



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

CONTAMINACIÓN INTERIOR

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

d.perniu@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro



Erasmus+

This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license



1. INTRODUCCION

La contaminación del interior, un tema importante teniendo en cuenta que las personas modernas pasan la gran mayoría del tiempo en el interior - casa, lugar de trabajo, espacios de ocio. Los interiores son muy diversos, la calidad del aire se caracteriza por la heterogeneidad y muchas veces puede producir efectos adversos para la salud.

2. MICROAMBIENTES DONDE VIVEN LAS PERSONAS

La exposición humana a los contaminantes ocurre cuando las personas están en contacto con un contaminante en cierta concentración, durante un cierto período de tiempo. La exposición ocurre así en el lugar donde las personas a menudo se quedan, en un área genéricamente referida como "microambiente". El microambiente se define como el espacio tridimensional donde el nivel de contaminantes en un momento específico es uniforme. El microambiente se caracteriza así por una constante concentración estadística de especies. Considerando un esquema para la clasificación del ambiente global, incluyendo el ambiente natural y socioeconómico) y también considerando las estadísticas internacionales, se puede deducir aproximadamente que la mayoría de la población vive, la mayor parte del tiempo en microambientes rurales interiores, en países en desarrollo.

Sin embargo, una parte significativa de la población vive en áreas urbanas y trabaja en entornos de oficina, ya que la era postindustrial trajo un cambio del sector manufacturero al servicio y al sector basado en el conocimiento.

En esta sección, presentaremos aspectos relacionados con el problema de la calidad del aire interior, en diferentes microambientes, de diferentes zonas.

Obviamente, la calidad del aire interior depende de factores como la calidad del ambiente exterior, las características socioeconómicas de los ocupantes del interior y también por su actividad y estilo de vida.

indoor vs
outdoor

- people spend the majority of time (80 - 90%) in **indoors**

developed vs
developing
countries

- over 80% of the world's population lives in **developing countries**

urban vs rural

- urbanization is occurring rapidly: ~55% of population live in **urban** area
- in developed countries: ~75% of population live in urban area
- in developing countries: ~60% live in **rural** area

3. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR - TERMINOLOGÍA

Teniendo en cuenta la terminología, debemos prestar atención a varios términos utilizados con frecuencia.

El *ambiente interior* se encuentra dentro de un edificio u otros espacios cerrados, ocupados por personas. Como ejemplo, un edificio de oficinas, un apartamento en un bloque de pisos, el interior de un autobús.

La *calidad del aire interior* es la calidad de la calidad del aire dentro del edificio (o espacio cerrado) donde se analiza.

La *contaminación en el interior* es causada por la presencia en el aire interior de mayores concentraciones de especies químicas (por ejemplo, monóxido de carbono), procesos físicos (ruido de ejemplo) o contaminantes biológicos (ácaros del polvo, por ejemplo).

Entre las *fuentes de contaminación del aire interior*, mencionamos la combustión de combustibles fósiles para calefacción y cocina, el ahumado, las emisiones de materiales de construcción, muebles, alfombras, el uso de productos químicos para la limpieza, la ventilación incorrecta o el mantenimiento inadecuado de los sistemas de aire acondicionado, infiltración de contaminantes atmosféricos desde la proximidad exterior.

Indoor environment	<ul style="list-style-type: none">• environment situated in the inside of a building and other enclosed spaces occupied by humans
Indoor air quality	<ul style="list-style-type: none">• quality of air inside buildings
Indoor air pollution	<ul style="list-style-type: none">• caused by concentrations of chemical, physical or biological contaminants in the air inside buildings and other enclosed spaces occupied by humans
Indoor pollution sources	<ul style="list-style-type: none">• combustion of fossil fuels for cooking and heating• tobacco smoking• emission from construction materials, furnishing, rugs• use of chemicals for housekeeping• improper maintenance of air ventilation and air conditioning systems• penetration of outdoor air pollutants

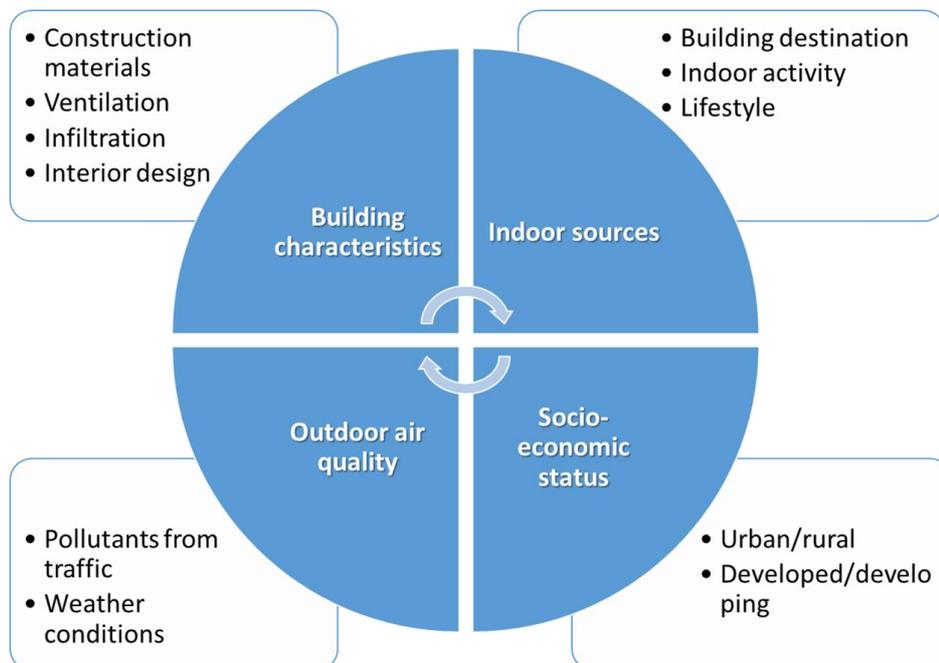
4. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

La calidad del aire interior depende de varios factores, mencionados aquí.

En primer lugar, el *estado socioeconómico* del área donde existe el edificio. Entonces, los edificios difieren por *características constructivas y diseño*. Así, por diseño y construcción, el edificio permite la ventilación natural o artificial y/o favorece la infiltración de contaminantes. La ventilación y la infiltración son procesos que implican el intercambio de contaminantes entre el exterior y el interior. La ventilación, el proceso intencional, está relacionado con los hábitos de los ocupantes y depende de la estación y las condiciones meteorológicas. La infiltración es involuntaria y permite la penetración desde el exterior de contaminantes con dimensiones muy bajas, generalmente partículas submicrónicas.

Desde el *exterior*, generalmente los contaminantes del tránsito se introducen en el interior. Por lo tanto, la ubicación del edificio en la proximidad de una fuente de contaminación es uno de los factores importantes que afectan la calidad del aire interior, pero esto depende en gran medida del estado socioeconómico de los ocupantes.

Al menos, las *fuentes de contaminación internas* dependen del destino del edificio, las actividades de los ocupantes, su estilo de vida y sus hábitos, elementos que influyen fuertemente en la calidad del aire interior.



5. Contaminantes en el interior y ejemplos de sus fuentes

En los interiores puede existir una gran cantidad de contaminantes, y como se mencionó, son producidos tanto por actividades/fuentes interiores como por fuentes al aire libre.

Los *contaminantes gaseosos*, como el *monóxido de carbono*, el *dióxido de nitrógeno* y el *dióxido de azufre*, se generan principalmente a partir de la combustión de combustibles fósiles. En el caso del uso de dispositivos de combustión no ventilados, la concentración de dióxido de nitrógeno en los hogares puede exceder en gran medida los que se producen al aire libre, especialmente en las cocinas, durante la cocción. El monóxido de carbono es un gas insípido, inodoro, incoloro y no irritante producido por la combustión incompleta de material orgánico y es una de las principales causas de intoxicación. Se emite en interiores donde se usan electrodomésticos de gas, calentadores de queroseno sin ventilación y también el humo del tabaco. El principal efecto del CO es el resultado de su capacidad para alterar la capacidad de unión de oxígeno de la hemoglobina. El efecto de envenenamiento depende de la concentración, la duración de la exposición y el estado general de salud de la persona expuesta.

Los *radicales libres* como los radicales *hidroxilos*, *hidroxiperoxilos* y también el *ozono* se producen por reacciones químicas. El ozono, un contaminante secundario, se transmite principalmente desde el exterior, especialmente durante el verano, en días soleados, en edificios situados cerca de carreteras con intenso tráfico. Una fuente importante para el ozono interior es

el uso de purificadores de aire que proporcionan alivio de numerosas enfermedades respiratorias o reducen los olores y destruyen los microbios.

Las *partículas*, que pueden acomodar una gran variedad de contaminantes, como hidrocarburos aromáticos policíclicos, pesticidas, compuestos orgánicos volátiles, contaminantes biológicos, son el resultado de la quema, en interiores, de combustibles, tabaco y también forman una penetración al aire libre. Las partículas pueden liberarse directamente o pueden ser el resultado de reacciones químicas de precursores en fase gaseosa (partículas secundarias) que se originan en fuentes interiores y exteriores. Las características de las partículas dependen de la forma de las fuentes en que se producen y de los procesos posteriores a la emisión que involucran las partículas. Otra fuente de contaminación interior, que genera aerosoles ricos en *compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles*, es el uso de productos químicos para la limpieza. Entre las fuentes de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en el interior se mencionan los nuevos muebles, alfombras, azulejos, revestimientos de paredes de vinilo, pinturas, adhesivos. El formaldehído, un compuesto tóxico, puede existir en interiores donde se usan muebles de madera y diversos adhesivos. La combinación de fuentes que liberan COVs en interiores puede ocasionar que los ocupantes se expongan a una "sopa química" compleja que comprende entre 50 y 300 COVs individuales diferentes.

El *humo del tabaco* contiene más de 4000 sustancias químicas en forma de partículas y gases, muchos de los cuales se conocen como carcinógenos sospechosos.

Hay interiores, donde, debido al suelo o los materiales de construcción, se libera el *Radón* radiactivo.

Al menos, no se debe mencionar la presencia en el interior de *contaminantes biológicos*, como los ácaros del polvo doméstico, las bacterias.

<p>Carbon monoxide</p> <p>fuel/tobacco combustion; outdoor</p>	<p>Nitrogen oxides</p> <p>fuel combustion; outdoor (traffic)</p>	<p>Sulfur dioxide</p> <p>coal combustion; outdoor</p>	<p>Free radicals and ozone</p> <p>indoor chemistry; outdoor</p>
<p>Fine particles</p> <p>fuel/tobacco combustion, cleaning operations, cooking; outdoor (traffic)</p>	<p>Polycyclic aromatic hydrocarbons</p> <p>fuel/tobacco combustion, cooking; outdoor (traffic)</p>	<p>Asbestos</p> <p>remodeling/demolition, construction materials</p>	<p>Pesticides</p> <p>household products, dust from outside</p>
<p>Aldehydes (formaldehyde)</p> <p>furnishings, construction materials, cooking, adhesives</p>	<p>Volatile organic compounds</p> <p>fuel/tobacco combustion, housekeeping operations, furnishings, construction materials; outdoor (traffic)</p>	<p>Radon</p> <p>soil under building, construction material</p>	<p>Biological contaminants</p> <p>damp materials, furnishings, components of climate control systems, occupants, outdoor air, pets</p>

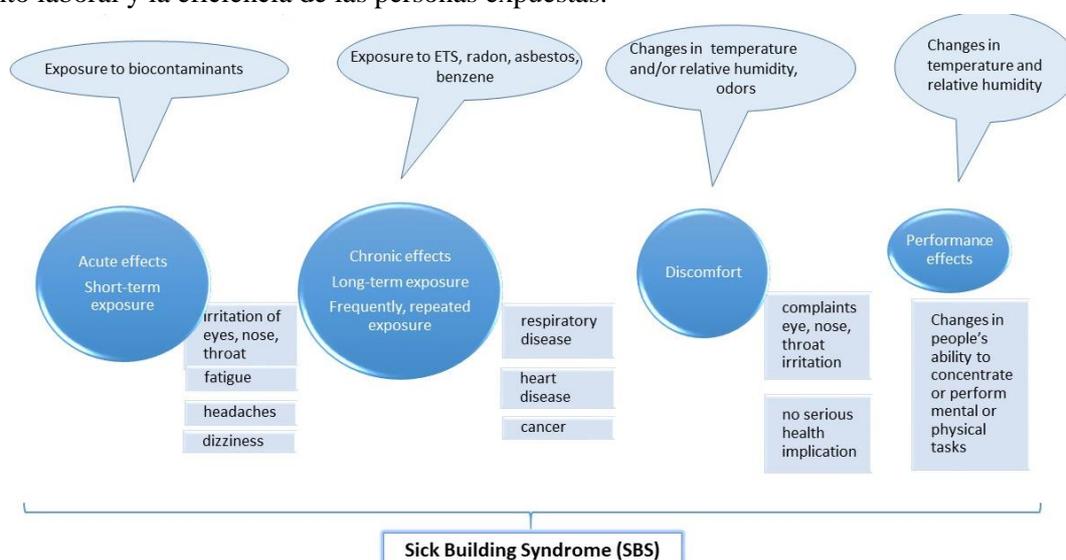
6. Efectos de la exposición al aire contaminado en interiores

El efecto de la exposición del individuo a la contaminación interior depende principalmente del tipo de contaminante y de la duración de la exposición. El tiempo de respuesta después de la exposición es un factor importante en la evaluación del efecto. Inmediatamente después de la exposición, se manifiestan efectos agudos como irritaciones, fatiga, dolores de cabeza y mareos. Por lo general, estos son causados por la exposición a contaminantes biológicos, las emisiones de materiales de construcción, pero principalmente son causados por la ventilación inadecuada del espacio.

Como respuesta a la exposición prolongada, o a exposiciones repetidas, se manifiestan efectos crónicos, el cáncer es un ejemplo. Entre los contaminantes, se mencionan el humo de tabaco, el radón, el benceno y el asbesto.

Los efectos sin implicaciones graves para la salud son la incomodidad y la disminución del rendimiento del trabajo, causados por los cambios en los parámetros físicos del aire interior.

En general, se utiliza el concepto "paraguas" para integrar la ocurrencia de efectos agudos de la exposición a la contaminación en interiores, el "síndrome del edificio enfermo". Como consecuencia de una ventilación inadecuada y de la acumulación de contaminantes biológicos y/o contaminantes gaseosos en el interior, los ocupantes del edificio informan una serie de quejas para las cuales no hay una causa obvia y los exámenes médicos no revelan anomalías particulares. Los síntomas están presentes cuando las personas están en el edificio, pero desaparecen cuando se van. Pero generalmente conducen al ausentismo y/o a la disminución del rendimiento laboral y la eficiencia de las personas expuestas.



EJEMPLOS

Una gran cantidad de contaminantes en el interior, que tienen naturaleza inorgánica, orgánica o biológica, con un riesgo potencial para la salud humana, tienen niveles de concentración en el interior más altos que los del exterior. Por lo tanto, la exposición de la población puede ser significativamente mayor en interiores que en exteriores. En este contexto, seleccionamos ejemplos de microambientes con riesgo potencial para la salud de los ocupantes.

7. ACCESO A LA ENERGÍA EN LOS HOGARES

El uso de energía en los hogares es una característica vital de la sociedad humana. La energía se utiliza para una amplia variedad de propósitos, que incluyen cocinar, calentar espacios, iluminación, diversas tareas domésticas, entretenimiento. El acceso a la energía se define como "un hogar que tiene un acceso confiable y asequible tanto a instalaciones de cocina limpias como a electricidad, que es suficiente para suministrar inicialmente un conjunto básico de servicios de energía y luego un nivel creciente de electricidad para alcanzar el promedio regional" (IEA)

Como se ha mencionado al principio de esta sección, la mayoría de la población pasa la mayor parte del tiempo en interiores, en entornos rurales, en países en desarrollo. Debido a los bajos

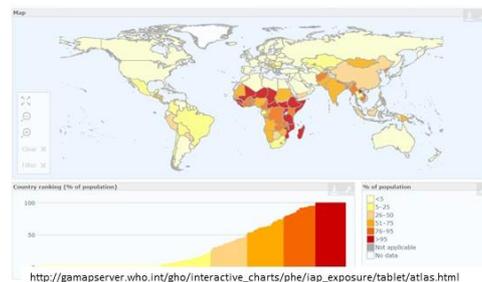
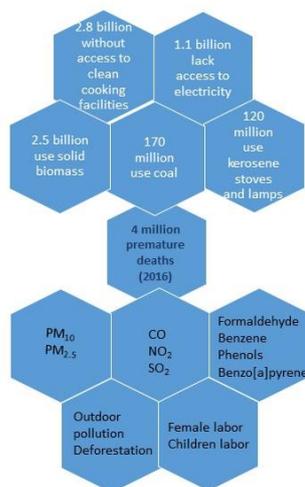
ingresos y al bajo nivel de vida, el acceso a los recursos para las necesidades básicas como alimento y hogar define la existencia de una parte significativa de la población mundial.

Las estadísticas internacionales recientes mencionan a 2.800 millones de personas sin acceso a combustible limpio para cocinar y 1.100 millones no tienen acceso a la electricidad. Para garantizar las necesidades básicas de cocina y calefacción, 2,5 millones de personas usan biomasa sólida, 170 millones usan carbón y 120 millones usan queroseno como combustible para calefacción y cocina. Por lo tanto, un gran número de personas está expuesta, en sus propias casas, a contaminantes como partículas, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles. Según lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire de los hogares la combustión de combustible es el riesgo de salud ambiental global más importante en la actualidad. Como resultado de la contaminación del aire interior, en 2016 se registraron 4 millones de muertes prematuras causadas, en los países en desarrollo, por enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón, enfermedades respiratorias agudas.

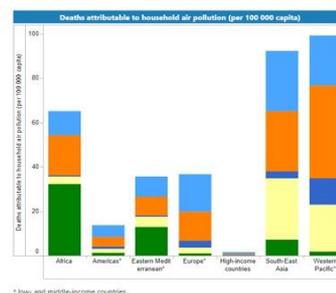
Más allá de los efectos directos en la salud humana, la contaminación interna causada por el uso de combustibles fósiles para cocinar y calentar, conduce a la contaminación del aire exterior en las proximidades, afectando al vecindario, a la deforestación, como resultado del uso de la madera como fuente de energía.

Las mujeres y los niños son los más afectados por este tipo de contaminación. Las mujeres son las que tradicionalmente aseguran la comida para toda la familia, por lo que la exposición a la contaminación interior es larga. Los niños, debido a un sistema inmune incompletamente desarrollado, se ven fuertemente afectados por los contaminantes internos.

ENERGY ACCESS IN HOUSEHOLDS



Exposure to household air pollution
 Population using solid fuels - 2013



Mortality from household air pollution

8. Microambiente durante el sueño

Se aprecia en todo el mundo que las personas duermen en promedio, 8-9 horas por día, lo que significa un tercio de tiempo. Por lo tanto, el microambiente del sueño es significativo en términos de exposición a contaminantes internos.

El microambiente del sueño se puede definir como el espacio que abarca un colchón, una almohada, los materiales de la cama, el marco de la cama y el volumen de aire sobre estos elementos. Todos estos componentes se pueden suponer como fuentes de contaminación interior, ya que están en la proximidad inmediata de las personas, por lo que la exposición a largo plazo se produce por inhalación y contacto dérmico. La exposición es mucho más intensa en el caso de los niños, especialmente para los más pequeños, teniendo en cuenta sus largos períodos asignados para dormir y también para el bajo peso corporal.

En microambientes de sueño, se puede encontrar un amplio espectro de especies con efectos nocivos para la salud humana. Los colchones, almohadas, materiales de cama acumulan material biológico, como ácaros del polvo, hongos, bacterias. También son fuentes de contaminantes emitidos directamente o acumulados en partículas de polvo. Presentamos aquí varios ejemplos.

Los compuestos químicos para la categoría de plastificantes y retardantes de llama agregados en colchones de espuma se conocen como sustancias con efectos adversos sobre el sistema respiratorio, pueden producir daños en la piel y cánceres. Incluso algunos de estos productos químicos están prohibidos para su introducción en artículos de cama, pueden estar presentes en las habitaciones.

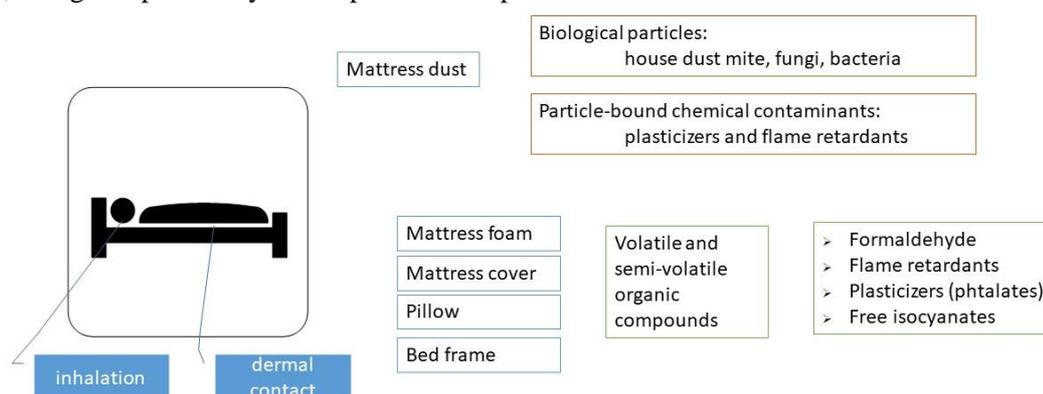
Los retardantes de llama se introducen por fabricación en colchones de espuma de poliuretano. Con el tiempo, se usaron diferentes compuestos orgánicos persistentes como difenilos polibromados, organofosfatos

Los plastificantes, como los ftalatos, se agregan para mejorar la suavidad y la flexibilidad en la mayoría de los colchones de cunas para bebés.

Los di-isocianatos se utilizan como aditivos en los colchones de espuma de poliuretano, por lo que pueden ser fuente de emisión de isocianato residual altamente tóxico.

De la categoría de compuestos orgánicos volátiles emitidos en el microambiente del sueño mencionamos el formaldehído, ya que se utiliza en gran medida en compuestos de madera, adhesivos para la construcción de la estructura de la cama.

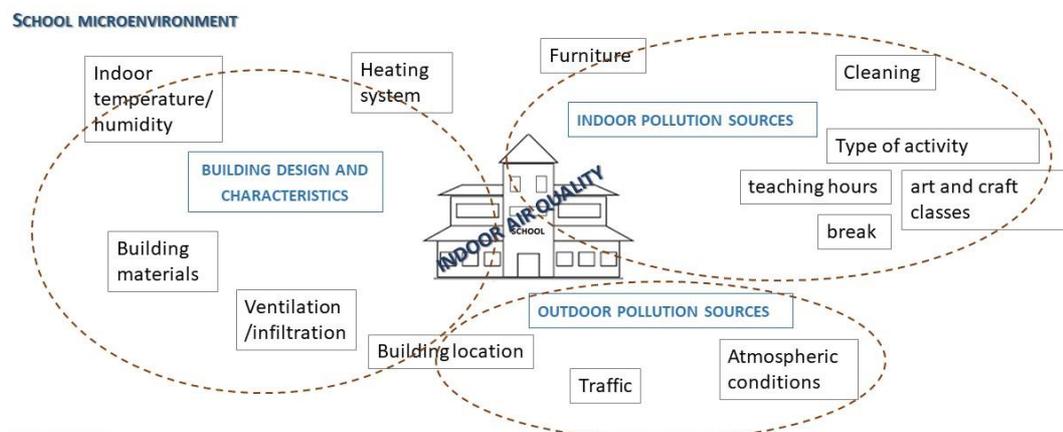
La concentración de contaminantes está influenciada por la ventilación de la habitación, pero también por factores personales como la temperatura corporal durante el sueño, la humedad corporal, la higiene personal y el comportamiento personal durante el sueño.



9. Microambiente escolar

Sin dudas, la escuela es un elemento clave en el desarrollo de la humanidad, por lo que ofrecerles a los niños escuelas de calidad es una obligación para cada generación. La calidad de la escuela

se refiere no solo a cuestiones didácticas, sino también a la calidad del microambiente donde los niños aprenden y se desarrollan.



Pollutants:

- **Gaseous inorganic pollutants:** SO₂, NO₂, CO, CO₂, O₃
- **Organic pollutants:** volatile and semi-volatile organic compounds
- **Particulates:** biological, primary and secondary particulates PM₁₀, PM_{2.5}.

Los microambientes críticos de la escuela en términos de calidad del aire interior, debido a que generalmente se ubican cerca de zonas con intenso tránsito vial. Por otro lado, los estudiantes han aumentado la vulnerabilidad a la calidad del aire inseguro, debido a su edad, pero también como consecuencia del largo tiempo pasado en las escuelas. En la escuela, la densidad de ocupación es alta, los niños son muy activos y los espacios no siempre están bien ventilados.

Debido a las actividades en el entorno escolar, debido a la infiltración al aire libre y debido a las características constructivas del edificio, en función de los hábitos y comportamientos de la temporada y los ocupantes, en las escuelas existe una gran cantidad de contaminantes gaseosos, inorgánicos, orgánicos o biológicos.

Cuando se utilizan combustibles fósiles para calentar, se emiten contaminantes gaseosos como *óxido de azufre*, *dióxido de nitrógeno*, *monóxido de carbono* y *dióxido de carbono*. Si no se ventilan, estos contaminantes pueden alcanzar altas concentraciones.

Como resultado de la infiltración de contaminantes al aire libre, el *ozono* está presente en las escuelas situadas cerca del intenso tráfico, durante los días soleados de verano.

El *dióxido de carbono* puede alcanzar concentraciones muy altas en habitaciones mal ventiladas con actividad intensa de gran cantidad de niños. El dióxido de carbono generalmente se considera un parámetro de referencia para la calidad del aire interior y para la ventilación adecuada. El efecto es un rendimiento reducido de los alumnos y también la posible acumulación de otros contaminantes internos.

Los aumentos significativos de la concentración de *contaminantes orgánicos* se correlacionan con el uso de pinturas y pegamentos y también se producen durante las actividades de limpieza, cuando se usan detergentes. Además, las telas, el mobiliario y los materiales de construcción

pueden ser fuente de compuestos orgánicos con efectos altamente adversos en la salud de los niños, como el *formaldehído*, los *bifenilos policlorados*.

Para el *material particulado*, tanto las fuentes interiores como las exteriores juegan un papel. A veces, los valores de PM pueden ser significativamente más altos en interiores que en exteriores, en gran parte debido a la resuspensión y especialmente a la fracción de partículas de mayor tamaño. El potencial dañino de las partículas está relacionado con su capacidad de penetrar en las áreas más profundas del tracto respiratorio humano, transportando compuestos como metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y dioxinas/furanos adheridos a la superficie de las partículas.

Durante los inviernos, las puertas y ventanas cerradas conducen a la acumulación de contaminantes en el ambiente interior, el ajuste del aire también puede conducir al crecimiento de contaminantes biológicos, como bacterias, hongos y moho.

10. REFERENCIAS

<http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/en/>

<http://www.who.int/indoorair/publications/household-fuel-combustion/en/>

http://www.who.int/gho/phe/indoor_air_pollution/burden/en/

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1

<http://apps.who.int/gho/data/view.wrapper.ENVHEALTH7HAPv?lang=en>

http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/iap_exposure/tablet/atlas.html

<https://www.iea.org/energyaccess/>

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf

Bernstein, J., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Friz P., Horner E., Li, N., Mason S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., reponen, T., Selzer, J., Smith A., Tarlo, S., The health effects on nonindustrial indoor air pollution, in: The Journal of Allergy and Clinical Immunology, vol. 121 (3), 2008, 585 - 591

Barron, M., Torero, M., Household electrification and indoor air pollution, in: Journal of Environmental Economics and Management, 86 (2017) 81-92.

Boor, B.E., Spilak, M.P., Laverge, J., Novoselak, A., Xu, Y., Human exposure to indoor air pollutants in sleep microenvironments: A literature review, in: Building and Environment, 125 (2017) 528-555

Salthammer, T., Udhe, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., Clifford, S., He, C., Buonanno, G., Querol, X., viana, M., Kumar, P., Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution, in: Environmental International, 94 (2016) 196-210

Pacitto, A., Stabile, L., Viana, M., Scungio, M., Reche, C., Querol, X., Alastuey, A., Rivas, I., Alvarez-Pedrerol, M., Sunyer, J., van Drooge, B.L., Grimalt, J.O., Sozzi, R., Vigo, P., Buonanno., Particle related exposure, dose and lung cancer risk of primary school children in two European countries, in: Science of the Total Environment, 616-617 (2018) 729-729



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



**Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov**



**UNIVERZITA
KARLOVA**



ИКНТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665