit Transfer System). Avaluador de projectes FEDER-Comunitat Valenciana. Membre del Comitè Científic de la Universitat UTEM de Xile. Membre de la Comissió ERASMUS. Coordinador de Cursos de Postgrau, ídem de Cursos d'estiu de Mediambient. Director de 11 Tesis Doctorals. Membre del Comitè Científic de WATER LAW, Congrés Internacional del Dret de l'Aigua. Membre del Comitè Científic de Jornades Internacionals de Revistes de Ciències de la Salut. Membre de la Comissió Provincial de l'Aigua de la Diputació d'Alacant. Ídem del Comitè Científic assessor de la Fundació de la Comunitat Valenciana Centre d'Estudis Ambientals del Mediterrani (CEAM).

## **Temes de recerca**

Mineralogia d'argiles, Materials ceràmics, Contaminació atmosfèrica, Contaminació d'aigües, Restauració de sòls degradats, Restauració de pedreres, Aplicació de biosòlids, Implementacions sobre fa-

bricació de vidre. Més de 300 publicacions, 11 llibres, 124 cap. de llibres. Comunicacions a congressos, 130. Articles en revistes amb alt índex d'impacte, 110 (segons dades de Scopus).

Després del conjunt de dades exposades, pot ser pedagògic subratllar els següents mèrits del Dr. Jordan: Destaca com aportació científica i social un estudi capdavanter en l'avaluació de la qualitat de l'aire en el clúster ceràmic de Castelló amb la determinació dels continguts d'As, Cd, Ni i Pb en PM10 i PM2.5. A més ha publicat estudis pioners de la qualitat de l'aire en aules de diversos col·legis de primària, ubicats en el clúster ceràmic de Castelló, determinant tant la concentració de partícules i la seva grandària com els seus continguts de metalls i metal·loides, així com la morfologia de les partícules i la seva associació amb el risc ambiental per a la població infantil.

D'altra banda, cal valorar la generació d'eines per promoure la recuperació de la cobertura edàfica mitjançant la implantació de neosòls/tecnosòls a fi d'impulsar la biodiversitat en mines i pedreres i el seu àmbit d'influència, així com l'adaptació de restauracions a escenaris de canvi climàtic i la generació de coneixement per a la conservació d'hàbitats.

Així mateix, Jordan ha desenvolupat sistemes i processos per a l'avaluació del risc ambiental de l'ús de diferents tipus d'esmenes orgàniques per prevenir la contaminació del sòl i els aqüífers assegurant la salut humana i dels ecosistemes. També destaquen les seves contribucions en geoquímica i assajos de mobilitat de l'excés de N, P i altres contaminants a la zona no saturada, garantint la qualitat de les aigües per assegurar el seu bon ús i la protecció de la salut pública.

## **Cloenda**

El discurs d'ingrés a la nostra Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya, que l'Il·lustre Prof. Dr. Manuel Miguel Jordan Vidal ens llegirà preceptivament a continuació, fa referència a una de les seves brillants aportacions sanitàries mediambientals. Porta per títol "Caracterització morfològica del particulat atmosfèric inhalable a l'interior de col·legis d'educació infantil". De segur que posarà de manifest, molt



millor que les meves paraules, la seva gran experiència i alt nivell científic.

Finalitzo la meva presentació felicitant molt efusivament el Dr. Jordan pel seu ingrés, i a l'Acadèmia per una incorporació tan valuosa. Vull també felicitar a Maria Adriana, la seva gentil muller, i a l'encisadora filla, Adriana.

Només em queda demanar al nostre President la vènia per cedir al Dr. Jordan l'ús de la paraula perquè ens llegeixi el seu Discurs d'ingrés.

Dr. Jaume Bech Borràs

**CARACTERITZACIÓ MORFOLÒGICA  
DEL PARTICULAT ATMOSFÈRIC INHALABLE  
A L'INTERIOR DE COL·LEGIS  
D'EDUCACIÓ INFANTIL**



A la memòria del meus pares. Maria Rosa i Joaquim.

El nostre vincle comú més bàsic és que tots vivim en aquest planeta. Tots respirem el mateix aire. A tots ens preocupa el futur dels nostres fills. I tots som mortals.

John F. Kennedy

# Índex

Pròleg .....	13
1.- Efectes dels contaminants atmosfèrics particulats per a la salut .....	16
2.- Influència de les propietats físiques, químiques i mineralògiques en els efectes de les partícules en la salut .....	17
3.- Justificació de l'estudi i objectius .....	19
4.- Poblacions i estacions de mostreig .....	20
5.- Mostreig, materials i mètodes analítics .....	24
6.- Resultats i discussió .....	25
6.1.- Partícules identificades .....	25
6.1.1.- Partícules minerals .....	26
6.1.2.- Partícules procedents de processos de combustió ...	28
6.1.3.- Compostos procedents de processos industrials d'alta temperatura .....	29
6.2.- Caracterització de la fracció fina (< 2,5 $\mu\text{m}$ ) .....	30
6.3.- Composició química de les partícules .....	33
7.- Conclusions i recomanacions .....	35
8.- Fonts bibliogràfiques .....	36

**Excel·lentíssim Senyor President,  
Excel·lentíssims i Il·lustres Senyores i Senyors Acadèmics,  
Distingides autoritats acadèmiques i professionals,  
Senyores i senyors,**

## **Pròleg**

En primer lloc, voldria expressar el meu agraïment per aquest honor que rebo avui, d'entrar a formar part com a acadèmic corresponent de la prestigiosa Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya. Voldria agrair molt sincerament a l'Acadèmia i als molt il·lustres acadèmics que hagin acceptat la proposta feta per l'acadèmic numerari Excel·lentíssim Sr. Dr. Jaume Bech i Borràs com a promotor a través de la Secció Primera de Física, Química i Ciències de la Terra, amb el recolzament dels professors Màrius Rubiralta Alcañiz i Joan Esteve de Sagrera, anterior Rector i Degà de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona, respectivament. A tots ells, gràcies, i molt especialment al Dr. Jaume Bech pel seu recolzament i la seva magnífica presentació.

Vull continuar amb els meus agraïments tot recordant com van ser els meus inicis en el món de la ciència, de la docència i la investigació. La meva atracció per aquesta professió ve des dels meus estudis secundaris per la fascinació que tenia, per una banda per la química i la geologia, matèries molt relacionades amb l'Edafologia, i, per l'altra, m'atreia la biologia i la bioquímica. La llicenciatura en Ciències Químiques era doncs la carrera que m'oferia la possibilitat d'incloure totes aquestes vessants en el meu futur professional. Vaig comen-

çar la carrera al Col·legi Universitari de Castelló, adscrit a la Universitat de València i superat el primer cicle em vaig traslladar a la Facultat de Químiques de la Universitat de València que m'oferia la possibilitat d'obtenir l'especialitat en Bioquímica i Biologia Molecular. Ja havia decidit amb certa maduresa que volia triar la professió de docent i investigador universitari, i vaig tornar a Castelló a la recent creada Universitat Jaume I on el professor Sanfeliu-Montolio va oferir dirigir la meua tesina i posteriorment, juntament amb el professor de la Universitat de Barcelona De la Fuente-Cullell, vaig poder fer la meua tesi doctoral que va marcar el meu camí. Després d'una estada post-doctoral a l'estranger vaig obtenir una plaça de professor ajudant d'Edafologia i Química Agrícola a la Universitat Miguel Hernández d'Elx, on em van obrir les portes fins que vaig arribar a professor titular i finalment a catedràtic. El meu agraïment més sincer al Dr. Jorge Mataix-Beneyto per impulsar i contribuir al desenvolupament d'aquesta especialitat a la Universitat Miguel Hernández d'Elx que tant estimo i que ben segur que, sense ell, la Edafologia Ambiental al nostre país no hauria estat el que és ara. No seria just, no recordar a tots els companys i amics que m'heu acompanyat en tota la meua trajectòria professional, el Dr. Ernesto García Sánchez per suposat, amb qui vaig anar de la ma per a iniciar els estudis de Ciències Ambientals a Elx, però també el Dr. Jorge Mataix Solera, el Dr. José Navarro Pedreño, el Dr. Ignacio Gómez Lucas i les Dres. Fuensanta García Orenes i M<sup>a</sup> Belén Almendro Candel al Departament de Agroquímica i Medi Ambient. També a la Dra. Ana Boix, a la Dra. Susana Pallarés, a la Dra. Eva Gómez i la Dra. Ana Belén Vicente amb qui vàrem impulsar els estudis de qualitat de l'aire al clúster ceràmic de Castelló i a tot l'equip de la Unitat de Mineralogia Aplicada i Ambiental de la Universitat Jaume I que va crear i impulsar el Dr. Sanfeliu amb qui vaig gaudir de la seua ciència, docència, investigació i amistat, sense oblidar al Dr. Jesús Ma. Rincón, del Institut Eduardo Torroja del CSIC, i al Dr. Francisco Pardo Fabregat, de la Universitat Cardenal Herrera-CEU, amb els qui m'uneix una gran amistat.

Però no em puc oblidar dels companys del grup d'investigació del catedràtic Emilio Galán del Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Química Agrícola de la Universitat de Sevilla que tant vàrem treballar i compartir junts, principalment amb les Dres. Isabel Gonzá-

lez i Patricia Aparicio. També un càlid i grat record a tots els membres de la Societat Espanyola de Ciències del Sòl, de la Societat Espanyola d'Argiles i al Consell Rector de l'Associació Espanyola de Científics que tinc l'honor i privilegi de presidir. Un agraïment molt especial a tots ells per totes les activitats compartides i per tot l'après al seu costat en les moltes hores junts dedicades a l'avaluació i gestió de projectes i activitats. Finalment, agrair a tots els rectors de la Universitat Miguel Hernández d'Elx i en especial al rector Jesús Pastor amb qui vaig formar part del seu Consell de Direcció en qualitat de Vicerector de Relacions Internacionals i, posteriorment, d'Investigació i Innovació. Etapa dedicada a la gestió universitària amb moltes persones, unitats i servicis amb qui vaig treballar. No puc nomenar a totes però no puc oblidar-me de les secretàries de càrrec Lola Hernández i Cristina Todolí. Gràcies Cristina per estar sempre tan a prop i solucionar tants problemes quasi irresolubles. Agrair a totes les persones amb les que he compartit treballs, projectes, congressos i jornades. Gràcies per la vostra generositat i confiança perquè heu contribuït al meu creixement personal i professional. Us dec molt a tots, sense tots vosaltres, avui no estaria ací.

Per últim i molt important la meva família, Lidà, els avis i els meus pares, que em van ensenyar el treball, la perseverança i els valors i van deixar que seguira el meu camí i els meus objectius professionals i vitals; el meu germà Ximo que sempre ha confiat en mi i m'ha ajudat en els moments difícils; la meva dona María Adriana, la meua filla Adriana i les meves nebodes són ara la meva il·lusió i la meua força, Vull dedicar aquest discurs a tota la meva família i amics per tot el suport i ajuda que m'han donat.

Moltes gràcies a tots.



## **1.- Efectes dels contaminants atmosfèrics particulats sobre la salut**

Malgrat la baixa concentració de contaminants particulats respecte al total de la càrrega atmosfèrica, el seu risc per a la salut humana és molt alt. Aquest risc potencial és degut a l'alta capacitat de penetració de les partícules de forma aïllada o en combinació amb altres contaminants a través del sistema respiratori. La seua capacitat patològica dependrà fonamentalment de dos factors: la grandària i la toxicitat de les partícules. He de destacar la importància del coneixement de la grandària de les partícules, ja que aquelles que es troben en el rang de 0,1 a 0,01  $\mu\text{m}$  penetren en les cavitats pulmonars i es depositen en elles més de la meitat de la massa total introduïda (Pallarés et al., 2011).

Investigacions epidemiològiques han trobat una forta relació entre la contaminació de l'aire i les taxes de morbiditat i mortalitat, potenciant aquesta contaminació un ampli rang de malalties i problemes cardiovasculars, principalment en xiquets, ancians i persones malaltes vulnerables. Se citen com a principals problemes: arrítmies cardíques, reducció de la funció pulmonar, asma, bronquitis crònica i increment dels símptomes de malalties respiratòries com la sinusitis, mal de gola, la tos seca i humida i al·lèrgia al pol·len (Moreno et al., 2004). Aquests problemes es relacionen més amb components específics de les partícules que amb la seua concentració. Estudis recents evidencien que la contaminació de l'aire és responsable del 1,5% de tota la mortalitat del planeta. A més, es demostra que el 50% d'aquest impacte es deu a les emissions dels vehicles de motor de combustió. En un treball desenvolupat a França, Suïssa i Àustria (künzli et al., 2000) s'indica que el 6% de la mortalitat i un elevat nombre de nous casos de malalties respiratòries en aquests països, pot ser atribuït a la contaminació atmosfèrica. En la península ibèrica existeixen treballs realitzats a Madrid (Díez et al., 1999), Barcelona (Sunyer et al. 2001) o València (Ballester et al., 2002) o estudis de caràcter multicèntric en 16 ciutats que analitzen els efectes de la contaminació atmosfèrica en la població (Pallarés et al., 2011). A partir de dades estadístiques es mostren associacions i relacions entre problemes sanitaris seriosos i nivells de contaminació atmosfèrica, especialment per material particulat, prenent com a indicadors de salut la mortalitat, els ingressos

hospitalaris o visites als serveis d'urgència.

Si nombrosos estudis han posat de manifest els efectes negatius de la contaminació d'aire sobre la salut, no és menys cert que no tota la població està exposada a aquest impacte en la salut en les mateixes condicions. Els ancians i la població infantil són els grups que presenten major vulnerabilitat als contaminants particulats (Boy et al., 2000). Em centraré en la població infantil, els xiquets i les xiquetes respiren més ràpid (la seua freqüència respiratòria és major), i juguen a l'aire lliure més sovint, sent pel seu menor pes, major la seua exposició als contaminants per unitat de massa. A més, el seu sistema immunològic i els seus òrgans estan encara immadurs i les seues vies respiratòries són més estretes que en els adults, per això la irritació o inflamació causada pels contaminants obstrueix amb major nocivitat el seu sistema respiratori (Linares et al., 2004).

Per consegüent, existeixen fermes evidències en la relació entre salut infantil i contaminació de l'aire, no obstant això, hi ha escassos treballs que estudien els efectes en la salut infantil dels contaminants ambientals. Així mateix, suggerisc que no únicament han de dur-se a terme estudis a partir d'estacions d'exterior, perquè han de ser comparats amb l'ús de captadors d'exposició personal i d'interiors.

## **2.- Influència de les propietats físiques, químiques i mineralògiques en els efectes de les partícules en la salut**

Els danys causats pel particulat atmosfèric estan condicionats per tres factors fonamentals: la seua concentració, la seua grandària i la seua composició. No obstant això, la intensitat dels efectes produïts depén principalment de la seua grandària i de la toxicitat de les partícules, i per aquesta raó, em centraré a continuació en aquests dos aspectes.

La grandària determina la capacitat de dispersió i transport de les partícules des del punt de vista físic, i el risc potencial als pulmons des d'un enfocament sanitari. Es consideren perilloses les partícules amb grandària inferior a  $10 \mu\text{m}$ . En concret, al voltant del 50% de la càrrega particulada introduïda en el sistema respiratori, amb grandària compresa entre  $0,01 \mu\text{m}$  i  $0,1 \mu\text{m}$ , penetra en les cavitats pulmonars

depositant-se permanentment. Hi ha estudis que evidencien un increment significatiu en la taxa diària de mortalitat en augmentar la concentració de partícules fines (Khalequzzaman et al, 2007).

Si la grandària és de gran importància, la composició determina com el cos humà i el sistema respiratori reaccionen davant les partícules, és a dir, determina la seua toxicitat. Les partícules actuen com a mitjà de transport de substàncies tòxiques perquè poden transportar metalls pesants o metal·loides com l'arsènic, pesticides, compostos solubles (nitrats i sulfats), etc. En funció de la seua composició i efectes en la salut podem classificar les partícules en tres grans grups:

- a) Partícules inertes: són aquells compostos sòlids en l'aire que en principi no exerceixen una activitat química directa en condicions normals. Estan formades per residus inorgànics com els compostos argilencs o silicatats, sals de calci i magnesi, òxids de ferro i alumini, etc (Jordán et al., 2009), i residus orgànics com a fragments de fusta, de cotó, fibres, etc. Tant la sílice lliure com combinada (silicats) dona lloc a nombroses patologies: pneumoconiosis o fibrosi pulmonar, trastorns hemàtics, canvis immunològics, lesions pleurals i fins i tot càncer (Botella y Sánchez Ramos, 1993).
- b) Partícules tòxiques o metàl·liques: són aquelles partícules que per la seua composició i estructura són químicament actives en condicions normals o sent inertes, xicotetes variacions o processos les converteix en actives. Estan formades per compostos solubles com a sulfurs, sulfats, clorurs, fluorurs, etc. (Jordán et al., 2009). També s'inclouen en aquest grup els fums metàl·lics emesos per processos industrials a altes temperatures que estan enriquides en elements metàl·lics. L'exemple més conegut és el cas del plom. S'estima que entre un 30 i un 40% del plom inhalat s'introdueix en el flux sanguini acumulant-se preferentment en els ossos (Domenech, 1991). L'excés de plom en la sang produeix anèmia, interferint en la síntesi del grup hemo i com a conseqüència inhibeix el desenvolupament i maduració dels glòbuls rojos. Metalls com el crom o no metalls com el seleni absorbits per les partícules o sols, provoquen irritacions en els ulls, el nas i la gola davant exposicions de curta duració, però una exposició crònica pot afectar seriosament els pulmons, el fetge i els renyons.

- c) Partícules procedents de fonts de combustió: s'emmarquen en aquest grup les partícules emeses per fonts mòbils, instal·lacions industrials que utilitzen la combustió d'hidrocarburs com a energia, calefaccions, etc. La matèria particulada emesa es tracta de carbó (sutge), cendra metàl·lica, aerosols d'hidrocarburs i volàtils (Jordán et al., 2006). Es reconeixen pel seu aspecte característic "enganxós" i fosc (negre brillant) que facilita la seua adherència a tota mena de materials. La xicoteta grandària d'aquestes partícules fa que s'adherisquen fàcilment en els òrgans interns.

### **3.- Justificació de l'estudi i objectius**

En el clúster ceràmic de la província de Castelló es realitzen estudis d'interior en ambients de treball perquè ho marca la legislació (Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals), però existeixen escasses referències a les concentracions de partícules atmosfèriques en habitatges, recintes tancats d'oci o edificis públics. Realitzar estudis de qualitat d'aire interior que abaste variat tipus de llars, pot resultar massa extens en entrar en joc moltes variables: torns de treball, ventilació i mesures dels edificis, fumadors o no, orientació, presència de mascotes, sistemes de refrigeració i calefacció, alçada, etc. Per això, es va optar per realitzar un estudi en col·legis públics, que abasta un dels sectors més sensibles a la contaminació atmosfèrica: els xiquets i xiquetes d'educació infantil, a això cal afegir que els xiquets passen més temps a l'escola que en qualsevol ambient interior exclosa el seu habitatge habitual.

El principal objectiu d'aquest treball va ser la caracterització gravimètrica, química i morfològica del particulat atmosfèric captat a l'interior de set col·legis situats en tres ambients diferents (urbà, industrial i rural). Per a aconseguir aquest objectiu general es plantegen els següents objectius específics:

Objectiu 1: Realitzar un mostreig, preparació i anàlisi de les mostres adequat a les característiques de l'interior.

Objectiu 2: Estudiar els nivells de concentració de tres fraccions del particulat: partícules menors de  $2,5 \mu\text{m}$ , entre  $2,5$  i  $10 \mu\text{m}$  i majors de

10  $\mu\text{m}$  de diàmetre equivalent a l'interior de set col·legis.

Objectiu 3: Caracteritzar químicament les partícules fines (menors de 2,5  $\mu\text{m}$ ) i gruixudes (entre 2,5 i 10  $\mu\text{m}$ ) captades a l'interior dels set col·legis.

Objectiu 4: Realitzar una caracterització morfològica de les partícules fines i gruixudes anteriorment esmentades mitjançant microscòpia electrònica de rastreig (SEM/EDX).

Objectiu 5: Establir una sèrie de recomanacions amb el propòsit de millorar la qualitat de l'aire dels col·legis estudiats.

La recopilació de dades i resultats obtinguts pretén aportar nova informació vàlida a l'hora d'afrontar per polítics i gestors problemàtiques de contaminació atmosfèrica en interiors.

#### **4.- Poblacions i estacions de mostreig**

L'estudi s'ha centrat en una franja de la província de Castelló que abasta des de la seua capital, situada a la Plana de Castelló, passant per les localitats de L'Alcora, fins a una zona d'interior de muntanya situada en la població de Llucena (Pallarés et al., 2020). Aquestes localitats (Castelló, L'Alcora i Llucena), conformen, respectivament, tres ambients diferenciats: Urbà, industrial i rural (Vicente et al., 2011; Querol et al., 2004).

El tret més important d'aquestes localitats és la seua posició respecte al nucli industrial ceràmic que concentra 93% de les empreses espanyoles pertanyent al sector paviment i revestiment ceràmic i el 95% de les empreses dedicades a la fabricació de frites i esmalts ceràmics (Vicente et al., 2012b; Pallarés et al., 2020).

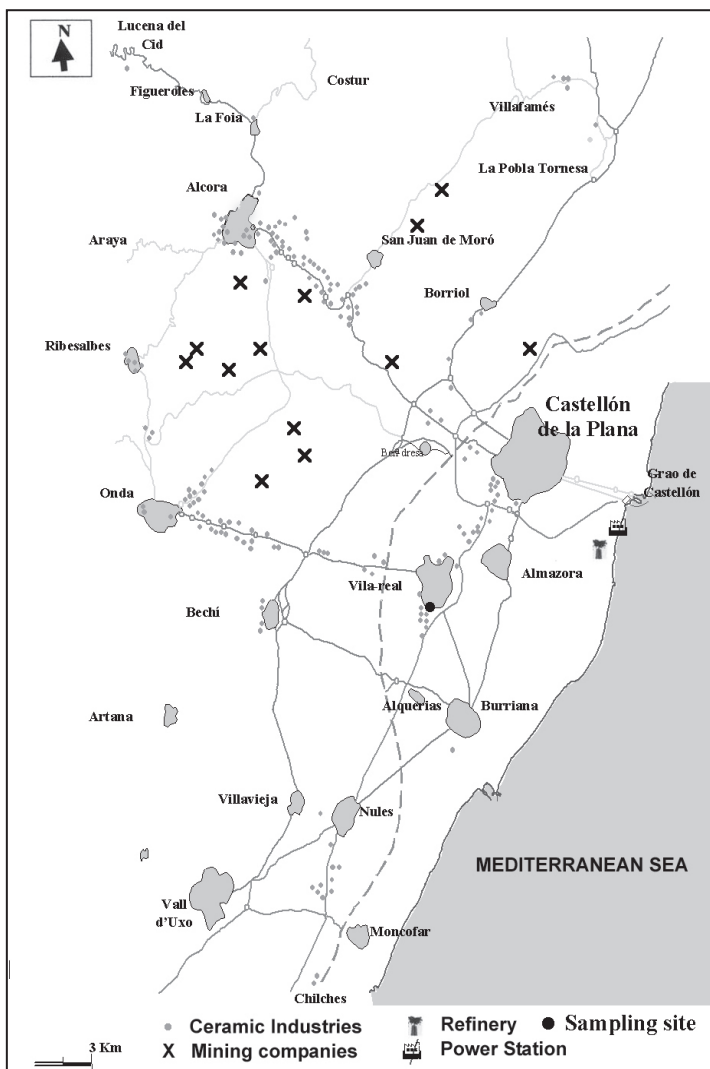


Figura 1.- Localització de l'àrea d'estudi i principals focus d'emissió.

Castelló se situa en una conca costanera denominada Plana de Castelló localitzada en el marge E de la província. En aquesta planícia no existeixen barreres naturals entre els nuclis de població i els focus d'emissió, facilitant-se la circulació dels contaminants (Pallarés, 2011). Les zones muntanyenques envolten la plana, distribuïnt-se al N i W els relleus de les Serres de Vilafamés i al S la Serra d'Espadà.

Aquestes àrees de muntanya exerceixen un efecte d'apantallament de manera que obstaculitzen l'eixida dels contaminants fora de la plana. La indústria ceràmica no es distribueix en el terme municipal de la ciutat sinó que les empreses han derivat més enllà de les poblacions de Vila-real, Onda i L'Alcora (Pallarés, 2011).

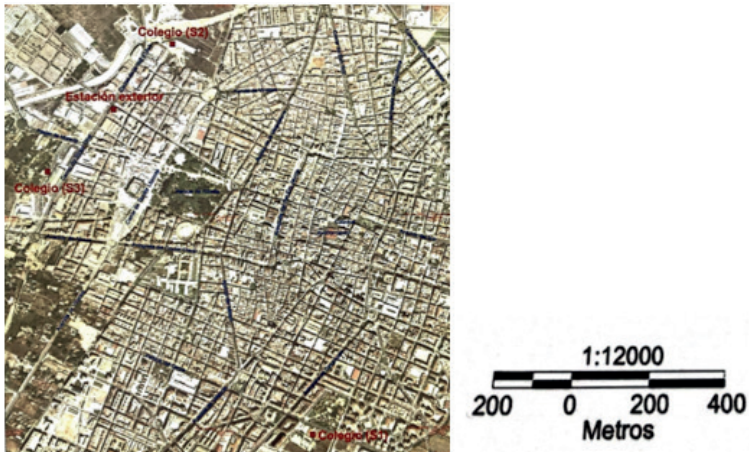


Foto aèria 1. Ubicació de les tres escoles seleccionades a la ciutat de Castelló: S1, S2 i S3.

L'Alcora se situa entre el vessant d'una muntanya i una xicoteta conca o cubeta pròxima al W a la plana costanera de la Plana de Castelló. La perifèria del seu terme municipal a l'E i SE constitueix l'assentament de nombroses empreses del sector ceràmic (Pallarés, 2011).

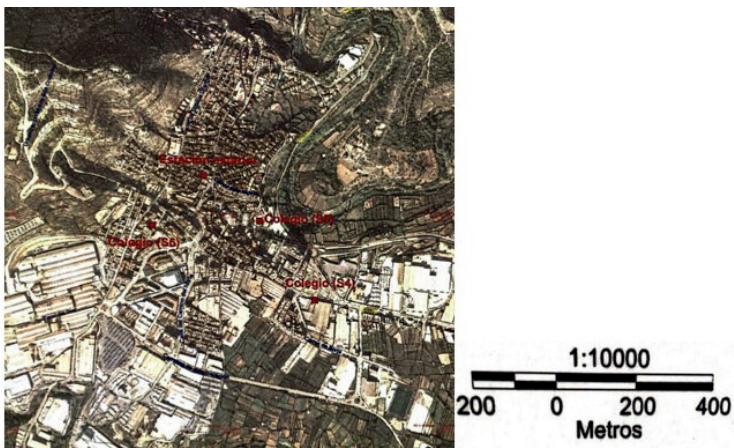


Foto aèria 2. Ubicació de les tres escoles seleccionades en la població de L'Alcora: S4, S5 i S6.

Llucena se situa en el W, a l'interior de la província, és un poble muntanyenc emmarcats en els relleus del Maestrat. Presenta una baixa densitat de trànsit i escàs teixit industrial (Pallarés, 2011).

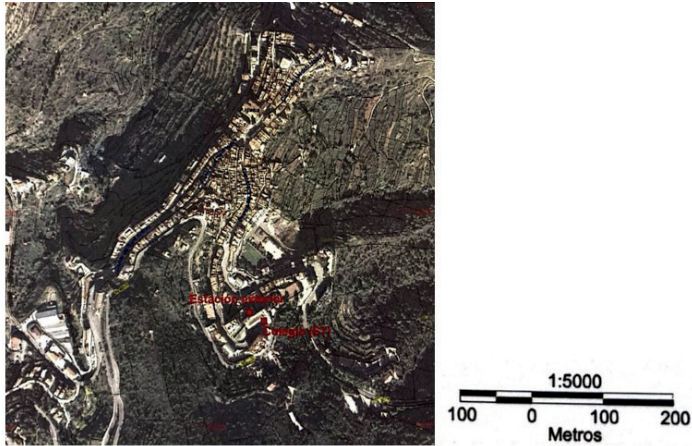


Foto aèria 3. Ubicació de l'escola en la població de Llucena S7.

La Taula 1 mostra les principals característiques de les set escoles on es va realitzar el mostreig en una aula seleccionada.

Taula 1. Principals característiques de les escoles estudiades.

Escola	Tipus	Zona ciutat	Densitat trànsit	Volum aula (m <sup>3</sup> )	Orientació finestres	Nombre d'estudiants
S1	Urbana	E	Alta	268.03	WNW	40
S2	Urbana	NW	Mitjana	159.56	SSE	21
S3	Urbana	W	Alta	173.49	ESE	20
S4	Industrial	SE	Mitjana	36.17	WNW	25-30
S5	Industrial	E	Mitjana	109.09	ENE	26
S6	Industrial	SW	Baixa-mitjana	97.67	SSE	60
S7	Rural	SE	Baixa	182.60	SE	12-8



## 5.- Mostreig, materials i mètodes analítics

L'equip de captació que s'ha utilitzat en la recollida de mostres a l'interior dels col·legis és el Respicon TM (Pallarés et al., 2019b). Es tracta d'un captador muti etapes que permet recol·lectar partícules en tres filtres col·lectors individuals. És un equip idoni per al mostreig d'interiors, ja que és fàcil de maneig, de xicoteta grandària i escàs soroll. La massa de les partícules es determinarà per comparació del pes del filtre abans i després del mostreig. Les partícules atmosfèriques que corresponen a la fracció inhalable són recollides per l'equip a través d'un anell captador d'entrada mitjançant una bomba convencional de mostreig amb un cabal d'aspiració de 3,11 L/min (Pallarés et al., 2019b).

Les partícules gruixudes passen cap al col·lector inferior mentre que altres partícules més fines són separades aerodinàmicament en els filtres corresponents. La primera etapa de l'impactador, separa i recull les partícules menors de  $2,5 \mu\text{m}$ , la segona capta les partícules entre  $2,5 \mu\text{m}$  i  $10 \mu\text{m}$ , mentre que la tercera etapa recull la resta de les partícules en suspensió (majors de  $10 \mu\text{m}$ ). En el mostreig s'han emprat filtres de 37 mm de diàmetre de fibra de quars i de tefló (de  $2 \mu\text{m}$  de grandària de porus). Els filtres de tefló es van usar únicament per a l'estudi microestructural de les mostres.

El període de mostreig va comprendre un curs acadèmic complet. El temps de mostreig ha sigut de 8 hores que comprén l'horari escolar (de 9 a 17 h).

La determinació de les concentracions d'arsenic i metalls pesants es va realitzar per espectroscopia de masses amb font de plasma acoblat inductivament (ICP-MS) un dels mètodes especificats en la directiva 2004/107/CE (transposada a l'estat espanyol mitjançant l'RD 812/2007).

La determinació de les concentracions de fluorur, clorit, clorur, nitrat i sulfat es va realitzar mitjançant cromatografia iònica, que és una variant de la Cromatografia Líquida d'Alta Precisió (HPLC) usant carbonat sòdic 9 mM amb un flux d'1 ml/min (Pallarés et al., 2019b). Se li afigen a la meitat de cada filtre 2 ml d'aigua ultrapura i s'introdueix en

l'ultrasons durant 5 minuts. Transcorregut eixe temps es filtra la mostra i la fracció líquida s'analitza immediatament per cromatografia, ja que alguns anions es degraden amb el temps (Pallarés et al., 2019b).

La microscòpia electrònica de rastreig (SEM) ha sigut utilitzada com a tècnica complementària molt potent en aquest estudi (Pallarés et al., 2019a). El seu avantatge és que amb molt poca quantitat de mostra possibilita l'anàlisi individual de les partícules una a una, tant si es troben aïllades com formant conjunts, de manera que si entre elles existeixen diferències morfològiques o químiques es poden classificar i posteriorment deduir el seu origen (Bang et al., 2004; Chen et al., 2004). Les partícules procedents de la combustió fins i tot tenint una composició molt homogènia poden presentar unes morfologies molt variades en funció del seu origen (tipus de combustió, temperatura, combustible, etc.), sent per tant la SEM la tècnica ideal per al seu estudi (Pallarés et al., 2019a). Així, les partícules de sutge amb estructura dendrítica són les que presenten major tendència a interactuar amb el sistema nasal, toràcic i bronquial de l'ésser humà (Chen et al., 2004).

## **6.- Resultats i discussió**

### **6.1. Partícules identificades**

En general, les partícules presents en l'aire interior tenen algunes diferències en comparació amb els ambients exteriors. Les emissions de cuines, sistemes de calefacció, ambientadors i productes de neteja produeixen contaminants, entre els quals es troben les partícules. No obstant això, les emissions produïdes a l'aire lliure (trànsit, construcció i indústria) penetren a l'interior dels edificis, i aquestes representen la principal contribució a la qualitat de l'aire interior. Aquest efecte és encara major en els edificis, com és el cas de les aules de les escoles on no hi ha fonts d'emissió interiors significatives. A més, moltes activitats tenen lloc als patis d'esbarjo situats al costat de les aules (Pallarés, 2011).

Les partícules identificades per microscòpia electrònica en les mostres de partícules en suspensió en aquest estudi s'agrupen en dos

grups principals: partícules minerals i fases produïdes per processos de combustió o per processos a altes temperatures.

### **6.1.1. Partícules minerals**

Les fases minerals trobades en les mostres de partícules s'han classificat segons les seues morfologies (Figura 2).

A. Alotriomorfs isomètrics o subidiomorfs. Es tracta de partícules que no presenten creixement predominant en cap direcció i les cares de les quals o bé no tenen un aspecte exterior cristal·lí, com a crestes no definides (alotriomòrfiques, Figura 2A), o mostren algun signe de cristal·lització en el seu exterior (subidiomorfs, Figura 2B).

Les partícules alotriomòrfiques són generalment carbonats o silicats naturals, perquè no presenten formes definides, i en el seu lloc tenen vores arrodonides que indiquen clarament signes d'erosió (Pallarés et al., 2019a).

D'altra banda, l'origen de les partícules subidiomorfs, inclosa la seua composició, també es basa en carbonats o silicats, i s'associa amb processos de fracturació mecànica que s'empren en la indústria ceràmica (molta, trituració, etc.), ja que mostren talls clars i vores definides (Pallarés et al., 2019a).

B. Hàbit tabular (Figura 2C). Aquest tipus de partícules estan formades principalment per silicats d'alumini, associades amb emissions de tractaments d'argila natural o industrial. En alguns casos, es van trobar com aglomerats, i en aquest cas els sulfats i clorats eren presents com a materials d'unió.

C. Morfologia acicular (figura 2D). Són cristalls amb un hàbit molt allargat. Alguns d'ells posseeixen sofre, calci i potassi, mentre que uns altres contenen sofre, calci i sodi.

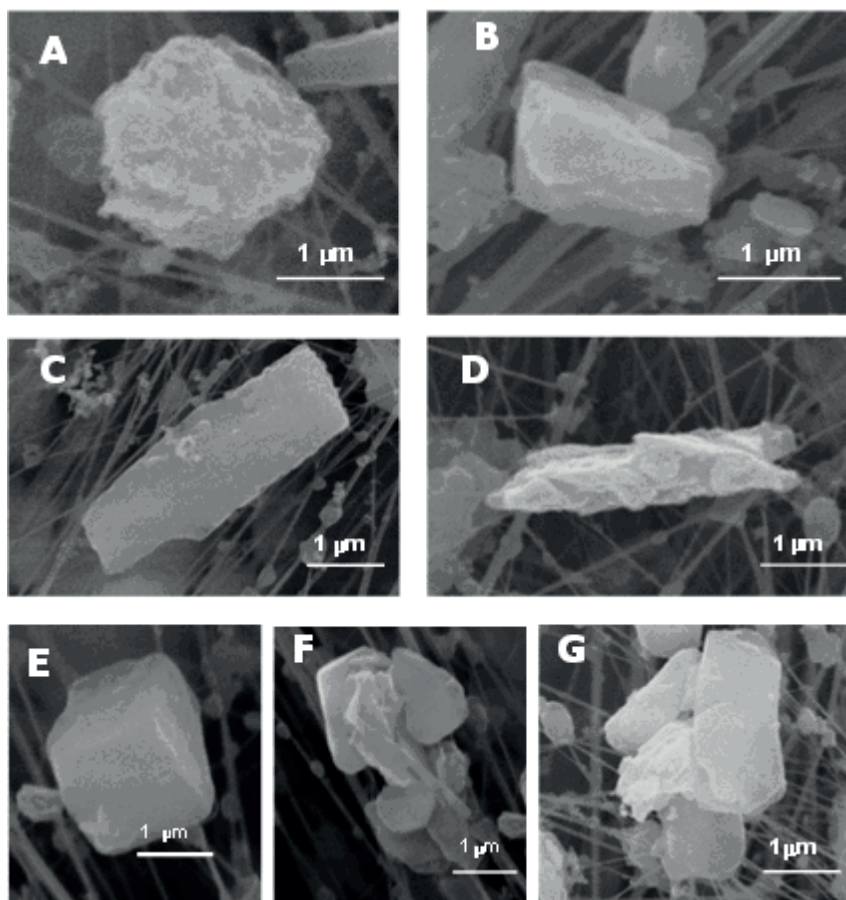


Figura 2.- Microfotografies de partícules identificades per SEM/EDX

D. Formes cristal·lines pures (inalterades). Aquestes partícules en la majoria dels casos cristal·litzen en l'atmosfera després de l'emissió, i per tant es diuen partícules de neoformació. Per aquesta raó, no mostren signes d'erosió i els seus elements simètrics es poden observar clarament. En les mostres d'aquest estudi va ser possible identificar cristalls d'halita i guix. La presència d'halita (Figura 2E) en mostres atmosfèriques s'ha atribuït tradicionalment a ser origen natural, com a component d'aerosols marins. La neoformació de guix secundari (Figura 2F) no ocorre directament, ja que es produeix durant el transport de contaminants de l'oxidació de compostos sulfatats juntament

amb la seua posterior precipitació en presència de calci (Pallarés et al., 2019a).

E. Agregats minerals de composició variada (Figura 2G). Aquests àrids s'originen principalment en el sector de la ceràmica industrial, on utilitzen mescles de diferents matèries minerals primàries (Pallarés et al., 2019a).

### **6.1.2. Partícules procedents de processos de combustió**

Aquestes partícules estan constituïdes per un alt contingut de carboni i exhibeixen una gran varietat de morfologies. Les principals identificades en aquest estudi van ser partícules en forma d'esfera (Figura 3 H, I) i agregats de sutge dendrític (Figura 3 J, K). En menor mesura també hi havia partícules arrodonides (Figura 3 L).

A. Partícules esfèriques o formes arrodonides. Són partícules arrodonides que consisteixen en una matriu de carboni amb oligoelements (S, Na, K, Fe, etc...) absorbits o inclosos en fases amb major cristallinitat de carboni com el grafit. Es creu que les restes de carboni amb una morfologia compacta i els esferoides s'originen a partir de partícules carbonitzades (desvolatilització, fluidificació i solidificació posterior) derivades de processos de piròlisis i oxidació incompleta de diferents fonts combustibles (carboni, gasolina, etc.).

B. Agregats dendrítics de sutge. Els mecanismes de vaporatge i condensació durant els processos de combustió (dièsel i gasolina en vehicles, carboni, gasolina residual, biomassa, etc.) són responsables de la formació d'aquests agregats dendrítics de sutge (Pallarés et al., 2019a).

C. Partícules procedents de la combustió del fuel. Tals partícules es caracteritzen per tindre una forma arrodonida i ser poroses. Aquestes partícules solen ser buides a causa de l'expulsió del material intern i a l'estabilitat mecànica de la superfície (Jordán et al., 2006; Pallarés et al., 2019a).

### 6.1.3. Compostos procedents de processos industrials d'alta temperatura

Aquestes partícules tenen una morfologia esfèrica perfecta (Figura 3 M, N), una forma geomètrica que exclou qualsevol possible explicació basada en un procés de gènesi cristal·lina. L'origen d'aquestes partícules està associat amb les emissions dels processos de cocció de rajoles ceràmiques i fusió de frites. La majoria d'aquestes partícules tenen una textura aparentment llisa en la superfície, revestida amb una fina malla de xicotetes clivelles (Jordán et al., 2006).

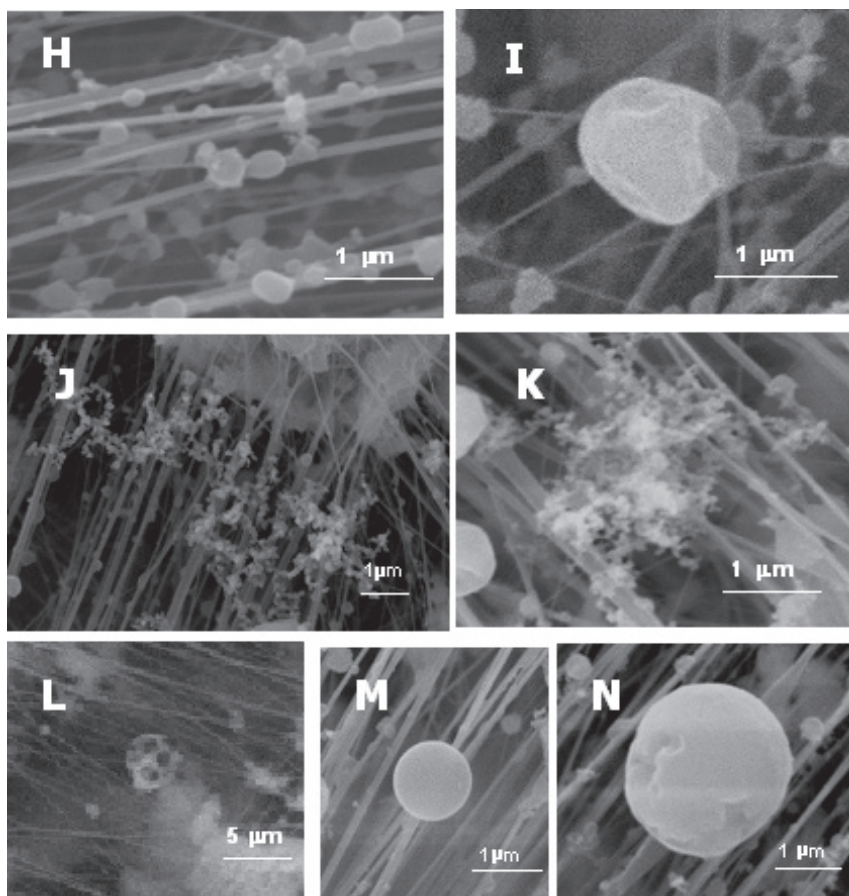


Figura 3.- Microfotografies de partícules identificades per SEM/EDX.

## 6.2. Caracterització de la fracció fina (< 2,5µm)

La Taula 2 resumeix els resultats obtinguts en l'anàlisi morfològic de les mostres de la fracció fina de matèria particulada dins de les escoles.

Taula 2. Resultats de la caracterització de la fracció fina (< 2,5mm).

Caracterització		Tipus de localització		
		<i>Urbana</i>	<i>Industrial</i>	<i>Rural</i>
Contingut	<i>Partícules Totals</i>	Alt	Alt	Mitjà
	<i>Fases Minerals</i>	Mitjà	Alt	Mitjà
	<i>Compostos combustió</i>	Alt Predominen partícules esfèriques	Mitjà Predomini agregats dendrítics	Baix-Mitjà
Mida	<i>Fases minerals</i>	[1-1.5]µm	[1-1.5]µm	[1-2]µm
	<i>Partícules esfèriques</i>	[0.2-0.5]µm	[0.2-0.5]µm	[0.2-0.5]µm
	<i>Agregats dendrítics</i>	<1µm	fins 2µm	fins 2.5µm
Esferes		Identificats en tots els llocs Diàmetre 0.6-0.8µm	Identificats en S4 i S6 Diàmetre 0.8-2µm	No observades
Fibres		No observades	Només en S5	No observades
Material particulat secundari			Formes cúbiques i cristalls de guix (S5)	Formes cúbiques (S7)

La principal diferència entre les ubicacions urbanes i industrials és que les primeres contenen un major nombre de partícules que són de menor grandària. Els alts nivells en la majoria de les ubicacions industrials es deuen a la suma de partícules del trànsit i minerals, que es troben en quantitats més xicotetes però tenen major pes (Jordán et al., 2006; Pallarés et al., 2021).

De les tres escoles en l'entorn urbà, el col·legi S2, té concentracions més altes de partícules minerals (en quantitat i grandària) però posseeix els nivells més baixos de partícules menors de 2,5 µm d'aquesta mena d'ubicació (Pallarés et al., 2021). Aquesta observació està associada a la presència d'una esplanada no asfaltada al costat del punt de mostreig que s'utilitza per a estacionament, i a la inexistència de vies de trànsit d'alta densitat.

Les escoles situades en llocs urbans tenen concentracions més altes de material particulat dels processos de combustió en comparació amb les que es troben en entorns industrials o rurals. Aquest fet es deu a la major proximitat al punt de mostreig de rutes amb alta densitat de trànsit (Pallarés et al., 2021). A més, es va trobar una major proporció de partícules en forma d'esfera en comparació amb els agregats dendrítics en ubicacions urbanes.

En l'àrea d'estudi, tant els esferoides com els agregats dendrítics de sutge provenen essencialment dels processos de combustió dels vehicles de motor, ja que la indústria ceràmica utilitza principalment gas natural, que és una font lliure de partícules (Pallarés et al., 2021).

La diferència de contingut i distribució entre les masses compactes de carboni, esferoides i agregats de sutge dendrític es deu a la proximitat de les carreteres, la velocitat dels vehicles en eixes carreteres pròximes i la capacitat de transport dels diversos tipus de morfologies, entre altres raons (Pallarés et al., 2021). A causa de la seua xicoteta grandària i baixa densitat, els agregats de sutge poden viatjar grans distàncies a través de l'aire. A partir d'aquestes observacions, es pot suposar que la raó per la qual hi ha un major nombre de partícules de tipus esferoide com a resultat dels processos de combustió en les zones urbanes és perquè hi ha més trànsit que viatja a velocitats més lentes (embossos, semàfors, etc.).

Les ubicacions en un entorn industrial tenen la major concentració de partícules minerals. Això es deu al fet que la indústria de la zona es basa en el processament de matèries primeres minerals (Pallarés et al., 2020). Els augments registrats en el nombre total de partícules en els col·legis S5 i S6 estan vinculats a un augment d'aquesta mena de partícules.



De les tres escoles situades en un entorn industrial, l'escola S5 tenia la major concentració de partícules. Es troba en una àrea oberta on rep directament la brisa marina del matí que transporta els contaminants del polígon industrial situat a l'oest de la ciutat. L'augment en el nombre total de partícules es deu principalment a l'augment de partícules minerals i també a causa de les fibres que només es van trobar en aquesta ubicació (Pallarés et al., 2021).

Els compostos de neoformació (hexaedres d'halita i cristalls de guix) es troben en els llocs situats en entorns industrials i rurals. Encara que la ubicació urbana està més prop de la font d'origen, aquests compostos es creen posteriorment en l'atmosfera mentre s'emporten a àrees que estan més allunyades de la font d'emissió (Jordán et al., 2006).

Es va establir una escala visual basada en el nombre de partícules observades en les mostres de la fracció de partícules atmosfèriques entre les grandàries de 2,5 i 10 µm recollits a l'interior dels col·legis. D'aquesta manera, s'ha relacionat la baixa concentració amb el menor nombre de partícules corresponent al mes de març per a la localització S7 (rural) i la més alta, registrada el mes de febrer en el col·legi S5 (industrial). La major concentració de partícules es va registrar a l'escola situada en una ubicació industrial, S5, amb alts nivells també registrats en la ubicació S6. L'escola S4, malgrat ser també industrial, no segueix la mateixa tendència i té xifres de partícules notablement més baixes (Pallarés et al., 2021). Quant al nombre de partícules recollides en les tres escoles urbanes (S1, S2 i S3), cal destacar que va ser similar (generalment mig-alt), encara que es va observar un lleuger augment per a l'escola S3. L'escola S7 (localització rural) és on es van observar les xifres més baixes de partícules en el rang PM<sub>2,5-10</sub>, com va ocórrer amb partícules menors de 2,5 µm (Pallarés et al., 2021).

Les escoles industrials tenen concentracions més altes de partícules en el rang de 2,5 a 10 µm que les escoles urbanes. Això es deu al fet que aquest rang de grandària està enriquit pels compostos minerals més comuns a les escoles industrials pròximes a les fonts d'emissió del sector ceràmic. L'activitat de la indústria ceràmica genera l'emissió de partícules de quars, minerals argilencs (ilita i caolinita), plagioclases sòdiques i càlciques, feldespatos i carbonats (calcita i dolomita),

que provenen del moviment de matèries primeres minerals la grandària de les quals oscil·la entre 2 i 100  $\mu\text{m}$  (Jordán et al., 2016).

L'escola urbana S1 té els percentatges més alts de sofre de totes les escoles estudiades, un fet que està relacionat amb la gran influència que el trànsit té en aquesta ubicació. Les principals fonts antropogèniques de sofre són  $\text{SO}_2$  i  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , provenen de la combustió de combustibles fòssils que presenten traces de sofre. El diòxid de sofre és un dels principals contaminants emesos pel complex petroquímic i la central tèrmica situada a l'oest d'aquesta ubicació, la qual cosa té una major influència en aquest punt de mostreig que en qualsevol altra escola de la ciutat de Castelló (Jordán et al., 2016; Pallarés et al., 2021)

### **6.3. Composició química de les partícules**

Els valors d'As, Cd i Zn són majors en les estacions urbanes. El Cd s'associa a processos de combustió domèstics o industrials i el Zn és un traçador típic del trànsit. L'As és emés pels forns de cocció i fusió en forma volàtil, estat que afavoreix el seu transport cap a zones allunyades del focus emissor (Vicente et al., 2012b).

Els valors de sulfats i Mg són més alts en les escoles industrials. El Mg està associat a les argiles roges explotades i usades en el sector ceràmic (Vicente et al., 2012b). El S procedeix d'emissions exteriors en processos de combustió associat al trànsit. L'As, Ni, Cd, Pb, B i Zn presenten un enriquiment en les partícules més fines associat al seu origen en processos antropogènics de combustió de vehicles de motor, de fusió, de cocció i/o a emissions volàtils com és el cas del B (Vicente et al., 2012b). Els anions estudiats es troben enriquits en la fracció gruixuda en les estacions urbana i industrial (Pallarés et al., 2019b). No obstant això, en l'estació rural els anions es troben en major proporció en les partícules fines, a causa de la seua aportació en l'aerosol transportat des de zones més allunyades adherit al particulat fi que té major capacitat de difusió i dispersió (Jordán et al., 2016).

Taula 3. Concentració mitja de elements químics (ng/m<sup>3</sup>) i anions (µg/m<sup>3</sup>) en filtres PM10 de les set escoles mostrejades.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>As</b>	6.79	10.63	6.32	4.28	6.86	3.61	6.09
<b>Ni</b>	48.20	60.92	52.59	44.19	64.95	44.15	51.02
<b>Cd</b>	117.67	104.23	82.21	55.09	67.32	73.18	71.87
<b>Pb</b>	937.59	815.67	485.59	422.06	535.22	568.70	808.32
<b>Al</b>	7432.70	12542.06	9979.29	9773.49	11013.64	6231.75	7119.66
<b>B</b>	18155.15	13945.06	16704.42	13272.33	15915.41	12746.92	16201.46
<b>Zn</b>	1584.09	1468.07	1748.90	1610.77	1512.89	1235.81	1395.56
<b>Mg</b>	1685.75	2045.88	2103.94	1848.68	3295.22	1213.44	1332.33
<b>S</b>	48.49	56.15	43.95	57.99	39.03	41.54	44.67
<b>F<sup>-</sup></b>	5.10	5.12	5.15	4.82	5.48	5.40	5.44
<b>ClO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	5.78	6.86	6.15	5.34	7.41	7.23	5.98
<b>Cl<sup>-</sup></b>	6.57	11.89	7.89	8.21	9.66	11.14	10.13
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	24.12	32.92	23.84	24.03	43.38	38.84	28.22
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	12.14	21.87	17.49	19.33	29.36	29.14	18.14

## 7.- Conclusions i recomanacions

Es pot concloure que, excepte excepcions, té major importància les característiques pròpies del col·legi (ventilació, orientació, morfologia dels carrers, neteja, nombre d'alumnes, etc.) que el tipus d'entorn (urbà, industrial i rural). No obstant això, s'observa el mateix comportament en les concentracions de partícules fines i gruixudes segons l'estudi gravimètric que en el morfològic però aquest últim ens amplia la informació.

Les partícules fines presenten menor variació de les concentracions entre tots els punts de mostreig perquè depenen de les activitats de l'exterior. Els nivells obtinguts de les escoles urbanes, ja que depenen d'un únic focus principal (el trànsit), varien en menor mesura que en les industrials que tenen un major nombre de fonts d'emissió exteriors pel que existeixen majors diferències en funció de les característiques pròpies de l'edifici.

La ventilació natural en funció de l'orientació dels col·legis afavoreix o empitjora la penetració de les partícules a l'interior de l'edifici. Per això, aconsella ventilar a unes hores determinades en què la brisa marina o els vents predominants no afavorisquen l'entrada de partícules.

La utilització de materials de baixa emissió de compostos en les estructures i el mobiliari del col·legi implica una reducció substancial dels contaminants. A més, podem millorar la qualitat de l'aire interior actuant a dos nivells: la filtració (Parker et al., 2008) i la neteja (Pallarés, 2011).

Atés que les concentracions del partícultat i la seua composició obtinguts d'estacions de mostreig en l'ambient exterior no representen la qualitat de l'aire interior es considera imprescindible realitzar estudis a l'interior dels edificis perquè és on passen la major part del temps diari les persones.

Finalment, indicar que urgeix la implantació d'una legislació pròpia d'interiors que tinga en compte les característiques pròpies d'aquest ambient i la vulnerabilitat de les persones que habiten els edificis amb especial sensibilitat als ancians i xiquets.

Estic totalment convençut que la RAFC pot contribuir amb rigor, ciència i professionalitat a aconseguir un aire exterior i interior més net i sa.

Finalitzo reiterant el meu agraïment pel gran honor que avui se m'atorga.

Moltes gràcies, he dit.

## 8. Fonts bibliogràfiques

- Ballester, F.; Iniguez, C.; Pérez-Hoyos, S.; Tenias, J.M. (2002). Contaminación atmosférica por partículas y salud en València 1994-1996. *Gac. Sanit.*, 16(6): 464-469.
- Bang, J.J.; Mur, L.E.; Esquivel, E.V. (2004) Collection and characterization of airborne nanoparticulates. *Mater. Character.* 2004, 52: 1-14.
- Botella, A.P.; Sánchez-Ramos, S. (1993). Intoxicaciones en la industria y Laboratorios cerámicos. *Cerámica Información*, 186: 9-15.
- Boy, E.; Bruce, N.; Smith, K.R.; Hernández, R. (2000). Fuel efficiency of an improved wood-burning stove in rural Guatemala: implications of health, environment and development. *Energy Sus. Dev.*, 4: 21-29.
- Chen, Y.; Shah, N.; Huggins, F.E.; Huffman, G.P.; Linak, W.P.; Miller, C.A. (2004). Investigation of primary fine particulate matter from coal combustion by computer-controlled scanning electron microscopy. *Fuel Process. Technol.*, 85: 743-761.
- Díaz, J.; García, P.; Ribera, P.; Alberdi, J.C.; Hernández, E.; Pajares, M.S.; Otero A. (1999). Modeling of air pollution and its relationship with mortality and morbidity in Madrid. *Int. Arch. Occuo. Environ. Health*, 72: 366-376.

- Domenech, X. (1991). Química atmosférica. Origen y efectos de la contaminación. Ed. Miraguano. Madrid.
- Jordán, M.M.; Álvarez, C.; Sanfeliu, T. (2006). Spherical particles as tracers of atmospheric ceramic industry. *Environmental Geology*, 51: 447-453.
- Jordán, M.M.; Pardo, F.; Vicente, A.B. (2016). *Teófilo Sanfeliu: más allá de la Geología*. Libro homenaje. Universitat Jaume I. Castelló.
- Jordán, M.M.; Sanfeliu, T.; Gómez, E.T.; Pallarés, S.; Vicente, A.V. (2009). A valuation of the influence of particulate atmospheric aerosol in constructions of the cultural and architecture patrimony of the urban area of Castellon (NE, Spain). *Water, Air, and Soil Pollution*, 200:245-251.
- Khalequzzaman, M.; Kamijima, M.; Sakai, K.; Chowdhury, N.A.; Hamajima, N.; Nakajima, T. (2007). Indoor air pollution and its impacts on children under five years old in Bangladesh. *Indoor Air*, 17: 297-304.
- Künzli, N.; Kaiser, R.; Medina, S.; Studnicka, M.; Chanel, O.; Filliger, P.; Herry, M.; Horak, F.; Puybonnieux-Textier, V.; Quenelm, P.; Schneider, J.; Seethaler, R.; Vergnaud, J.C.; Sommer, H. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, 356: 795-801.
- Linares, C.; Diaz, J.; López, C.; Montero, J.C.; García-Herrera, R. (2004). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud infantil en Madrid. *El ecologista*, 40: 45-50.
- Moreno, T.; Jones, T.P.; Richards, R.J. (2004). Characterization of aerosol particles matter from urban and industrial environments: examples in Cardiff and Port Talbot, South Gales, Uk. *Science of the Total Environment*, 334-2335: 337-346.
- Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Jordán, M.M. (2019a). Typological Characterization of Mineral and Combustion Airborne Particles In-

- doors in Primary Schools. *Atmosphere*, 17(9):3183.
- Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Martínez-Poveda, A.; Jordán, M.M. (2019b). The relationship between indoor and outdoor levels of PM10 and its chemical composition at schools in a coastal region in Spain. *Heliyon*, 5(8):e02270.
  - Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Martínez-Poveda, A.; Jordán, M.M. (2020). Morphological Characterization of Indoor Airborne Particles in Seven Primary Schools. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 3183.
  - Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Martínez-Poveda, A.; Jordán, M.M. (2021). Distribution Levels of Particulate Matter Fractions (< 2.5  $\mu\text{m}$ , 2.5-10  $\mu\text{m}$  and > 10  $\mu\text{m}$ ) at Seven Primary Schools in a European Ceramic Cluster. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4922.
  - Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Sanfeliu, T. (2011). Calidad del aire en el interior de escuelas de Educación Infantil de la provincia de Castellón. Ayuntamiento de Castellón de la Plana. ISBN 978-84-96983-53-3
  - Parker, J.L.; Larson, R.R.; Eskelson, E.; Wood, E.M.; Veranth, J.M.(2008). Particle size distribution and composition in a mechanically ventilated school building during air pollution episodes. *Indoor Air*, 18, 386–393.
  - Querol, X.; Alastuey, A.; Viana, M.M.; Rodríguez, S.; Artiñano, B.; Salvador, P.; Mantilla, E.; Santos, S.G.D.; Fernández-Patier, R.; de la Rosa, J.; et al (2004). Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain. *Sci. Total Environ*, 334–335: 359–376.
  - Sunyer, J. (2001). Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease: a review. *Eur. Resp. J.*, 17: 1024-1033.
  - Vicente, A.B.; Jordán, M.M.; Sanfeliu, T.; Sánchez, A.; Esteban, Ma.D. (2012 a). Air pollution prediction models o particles, As, Cd, Ni and Pb in a highly industrialized area in Castellon (NE,

- Spain). *Environmental Earth Science*, 66: 879–888.
- Vicente, A.B.; Sanfeliu, T.; Jordán, M.M. (2011). Comparison Between Industrial-Urban and Rural Particle Stations in a Ceramic Cluster (NE, Spain). *Water Air and Soil Pollution* 215:83–96.
  - Vicente, A.B.; Sanfeliu, T.; Jordán, M.M. (2012 b). Assessment of PM10 pollution episodes in a ceramic cluster (NE Spain): Proposal of a new quality index for PM10, As, Cd, Ni and Pb. *Journal of Environmental Management*, 15:108:92-101.







REIAL ACADÈMIA DE FARMÀCIA DE CATALUNYA