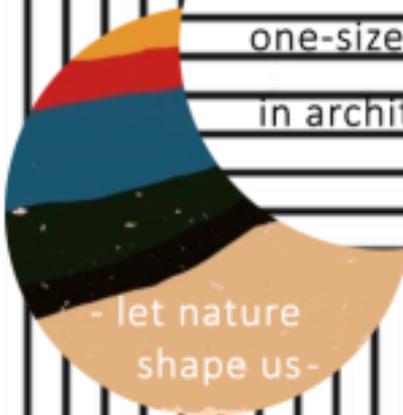


there's no

one-size-fits-all

in architecture



- let nature
shape us -

Bioconstrucción y Salud. 4ta edición

Escola Sert

Directora: Sònia Hernández-Montañó Bou

Trabajo final de posgrado

Camila Roisman

Agosto 2023

Índice

INTRODUCCIÓN	5
BIOHABITABILIDAD	14
CUERPO Y ENTORNO	15
FACTORES FÍSICOS	17
TEMPERATURA	18
HUMEDAD	21
MAGNETISMO TERRESTRE	24
RADIOACTIVIDAD	29
ELECTROCLIMA.....	36
ILUMINACIÓN	56
ACÚSTICA.....	68
VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN	74
CONCLUSIÓN FACTORES FÍSICOS.....	81
FACTORES QUÍMICOS	83
FIBRAS Y PARTÍCULAS.....	86
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.....	90
COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES	92
DISRUPTORES ENDOCRINOS	96
CONCLUSIÓN FACTORES QUÍMICOS.....	105
FACTORES BIOLÓGICOS	110
HONGOS	113
BACTERIAS Y VIRUS	115

ALÉRGENOS	117
CONCLUSIÓN FACTORES BIOLÓGICOS.....	118
ENTORNO Y PERCEPCIÓN	122
FACTORES FENOMENOLÓGICOS.....	124
CONCLUSIÓN FACTORES FENOMENOLÓGICOS..	138
VOLVER A LO NATURAL.....	143
CONCLUSIÓN DEL TRABAJO	151
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA	157

INTRODUCCIÓN

Los cambios en los estilos de vida de las últimas décadas dan como resultado que pasemos más del 90% de nuestro tiempo en espacios interiores. Esto no es una novedad ni mucho menos, solo hace falta pensar en cómo es un día normal en nuestras vidas para darnos cuenta. También es sabido que el aire interior de los edificios puede estar de dos a cinco veces más contaminado que el exterior (*informe OMS Europa 2013, Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU.*).

Sin embargo, en un estudio de YouGov para el Grupo VELUX, se han estudiado las respuestas de más de 16.000 personas de 14 países donde se ha analizado la percepción del tiempo que pasamos en espacios interiores, y en él se confirmó que creemos que pasamos menos tiempo en el interior de lo que realmente hacemos. La percepción de todos los encuestados fue que el 82% cree que pasa menos de 21 horas en espacios cerrados cada día, y el 62% piensa que pasa menos de 18 horas. Sin embargo, la cifra real es que pasamos más de 21 horas.

Además, mientras que existe una concienciación sobre el impacto negativo en la salud de la polución que se da en grandes ciudades, el 77% no sabe que, de hecho, el aire interior puede estar hasta cinco veces más contaminado que el aire exterior, lo cual es importante ya que, al pasar tantas horas en estos espacios cerrados, son los que tienen más impacto sobre nuestro ser.

Es por esto que creo que es sumamente importante tomar conciencia de esta situación para poder cambiarla, ya que existen muchos edificios que son muy poco saludables para vivir, y las causas no siempre se encuentran fácilmente visibles. Y aunque se vieran, como nos dijo Toni Solanas, “la vista no sempre l’encerta”.

Las razones pueden ser muy variables, es por esto que a lo largo del trabajo se intentarán explicar las causas de algunas de las relacionadas con la arquitectura.

Pero, ¿por qué hablar de salud en la arquitectura?

Vivimos en entornos contruidos, por lo que, aunque no lo percibamos de manera directa, nuestro día a día se ve influenciado por ellos constantemente. Esto impacta en todos nosotros y, por ende, en nuestra salud.

Según la OMS, entendemos salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

Además, aunque en los últimos años pareciera lo contrario, tenemos una intrínseca relación con la naturaleza. Hemos evolucionado en y gracias a ella, por lo que estamos en constante comunicación con nuestro entorno.

En el libro “Vivir sin tóxicos” de Elisabet Silvestre, el Dr. Joaquim Fernandez Solà comienza el prólogo con la siguiente frase:

“Nosotros y el medio ambiente somos dos realidades íntimamente relacionadas. Como seres vivos, no somos inertes, sino que tenemos una interacción constante con nuestro entorno. El aire, el agua, los alimentos, la temperatura ambiental, la humedad, las radiaciones solares o terrestres son elementos naturales que necesitamos para sobrevivir, pero que también nos pueden dañar en proporción inadecuada”.

Por su parte, en el libro “Neuroarquitectura. Aprendiendo a través del espacio”, Ana Mombiedro hace la siguiente afirmación: *“El espacio que habitamos habla con nosotros, nuestras acciones salen de nuestro cuerpo como respuesta a lo que sucede fuera”.*

Estas respuestas son físicas y emocionales.

El cuerpo humano tiene sistemas de homeostasis y autorregulación, y mecanismos para equilibrar o reparar los efectos que los agentes tóxicos externos le provocan, pero no es ilimitado ni todos tenemos el mismo. Cuando propiciamos situaciones en las que el cuerpo no tiene la capacidad de autorregularse o regenerarse correctamente, la salud entra en jaque, y es aquí donde la arquitectura y el urbanismo tienen un rol fundamental de prevención.

Es por esto que, en el año 2005, el director del IARC (International Agency for Research on Cancer) presentó el término *exposoma* con el objetivo de identificar y estudiar los elementos que componen el entorno, y se refiere al conjunto de factores ambientales y de exposición a los que estamos expuestos desde el

momento del nacimiento hasta la muerte. Es decir, son aquellos factores no genéticos a los que un individuo está expuesto a lo largo de toda su vida y que condicionan el estado de salud o enfermedad. Analiza todas las fuentes, tanto las endógenas como las exógenas.

Engloba tres ámbitos:

- Medio exógeno general: incluye factores como el entorno urbano, los factores climáticos, capital social, espacios verdes, tráfico.
- Medio exógeno específico: contaminantes específicos, dieta, actividad física, productos de consumo.
- Medio endógeno: factores biológicos internos como el metabolismo, la inflamación, etc.

Por otro lado, a comienzos del 2000, se introdujo el término *One health*, para poner nombre a una noción conocida desde hace más de un siglo: la salud humana y la animal son interdependientes y están vinculadas a los ecosistemas en los cuales coexisten.

Más específicamente, el concepto de *One health* se define como “los esfuerzos de colaboración de múltiples disciplinas (personal médico, veterinario, investigador, etc.) que trabajan local, nacional y globalmente para lograr una salud óptima para las personas, los animales y nuestro medio ambiente” (ISGlobal).

Conocer esta definición me hizo pensar en lo que me trajo a vivir a Barcelona, y recordé el cuerpo de los mails que enviaba cuando buscaba trabajo, en el que hacía

especial énfasis en la responsabilidad que sentía como arquitecta frente al cambio climático y la necesidad de encontrar soluciones y dar respuestas desde la sostenibilidad.

Hoy tengo una visión algo diferente, ya que no creo que tenga que ser algo aislado, como lo veía en ese momento por desconocimiento. Entendí que sin salud no hay lugar para nada más y que, por suerte, desde cualquier disciplina podemos colaborar para lograr esta única salud que se retroalimenta a ella misma, ya que todo (y todos) estamos conectados.

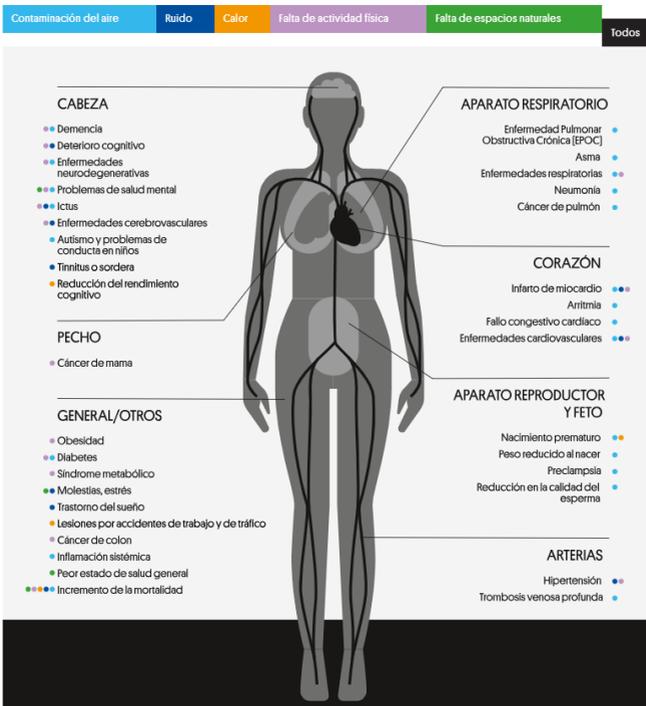
Sumado a estos dos términos, que describen la incidencia de factores ambientales a los que estamos expuestos durante nuestra vida, y la necesidad de tener una visión global para poder trabajar en conjunto en los impactos sobre la salud humana, animal y planetaria, los determinantes sociales de la salud nos explican que el 80% de la salud de una persona se encuentra por fuera del sistema de salud:



Es fundamental conocer estos 3 conceptos (exposoma, one health y los determinantes sociales de la salud), ya que gracias a ellos podemos saber que la salud depende, no solo de la atención sanitaria (20%), comportamientos saludables (30%) y factores socioeconómicos (40%), sino también del entorno físico (10%).

Es por esta razón que desde la arquitectura y el urbanismo somos capaces de influir en el bienestar de las personas. Tenemos herramientas de diseño y construcción que nos permiten consolidar espacios habitables que sean bióticos y equilibrados, solo es necesario conocerlas e implementarlas.

En las ciudades hay muchísimas fuentes de contaminación que impactan nuestra salud: contaminación del aire, ruido, calor (efecto isla de calor), falta de actividad física y falta de espacios naturales.

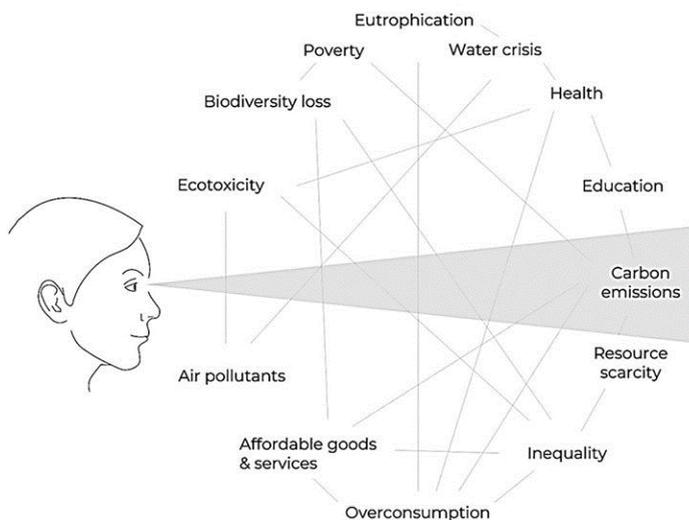


Para 2050 se espera que un 80% de la población mundial viva en entornos urbanos. Es por esto que es tan importante poner la salud y bienestar en el centro del diseño urbano y arquitectónico, generando ciudades sin contaminación, con más espacios verdes que promuevan la biodiversidad y la actividad física, y disminuyan los efectos de la isla de calor.

La OMS publicó que el 23% de las muertes a nivel global están relacionadas con el entorno. Una planificación subóptima equivale a muertes prematuras cada año, por lo que incidir sobre estos factores equivale a evitarlas.

Pero cuando se habla de sostenibilidad y reducción de los contaminantes pareciera que solamente importa reducir las emisiones de carbono embebido y operacional, cuando en verdad la realidad es mucho más compleja, y es necesario ver el abanico completo, para evitar lo que Jan Konietzko llamó el Carbon Tunnel Vision.

Carbon Tunnel Vision

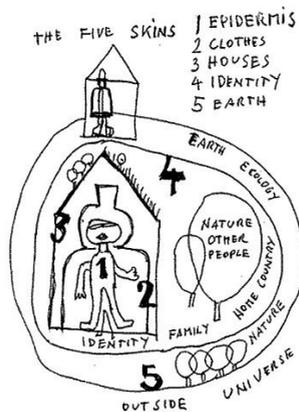


Una visión sesgada de una situación nunca nos permitirá encontrar una solución.

Está clara la necesidad medioambiental de reducir emisiones consiguiendo edificios más sostenibles, pasivos y con fuentes energéticas limpias y renovables, pero estos aspectos no necesariamente garantizan una calidad del ambiente óptimo para la salud, y esto

también debe cambiar. Es importante darnos cuenta que todos podemos ser actores de salud.

Nuestras casas son como nuestra piel. Al igual que ella, nos protegen de factores externos como bacterias, sustancias químicas o la temperatura. Nuestras casas necesitan respirar (ventilar), transpirar, intercambiar calor. Son lo que Hundertwasser llamó la tercera piel.



“Nuestra primera piel puede enfermar, mientras que la segunda y tercera piel puede enfermarNOS”.

La intención de este trabajo es identificar qué sucede cuando esta tercera piel se ve alterada por factores de riesgo generados dentro de los espacios.

BIOHABITABILIDAD

Antes de comenzar con el análisis, creo necesario hablar de biohabitabilidad, ya que es la disciplina que estudia, mide y evalúa los factores ambientales que inciden en el bienestar y la salud de las personas en el entorno que habitan, y será la base sobre la cual se enfocarán los temas a lo largo del trabajo.

El concepto introducido por Mariano Bueno en 2006 promueve la salud integral, y toma como referente el cuerpo humano, diseñando así espacios para vivir según los parámetros de la biología humana.

Se describirán los factores de riesgo y los conceptos dentro de ellos a considerar para entender un proyecto desde la biohabitabilidad: cuerpo, entorno y percepción.

CUERPO Y ENTORNO

El ambiente interior de cualquier espacio construido se ve directamente influenciado por lo que sucede dentro de él, y esto va desde la elección del sitio, de los materiales de construcción, las instalaciones, o los sistemas de ventilación, hasta los productos de limpieza, cosméticos, fragancias.

Nosotros nos vemos influenciados constantemente por el entorno que nos rodea, que incluye el mencionado ambiente interior.

Como explica Elisabet Silvestre, “nuestro cuerpo está diseñado para permanecer en continua interacción con el entorno, por lo que dispone de múltiples sensores que captan e informan en todo momento de las variaciones de las constantes ambientales, como la temperatura o la presión atmosférica, y también de otros factores, como las ondas electromagnéticas de luz natural del sol a lo largo del día, o de las estaciones, las variaciones del campo magnético natural de la tierra, la electricidad ambiental o los campos electromagnéticos. No solo las moléculas y las sustancias químicas, sino que los iones, las diferencias de potencial eléctrico o las ondas magnéticas se hallan tras el óptimo funcionamiento de los procesos biológicos”.

Nos llevó millones de años de evolución lograr que la estabilidad de la composición física, química y biológica del entorno nos permita vivir en la tierra como conocemos.

Los problemas comenzaron a aparecer cuando el entorno al que estábamos habituados, y la manera de habitar los espacios, comenzaron a cambiar radical y velozmente en muy pocas décadas. Sobre todo, en éstas últimas, en las que nos hemos visto afectados por una exposición generalizada y silenciosa, ocasionada muchas veces por nosotros mismos.

Las formas en que estos problemas se presentan dentro de los espacios construidos son muy diversas, pero pueden clasificarse según su naturaleza en contaminantes físicos, químicos y biológicos, y el impacto sobre la salud de las personas se da a través de la inhalación, ingesta, inducción y/o contacto.

Es importante cuidar estos factores en todos los ámbitos de un proyecto, y fundamentalmente en las zonas de alta permanencia, como las habitaciones o zonas de trabajo, aprendizaje, etc.

Además, existe un cuarto factor que se incluye y describiré en la siguiente parte del trabajo, *entorno y percepción*.

FACTORES FÍSICOS

Los factores físicos son las condiciones ambientales de un lugar, como el clima, el agua, el aire, etc.

La calidad del ambiente interior se ve afectada por estos factores, y entre ellos podemos encontrar:

1. TEMPERATURA
2. HUMEDAD
3. MAGNETISMO TERRESTRE
4. RADIOACTIVIDAD
5. ELECTROCLIMA
6. ILUMINACIÓN
7. ACÚSTICA
8. VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Una buena combinación de las características de varios de ellos nos ayuda a conseguir el confort higrotérmico y de salubridad física y mental que necesitamos en un espacio habitable.



TEMPERATURA

Es una medida de energía, que determina el nivel térmico de un cuerpo o ambiente. En un espacio construido, el intercambio de calor depende de la temperatura ambiente, la temperatura superficial de los materiales, la humedad atmosférica, las corrientes de aire y la conductividad térmica de los materiales de contacto.

El intercambio de calor del cuerpo humano puede darse a través de conducción, convección, radiación y transpiración. Siempre se da una superficie más cálida a una más fría, es decir que el calor roba frío, y no viceversa.

El confort térmico influye la experiencia que tenemos en los espacios que habitamos, y es uno de los factores que más contribuyen al bienestar dentro del edificio. Además, su influencia en los sistemas tegumentario, endocrino, respiratorio, y hasta cardiovascular, hace que tenga un rol fundamental en la salud (*"Arquitectura biosaludable"*- Juan Manuel Ros).

Por eso, a la hora de elegir materiales, en relación con la temperatura, es importante considerar su conductividad térmica y capacidad de acumular calor, ya que las temperaturas óptimas deben estar tanto en el aire como en las superficies.

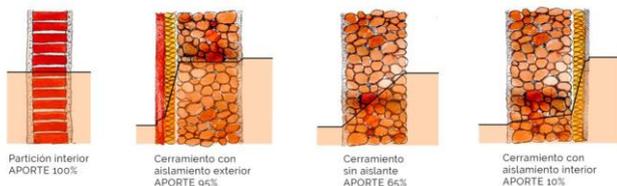
La conductividad térmica es la capacidad que tienen los materiales para conducir el calor a través de ellos.

Cuanto más baja sea, mejor será su propiedad para impedir el flujo de calor y más eficiente será en evitar la pérdida o ganancia de calor, según sea el caso.

El coeficiente de acumulación de calor es la cantidad de calor necesaria para subir un grado cada 1m³ de material. Es la posibilidad de disponer de energía en los momentos de necesidad. Cada material tiene una capacidad diferente, que depende de su masa. A mayor masa, mayor capacidad de acumular y mantener el calor.

La consecuencia directa de la acumulación de calor es la inercia térmica, la cual indica la capacidad del material para almacenar energía térmica que recibe, e ir cediéndola progresivamente al ambiente. A mayor inercia térmica, mejor acumulación de calor.

Para lograr una inercia térmica efectiva, el elemento que aporta masa debe colocarse en el interior del ambiente horizontal o vertical, si hubiera aislamiento, o directamente en contacto con el exterior, si el cerramiento no tuviera aislante.



De todos modos, es importante resaltar que siempre será conveniente tener un gradiente térmico. La constancia térmica no es saludable. Sobre todo en las habitaciones, ya que cuando dormimos se generan los procesos de

regeneración celular del cuerpo, fundamentales para el buen funcionamiento de este, y las temperaturas más frescas son las que favorecen y potencian estos procesos de oxigenación.

Las superficies interiores conviene que estén entre 2°C más frías, y 5°C más calientes que la atmósfera interior para mejorar la sensación de confort.

Las superficies frías minimizan el confort y propician la aparición de humedades. Es por esto que es conveniente que el aislamiento haga que el punto de rocío se aleje de la cara interior, como se mencionó anteriormente, colocando el aislamiento por el exterior y materiales con capacidad de acumular calor hacia el interior.

El punto de rocío es la temperatura a la que, durante un proceso de enfriamiento, empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire. Un punto de rocío alto indica un contenido de vapor de agua alto; un punto de rocío bajo indica un contenido de vapor de agua bajo.



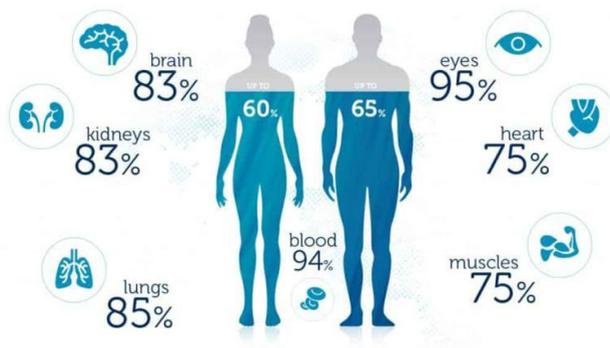
HUMEDAD

La humedad es la cantidad de vapor de agua que está presente en el aire o un ambiente determinado. Indica la cantidad de agua en forma de gas.

Cuando este vapor de agua se condensa, posibilita la aparición de humedades (ver factores biológicos).

Por otro lado, la humedad ambiental depende de la temperatura interior del aire y de las superficies: al aumentar la temperatura del aire, disminuye la humedad relativa. También del tipo de calefacción y ventilación (intensidad), las actividades que se realicen en el recinto y ocupación, el clima exterior y la naturaleza de los materiales que componen la envolvente.

¿Por qué nos afecta? Porque entre un 60% y un 65% de nuestro cuerpo está compuesto por agua. Somos fuentes de humedad, y la intercambiamos con el entorno.



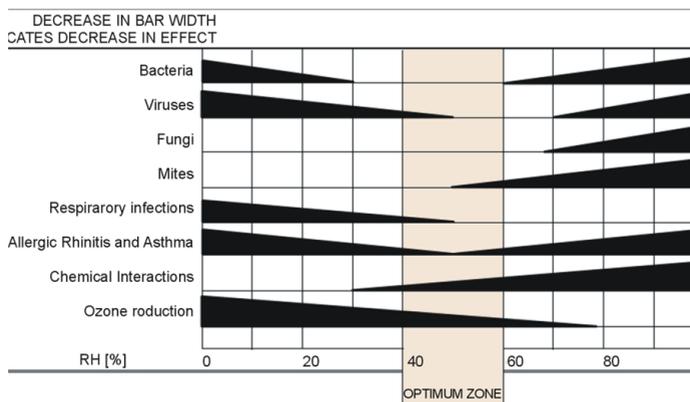
Los materiales higroscópicos, aquellos que tienen la capacidad de absorber o acumular vapor de agua, amortiguan las fluctuaciones de humedad y evitan la formación de condensaciones. No deben tener acabados plásticos, ya que se cargan por electrostática, y estaríamos solucionando un problema para generar otro.

Conocer estas propiedades de los materiales nos ayudará a controlar la humedad para que esté entre el 40% y el 60%. Un exceso de humedad puede generar problemas respiratorios, fatiga, aumento de gérmenes en el aire y agentes bióticos, deterioro de los materiales. Por otro lado, un ambiente seco propicia la suspensión de partículas en el aire, genera sequedad de ojos y garganta, y molestias cutáneas.

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire, y la máxima que podría contener a determinada temperatura. El aire más cálido es capaz de contener más vapor de agua. Los materiales que no son higroscópicos y no permiten al ambiente transpirar, podrían aumentar la humedad relativa de los espacios, haciendo que se carguen de más vapor de agua, o hasta condensar, lo cual trae problemas en los materiales.

Además, la humedad relativa está ligada al crecimiento de virus, bacterias e infecciones. Es por esto que se recomienda que esté entre el 40% y 60%, ya que es el rango en el que se dan la menor cantidad de efectos producidos por los factores biológicos mencionados.

Un 70% de los problemas ocasionados por la proliferación de hongos son originados por condensación y un 30% por aumento en la humedad.



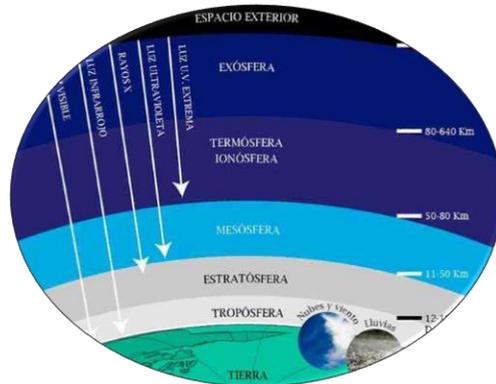
También es importante controlar la temperatura dentro de los espacios, ya que el desconfort puede variar según la sensación térmica. Siempre se recomienda ventilar, y en cuanto a sistemas de calefacción o refrigeración, los ideales son los sistemas por radiación, ya que no generan corrientes de aire y, por lo tanto, no vuela el polvo.

En las construcciones podemos encontrarnos diferentes tipos de humedad: humedad del suelo (humedad por capilaridad), la humedad en exterior producto de las lluvias, producto de fugas en cañerías y la producida por condensación.

MAGNETISMO TERRESTRE

La Tierra posee un campo magnético estático con una intensidad entre 25.000 y 50.000 nT, y todos los seres vivos que la habitamos tomamos la polarización magnética que general las líneas de fuerza de éste como patrón referencial para sincronizar muchas de las funciones biológicas.

El campo magnético terrestre que se observa en la superficie de la Tierra depende del campo que se extiende desde su núcleo interno y de las corrientes eléctricas que circulan por la ionosfera, la magnetosfera, y las rocas de la corteza y manto superior, que pueden tener una gran imantación.



La corteza terrestre suele estar cargada con iones negativos, mientras que la ionosfera tiene mayormente iones positivos. Existe una electricidad ambiental fluctuante en la superficie terrestre, un campo eléctrico formado por líneas equipotenciales paralelas al suelo que siguen su orografía. En zonas más elevadas se encuentran

más comprimidas, mientras que en zonas llanas están más separadas.

La diferencia de potencial entre la Tierra y la ionosfera pueden alcanzar un voltaje altísimo justo antes de una tormenta o en períodos de bajas presiones atmosféricas.

Toda alteración energética o electromagnética, tanto natural como artificial, es susceptible de alterar el bioelectromagnetismo corporal (cómo fluye la electricidad en los cuerpos), y mermar la salud.

En la Tierra existen radiaciones naturales procedentes del sol, la tierra y el cosmos. Los principales patrones de referencia de los procesos biológicos de todos los seres vivos son los pulsos eléctricos, las ondas electromagnéticas ambientales. Los biorritmos son los relacionados al ciclo circadiano, asociado al cromatismo de la luz y su intensidad, regula los ciclos y el funcionamiento del cuerpo.

Toda la materia es energía en movimiento, y las diferentes longitudes de onda dan como resultado la luz, los colores, etc. La geobiología nos enseña que, para mantener una buena salud, es necesario buscar la armonía bioelectromagnética, y evitar interferencias electromagnéticas naturales y artificiales.

Los procesos biológicos corporales se sincronizan con el campo magnético pulsante de la tierra. Los seres vivos funcionamos mediante procesos de bioelectrimagnetismo y biorresonancia (cuando una

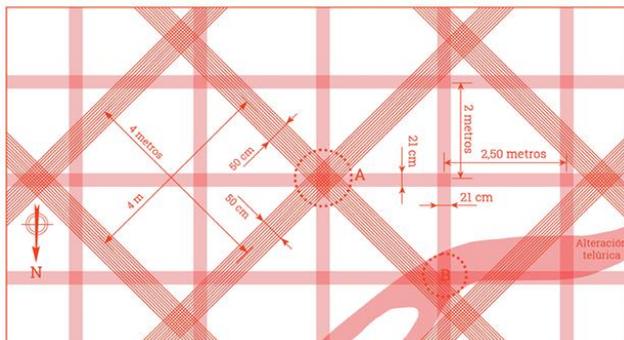
onda encuentra un medio que vibra en su misma frecuencia emite o reproduce el mismo sonido).

Las pulsaciones y ondas electromagnéticas nos dan patrones referenciales de información de lo que sucede en la Tierra y el cosmos.

El campo magnético terrestre está formado por un reticulado de fuerzas: red Hartmann y red Curry.

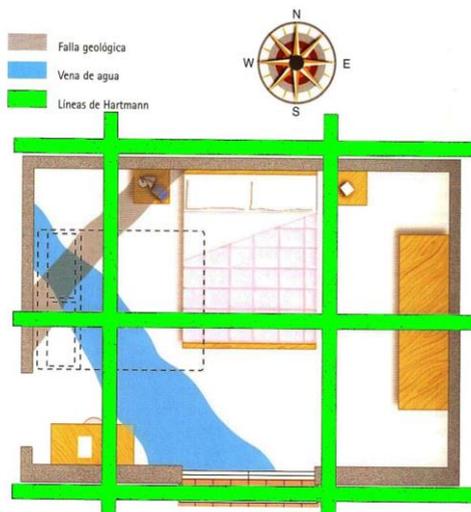
Las líneas Hartmann se extienden de Norte a Sur y de Este a Oeste. Tienen una separación de entre 2 y 2,5m aproximadamente, y un grosor de 21 cm, aunque es difícil saberlo porque son variables. En la vertical se pueden medir fenómenos como diferencias de potencial eléctrico o conductividad en el suelo, y efectos fisiológicos en los organismos situados en ellas, ya que en estas verticales es donde se produce una mayor fuga de radiaciones terrestres.

La red Curry es diagonal a la Hartmann. Su separación es aproximadamente 4, 8 o 16m, y el grosor entre 40 y 50cm.



El cruce de estas redes, si además se superpone a otras alteraciones telúricas, genera incidencias en la salud.

Estas zonas geopatógenas suelen estar caracterizadas por venas de agua subterráneas o fallas geológicas. Una vez identificadas, se debe evitar establecer allí las zonas de alta permanencia, para evitar la exposición habitual y los riesgos asociados, como cefaleas, dificultad para conciliar el sueño, cambios en la sedimentación de la sangre, en la presión arterial, frecuencia cardíaca y hasta conductividad eléctrica de la piel.



La detección de estas se realiza mediante métodos geofísicos y técnicas de sensibilidad personal o radiestésicas. Para detectar las líneas Hartmann, se pueden utilizar varillas de cobre.

En construcción, el campo magnético terrestre puede verse afectado por perturbaciones magnéticas que se general por, por ejemplo, varillas de hierro de las estructuras. Esto puede comprobarse fácilmente con una brújula, comprobando primero dónde está ubicado el norte, y luego pasándola por encima de la cama o cerca de un pilar; si marca el norte más de 10º desviado del punto comprobado inicialmente, indica que el metal está magnetizado, y es recomendable no ubicarse habitualmente cerca (magnetostática).

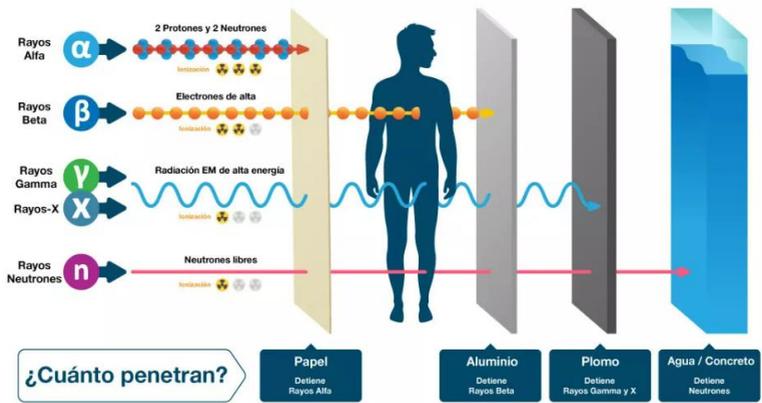
Al hacer estos estudios de biohabitabilidad también se tendrán en consideración otros factores de riesgo, como la radiación natural o el estudio de los CEM de alta y baja frecuencia, ya que entre ellos y las zonas patógenas terrestres pueden existir sinergias negativas para los seres vivos.

En lugares donde no hay una patología estructural, la aparición grietas o fisuras en las paredes podría ser un indicador de la existencia de zonas geopatógenas. Si una vez reparadas volvieren a aparecer, podría significar que hay una corriente de agua subterránea o fallas en el subsuelo.

RADIOACTIVIDAD

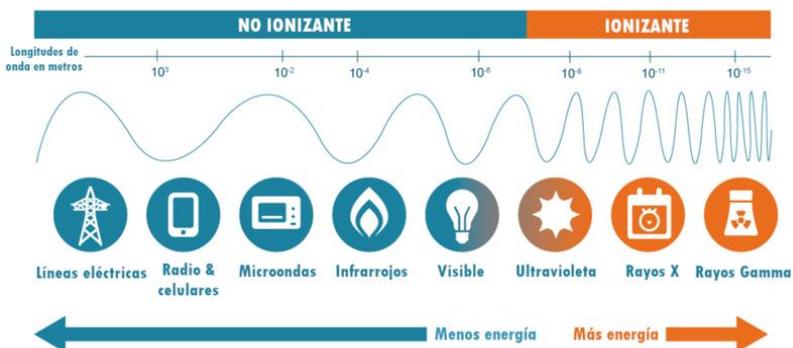
La radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (rayos UV, rayos gamma, rayos X, etc.) se llama radiación electromagnética, mientras que la llamada radiación corpuscular es la radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , partículas β , neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad, con apreciable transporte de energía.

Si la radiación transporta energía suficiente como para provocar ionización en el medio que atraviesa, se dice que es una radiación ionizante, como los rayos X, rayos γ , partículas α . En caso contrario se habla de radiación no ionizante, como rayos UV, ondas de TV o telefonía móvil.



<https://www.novusmed.cl/acerca-de-la-radiacion/>

Todas las formas de radiación juntas conforman el espectro electromagnético, y se pueden dividir en ionizantes y no ionizantes.



https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Radiaci%C3%B3n

La radiación ionizante tiene suficiente energía para expulsar un electrón de un átomo. Esta radiación incluye las partículas ionizantes procedentes de la desintegración alfa o beta, así como las ondas electromagnéticas en forma de radiación gamma. En general, las energías de las partículas de desintegración alfa y beta y de los fotones de los rayos gamma son superiores a las energías de ionización de los átomos y las moléculas. Estas partículas ionizan la materia y rompen los enlaces moleculares, lo que puede causar importantes daños biológicos.

Producen también un efecto indirecto, que es el responsable de aumentar el estrés oxidativo por medio de un aumento de los niveles de radicales libres y de especies reactivas del oxígeno (ROS) y nitrógeno (RNS),

que en ocasiones se acumulan en las células y dañan otras moléculas, como el ADN, los lípidos y las proteínas.

Las radiaciones no ionizantes no eliminan los electrones de los átomos. Esto significa que, por lo general, son menos dañinas que las radiaciones ionizantes. La mayoría de los riesgos para la salud que acompañan a las radiaciones no ionizantes provienen de la energía térmica que las acompaña.

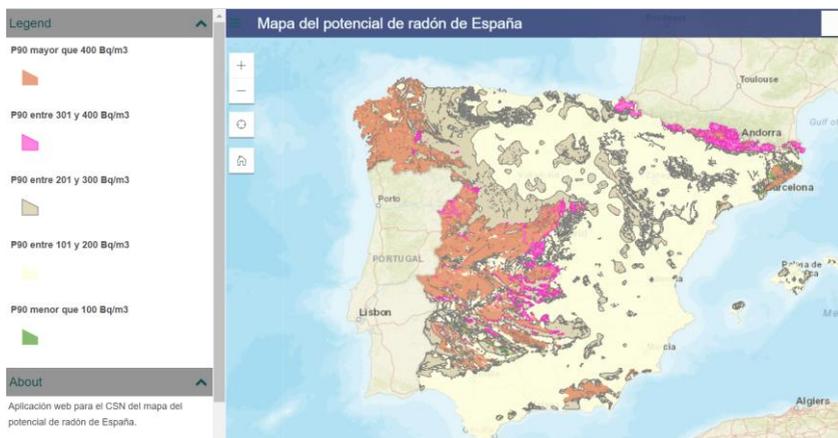
Entre las radiaciones ionizantes que pueden incidir en un proyecto arquitectónico se encuentra el radón, gas inodoro, insípido e invisible, que emana del subsuelo a través de fisuras, grietas, y nos puede afectar por inhalación (aire) o ingestión (agua).



El radón Rn222 tiene una vida media de 3,82 días. Según la OMS, entre el 3% y 31 14% de los casos de cáncer de pulmón se asocian al radón. La relación entre la exposición al gas radón y el cáncer de pulmón se conoce desde 1950, pero no fue hasta 1988 que la IARC lo clasificó como cancerígeno grupo 1 (cancerígeno para el ser humano).

Cada 100 Bq/m3 de aumento en la exposición, se incrementa un 16% la posibilidad de contraer cáncer de pulmón. No se conoce un umbral bajo el cual la exposición no suponga un riesgo.

El radón se encuentra naturalmente presente en la tierra. Por su composición, hay zonas en las que hay una mayor concentración que en otras.



Mapa del potencial de radón en España

<https://www.arcgis.com/apps/SimpleViewer/index.html?appid=a3a435cfb6114e21ad03a5ac2961d8a8>

Actualmente existe una normativa referente al radón en el CTE. Sin embargo, incluso teniendo toda esta información, los umbrales a los que se acoge son bastante elevados respecto a los recomendados por la OMS y Baubiologie en zonas de descanso (extremadamente significativo $> 100 \text{ Bq/m}^3$).

Al provenir del terreno, las mayores concentraciones en un edificio se localizan en las plantas inferiores, como los sótanos y las plantas bajas, pues la densidad del radón es superior a la del aire.

Existen soluciones de protección, pero principalmente es importante conocer la ubicación para saber cómo actuar, y, de ser necesario, realizar mediciones.

Además, en 1970 se encontró emanación de gas radón proveniente de los materiales de construcción, que son la principal fuente de radiación gamma en interiores (226 Ra, 232 Th y 40 K).

Por su composición, todos los materiales de construcción a base de piedra tienen nucleidos radioactivos que contribuyen a la exposición. Esta radiación puede medirse, de manera indicativa, con un contador Geiger, para seleccionar materiales con una baja emisividad.

Por el contrario, el corcho, a modo de ejemplo, tiene cierta capacidad de absorber o apantallar la emisividad radioactiva.

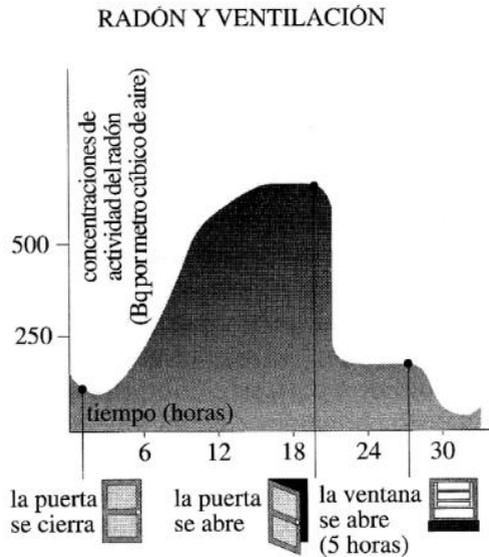
Las materias primas para fabricación de cerámica tienen relación con la radioactividad natural. Su riesgo radiológico está asociado al circonio.

También tienen un riesgo radiológico de las industrias no nucleares que utilizan materiales con un contenido elevado radionucleidos naturales o aquellas en las que sus procesos originan un aumento significativo de los mismos (subproductos de yeso, escorias metalurgia, cenizas volantes, lodo rojo). La NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) distingue 2 grupos:

- Materiales naturales
- Esquistos (rocas metamórficas con arcillas, barro, en origen)
- Materiales de construcción y adiciones naturales de origen ígneo:
 - Granito
 - Gneis
 - Pórfidos
 - Basalto
 - Toba
 - Puzolana
 - Lava

- Materiales que incorporan residuos procedentes de las industrias de transformación natural:
 - Cenizas volantes
 - Yeso fosfatado
 - Escoria de fósforo
 - Escoria de estaño
 - Escoria de cobre
 - Barros o lodos rojos (residuo de la producción de aluminio)
 - Residuos de la producción de acero

El radón es altamente nocivo, incluso en dosis bajas de exposición si ésta es prolongada. Sin embargo, es importante saber que la ventilación es una de las formas más efectivas para protegernos, tal y como se ve en la siguiente imagen:



Variación de la concentración de radón en un apartamento cuando permanece cerrado o al ser ventilado.

Cuando el recinto cerrado se ventila, la concentración del gas baja considerablemente.

** Nota: el gas radón podría considerarse un factor químico, pero se ha incluido dentro de los factores físicos*

ELECTROCLIMA

El cuerpo humano es un sistema eléctrico altamente complejo en el cual la función del cerebro sería la de control e interruptor. La mayoría de las cosas que vemos, oímos, olemos, degustamos y sentimos son resultado de signos eléctricos enviados desde diferentes partes del cuerpo al cerebro.

Es por esto que un entorno cargado de estímulos eléctricos impacta en nuestro cuerpo que, además, el estar compuesto por un 70% de agua lo vuelve muy conductor.

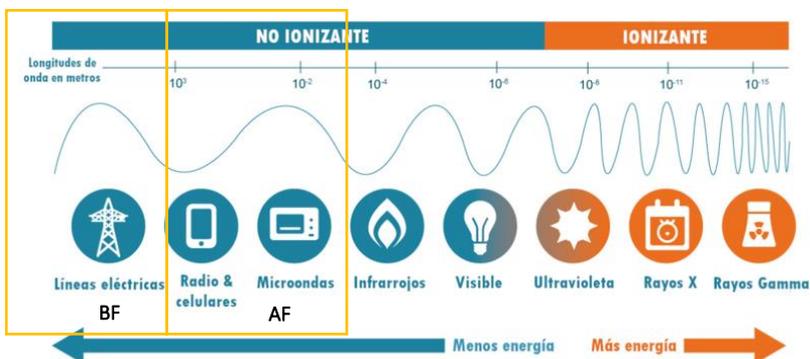
Una exposición habitual y diaria a dosis bajas de los campos electromagnéticos (CEM), generados de los sistemas de generación y distribución eléctrica, así como los que general con su uso, se relacionan con desequilibrios de los sistemas biológicos y son motivo de múltiples estudios que intentan analizar su incidencia en las personas.

Gracias a muchos estudios realizados desde 1970, que muestran claras evidencias de problemas de salud relacionados a la contaminación por los CEM, en el 2001 la OMS incluyó la contaminación electromagnética de baja frecuencia (líneas eléctricas, transformadores, electrodomésticos) en la categoría 2b de posibles carcinógenos para el ser humano, y luego en el 2011 incluyó también en esta categoría los CEM de alta frecuencia (telefonía móvil, wifi).

Estos estudios incluyen evidencia de que esta exposición puede alterar nuestros mecanismos de regulación biológica.

Además, en el 2016, la Academia Europea de Medicina Medioambiental publicó la guía EUROPAEM, una guía para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y problemas de salud relacionados con los CEM.

Volviendo al espectro electromagnético, en este caso hablaremos de los campos electromagnéticos de alta y baja frecuencia. Son radiaciones no ionizantes, y tienen longitudes de onda mayor que las ionizantes. La frecuencia de los CEM de baja frecuencia va de 0Hz a 1000Hz.



Además, las células de nuestro cuerpo se comunican eléctricamente entre 10Hz y 1000Hz, frecuencia que se encuentra dentro de los umbrales de los CEM de baja frecuencia. Esto produce interferencias en nuestro sistema.

Por otro lado, la frecuencia de la electricidad en España es de 50 Hz, misma frecuencia con la que funciona una importante parte del sistema nervioso (ondas Gamma). Esto tiene un gran impacto en nosotros, fundamentalmente durante el descanso, ya que el cerebro es capaz de leer estas frecuencias, que se traducen en estímulos, y no le permiten realizar correctamente los procesos de regeneración.

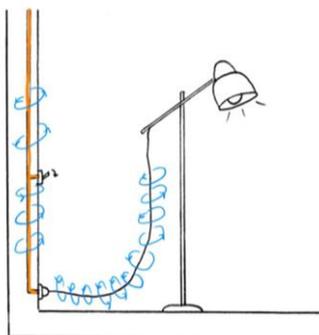
Hay diferentes factores que determinan los efectos biológicos de los campos electromagnéticos, como ser la frecuencia y forma de la onda, tiempo de exposición, tasa de absorción específica (SAR, medida de la potencia máxima con que un campo electromagnético de radiofrecuencia es absorbido por el tejido vivo), interacción con otros campos, sexo, edad, genotipo, masa corporal, exposición en momentos de máxima vulnerabilidad, y metales internos (por ejemplo, alimentación) que favorecen la amplificación bidireccional.

Sin embargo, el título del apartado es ELECTROCLIMA. Este concepto de biohabitabilidad se entiende como un ambiente libre de campos eléctricos o magnéticos alternos y continuos, de ondas electromagnéticas ni elementos de alta ionización (alta carga electrostática). La intención es conocer estos campos para poder evitar la exposición a los mismos.

CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS DE BAJA FRECUENCIA

Siempre que haya un cuerpo cargado eléctricamente, con corriente alterna, habrá un campo eléctrico alterno (CE). Se producen como consecuencia de la tensión eléctrica, y cuando más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo. La corriente continua no genera campos.

Los CE se producen incluso cuando no fluye la corriente eléctrica y no está conectado ningún aparato eléctrico. Se expanden en 3 dimensiones.



Guía técnica de Biohabitabilitat

Siempre quieren ir a tierra, y buscan el camino con menos resistencia: pasan a través nuestro porque somos muy conductores. Van desde los sitios de mayor tensión (origen) a menos (depresión).

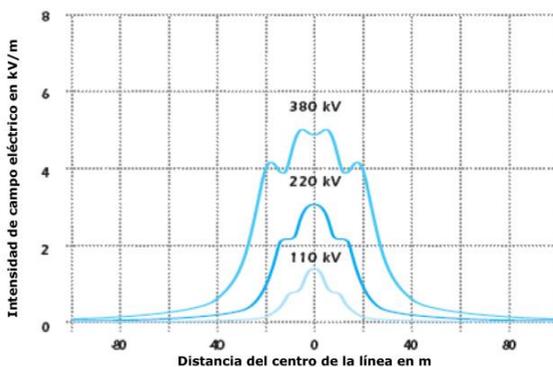
Los CE de los cables e instalaciones empotradas se disipan a través de 3 opciones: materiales de construcción electroconductores, como la piedra, el hormigón, ladrillos, yeso; saltando al aire, fluyendo hacia

la tierra gracias a la humedad ambiente (cuando es mayor al 45-50%); derivando directamente a tierra en caso de estar apantallados o dentro de tubos metálicos (algo típico en instalaciones eléctricas biocompatibles).

Se producen tanto en interior como en exterior de los edificios:

- Interior: cableado eléctrico, electrodomésticos, lámparas, bombillas de bajo consumo, alarmas
- Exterior: líneas de distribución eléctrica de baja, media y alta tensión, centro de transformación, los contadores, cajas de instalación eléctrica, equipos eléctricos y electrónicos de los vecinos.

Su intensidad baja según aumenta la distancia:



Algo determinante sobre los campos eléctricos es la calidad de la puesta a tierra. En caso de no tener una buena PT, los problemas derivados de los campos eléctricos aumentan en gran cantidad, y no se podrán apantallar ni derivar fácilmente estos campos.

Se considera un valor aceptable de resistividad menor a 6Ω .

Las picas no deben estar situadas sobre geopatías, especialmente fallas y corrientes de agua, ya que hace que la PT derive menos y que las geopatías se vuelvan más activas.

Además, su intensidad también varía según la magnitud de la tensión, características del entorno, conductividad del edificio y la atmósfera, calidad de las instalaciones y aparatos, el diseño de las instalaciones (disposición de cables y protección) y, como vimos, la distancia al origen del campo.

Cuando la intensidad de campo eléctrico es mayor a 5 V/m, se generan inducciones eléctricas que provocan flujos y corrientes eléctricas (en minivoltios), que pueden llegar a alterar los procesos biológicos periféricos, por lo que es sumamente importante incorporar en los diseños y nuestro día a día, medidas de higiene energética para minimizar la sobreexposición.

Para esto será importante medirlos y tomar como referencia los valores de la norma ES SBM-2015 para las zonas de descanso:

SBN-2015	GRAU DE SIGNIFICACIÓ			
	NUL	DÈBIL	FORT	EXTREM
Intensitat de camp amb potencial en V/m	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
Tensió corporal en mV	< 10	10 - 100	100 - 1000	> 1000
Intensitat de camp lliure de potencial en V/m	< 0,3	0,3 – 1,5	1,5 - 10	> 10

Como hemos dicho, en la naturaleza también estamos expuestos, pero estos valores se encuentran por debajo de los 0,0001 V/m.

Luego, habrá que tomar medidas de saneamiento, pero primero debemos hablar de los campos electromagnéticos.

Electricidad y magnetismo van de la mano. Cuando hay una tensión eléctrica, se genera un campo magnético (electromagnetismo).

Se producen a causa de la corriente eléctrica, siempre que haya consumo eléctrico, y no de la tensión. No derivan a tierra, sino que circulan en forma de anillo alrededor del conductor.

Su intensidad se reduce al aumentar la distancia, al igual que los CE. Siempre que haya campo magnético, habrá campo eléctrico.

Se producen tanto en interior como en el exterior de los edificios:

- Interior: cables eléctricos, transformadores, despertadores, aparatos de cocina, juguetes, cargadores de batería, amplificadores de antena, monitores para ver a los bebés, bombillas de bajo consumo, lámparas...
- Exterior: transformadores, líneas de alta o media tensión (aéreas y enterradas de circuito cerrado), líneas de FFCC, farolas, carteles luminosos...

Como toda contaminación, los CEM tienen efectos biológicos negativos: inducen corrientes parásitas en el cuerpo, que cuando sobrepasan cierto nivel, son capaces de excitar los nervios y células musculares.

En proximidad a líneas de alta tensión con densidades entre 100 y 300 nT, aparecen riesgos más significativos de cáncer, trastornos hormonales, nerviosos, cardíacos. En dosis más leves, los efectos no lo son, ya que pueden producir trastornos del sueño, al alterar la producción de melatonina, trastornos psíquicos, enfermedades degenerativas, entre otros.

Al igual que con los CE, es importante medirlos y tomar como referencia los valores de la norma ES SBM-2015 para las zonas de descanso:

SBN-2015	GRAU DE SIGNIFICACIÓ			
	NUL	DÈBIL	FORT	EXTREM
Densitat de flux magnètic en nT	< 20	20 - 100	100 – 500	> 500

En la naturaleza también estamos expuestos, pero estos valores se encuentran por debajo de los 0,0002 V/m.

Los CE y CEM estuvieron siempre presentes en nuestras vidas y en nuestra evolución. Como muchas otras cosas, el problema comenzó cuando llevamos al límite esa exposición. Muchas veces, por las formas de vida actuales, puede ser difícil, por no decir imposible, evitarlos, es por eso que se enumeran diferentes

maneras o consejos para minimizar la exposición y evitar la que sea posible.

Lo primero en ambos casos será medir para conocer la situación a sanar, y así saber qué medidas tomar. Se deberá eliminar la fuente, guardar distancia o desconectarla. Quitar las clavijas eléctricas.

Luego, para los campos eléctricos se recomienda:

- Medir.
- Tener una buena toma a tierra. Derivar los elementos metálicos.
- Instalar en el cuadro eléctrico un desconectador eléctrico automático de fase activa (bioswitch). Lo que hace es desconectar automáticamente la electricidad cuando detectan que no hay consumo. Si hubiera varias fases, también sería posible desconectar de forma manual para evitar quitar la corriente a la nevera, por ejemplo.
- Evitar elementos metálicos en la cama y a su alrededor, y los colchones de muelles, ya que sus alambres son conductores.
- Colocar regletas de desconexión de los equipos
- Guardar distancias de seguridad. Cuanto más lejos de la fuente, menor será el campo.
- Una buena manera de evitarlos es con materiales de apantallamiento: pinturas de apantallamientos con derivación a tierra (carbono-grafito), por ejemplo, YSHIELD. También existen fieltros y mallas de

apantallamiento (las mosquiteras metálicas funcionan como material de apantallamiento).

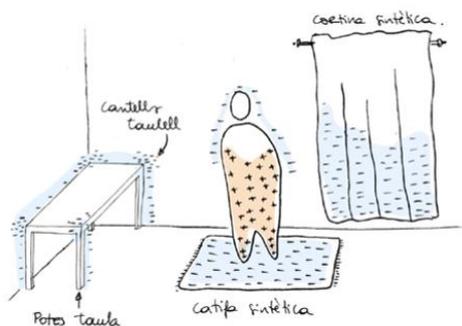
- En rehabilitación, optar por instalaciones eléctricas biocompatibles: cableado de espiga, cableado apantallado, toma de tierra por debajo de los 6 Ω .

Las medidas de saneamiento que solucionan los CE no siempre funcionan para los CEM. Para éstos últimos tenemos:

- Medir
- Desconectar los aparatos (modo stand-by)
- Distancia de protección: 2m lámparas, 50-200m líneas de alta tensión, 5-10m estaciones transformadoras. De todos modos, siempre se debe medir y comprobar.
- Evitar lámparas con transformadores, cebadores (presentes en bombillas antiguas), y lámparas de bajo consumo.
- Cables trenzados generan menos CEM que los paralelos, ya que se compensan entre fases.
- Lámina MCL61 – Cobalto: tiene una capacidad de apantallamiento baja, ya que los CEM son difíciles de frenar. No es recomendable como única solución, también será necesario medir, evitar aparatos mencionados y guardar distancia.
- Folio de mu-metal

Ya que se han descrito los campos eléctricos y electromagnéticos de baja frecuencia, queda por hablar de la electricidad estática, otro factor relacionado a los CE que generan problemas en nuestros sistemas humanos.

La electricidad estática es un campo eléctrico continuo, causado por cargas eléctricas en reposo, por lo que no tienen frecuencia. Para que exista una fuerza electrostática, debe haber diferencia de potencial (separación de cargas): las cargas eléctricas del mismo signo se repelen, mientras que las de signo opuesto se atraen.



Esquema de presència de càrregues electroestàtiques en materials sintètics - Guia tècnica de Biohabitabilitat

Producen efectos físicos tales como rayos, chispas, electrización del cabello, de ropa y tejidos o de otros elementos sintéticos.

Esto está presente en la naturaleza, y es posible que lo veamos durante las tormentas, donde las capas de aire en turbulencia se frotan entre sí y provocan separación de cargas, perturbando el equilibrio natural de la ionización del aire y del ambiente interior. Los rayos que vemos son quienes vuelven a equilibrar las cargas, y esto nos influye directamente, ya que luego de las tormentas nosotros también nos compensamos eléctricamente.

Los factores que favorecen la aparición de la electrostática es frotar materiales diferentes mal conductores, las fibras sintéticas, los materiales plásticos y el aire seco, ya que se carga más el ambiente.

Podemos encontrarla en moquetas, cortinas, tejidos sintéticos, ventanas de PVC, pavimentos y revestimientos sintéticos, lacas, espumas. Todo esto produce cargas negativas, las cuales son biológicamente más significativas que las positivas.

El entorno tendrá un papel fundamental en la intensidad del campo, ya que varía según la humedad (a mayor humedad, menor grado de tensión superficial del material), el movimiento del aire, la sequedad del aire (cuanto más seco, más pronunciada la tensión), la magnitud de la fricción y la distancia a la fuente del campo.

Es importante saber cuánto tarda el material en descargarse, ya que el tiempo también tiene un rol muy importante en la electrostática. Cuanto más tarde, más daño hará.

Entre los efectos biológicos de la electrostática podemos encontrar un mayor consumo de oxígeno, modificación en los procesos metabólicos, anulación de iones negativos, que son los que nos dan vitalidad, creatividad, etc.). También tienen efecto sobre el sistema reproductivo, ya que una tensión de 2,8V en el útero inmoviliza los espermatozoides.

Junto con los campos eléctricos y electromagnéticos, está íntimamente ligado al Síndrome del Edificio Enfermo y la lipoatrofia semicircular, ya que el campo busca ir a tierra y el cuerpo es un gran conductor, siendo lo más fácil y cercano para éstos.

Para conocer los riesgos, es posible medir la tensión superficial de los materiales y la electricidad atmosférica, asegurando que no superen los valores de referencia de la SBM-2015:

SBN-2015	GRAU DE SIGNIFICACIÓ			
	NUL	DÈBIL	FORT	EXTREM
Tensions superficials en V	< 100	100 - 500	500 - 2000	> 2000
Temps de descàrrega en s	< 10	10 - 30	30 - 60	> 60

Estos valores son válidos para materiales significativos cercanos al cuerpo y/o para superficies dominantes con humedad de aproximadamente un 50%.

SBN-2015	GRAU DE SIGNIFICACIÓ			
	NUL	DÈBIL	FORT	EXTREM
Electricitat atmosfèrica en V/m	< 100	100 - 500	500 - 2000	> 2000

La electricidad atmosférica en la naturaleza se encuentra entre 50-200 V/m, con vientos cálidos o secos 1000-2000 V/m, y durante las tormentas 5000/9000 V/m, es por esto que cuando pasa la tormenta nos sentimos más calmados y equilibrados.

Dentro de los espacios interiores, la electricidad estática se puede prevenir. Para esto, será necesario asegurar el uso de materiales naturales, evitando cualquier tipo de plásticos y materiales sintéticos, ya que no nos permiten descargar. Conectar a tierra muebles y revestimientos, evitar la sequedad y renovar aire.

Si hubiera superficies plásticas, es posible revestirlas con materiales naturales, pero siempre evitar barnices y revestimientos sintéticos a poro cerrado. El parquet sintético será mejor evitarlo, pero de no ser posible, conectarlo a tierra es una buena solución.

Si no tenemos en consideración todo esto, nuestro cuerpo puede ir acumulando electricidad estática que, al no descargarse regularmente, va incremento los niveles de tensión electrocorporal, que es la causa de numerosos trastornos de salud.

Como hemos visto, los seres vivos nos hemos adaptado durante toda nuestra evolución a los campos electromagnéticos naturales. El medio ambiente en el cual nos desarrollamos está determinado por los campos magnéticos y eléctricos de la tierra, la radiación cósmica ionizante, la actividad electromagnética del sol y la radioactividad terrestre.

Para esto, estuvimos expuestos durante miles de años. En los últimos 50, nos hemos tenido que *intentar* adaptar a nuevas cantidades de radiación. Como nos explica Elisabet Silvestre, “el avance que supone estar conectados a cualquier hora y en cualquier lugar ha ido de la mano con un despliegue de estaciones base de telefonía móvil con sus múltiples antenas (...)”, que producen radiofrecuencias y microondas, contempladas dentro de los campos electromagnéticos de alta frecuencia, que veremos en el siguiente apartado.

CAMPOS ELECTRICOS Y MAGNETICOS DE ALTA FRECUENCIA

La parte más baja del espectro electromagnético comprende emisoras de radio o televisión. En frecuencias más altas, llamadas microondas, se produce en la radiotransmisión de datos o radioenlace dirigido: telefonía móvil, WIFI, bluetooth, teléfonos DECT, aparatos microondas y comunicadores inalámbricos de bebés.

Se utilizan normalmente para transmitir información a distancias largas, y son la base de las telecomunicaciones, radio y televisión.

Se producen tanto en interior como en el exterior de los edificios:

- Interior: router wifi, teléfonos inalámbricos, consolas inalámbricas
- Exterior: estaciones base de telefonía móvil y telecomunicaciones o radares, radiación del teléfono inalámbrico o wifi de vecinos y los nuevos contadores inteligentes de luz

Al ser cuerpos bioeléctricos, los campos, las ondas y las radiaciones se interrelacionan con nosotros. Los efectos biológicos que nos producen son respuestas medibles de nuestro organismo a un estímulo o cambio en el medio.

Las microondas, comprendidas entre los 1000MHz y el 300GHz, tienen un doble efecto biológico sobre el ser humano, los térmicos y los no térmicos.

Los campos electromagnéticos de frecuencias intermedias y de radiofrecuencia provocan corrientes oscilantes en los tejidos, que se transfieren en movimiento a través de moléculas polares, como el agua. El efecto térmico o tasa de absorción específica SAR, es la medida de la potencia máxima con que un campo electromagnético es absorbido por el tejido vivo. Su unidad son W/kg El calentamiento de los tejidos ocurre cuando la energía se transfiere al medio acuoso en forma de calor, es lo que se conoce como efectos térmicos.

Sin embargo, diferentes estudios de laboratorio han demostrado la existencia de efectos no térmicos, tales como la formación de radicales libres y el estrés oxidativo o la alteración de los canales de calcio. Este es menos evidente, pero el ICNIRP lo catalogó como posible cancerígeno (2B). La evidencia biomédica que justifica los efectos no térmicos apunta a seguir el principio ALARA (lo más bajo posible) de la Comisión Europea en la Resolución 1815/2011.

El informe Bioinitiative 2012 reúne varios estudios de afectación por exposición crónica o prolongada a los CEM de alta frecuencia. Se ha comprobado que interfieren con los procesos fisiológicos del organismo, provocando afectación sobre la segregación de melatonina, sobre la fertilidad, aumenta la porosidad de la barrera hematoencefálica, por lo que pueden pasar más tóxicos, inhiben la reparación del ADN, entre otros. Razones suficientes para tomar medidas y prevenir o subsanar.

Sin embargo, el RD 1066/2001, que establece límites para frecuencias de telefonía móvil, propone los siguientes:

- 900 MHz- Campo eléctrico: 41 V/m (densidad de potencia: $4,5\text{W/m}^2 = 4.500.000 \mu\text{W/m}^2$)
- 1800 MHz – Campo eléctrico: 58 V/m (densidad de potencia: $9 \text{W/m}^2 = 9.000.000 \mu\text{W/m}^2$)
- 2100 MHz- Campo eléctrico: 61 V/m (densidad de potencia: $10 \text{W/m}^2 = 10.000.000 \mu\text{W/m}^2$)

Por otro lado, la Orden 23/2002 se insta a que cuando una estación base se encuentra a menos de 100 metros de espacios catalogados como "sensibles" (guarderías, centros de educación infantil y primaria, centros de educación secundaria, centrales de atención primaria, hospitales, residencias y centros geriátricos y parques públicos), los operadores de teléfono móvil deben minimizar los niveles de exposición sobre estos espacios, así como también deben tomar medidas en estos lugares para comprobar que no superan los niveles indicados por la normativa vigente. Estas medidas se deben medir y enviar cada año al Ministerio.

Mientras que el informe BioInitiative, en el que se estudiaron y describen todas las afectaciones producidas por estos campos, propone un límite de exposición de $0,1 \mu\text{W/cm}^2 = 1.000 \mu\text{W/m}^2$.

Del mismo modo, la norma SBM-2015 del IBN, basada en los efectos biológicos de los CEM de alta frecuencia en zonas de descanso, define los siguientes límites de exposición:

	no significativo	débilmente significativo	fuertemente significativo	extremadamente significativo
3 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS (altas frecuencias)				
Densidad de potencia en microwatts por metro cuadrado $\mu\text{W}/\text{m}^2$	< 0,1	0,1 – 10	10 – 1.000	> 1.000

Valores válidos para los servicios de radiocomunicación, por ejemplo GSM (redes D/E), UMTS, TETRA, LTE, WIMAX, Radio, Televisión, WLAN, DECT, Bluetooth, etc. Las indicaciones corresponden a los valores máximos. Los valores indicativos no se aplican a un radar rotativo.

Las ondas radioeléctricas más críticas, por ejemplo señales pulsadas o periódicas (Telefonía móvil GSM, TETRA, DECT, WLAN, radio digital, etc.) y técnicas de banda ancha con partes pulsadas (UMTS, LTE...) deberían ser evaluadas más sensiblemente, en particular con caracteres significativos más bien fuertes, y las ondas menos críticas, por ejemplo señales no pulsadas o no periódicas (UKW, ondas cortas, ondas medias, ondas largas, radiodifusión analógica, etc.) deberían ser evaluadas más generosamente, en particular con caracteres significativos más bien débiles.

Antiguos valores indicativos en biofísica SBM-2003 para ondas radioeléctricas: pulsadas: < 0,1 ninguno, 0,1-5 débil, 5-100 fuerte, > 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ extrema anomalía; no pulsada: < 1 ninguno, 1-50 débil, 50-1.000 fuerte, > 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ extrema anomalía.

DIN/VDI 0848: Trabajo hasta 100.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Población hasta 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; BImSchV: hasta 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Telefonía móvil: Suiza hasta 100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Resolución de Salzbourg / Orden médica 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Bichalaive 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en exterior; Parlamento EU STOA 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Salzbourg 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en exterior; 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en interior; Perturbación EEG y sistema inmunitario: 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Móvil telefónico funcional: < 0,001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Naturaleza: < 0,000.001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

En ambos casos estamos hablando de una exposición **más de mil veces menor**. Si pensamos en proteger, deberíamos usar la SBM-2015, ya que una densidad de potencia a partir de 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, supone un efecto extremadamente significativo.

Por lo que, considerando que actualmente no es posible confiar o quedarnos tranquilos con la normativa, existen soluciones para evitar campos electromagnéticos:

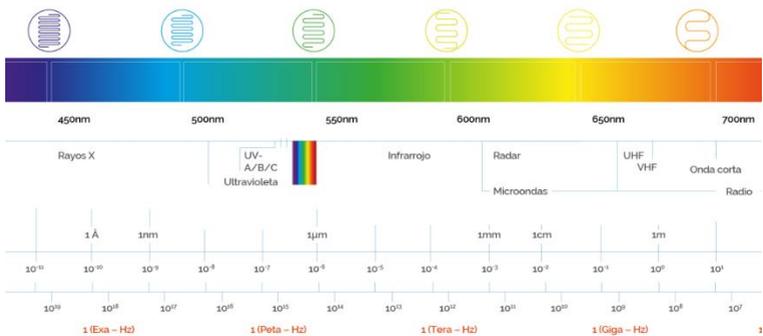
- Conocer y determinar la intensidad y dirección de la radiación
- Estudiar posibles reflexiones que pueda generar el apantallamiento
- Elegir el sistema que mejor funcione: malla, pintura, fieltro...
- Conectar el apantallamiento a tierra
- Proteger las aberturas: carpinterías, cristales.
- El aluminio es buen aislante: favorables persianas y carpinterías
- Cristales bajos emisivos pueden proteger
- Optar por conexiones vía cable

Todos estos campos, tanto de baja como de alta frecuencia, pueden y deberían medirse con un estudio de biohabitabilidad, que sirve para tomar conciencia de los factores ambientales de riesgo para la salud y el entorno a los que estamos expuestos.

Como en el ambiente muchos parámetros están conectados, existen sinergias entre ellos, por lo que controlar esto, también tendrá incidencias positivas sobre otros factores contaminantes. Por ejemplo, un aire cargado de iones negativos ayuda a reducir la presencia de compuestos orgánicos volátiles y las partículas de polvo en el ambiente, y no favorece el crecimiento de microorganismos patógenos.

ILUMINACIÓN

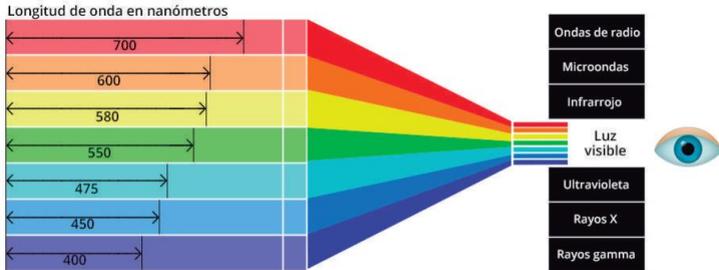
La luz es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que puede ser percibida por el ojo humano, pero este es capaz de ver únicamente un pequeño espectro (400nm – 750nm), que se encuentra entre los rayos infrarrojos y los rayos ultravioletas.



El espectro visible representa el 43%. Estimula el cerebro, hipotálamo e hipófisis, lo cual es muy importante, ya que la función del hipotálamo es enviar señales a la hipófisis, que luego elabora hormonas para controlar otras glándulas y funciones del cuerpo, como el sistema hormonal y el ciclo circadiano, las reacciones inmunológicas, la tensión arterial, entre otras.

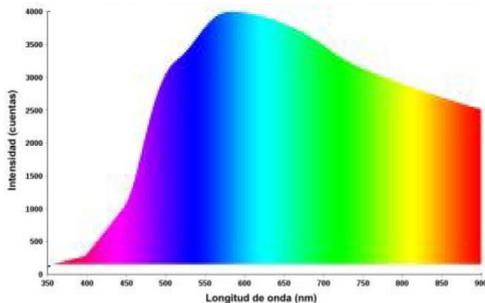
Los rayos infrarrojos representan el 49% del espectro. De ellos nos llega el calor, que penetra en los tejidos e influye en el metabolismo, el riego sanguíneo y la regulación térmica, aportando más oxígenos y creando nuevos nutrientes, lo que potencia la respuesta inmunológica del cuerpo.

Por último, los ultravioletas representan un 7%, y es necesaria para la formación de vitamina D, equilibrar el calcio y el fósforo.



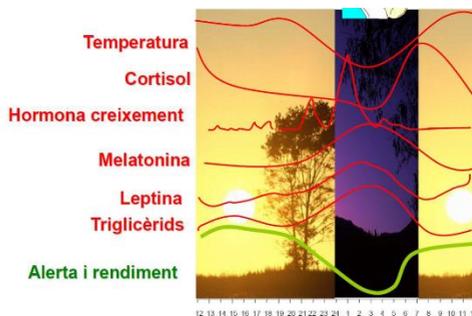
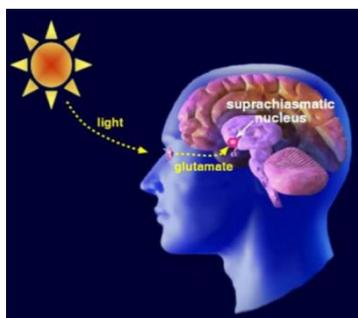
Los objetos absorben o reflejan los rayos lumínicos, dependiendo de su color. Los objetos absorben todas las longitudes de onda, excepto la que reflejan. El blanco refleja todos los rayos solares, y el negro los absorbe en su totalidad.

Durante toda nuestra existencia estuvimos expuestos a las radiaciones solares. Evolucionamos gracias a ellas, y nuestro correcto funcionamiento y ritmos biológicos también están muy ligados a ellas. Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo de 24 horas. Estos procesos naturales responden, principalmente, a la luz y la oscuridad.



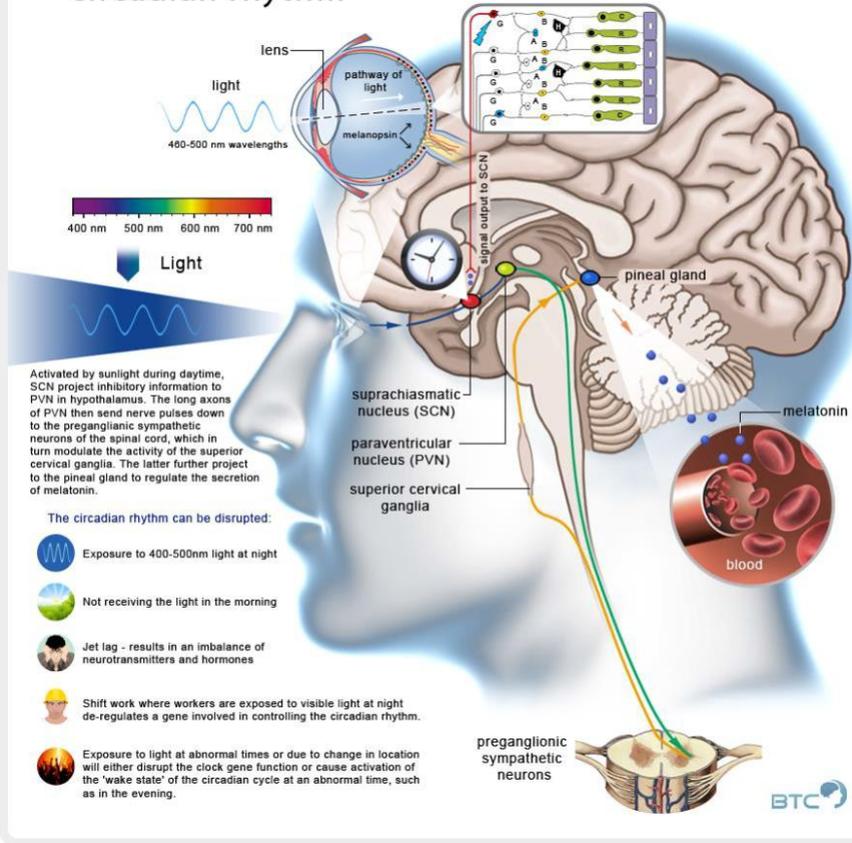
La luz es el principal motor de los sistemas visual y circadiano. Ésta entra en nuestro sistema a través de células epiteliales capaces de absorber luz y convertirla en señales eléctricas. Este tipo de células especializadas, capaces de formar una imagen, son los fotorreceptores, contenidos en la retina.

Esta información es llevada por el nervio óptico hasta al núcleo supraquiasmático, ubicado en el cerebro, donde se encuentra el reloj circadiano central, que es nuestro principal reloj biológico, y quien sincroniza la actividad de la glándula pineal al ciclo luz-oscuridad, permitiéndonos ver. Esto ordena al resto de sistemas del cuerpo, ya que de la luz depende el correcto funcionamiento y regeneración: ante la ausencia de luz, la temperatura del cuerpo baja para una correcta regeneración, y la glándula pineal segrega melatonina, hormona encargada del sueño y la regeneración celular.



En resumen, la luz regula nuestros ritmos biológicos, que también dependen de la edad y la genética.

circadian rhythm



Hasta aquí todo perfecto y fácil, ya que naturalmente tenemos luz y oscuridad cada día. Pero, pasamos el 90% de nuestro tiempo en interiores, entonces es de vital importancia tener en cuenta ciertas consideraciones a la hora de diseñar los espacios.

Lo primero es dejar que entre la luz natural durante el día. Es la mejor forma de iluminar el espacio, ya que no nos condiciona, y cuando resulta molesta, por deslumbramiento, por ejemplo, siempre podemos encontrar fácilmente soluciones, como cortinas o persianas, o estrategias consideradas desde el diseño.

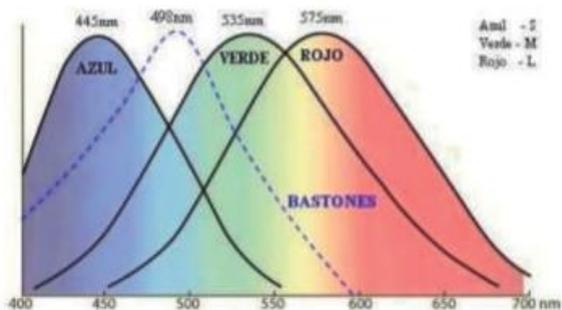
Luego, será sumamente importante valorar la iluminación artificial: la cantidad de luz necesaria para la actividad que se realizará en el recinto, y la calidad de esta (CRI, temperatura de color, flicker, UGR, zonificación).

Para poder valorarlo, es necesario entender los efectos biológicos que tiene la luz sobre nosotros, además de los descritos anteriormente.

La luz tiene diferentes longitudes de onda. El componente azul es el que tiene más efectos sobre las personas, fundamentalmente los niños y personas mayores, pero, de todos modos, es importante compensar el espectro y no evitar ningún color.

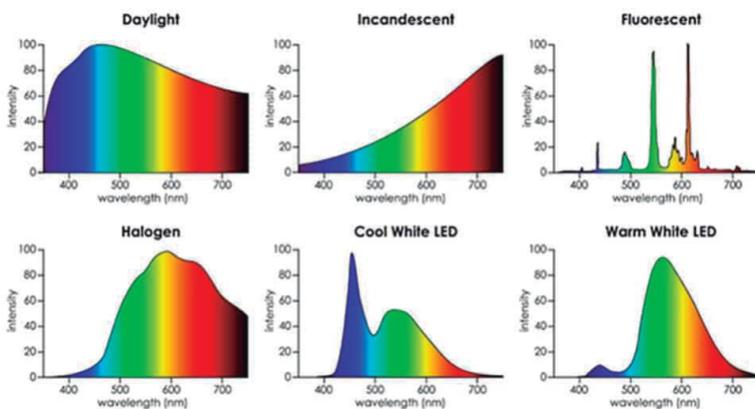
Cuando existe un valle (color Cian/Azul, longitud de onda 450nm-520nm), la melanopsina es más sensible. La melanopsina es un fotopigmento de las células ganglionares fotosensibles de la retina, las que están

involucradas en la regulación del ritmo circadiano y los reflejos pupilares y otras respuestas no visuales a la luz.



La luz azul activa la producción del cerebro, por esto justamente es que una cantidad desmesurada se vuelve contraproducente.

Sabiendo esto, pasamos a la iluminación artificial. Será más saludable cuanto más reproduzca el espectro de la luz solar:



Como es posible ver, la luz solar es heterogénea y reproduce el 100% de los colores. Es fundamental no homogeneizar los espacios, no construir espacios en donde el tiempo no pasa, ya que esto genera fatiga visual, y nuestro cerebro tendrá dificultades para procesar la información, y se generarán interrupciones en nuestro sistema, ya que es natural que el tiempo avance, y es importante que cada espacio tenga su correcta iluminación según la actividad a realizar. No es lo mismo descansar que trabajar, se deben activar zonas del cerebro distintas, y su estimulación comienza con la iluminación.

Uno de los factores que intervienen en la calidad de la iluminación y favorecerá la creación de espacios saludables, es el índice de reproducción cromática (CRI). Es la capacidad de mostrar los valores de un objeto de manera real, el espectro de colores que reproduce una bombilla, y va del 0 al 100. Un CRI saludable será mayor al 90%, ya que el cerebro se cansa cuando no ve el espectro completo.

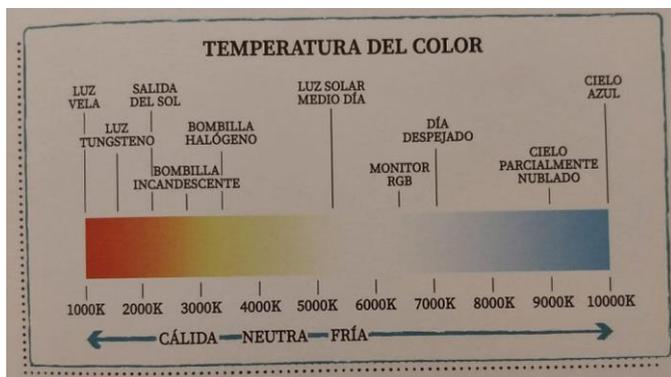
Otro aspecto es el deslumbramiento (UGR), que para ser saludable debería estar entre 16 y 19. Las luces LED multiplican por 1000 la de una fuente tradicional. Se puede controlar escogiendo luminarias con difusores, lentes, etc., que impiden que veamos la fuente de manera directa.



Los materiales de los revestimientos también influyen en la calidad de iluminación, y puede generar deslumbramientos molestos. Las superficies brillantes generan reflejos molestos, las blancas mate reparten la luz, necesitando menos lumen output, y las negras la absorben, necesitando más.

El parpadeo, o flicker, está presente en todas las fuentes de iluminación artificial, aunque no podamos observarlo a simple vista. Es el cambio rápido en la salida de luz de una lámpara. Los posibles efectos dependen de la frecuencia. Cuanto mayor sea la frecuencia, menos visible es el parpadeo. Las luminarias que más producen este efecto suelen ser las de bajo consumo, fluorescentes y LEDs de mala calidad o mal instalados.

El sol tiene nanómetros de intensidad. Nosotros los traducimos en temperatura de color, el último aspecto a tener en cuenta.



En las zonas de descanso será recomendable utilizar luz de colores cálidos, ya que esto propiciará el ambiente que el cerebro necesita para entender que es hora de descansar.

La exposición prolongada a iluminación fría tiene una afectación real sobre el organismo, pudiendo ocasionar problemas en la retina, generando una descompensación del espectro, provocando fatiga visual, migrañas y daños en el tejido ocular, y favoreciendo la cronodisrupción.

Mediante oscilaciones de 24 horas se modula la expresión de determinados genes denominados genes “reloj” o genes clock. No obstante, pueden producirse alteraciones en el sistema circadiano, llegando a provocar una perturbación del orden temporal interno respecto al del orden externo, que se conoce como cronodisrupción.

Los entornos lumínicos en los que pasamos nuestro tiempo repercuten en nuestra salud visual, circadiana y mental. En la actualidad las condiciones de iluminación de la mayoría de los espacios se diseñan para satisfacer las necesidades visuales de los individuos, pero no tienen en cuenta la salud circadiana y mental.

Las sociedades modernas terminaron por convertirse en ambientes muy cronodisruptivos, así como también las viviendas que las componen, caracterizados por estrés elevado y continuo, iluminación débil estable, exceso de iluminación por la noche, variaciones en los horarios de las comidas, termostatación constante y uniforme, tiempo de sueño irregular, etc. Todo esto puede favorecer la aparición de expresiones patológicas.

Las personas somos sensibles a la luz, y en circunstancias normales, la exposición a la luz a última hora de la noche o a primera hora de la mañana adelantará nuestros ritmos (*phase advance*), mientras que la exposición a última hora de la tarde/primer hora de la noche hará que nuestros ritmos retrocedan (*phase delay*). Los retrasos y avances en el ritmo circadiano pueden afectar a los ciclos de sueño-vigilia. Para mantener unos ritmos circadianos óptimos y correctamente sincronizados, el cuerpo necesita periodos de luz y oscuridad, ya que La glándula pineal se ve estimulada con la oscuridad, por lo que produce melatonina en el cuerpo cuando es de noche. Esta producción incita a la persona a dormir, y según se va percibiendo más luz, la cantidad de producción de esta hormona va decreciendo. No tener periodos de oscuridad, o una alta exposición a luz fría, como las pantallas del ordenador o el móvil, perjudica la generación de melatonina y, por ende, perjudica la regeneración celular del cuerpo.

La melatonina y el cortisol son hormonas antagónicas: cuando una sube, la otra se inhibe. Entonces, al no producir correctamente melatonina, estamos aumentando la producción y liberación de cortisol, que da respuesta al estrés o a un nivel bajo de glucosa en la sangre.

Es por todo esto que, en espacios de larga permanencia, es recomendable priorizar los parámetros de biocompatibilidad que hemos descrito:

- Alto CRI.
- UGR > 16-19
- Espectro melanópico compensado en azules y en R9.
- No flickering.
- Baja emisión de campos electromagnéticos y radiaciones de alta frecuencia.

Los valores recomendados por la norma SBM-2015 de bioconstrucción son los siguientes:

9 LUZ (iluminación artificial - luz visible, radiación UV e infrarroja)



Ampliación de los valores indicativos de Baubiologie - propuestas, ayudas orientativas y de valoración:

Luz, iluminación		No significativo			
Campos alternos eléctricos en voltios por metro	V/m	hasta 2 kHz	< 10	a partir de 2 kHz	< 1
Campos alternos magnéticos en nanotesla	nT	hasta 2 kHz	< 50	a partir de 2 kHz	< 5
Espectro de luz, distribución del espectro en nanómetros	nm	Parecido a la luz diurna, homogéneo, transición fluida, ausencia de picos singulares			
Intensidad luminosa en lux	lx	día~	100-100.000	tarde ~	10 -100 noche < 1
Temperatura del color en kelvín	K	día~	4.000-6.000	tarde ~	1.500-3.000
Ultrasonido en decibelios	dB	ninguno			

Luz, iluminación		No significativo	débil	fuerte	extremo
Parpadeo de la luz en porcentaje	%	< 2	2-10	10-50	> 50
ninguna modulación de la luz para la transmisión de datos					
Reproducción del color en índice Ra	Ra	> 90	80 - 90	60 - 80	< 60

No hay sustancias tóxicas u olores. No contiene sustancias tóxicas como, por ejemplo, mercurio. Producción y eliminación ecológicas.

Mediciones de los campos eléctricos y magnéticos según el TCO (a 30 cm de distancia).

Datos sobre todo para las horas de la tarde antes de acostarse, para no interferir en la siguiente fase de sueño.

Las recomendaciones de Baubiologie para la luz se guían en primer lugar por lo técnicamente viable, actualmente se basan menos en la experiencia - como los demás valores indicativos -, ya que aún se tiene poca. Los primeros ejemplos de casos y algunos resultados de investigaciones muestran efectos v riesgos biológicos.

Norma tècnica de medició en bioconstrucció SBM-2015

En el mercado existen diferentes tipos de luminarias, con ventajas y desventajas:

	INCANDESCENTES	HALÓGENAS	FLUORESCENTE	BAJO CONSUMO	LED
+	Casi no emiten campos eléctricos y magnéticos. No emite UV. Temperatura de color cálida. Sus residuos no son contaminantes.	Similares a las incandescentes, pero consumen menos y tienen mayor vida útil. No necesitan transformador (no generan campos).	Reducido consumo eléctrico y larga vida útil. Eficacia luminosa.	Larga vida útil, aunque dependen del número de encendido/apagado	Muy bajo consumo No contienen mercurio, así que son fácilmente eliminables. No se desgastan por el encendido y apagado. Se deben evitar los cebadores electrónicos y disminuir la emisión de CEM
-	Poco eficientes. Producen más calor (95%) que luz (5%) Su calidad luminica es buena, pero son poco eficientes y están prohibidas	Es necesario protegerse de los UV-B mediante un cristal de protección o alejamiento de la fuente. Son la alternativa a las incandescentes, ya que son algo más eficientes y no emiten campos electromagnéticos.	Lámpara más débil que incandescentes: necesita doble intensidad. Su residuo es tóxico, contiene mercurio. Si se rompe, emite toxicidad. Si no tiene cebador, el parpadeo a 50Hz estresa y debilita al organismo. Los cebadores generan fuertes CEM BF y AF. Su calidad luminica es deficiente. No son un tipo de luminarias recomendables por zonas de alta permanencia. Normalmente tienen mala calidad IRC y Tº color.	Su espectro de luz es menos agradable y equilibrado de las incandescentes. Generan fuertes CEM Provocan emisiones de mercurio en caso de rotura y en su eliminación. Normalmente tienen mala calidad IRC y Tº color.	Pueden provocar destello; deben ser de buena calidad Control de la emisión de luz azul

De acuerdo con todo lo descrito anteriormente, y tomando como referencia la norma SBM-2015, las lámparas incandescentes halógenas y los Bio-LED son las más adecuadas por sus características generales:

		Rendimiento (flujo luminoso/potencia) [lm/W]	Vida útil [h]	Eliminación de residuos	Color de luz	Índice de reproducción cromática (IRC)	parpadeo	CEM y radiaciones
	Incandescente estándar (desaparecida)	Entre 10 y 16	≈ 1.000	Basura doméstica	cálido	Muy bueno (próximo a 100)	Muy débil	Débiles
	Incandescente halógena de bajo voltaje	Entre 13 y 20	≈ 3.000	Basura doméstica	cálido	Muy bueno (próximo a 100)	Muy débil	Fuertes.
	Incandescente halógena a 230V	Entre 13 y 20	≈ 2.000	Basura doméstica	cálido	Muy bueno (próximo a 100)	Muy débil	Débiles
	Tubo fluorescente	Entre 75 y 95	Entre 3.000 y 24.000	Problemática. Contienen mercurio y en algunos casos sustancias radioactivas.	Existen distintos colores de luz	Entre regular y bueno (75-100)	Medio	Fuertes
	Fluorescente compacta o lámpara de bajo consumo	Entre 50 y 70	Entre 4.000 y 12.000	Problemática	Existen distintos colores de luz	Entre regular y bueno (75-100)	Medio	Fuertes
	LED	Entre 20 y 110	Entre 10.000 y 40.000	Recogida especial del cebador electrónico	Existen distintos colores de luz	Buena (80-95)	Alto	Fuertes
	Bio-LED	Entre 55 y 100	Entre 15.000 y 30.000	Recogida especial del cebador electrónico	Existen distintos colores de luz	Buena (80-95)	Muy débil	Débiles



ACÚSTICA

El sonido viaja por el aire como una serie de vibraciones u ondas sonoras. Cuando estas ondas llegan a nuestros oídos, hacen vibrar los tímpanos.

Estas vibraciones se transmiten a través de tres huesos del oído medio, que actúan como una palanca, amplificando las vibraciones y enviándolas al oído interno. El oído interno contiene la cóclea, una estructura llena de líquido y recubierta de diminutas células ciliadas. Estas células ciliadas se encargan de convertir las vibraciones en señales eléctricas que el cerebro puede interpretar, que son enviadas a éste a través del nervio auditivo. El cerebro interpreta las señales eléctricas como sonidos.

El sonido se considera una sensación auditiva agradable; por el contrario, el ruido se considera todo sonido molesto o no deseado y, en caso extremo, doloroso.

Las ciudades son sinónimo de ruido. La contaminación acústica no solo es molesta, sino que tiene una implicancia directa sobre nuestra salud.

De hecho, la OMS clasifica el ruido procedente del tráfico como el segundo factor medioambiental más perjudicial en Europa, detrás de la contaminación del aire. Luego del tráfico rodado se encuentran los trenes y los aviones.

La Unión Europea recomienda niveles de ruido ambiental por debajo de 55dB durante la noche, y 65dB durante el día. En Barcelona existe un mapa de contaminación

acústica en la ciudad, en el cual se puede medir los niveles de ruido en cada calle:

<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/mapes-dades-ambientals>

El ruido depende de varios factores:

- Intensidad y distancia de la fuente de emisión
- Tiempo de exposición
- Características ambientales
- Susceptibilidad individual, edad, género.

Existen principios básicos que afectan al correcto funcionamiento acústico de los espacios interiores.

Cada espacio tendrá requerimientos acústicos diferentes. Para esto, debemos tener en cuenta:

- Ruido producido por las personas y las instalaciones (propias y ajenas): Niveles de Presión Sonora (SPL).

El ruido producido por las personas y las instalaciones (propias y ajenas) genera Niveles de Presión Sonora que, junto con el programa previsto y las normativas implicadas, definirán los requisitos de aislamiento necesarios para cada espacio y actividad.

Los niveles de SPL son de tipo logarítmico (de relación exponencial).

- Diseño, tiempo de reverberación y curvas tonales (“coloración”) de los espacios: Acústica de Salas.

El diseño acústico de los espacios definirá el tiempo de reverberación, la curva tonal, la definición de la palabra y claridad musical de éstos, en función del programa de usos previsto que ayudarán a una óptima comunicación y experiencia de usuario en ellos.

Para un correcto diseño, se puede utilizar la geometría del espacio, aberturas, características superficiales de los paramentos, incluir materiales absorbentes, difusores, resoadores, dependiendo de la necesidad.

- Aislamientos entre los espacios propios y entre espacios propios y ajenos: Aislamiento Acústico.

El diseño de las soluciones constructivas utilizadas, según masa y composición, será lo que defina los aislamientos a ruido aéreo y de impacto, de los resultarán niveles de inmisión sonora que se transmiten a los espacios adyacentes. Es muy importante cuidar los puentes acústicos.

- Planificación de usos, tipos y cantidad de usuarios, horarios y actividades a integrar en los espacios: Plan de usos y actividades.

Es importante realizar un análisis de las actividades que se llevarán a cabo en los espacios para saber si las actividades pueden ser o no acústicamente compatibles.

El sonido se transmite por el aire (aéreo) o por los cuerpos materiales (corpóreo). Todos estos conceptos condicionan la experiencia en los espacios interiores: si el sonido es muy elevado, puede convertirse en ruido.

En la Guía tècnica de Biohabitabilitat se describen las siguientes recomendaciones según el tipo de ruido:

Reducción del ruido en general (aéreo o corpóreo):

- Relación con la fuente emisora: [1] Reducir la intensidad de la fuente de emisión. [2] Orientar el edificio apartado de fuentes de ruido. [3] Analizar si la fuente sonora y el oyente se encuentran en diferentes estancias (transmisión de sonido aéreo y/o corpóreo), o en la misma (absorción acústica).
- Diseño del edificio pensado en el ruido: [1] Distribución estancias. [2] Utilización de la vegetación como pantalla y absorción acústica.
- Instalaciones: diseñar y dimensionar bien las instalaciones (aire, agua).

Reducción del **sonido aéreo** (sonido transmitido por el aire):

- Separaciones entre viviendas: medidas de amortiguación con materiales aislantes absorbentes y mediante la separación de elementos constructivos (dos o tres hojas).
- Separaciones interiores con materiales de gran masa.
- Hermeticidad en la construcción y las juntas

Reducción del **sonido corpóreo** (sonido transmitido por los materiales sólidos):

- Evitar la fuente sonora.
- Juntas entre materiales: aislar las vibraciones de los elementos constructivos. Las uniones entre capas constructivas deben ser elásticas.

Reducción del **sonido de impacto** (sonido corpóreo producido al caminar sobre el pavimento de arriba):

- Materiales de base: que sean elásticos (de bajo valor –rigidez mecánica– o alta capacidad de amortiguamiento) colocados debajo de soleras flotantes, como puede ser un tendido de arena, fibras de coco o capas de mortero.
- Falso techo: un falso techo suspendido por debajo ayuda a aislar en unos 3 dB.

Recomendaciones generales por **aislamiento y absorción acústica**:

- Aislamiento aéreo y corpóreo: combinar materiales pesados y elásticos, sin puentes acústicos.
- Absorción acústica: para aumentar la absorción acústica debe garantizarse un coeficiente de absorción acústica elevado (próximo a 1), que casi siempre tienen los materiales de poro abierto.

El ruido genera afectaciones a la salud muy diversas, ya que cada persona tiene un umbral de tolerancia diferente, pero las más comunes son la alteración del sueño, la perturbación del sueño descanso, dificultades de comunicación, disminución de la atención y otras patologías (aumento de la tensión arterial, generación de hormonas de estrés, bajada del sistema inmune, aumento del ritmo cardíaco, contracción de vasos sanguíneos, úlceras, tensión muscular...).

Además de las fuentes de ruido aéreo, el impacto del ruido de la actividad adyacente como la vibración de equipos mecánicos, pueden crear entornos incómodos para los ocupantes situados en las proximidades.

Otro problema acústico común es la falta de intimidad dentro de los espacios cerrados y entre ellos.

Los tiempos de reverberación y los niveles de ruido de fondo inadecuados en un espacio pueden impedir la inteligibilidad de la palabra y causar tensiones a las personas con problemas de audición.

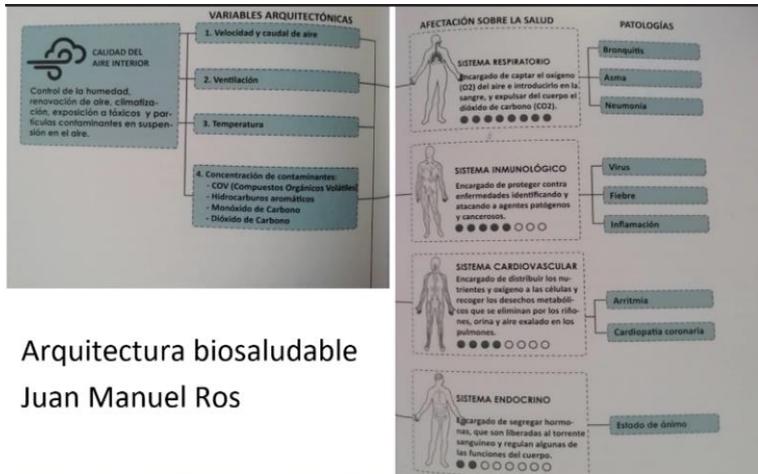
El comportamiento acústico de un espacio define en gran medida nuestra experiencia vital en él. Un correcto comportamiento nos ayudará a tener una mejor calidad de vida, tanto a nivel físico como mental.

VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

La ventilación juega un papel fundamental en el confort térmico de los espacios, y también en la salubridad de los mismos, tanto la natural como la mecánica.

La ventilación natural en el 100% de los casos favorecerá la prevención de todos los riesgos descritos y a describir. Es la manera que tienen nuestros espacios construidos de respirar.

Como es posible ver en la siguiente imagen del libro “Arquitectura biosaludable”, de Juan Manuel Ros, la calidad de aire interior está intrínsecamente relacionada con aspectos que pueden controlarse con una ventilación mecánica: velocidad y caudal del aire, ventilación, temperatura y concentración de contaminantes.



Arquitectura biosaludable
Juan Manuel Ros

“Arquitectura biosaludable”- Juan Manuel Ros

El confort térmico está ligado a la sensación térmica, la cual dependerá de la temperatura, la velocidad del aire, la humedad relativa y las temperaturas superficiales del entorno. Es sumamente importante la uniformidad térmica entre el aire y los materiales. Calentar la materia es más efectivo y duradero que calentar el aire.

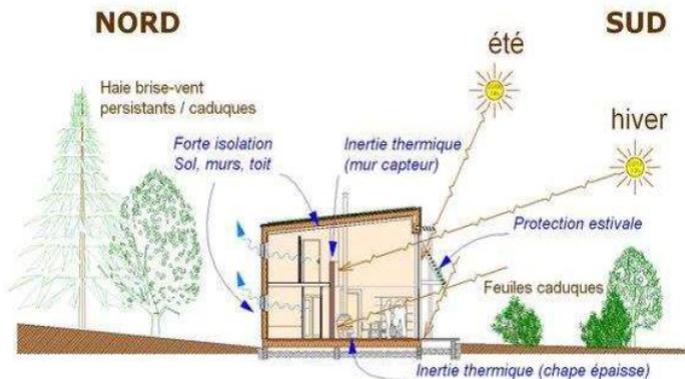
La salubridad de un espacio no solo considera el confort, sino también los factores patógenos que puedan generarse en su interior. La ventilación favorece a subsanar y prevenir muchos de ellos. Por ejemplo, la condensación a causa del exceso de humedad en el ambiente. Por el contrario, una mala ventilación puede aumentar la temperatura, y de esta manera las volatilizar emisiones. Por ejemplo, un aumento de 5 grados dobla las emisiones de formaldehído.

La ventilación asegura la correcta calidad del aire en el interior de los espacios construidos. Lo importante es garantizar que el aire contenga suficiente oxígeno, pero también eliminar olores molestos, regular de forma natural la humedad y limitar la aparición de gérmenes. Otro aspecto importante es que el aire fresco ayuda a regular la ionización del ambiente interior, aportando iones negativos de oxígeno (positivos por el organismo).

A la hora de seleccionar los sistemas de calefacción y refrigeración, será necesario valorar los pros y contras de las ventilaciones mecánica o manual, en función del uso y hábitos de los usuarios en cada espacio.

En caso de ventilación cruzada manual, es importante colocar medidores de CO₂ que indiquen la necesidad de ventilar al llegar a 700ppm, límite establecido por la OMS.

Los sistemas térmicos pasivos favorecen la ventilación natural y, por ende, entornos más saludables. Pueden apoyarse también en sistemas activos.



Tienen en cuenta la orientación, comportamiento estacional (perennes/caducifolios), captación y protección solar, inercia de los materiales, ventilación y refrigeración.

En caso de ventilación mecánica, se deberá diseñar un sistema que regule la composición del aire (aportación de oxígeno y minimización tóxicos), electroclima (sistema sin proliferación de cargas electrostáticas, garantizando una buena ionización del ambiente interior), temperatura y humedad relativa entre 40-60%.

Un buen sistema de ventilación debe generar un buen bioclima, mejorar (o no empeorar) el estado físico y psíquico de las personas, considerar la calidad global del aire, ventilar, lograr un confort higrotérmico adecuado, minimizar el electrolima, no generando de campos eléctricos y/o magnéticos o ionización.

Por tanto, debe incorporar una correcta relación entre temperatura y humedad relativa, evitando el movimiento y velocidad del aire (y polvo), eliminación de bacterias y tóxicos, producir iones negativos (o no generar positivos) y evitar los malos olores.

Además, se debe evitar monotonía térmica ya que, como hemos visto, el gradiente térmico es saludable.

Por último, evitar ruidos provenientes de instalaciones y equipos, garantizar una fácil limpieza y mantenimiento y una contaminación ambiental mínima, con gran eficiencia en los recursos activos de funcionamiento.

Existen diferentes tipos de calefacción y refrigeración, que no son efecto de estudio de este trabajo. De todos modos, si hablamos de salud, será necesario conocer algunas particularidades de estos sistemas.

Se describen tres tipos de sistemas de calefacción:

1. Convección (aire)

La calefacción por convección calienta fácil y rápidamente. Es barato porque es lo más convencional.

Pero, al ser por aire, es poco eficaz al calentar el aire, remueve el aire interior, levantando polvo y contaminación, no regula la humedad, reseca el ambiente. En un ambiente muy seco, suelen predominar las cargas positivas, que desvitalizan y producen pesadez en el ambiente.

Necesita demanda eléctrica, y medioambientalmente hablando, su ciclo de vida no es bueno.

2. Radiadores

Tienen más contras que pros. Es un sistema muy económico porque es convencional.

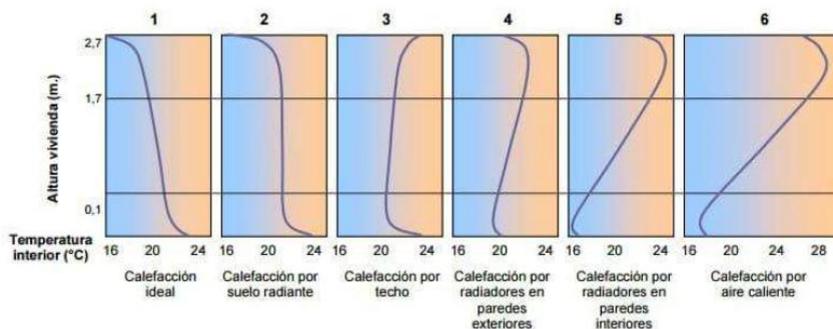
Los radiadores transmiten un 35% del calor por radiación y el resto por convección. Éste el 65% de convección produce corrientes de aire poco saludables, ya que levantan polvo y contaminación, además de ser un sistema de propagación de calor poco eficaz (por aire, sin calentar el material).

Además, La calefacción con radiadores aumenta la carga electrostática de las cortinas.

Los radiadores y estufas eléctricas generan campos electromagnéticos, y deben tener enchufes tipo Schuco y cables y conexiones que deriven el campo a una buena puesta a tierra (6 Ω). Es importante evitar proximidad a estos electrodomésticos, ya que puede alcanzar 1 a 3 m.

3. Radiación (chimenea, estufa, suelo/tabique radiante)

Para los sistemas de calefacción, en cuanto a confort, existe una curva que muestra la distribución vertical de la temperatura.



Como es posible ver, la que más se asemeja a la calefacción ideal es la calefacción por suelo radiante.

Es un muy buen sistema ya que calienta el ambiente a través de las superficies, y no levanta polvo en el ambiente. Además, el calor disminuye proporcionalmente a la distancia, evitando la monotonía térmica, y es similar al calentamiento natural del sol.

Es más saludable y consume menos energía, ya que con una temperatura del aire inferior se consigue la misma sensación de bienestar.

A pesar de todas sus virtudes, la gran contra de los suelos radiantes es que producen significativos CEM.

Si la calefacción de suelo radiante es debajo de moquetas, se refuerzan los efectos electrostáticos.

Para los sistemas de refrigeración, será importante evitar superficies de vidrio, para no aumentar la temperatura en el interior, proteger las entradas de sol, reducir las cargas térmicas internas de iluminación, minimizar el uso de electrodomésticos y aparatos eléctricos, que generan calor.

Luego, se debe garantizar una buena ventilación, si puede ser cruzada y con buenas pautas. De ser necesario, utilizar ventiladores.

Esta ventilación puede ser manual o mecánica.

Si es mecánica, se deberá prestar atención a los filtros de los equipos para garantizar una buena calidad del aire interior, y asegurar electroclima.

CONCLUSIÓN FACTORES FÍSICOS

Durante el estudio de los factores físicos aprendí muchísimas consecuencias que pueden tener los espacios que proyectamos, y que nunca antes había pensado.

En mi caso, en la universidad, muchos de estos temas los vimos por encima, o con un lente diferente, desde la eficiencia energética, el ahorro o el confort.

Pero nunca desde los efectos adversos que pueden tener sobre las personas. Nunca desde el lente de la biología de la construcción.

Me está resultando apasionante aprender y entender el porqué de las decisiones a tomar.

La arquitectura siempre fue un refugio. Si diseñamos y construimos espacios para ser habitados, y lo hacemos con la finalidad de cuidar a quienes los vivan de las adversidades que puedan encontrar fuera, ¿por qué no tenemos en cuenta las que puedan estar dentro?

Diseñamos para las personas. Para personas que durante toda su historia estuvieron expuestas a radioactividad, electromagnetismo, magnetismo terrestre, iluminación, acústica, diferentes temperaturas y humedades. Y gracias a todo este conjunto de condicionantes, pudieron evolucionar.

Si no tenemos en cuenta la incidencia, tanto positiva como negativa, de todos estos factores, es imposible que podamos hacer *buena* arquitectura.

Y con buena me refiero a una arquitectura que favorezca esos espacios en los que nos desarrollamos, a los que estamos adaptados. Espacios en los que nuestro cuerpo sepa qué hacer y cómo reaccionar cuando se encuentre con agentes patógenos: espacios saludables.

Es necesario tener en cuenta que no es solo un único factor el que puede reducir nuestro bienestar o afectar nuestra salud, sino que es la combinación de múltiples causas y en un período prolongado.

Entre todos los elementos descritos en este apartado existen sinergias. Al final, todo está relacionado, y muchas pueden depender unas de las otras. Algunas estrategias pueden ser muy sencillas, como tener pautas de ventilación adecuadas y diarias, lo cual tendrá incidencia sobre la temperatura, la humedad, o lograr un electroclima. Otras pueden involucrar a los sistemas de climatización, por ejemplo, y tendrán incidencias sobre los CEM de baja frecuencia, acústica, humedad, temperatura.

Es importante conocer estos aspectos y sus interrelaciones para poder tomar decisiones con sentido y con una mirada holística sobre todo el proyecto.

FACTORES QUÍMICOS

Mucho se habla de la importancia de reducir el dióxido de carbono (CO₂), pero con esta visión no estamos viendo el panorama completo.

El CO₂ es un gas inodoro, incoloro e insípido. Es una molécula muy estable y puede llegar a ser asfixiante por desplazamiento del oxígeno en concentraciones muy elevadas.

Sin embargo, existen muchísimos otros químicos presentes en nuestro día a día de los cuales no escuchamos hablar. En productos típicos de la construcción podemos encontrar 55 químicos que son preocupantes para la salud, y más de 10 pueden llegar a ser cancerígenos.

Todo esto contribuye a alcanzar lo que se conoce como efecto cóctel: sumatoria, mezcla y combinación de tóxicos a los que estamos expuestos, que de esta manera potencian sus efectos negativos sobre la salud.

En los espacios interiores es posible encontrarnos estos químicos, producto de los materiales de construcción, de los productos de limpieza, etc. Las vías de exposición son por inhalación en primer lugar, e ingesta y dérmica en segundo.

El peligro de muchas de estas sustancias tóxicas está en que el organismo las reconoce como propias.

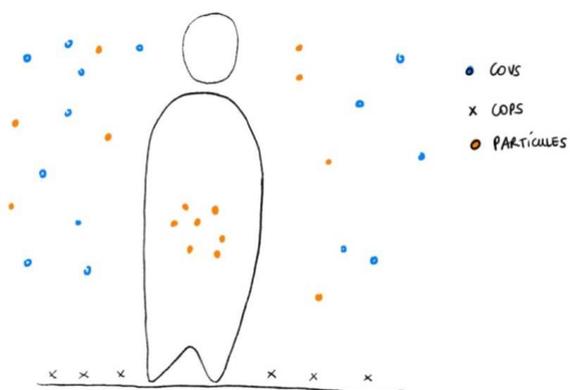
Una buena calidad del aire interior promueve la salud y el bienestar, evitando la presencia de estas sustancias tóxicas. El conjunto de fibras, partículas, esporas, compuestos orgánicos volátiles y persistentes, que están presentes de forma sólida, en suspensión, como gases, contribuyen a definir la calidad del aire interior.

Muchas veces puede ser difícil evitar la fuente de contaminación, por ejemplo, por existencias del espacio que no podemos cambiar, como materiales, ventilación, o productos que utilizamos sin saber, por lo que es recomendable monitorizar los contaminantes de los espacios. Medir el CO₂ sirve como indicador para evaluar la calidad del aire interior general de un espacio.

En exteriores el nivel de concentración de CO₂ suele ser entre 350-400 ppm. Como hemos visto, la OMS recomienda que en interiores se mantenga por debajo de los 700 ppm. Para esto, se necesita una renovación de aire de 50m³/h por persona en caso de reposo o actividad ligera.

Los contaminantes sobre los que nos centraremos en este trabajo que podemos encontrar en el aire y que son perjudiciales para la salud, son los siguientes:

- Fibras y partículas
- Compuestos orgánicos volátiles
- Compuestos orgánicos persistentes
- Disruptores endocrinos



Guía técnica de Biohabitabilitat

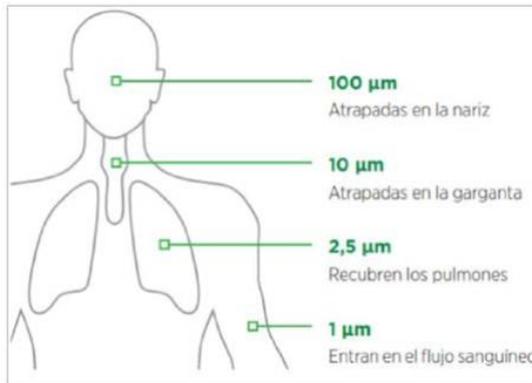


FIBRAS Y PARTÍCULAS

Se trata de contaminantes dispersos en el aire en forma de aerosoles líquidos o sólidos (polvo, fibras y humos), siendo el tamaño de sus partículas lo que hace que sean más o menos perjudiciales, porque al ser inhaladas son susceptibles de llegar a los alvéolos pulmonares.

La vía de acceso es respiratoria. Dependiendo de su tamaño, pueden ser retenidos por los filtros naturales, como son la nariz, tráquea, bronquios y pulmones, o pueden no ser retenidos por ninguna membrana y pasando directos a la sangre y a los órganos.

Las partículas PM10 no son buenas para la salud, pero por su tamaño no llegan al torrente sanguíneo, quedando atrapadas en la garganta. Están presentes en el polvo doméstico. Las partículas capaces de recubrir los pulmones y entrar en el flujo sanguíneo son las menores a 2,5 μg . Actualmente, se desconocen sus efectos a largo plazo.



Podemos encontrarlas en procesos de combustión, por ejemplo, por lo que nuevamente se hace hincapié en la importancia de ventilar.

Las fibras pueden ser de origen natural o manufacturadas, y éstas a su vez, se dividen en orgánicas e inorgánicas.

Fibras minerales: se fabrican a partir de roca, arcilla, vidrio, aglomerados con resinas sintéticas que hacen de adhesivo. No tienen una estructura molecular cristalina, por lo que no pueden separarse en fibras más finas.

Su capacidad de causar patologías pulmonares se ve condicionada por la dimensión, dosis y durabilidad.

- **DIMENSIÓN**: se consideran respirables (capaces de llegar al parénquima pulmonar) las que tienen diámetro $< 3\mu$, longitud $> 5\mu$ y relación longitud/diámetro mayor o igual a 3.
- **DÓSIS**: cantidad de fibras que llegan al parénquima, y por su concentración supera la capacidad de los mecanismos de eliminación que tiene el organismo.
- **DURABILIDAD**: biopersistencia. Tiempo que una fibra puede permanecer en el pulmón (relacionado a su capacidad de disolverse o romperse)

Para evitar problemas, es necesario asegurar su estanqueidad al aire, y en caso de instalar o retirar las fibras minerales, será necesario utilizar protecciones de las vías respiratorias.

Lana mineral: es un material inorgánico derivado de materias primas naturales. Su estructura de filamentos pétreos entrelazados multidireccionalmente genera una red flexible y abierta, y así pueden retener el aire en estado inmóvil en su interior. Esta estructura les otorga propiedades como aislantes térmicos, acústicos y de protección contra el fuego

Existen estudios que llevaron al IARC a clasificarla en el grupo 2b (posiblemente cancerígeno para el hombre) en 1987.

Los fabricantes modificaron ligeramente el tamaño de las fibras, y la composición a fin de mejorar la solubilidad de las fibras y reducir la biopersistencia en el cuerpo, pero en 2001 se reclasificaron en el grupo 3 (no clasificable) del IARC. Actualmente, el sello EUCEB (European Certification Board for Mineral Wool Products), indica que el material está libre de sospecha de ser cancerígeno.

Lana de vidrio: producto de origen natural, mineral e inorgánico compuesto de arena, feldespato, silicato de aluminio y potasio-, carbonatos, bórax y vidrio. Su estructura está formada por filamentos de vidrio (sílice y el bórax) aglutinados por una resina ignífuga. Por lo general tiene altos valores de formaldehído (declarado como grupo 1 según IARC). El formaldehído tiene un efecto irritante en el cuerpo, y produce inflamación de las vías respiratorias.

Se utilizan en aislamientos. Cuando se fragmentan disminuyen su tamaño y puede entrar al organismo.

Desde 2004 las lanas de fibra de vidrio no contienen formaldehído, pero se pueden encontrar en construcciones anteriores a este año.

Fibras naturales inorgánicas: por ejemplo, el amianto, que es la denominación de un grupo de 6 minerales metamórficos fibrosos, compuestos por silicatos de fibras microscópicas, largas y flexibles con estructura molecular cristalina, pudiéndose separar en fibras más finas, lo que la vuelve muy peligrosa, porque puede entrar en las vías respiratorias y producir asbestosis o cáncer de pulmón. Actualmente está prohibida su utilización, y existen planes de desamiantado, pero también hay muchos países en los que aun se comercializa y fabrica.

En la normativa vigente, solo se establecen umbrales de obligatorio cumplimiento de fibras y partículas para instalaciones de más de 70kW. Según la norma SBM-2015, las concentraciones de partículas, de fibras y de polvo deberían situarse por debajo de las del fondo habitual no contaminado en el aire libre, y el amianto no debería ser detectable en absoluto en el aire interior, paredes o polvo.

De todos modos, a través de la base de datos RISCTOX, es posible obtener información sobre los efectos para la salud y el medio ambiente de las sustancias químicas que pueden estar presentes en los productos que utilizamos:

https://risctox.istas.net/dn_risctox_buscador.asp



COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los compuestos orgánicos volátiles son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a esa temperatura.

Tienen la capacidad de evaporarse y pasar a formar parte del aire que respiramos, contaminándolo, y así entran a nuestro organismo al respirar.

- Muy volátiles: punto de ebullición $< 50^{\circ}\text{C}$
- Volátiles: punto de ebullición entre 50°C y 260°C
- Semi-volátiles: punto de ebullición $>260^{\circ}\text{C}$

Los COVs se encuentran en suspensión en el ambiente. En el sector de la construcción son liberados por disolventes, pinturas, espumas, plásticos y otros productos empleados y almacenados en espacios cerrados, como el formaldehído, benceno, tolueno, acetona, entre otros.

A mayor temperatura y humedad ambiental, mayor es la volatilización. Su presencia depende también de la absorción y desabsorción de los materiales textiles mayoritariamente: los absorben, y luego, por variaciones de temperatura, los vuelven a emitir al ambiente.

Dependiendo de la concentración ambiental y el tiempo de exposición (dosis), así como de las características de cada COV particular, tendrán diversos efectos en la salud. A través de la respiración llegan al organismo humano, y se depositan en varios tejidos. Pueden producir desde sequedad e irritación de ojos, garganta y nariz, dolores de

cabeza, reacciones alérgicas, mareos, fatiga hasta, en exposiciones prolongadas o intensas, alteraciones del sistema nervioso central.

Algunos COVs, como el benceno o el formaldehído, están declarados como agentes cancerígenos de categoría 1A y 1B según la IARC, respectivamente.

A pesar de esto, podemos encontrar formaldehído en paneles de madera contrachapada, paneles OSB, colas, barnices, aislantes, resinas sintéticas, entre otros, y el benceno en detergentes, pinturas, pegamentos de uso habitual.

Para defendernos de estas exposiciones, es importante que las temperaturas interiores no sean muy altas, mantener la humedad entre 40-60%, renovar el aire frecuentemente, eliminar las fuentes de emisión, elegir productos naturales con el mínimo de sustancias sintéticas tóxicas, y de no ser posible, elegir los valores límite más bajos posibles.

Para esto, se puede tomar como referencia la norma SBM -2015 para las zonas de descanso:

no significativo	débilmente significativo	fuertermente significativo	extremadamente significativo
------------------	--------------------------	----------------------------	------------------------------

1 FORMALDEHÍDO y otros agentes contaminantes gaseosos

Formaldehído en microgramos por metro cúbico $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | < 20 | 20 – 50 | 50 – 100 | > 100

Concentración máxima en lugar de trabajo (MAK): 370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; BGA: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; WHO-OMS: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Katalyse: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; AGÖF valor normal: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; VD: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Irritaciones en ojos y mucosas, Límite olfativo: ~ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Peligro de muerte: 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Naturaleza: < 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Conversión: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,08 ppm

2 DISOLVENTES y otros agentes contaminantes muy o medianamente volátiles

Disolventes COV en microgramos por metro cúbico $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | < 100 | 100 – 300 | 300 – 1.000 | > 1.000

Los valores se refieren a la suma de todas las sustancias muy o medianamente volátiles en el aire ambiente (TVOC).

Las sustancias independientes o grupos de sustancias alérgicas, irritantes o fuertermente olorosas se han de considerar con visión más crítica, especialmente cuando se trata de contaminantes atmosféricos particularmente peligrosos o cancerígenos como, por ejemplo, benceno, naftalinas, cresoles, estireno, etc.

Para valoraciones independientes ver los 'Valores orientativos de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera AGÖF' (2013).

Oficina federal del medio ambiente: 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Seifert BGA valor umbral: 200-300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Molhave: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; AGÖF valor normal a) suma: 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, b) sustancias independientes (ejemplos): Acetaldehído 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Acetona 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Benceno 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Etilbenceno 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Naftalina < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Fenol < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Estireno 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Tolueno 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-Xileno 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Alfa-pimeno 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Delta-3-careno 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Limoneno 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en la naturaleza: < 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Para la valoración de sustancias muy olorosas véase la directriz AGÖF 'Olores en espacios interiores' (2013)



COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES

Los compuestos orgánicos persistentes son un grupo de sustancias liposolubles, de hidrosolubilidad baja, persistentes que generan acumulación biológica, potenciales carcinógenos según el IARC, y muchos de ellos son disruptores endocrinos.

Son compuestos químicos no volátiles, que pueden ser persistentes o semivolátiles, que resisten en grado variable la degradación fotoquímica, química y bioquímica, esto hace que su vida media sea elevada en el ambiente.

Son más pesados que el aire, por lo que no están muy presentes en él, si no que se depositan rápidamente en superficies, como partículas de polvo, acumulándose y contaminando los espacios interiores, y en el exterior, suelos y aguas, bioacumulándose y biomagnificándose a lo largo de la cadena trófica.

Están presentes en los biocidas, pesticidas, bactericidas, insecticidas, ignífugantes, madera y derivados, moquetas, plásticos y espumas y en los plastificantes (entre ellos, en el PVC). También en metales pesados, como cadmio, plomo, arsénico, presente en pinturas, tuberías, aditivos, luminarias.

El Convenio de Estocolmo, en vigor desde el 2004, identificó 12 químicos que fueron llamados la docena sucia. Estos son: aldrina, clordano, dicloro difenil tricloroetano (DDT), dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, bifenilos policlorados (PCB), dioxinas policloradas y furanos

policlorados. Desde entonces, otros 11 COP han sido agregados a la lista.

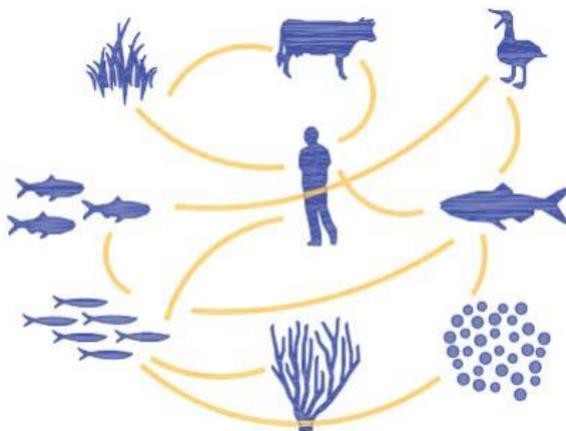
En construcción, los bifenilos policlorados (PCB) se utilizaron como aislantes térmicos y en los acabados de las viviendas

Sus efectos nocivos sobre la salud se conocen desde 1970, pero su prohibición de fabricación en Europa llegó en 1976, y de uso en 1985. Por esto es muy importante revisar que no haya elementos con PCB en el entorno de un ambiente interior. Si hubiera, estos materiales se deben retirar siguiendo un protocolo de protección y tratarse como residuo tóxico.

“Entre el 80 y 100% de la población española tiene PCB, junto a otros COPs, en sus organismos; además, los PCB pueden atravesar la placenta y transferirse a la descendencia”. Vivir sin tóxicos- Elisabet Silvestre.

Los COPs son capaces de bioacumularse y bioamplificarse, pudiendo transportarse grandes distancias a través del aire, agua y las especies migratorias. Su bioestabilidad y lenta biodegradación hace que puedan permanecer en el cuerpo unos 40 años, acumulándose en los tejidos grasos, suero o leche materna, aunque la principal vía de entrada es la ingesta, ya que el DDT se ha utilizado ampliamente como pesticida en agricultura. También entran en el cuerpo por vía respiratoria.

Su concentración es mayor en los seres vivos que en el ambiente que les rodea, a causa de su lipofilia, mencionada anteriormente. Esto genera acumulaciones en los niveles altos de la cadena trófica. No existen niveles seguros de exposición.



Efecte bioacumulatiu dels COP en la cadena tròfica – Guia tècnica de Biohabitabilitat

Dependiendo de la fuente en la que se encuentren estos compuestos, tendrán diferentes afectaciones en la salud, como afectaciones al sistema nervioso, infecciones, muchos son cancerígenos y mutágenos.

A pesar de que muchos están reconocidos por la UE y IARC como causantes de efectos adversos sobre la salud, pero todavía no existe una normativa que los regule en los materiales de construcción.

La norma SBM 2015 ofrece valores límite para las zonas de descanso a diferentes tipos de COPs:

Valores indicativos para las zonas de descanso SBM-2015 Página 3		no significativo	débilmente significativo	fuertemente significativo	extremadamente significativo
Pesticidas	Aire ng/m³	< 5	5 - 25	25 - 100	> 100
Como PCP, Lindano, Permetrina,	Polvo mg/kg	< 0,2	0,2 - 1	1 - 10	> 10
Cloropirifos, DDT ,	Madera, material mg/kg	< 1	1 - 10	10 - 100	> 100
Dicofluanida...	Material con contacto físico mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 10	> 10
Retardantes de fuego clorados	Polvo mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 10	> 10
sin halógenos	Polvo mg/kg	< 5	5 - 50	50 - 200	> 200
Plastificantes	Polvo mg/kg	< 100	100 - 250	250 - 1.000	> 1.000
PCB valor acumulado según LAGA	Polvo mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5
HAP valor acumulado según EPA	Polvo mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 20	> 20

Para disminuir los riesgos y exposiciones, se recomienda no utilizar biocidas, evitar materiales sintéticos, como siempre, ventilar, y priorizar soluciones físicas, a través de capas por ejemplo, respecto a materiales ignífugos que muchas veces tienen COPs.

Hemos visto que muchos de los COPs pueden actuar como disruptores endocrinos, sin entrar en detalle en estas sustancias. En el siguiente apartado se explicarán.

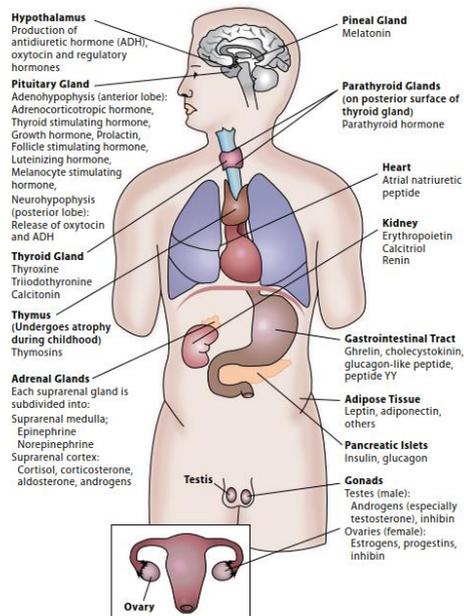


DISRUPTORES ENDOCRINOS

Se define como sustancia química exógena que tiene efectos adversos para la salud de un organismo intacto o su descendencia, como consecuencia de cambios en la función (*State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals*).

Para comprender las alteraciones endocrinas, debemos entender las características básicas del sistema endocrino, que consta de muchos tejidos que interactúan entre sí y con el resto del cuerpo mediante señales mediadas por las hormonas. Las hormonas actúan a dosis muy bajas. La glándula pituitaria, ubicada cerca del cerebro, es parte del sistema endocrino, y es la encargada de liberar hormonas que afectan muchas funciones corporales, como el crecimiento o regulación de la presión arterial.

De esta manera, el sistema endocrino regula las funciones vitales para el organismo y desarrollo embrionario. Está relacionado con el sistema nervioso e inmunológico.

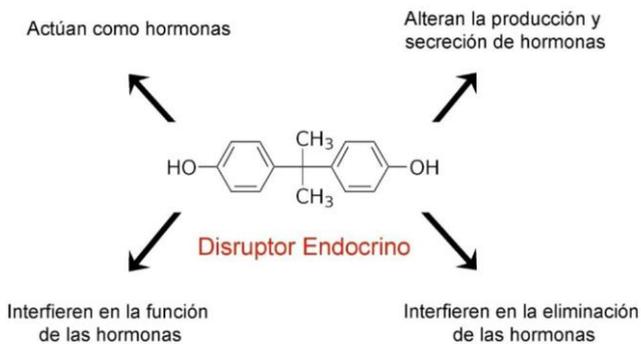


Los disruptores endocrinos son sustancias químicas que interfieren de algún modo con la acción hormonal y, al hacerlo pueden alterar la función endocrina de tal manera que provoquen efectos adversos para la salud humana y la fauna.

Pueden interferir alterando la síntesis, liberación, transporte, enlace, acción o eliminación de las hormonas naturales del organismo.

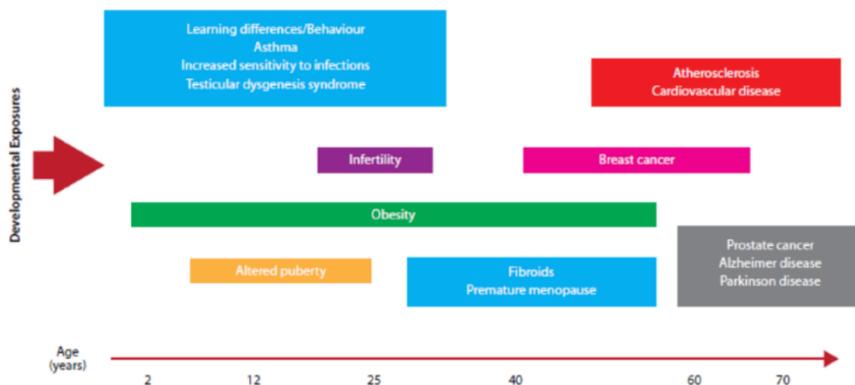
Se encuentran en los alimentos, el aire interior o artículos de consumo habitual. Son capaces de actuar a dosis muy bajas, al igual que las hormonas, y es por esto por lo que el organismo las reconoce como propias.

Se almacenan en el tejido adiposo por la composición molecular.



La relación dosis-efecto no es lineal, pudiendo generar efectos nocivos para la salud a dosis muy bajas.

El momento de exposición es sumamente importante, e incidirá en el total del desarrollo personal. Son sustancias epigenéticas.



Podemos encontrarlos en plaguicidas, metales pesados, ftalatos, parabenos, disolventes volátiles, organoclorados...

Un buen ejemplo es el PVC, presente en los materiales de construcción, necesita que se le añadan aditivos para estabilizarlo, rigidizarlo o dar plasticidad, aumento su carga tóxica. Además, para esto se suelen usar los ftalatos, que actúan como disruptores endocrinos. El PVC es tóxico durante todo su ciclo de vida.

Disruptores hormonales

1



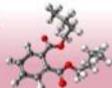
Fenoles
Bisfenol A, Parabenos, Benzofenoles, Triclosán

Se utiliza para para
Protección de envases alimentarios
Dan forma y resistencia a los plásticos

Se encuentran en
Tickets, botellas de agua, conservas, juguetes.
Cosméticos, productos capilares, protector solar.
Detergentes, textiles, productos de limpieza, material escolar.



2



Ftalato

Se utiliza para
Incrementar la flexibilidad de los plásticos

Se encuentran en
Embalajes, productos de higiene personal, juguetes, cosméticos, insecticidas, aspirina, aparatos médicos.

3

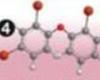


Bifenilos policlorados (PCB)

Se utiliza para
Antiinflamable, aislante térmico, estabilizador

Se encuentran en
Pintura, productos eléctricos, extintores, pigmentos, tinta, papel de albarán.

4



Bromados (BFR)

Se utiliza para
Retardantes de llama, inhiben la combustión

Se encuentran en
Aislantes, muebles, alfombras, polvo, sillas de bebé, piezas de plástico de equipo electrónico.

5



Perfluorados

Se utiliza para
Aplicaciones industriales

Se encuentran en
Envases y papel, textiles, cuero, fotografía, limpieza, cosméticos, pescado, marisco, bolsas de palomitas de microondas

Cuando actúan combinadas, generan efecto cóctel en nuestro organismo, y son más adversas y peligrosas. La normativa vigente no es adecuada para proteger a la población de esta exposición, ya que no están contempladas. No se pueden establecer niveles de dosis seguras dado que no responden a una curva dosis-efecto.

A modo de resumen, el ISTAS recopiló los usos de disruptores endocrinos más conocidos y presentes en productos de consumo habitual y el ámbito laboral. En este caso, se detallan los presentes en la construcción:

FAMILIA	SUSTANCIAS	USO	PRODUCTOS DE CONSUMO	ACTIVIDADES LABORALES AFECTADAS
CONTAMINANTES DE VIDA CORTA PERO UBICUOS	FTALATOS (BBP, DBP, DEHP)	Plastificantes de PVC principalmente, aunque también de celulosa, acetato de polivinilo y poliuretano. Componente de recubrimientos; insecticidas y repelentes; perfumes, esmalte de uñas, laca de pelo y otros cosméticos. Agente lubricante en textiles.	Artículos fabricados con PVC: juguetes, textiles, moquetas, cortinas, suelos, mangueras, tuberías, ventanas, etc. Pinturas y cosméticos Juguetes de plástico blando, masillas Contaminante de alimentos Contaminante del polvo doméstico	Fabricación y transformación de plásticos Metal Limpieza Fabricación de cosméticos Industria textil
	BISFENOL-A	Su uso principal es como materia prima para la fabricación de pinturas y plásticos con resinas epoxy y policarbonatos. Además es un producto intermedio en la fabricación de fungicidas, antioxidantes, tintes, resinas fenoxi y de poliéster, pirorretardantes.	Puede liberarse de latas de conserva recubiertas de plástico, envases y utensilios de cocina elaborados con policarbonato Papel térmico de tickets de compra Selladores dentales Contaminante de alimentos Contaminante del polvo doméstico	Química: fabricación, utilización, transporte o envasado de bisfenol-A. Construcción Metal Plásticos
	ALQUILFENOLES (nonilfenoletoxilato, octilfenoletoxilato y sus metabolitos nonilfenol y octilfenol)	Materia prima para la fabricación de detergentes; emulsificantes, humectantes y dispersantes de pinturas y fungicidas. Antioxidante y estabilizante de PVC. Aditivos de aceites lubricantes y espumas contraceptivas.	Detergentes Ropa Contaminante del polvo doméstico	Química Limpieza Agricultura Construcción Fabricación y Transformación de PVC
	ESTIRENO	Uso principal en la fabricación de poliestireno y copolímeros de estireno. También se utiliza para la fabricación de pinturas, lacas y barnices; en la industria de papel, pasta de papel y tableros; y la industria de polímeros.	Pinturas, lacas y barnices Espumas de poliestireno	Fabricación de estireno y poliestireno Fabricación, transformación y aplicación de plásticos Mantenimiento y limpieza de industrias relacionadas
	PARAFINAS CLORADAS	Aceites de corte en la fabricación de metales Pirorretardantes y aditivos de caucho, pinturas, revestimientos y selladores Fluidos dieléctricos	Materiales de construcción	Metal Química Fabricación, transformación y aplicación de plásticos Construcción Eléctrico

Tabla 6. Usos de EDC más conocidos y presencia en productos de consumo y en el ámbito laboral

FAMILIA	SUSTANCIAS	USO	PRODUCTOS DE CONSUMO	ACTIVIDADES LABORALES AFECTADAS
CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES	PCBs	Prohibidos, aunque aún se encuentran en algunos transformadores y condensadores eléctricos, en los que se utilizaban como aceite dieléctrico, y en residuos de otros equipos eléctricos y materiales de construcción. También se forman como subproductos indeseados en varios procesos industriales y la incineración de residuos es una fuente importante.	Sellantes de juntas y equipos eléctricos de edificios antiguos. Contaminante de alimentos grasos.	Almacenamiento, transporte y gestión de equipos y materiales que contienen o están contaminados con PCBs: Sector eléctrico Metal/máquina Gestión de residuos
	DIOXINAS POLICLORADAS (PCDDs)	Subproducto residual formado durante la incineración de residuos y materiales con cloro, fabricación y recuperación de metales, fabricación de papel y pasta de papel, clorofenoles, herbicidas clorados y plantas de cloro con electrodos de grafito.	Contaminante de alimentos	Química Papel y pasta de papel Gestión de residuos Metal
	PBBs PBDE	Pirorretardantes bromados que se usan en plásticos y textiles de: - Circuitos y equipos eléctricos y electrónicos. - Cableado y tapicería de vehículos de motor. Tapicería de trenes. - Paneles, moquetas y suelos de aviones. - Aislantes térmicos de tejados, fachadas, suelos y conducciones. - Recubrimientos de construcción.	Tapicerías Equipos eléctricos y electrónicos. Materiales de construcción (aislantes) Espumas de asientos de coches Contaminante del polvo doméstico	Fabricación de materiales eléctricos y electrónicos Transporte de alambres y cables Construcción Fabricación y reparación de material de transporte
	PLAGUICIDAS ORGANOCLORIDADOS (DDT, HexaclorobenCenO, Clordanos, ClordecaA, Mirex, Toxafeno, Lindano, Linurón, Acetoclor y Alaclor)	Los usos comerciales de la mayoría han sido prohibidos. El DDT aún se utiliza para el control de la malaria. El hexaclorobenceno se forma como subproducto en procesos industriales en los que se utiliza cloro.	Contaminantes de alimentos	Industria química Gestión de residuos
	SUSTANCIAS PERFLUORADAS (PFos, pfoa)	Debido a sus propiedades como impermeabilizante y antiadherente han tenido y tienen numerosos usos: Antiadherentes de utensilios de cocina Espumas contra incendios Impermeabilizantes y antiadherentes de tejidos, papel y cuero; ceras, barnices, pinturas y productos de limpieza; superficies metálicas, moquetas Fabricación de semiconductores Fotolitografía Fluidos hidráulicos	Utensilios y papel de cocina antiadherentes Tejidos, moquetas, Hilo dental Asientos de coches Contaminante de alimentos	Química Fabricación y transformación de plásticos Textil Metal Impresión Sector eléctrico Gestión de residuos Bomberos Galvanizado
METALES	PLOMO	En forma metálica se utiliza en barreras de sonido y de radiaciones, munición, pesas de ruedas y de pesca, cubiertas de tejados, componentes electrónicos. En aleaciones se utiliza en acabados metálicos y soldadura. En compuestos químicos se utiliza como componente de baterías eléctricas y acumuladores; PVC, caucho y resinas; pinturas, barnices, esmaltes y vidrio; etc.	Baterías Artículos de PVC duros: persianas Pinturas Pinturas de juguetes Bisutería Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Metal Fundiciones Química Gestión de residuos Fabricación de vidrio Construcción
	CADMIO	Fabricación de baterías de níquel-cadmio Recubrimiento en galvanoplastia Pigmentos (el sulfuro de cadmio se emplea como pigmento amarillo) Aleaciones de bajo punto de fusión Soldaduras Compuestos fosforescentes en televisores Semiconductores Estabilizantes de plásticos como el PVC Pigmento en la fabricación de pintura, como el acrílico, óleo, etc.	Baterías Artículos de PVC Pinturas Pinturas de juguetes Bisutería Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Metal
	NÍQUEL	Fabricación de acero inoxidable Aleaciones Baterías recargables Catálisis Acuñación de moneda Recubrimientos metálicos y fundición	Baterías Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Química Metal Gestión de residuos

	MERCURIO	Fabricación de cloro (cloroalcalinas) Fabricación de cloruro de vinilo Baterías Amalgamas dentales Instrumentos de medición y control Alumbrado Instrumentos eléctricos	Amalgamas dentales Consumo de pescado y marisco	Química Metal Gestión de residuos
	COMPUESTOS ORGANOESTÁNICOS TRIBUTILESTANO (TBT)	Moluscocida utilizado como agente anti-incrustante en barcos, boyas, muelles, etc. Biocida en albañilería Desinfectante Biocida de sistemas de refrigeración, torres de refrigeración de plantas eléctricas, fábricas de papel y pasta, cerveceras, curtidos y fábricas textiles		Naval Pesquero Construcción Limpieza Limpieza y mantenimiento de torres de refrigeración
METALOIDES	ARSÉNICO	Preservante de la madera Semiconductor Construcción de diodos láser y LED Aditivo en aleaciones de plomo y latones Insecticida (arseniato de plomo) Herbicidas (arsenito de sodio) Pigmento y en pirotecnia Decolorante en la fabricación del vidrio	Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Química Metal Fundición Gestión de residuos Eléctrico Pirotecnia

Los efectos adversos para la salud pueden manifestarse años después de darse la exposición, en la etapa adulta, incluso en las generaciones venideras. Cada DE tendrán diferentes efectos sobre la salud, entre ellos:

- Sistema reproductivo masculino: disminución calidad del semen, criptorquidia, hipospadias, pubertad precoz.
- Sistema reproductivo femenino: reducción fertilidad, daños congénitos, síndrome del ovario poliquístico, endometriosis, fibromas uterinos.
- Tumores órganos hormono dependientes: cáncer mama, próstata, testículo, tiroides.
- Alteraciones desarrollo sistema neurológico: cognitivos, memoria, aprendizaje, déficit atención, comportamiento, autismo.
- Enfermedades metabólicas: diabetes, obesidad.
- Afecciones neuro-inmunológicas: FC, FM, esclerosis múltiple.

En la siguiente tabla, realizada también por el ISTAS, es posible ver algunos de ellos y los mecanismos de acción:

Sustancia química	Uso	Acción EDC	Efecto sobre la salud
Atrazina	Herbicida	Incremento expresión aromatasa	Diferenciación y desarrollo sexual masculina
Bisfenol A (BPA)	Resinas epoxi, papel térmico Envases alimentos	Se une al ER, mER, ERR, PPAR, puede formar uniones débiles con el receptor de la TH y AR	Función y desarrollo de la próstata, la mama, el cerebro, sistemas reproductor e inmune, metabolismo.
Clorpirifós	Insecticida	Antiandrogénico	Alteración del receptor de la acetilcolina (cerebro)
Dioxinas cloradas (TCDD)	Contaminante generado durante procesos industriales y de combustión con presencia de cloro (Ej. incineración de residuos).	Se une a AhR	Estrés oxidativo. Alteraciones de la espermatogénesis, la función inmune y del desarrollo dental y óseo, de la reproducción femenina, de la glándula mamaria y de la conducta
Hexaclorobenceno	Contaminante generado durante procesos industriales y de combustión con presencia de cloro (Ej. incineración de residuos).	Regula la fijación del TRE, se une débilmente al AhR	Ansiedad y conducta agresiva
Metoxicloro	Insecticida	Fija el ER	Sistema inmune
Alcanfor 4-metilbencilideno (4-MBC)	Pantalla UV	Débilmente estrogénico	Conducta sexual
Metil parabeno	Conservante	Estrogénico	Organización del tejido uterino
Nonilfenol	Detergentes	Débilmente estrogénico	Metabolismo de la testosterona
PCBs180	Lubricante industrial, refrigerante	Alteración de la ruta del glutamato. Mimetiza el estrógeno	Diabetes (humanos)
Perclorato	Carburantes, fuegos artificiales	Bloquea la captación de yodo, altera la TH	Concentraciones de TSH (humanos)
Óxido de tributilestaño	Pesticidas, conservación de la madera	Fija el PPAR	Obesidad
Triclosan	Agente bactericida	Efectos antitiroideos, actividad androgénica y estrogénica	Alteración de la respuesta uterina al etenilestradiol

Tabla 5. Grupos de EDC relacionados con efectos sobre la salud humana y la fauna silvestre

Sustancias	Investigados en relación a...																		
	Efectos sobre la salud humana										Efectos sobre la vida silvestre								
	Salud reproductiva masculina	Pubertad precoz femenina	Fecundidad femenina	Síndrome de ovarios poliquísticos	Fertilidad femenina	Endometriosis	Fibroides uterinos	Cáncer de mama	Cáncer de próstata	Cáncer de testículos	Cáncer de tiroides	Neurotoxicidad durante el desarrollo	Síndrome metabólico	Invertebrados	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
PCBs, PCDDs, PCDFs*	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
Éteres polibromados (PBDEs)	●	●					●			●		●				●		●	●
Compuestos perfluorados (PFCS)			●								●	●		●	●		●		
DDT/DDE	●	●	●		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Plaguicidas	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Metales pesados	●	●	●		●			●	●		●							●	●
Alquilfenoles, bisfenol A, parabenos		●		●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●		
Ftalatos	●	●			●	●	●			●		●	●	●	●				
Farmacéuticos estrogénicos	●				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	
Fitoestrógenos		●	●			●	●	●	●		●	●						●	
Organoestánicos											●	●	●						

*Bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas cloradas (PCDDs), furanos clorados (PCDFs)

Fuente: Andreas Kortenkamp A et al. STATE OF THE ART ASSESSMENT OF ENDOCRINE DISRUPTERS Final Report. Project Contract Number 070307/2009/550687/SER/D3. Annex 1. SUMMARY OF THE STATE OF THE SCIENCE. Revised version. Brussels: European Commission, DG Environment, 29 January 2012.

Es posible que Paracelso no conociera los disruptores endocrinos cuando llegó a la conclusión de que "todo es veneno y nada es veneno, sólo la dosis hace el veneno".

CONCLUSIÓN FACTORES QUÍMICOS

Las 10 sustancias químicas preocupantes para la salud pública, publicadas por la OMS, pueden incluirse en alguna de las categorías descritas anteriormente.



Razón más que suficiente para plantearnos la necesidad de cambiar nuestros hábitos y, desde la arquitectura, la elección de los materiales que tendrán incidencia sobre la calidad del aire interior.

No se deben utilizar productos que contengan altas emisiones de COV. Existen normativas y sellos con diferentes umbrales para informarnos de estas cantidades. Se puede utilizar la norma SBM-2015 para espacios de descanso como referencia, y el RISCTOX para ampliar la información.

Minimizar especialmente los valores de formaldehído e isocianatos (pesticidas, espumas de poliuretano y plásticos), puesto que son los COVs más extendidos. También evitar o reducir el uso de productos ignífugantes, y evitar los productos que viertan nanopartículas en el ambiente interior.

Algo importante a destacar es que un ambiente cargado de iones negativos favorece los ambientes saludables, disminuye la presencia de COVs y las partículas de polvo en el ambiente, en las que, como hemos visto, pueden depositarse los COPs.

Para todo esto, siempre es preferible elegir productos de origen natural que incorporen el mínimo de sustancias químicas sintéticas tóxicas.

Esto sirve, no solo para materiales de construcción, sino también para productos de limpieza y cosmética, ya que también pueden incluir estos compuestos porque, como hemos visto, no están prohibidos ni regulados.

Purificación de ambientes interiores

La ventilación natural será nuestro gran aliado a la hora de disminuir la concentración de estos contaminantes.

Por otro lado, las plantas son excelentes purificadores ambientales. Cada planta, además de absorber nitrógeno, carbono y oxígeno del aire, desintoxica el aire según el compuesto químico que permanezca suspendido en el aire, entre ellos el formaldehído, monóxido de carbono, benceno, etc.

En la década de 1980, un estudio científico de la NASA verificó que las plantas caseras pueden eliminar hasta 87% del aire tóxico en el interior de una vivienda en 24 horas. Más recientemente, Damien Cuny y Marie-Amélie Rzepka, dos científicos franceses, establecieron que la vía principal que tienen las plantas para absorber contaminantes es la raíz, que absorbe los compuestos diluidos en agua, y las hojas como vía secundaria.

Cada especie es sensible a una sustancia diferente, por lo que es aconsejable disponer de varias especies para aprovechar al máximo sus beneficios.





DWARF DATE PALM
Phoenix robelenii



BOSTON FERN
Nephrolepis exaltata



KIMBERLEY QUEEN FERN
Nephrolepis oblitterata



SPIDER PLANT
Chlorophytum comosum



CHINESE EVERGREEN
Aglaonema modestum



BAMBOO PALM
Chamaedorea seifrizii



WEeping FIG
Ficus benjamina



DEVIL'S IVY
Epipremnum aureum



FLAMINGO LILY
Anthurium andraeanum



LILYTURF
Liriope spicata



BROADLEAF LADY PALM
Rhapis excelsa



BARBERTON DAISY
Gerbera jamesonii



CORNSTALK DRACAENA
Dracaena fragrans 'Massangeana'



ENGLISH IVY
Hedera helix



VARIATED SNAKE PLANT
Sansevieria trifasciata 'Laurentii'



RED-EDGED DRACAENA
Dracaena marginata



PEACE LILY
Spathiphyllum 'Mauna Loa'



FLORIST'S CHRYSANTHEMUM
Chrysanthemum morifolium

Reducir las sustancias químicas en el ambiente interior minimiza la exposición a estos agentes y, por tanto, la aparición de las enfermedades a los que les asocia. No solo a nivel de salud humana, si no también medioambiental.

El uso de materiales más saludables y naturales tendrá también una fabricación más saludable, y por ende, sus residuos también lo serán, mejorando su huella ecológica: **no podemos vivir sanos en un planeta enfermo.**

FACTORES BIOLÓGICOS

Los riesgos biológicos provienen de microorganismos vivos, que no siempre son visibles por el ojo humano. Pueden ser las bacterias, levaduras, hongos, ácaros, mohos.

Todos ellos pueden generarse en los espacios interiores, por lo que todos estamos expuestos. La presencia de estos contaminantes puede ser la causa de enfermedades como la aspergilosis, desarrollo de alergias, afecciones en el aparato respiratorio superior.

El problema se genera al romperse el equilibrio dentro de los espacios interiores, por lo que es muy importante el control de la humedad relativa y la ventilación.

Sin embargo, los efectos sobre la salud varían según el tipo y la cantidad de contaminación biológica en el aire, y de cada persona en particular. Las más sensibles son los niños, personas mayores y personas con afecciones respiratorias.

Entre los microorganismos patógenos que podemos encontrar en los espacios interiores, tenemos:

- Hongos (moho y levaduras)
- Bacterias y virus (legionela y actinomicetos)
- Alérgenos (ácaros)

Factores que fomentan la contaminación biológica

Hay muchos factores físicos y químicos que favorecen ambientes propicios para la aparición de estos agentes biológicos: humedad relativa alta, falta de limpieza, exceso de electrostática, espacios sin ventilación adecuada o presencia de luz solar, que es un gran germicida y fungicida natural.

Mecanismos de los factores patógenos

Las mitocondrias, estructuras específicas dentro de las células que generan la mayor parte de la energía química necesaria para activar las reacciones bioquímicas de la misma. En un estado normal, activan una correcta acción de autofagia y favorecen un ritmo circadiano óptimo.

La autofagia es el proceso por el que la célula descompone y destruye proteínas viejas, dañadas o anormales, y otras sustancias en su citoplasma (líquido en el interior de la célula) para realizar funciones celulares importantes.

Cuando las mitocondrias se ven afectadas por microorganismos patógenos, entran en estado de alerta, produciendo menos ATP (trifosfato de adenosina, principal fuente de energía de los seres vivos.) y más ROS (molécula inestable que contiene oxígeno y que reacciona fácilmente con otras moléculas de la célula. Si hay acumulación de especies reactivas de oxígeno en las células puede dañar el ADN, el ARN y las proteínas). Esto se traduce en una respuesta inmunológica e inflamatoria

del cuerpo, a causa de un detenimiento de la autofagia y reparación de este.

Así, se activa el estrés neuronal, y el cuerpo entra en un estado de depresión, inflamación multisistémica, pérdida de acción vagal, que regula actividad y homeostasis, y producción enzimática incorrecta. El cuerpo se vuelve hiperreactivo, y ante cualquier mínima alerta reacciona.

Todo eso produce un aumento desproporcionado de citocinas, que son proteínas cruciales para controlar el crecimiento y la actividad de otras células del sistema inmunitario y las células sanguíneas. Cuando se liberan, le envían una señal al sistema inmunitario para que cumpla con su función. Así, el cuerpo nos avisa de un elemento agresor dentro del cuerpo y su alerta es producir inflamación.

Las micotoxinas tienen la capacidad de inflamar el cuerpo activando los mastocitos. Los mastocitos tienen una función importante en la respuesta a ciertas bacterias y parásitos del sistema inmunológico. Al producirse la inflamación, se genera un CDR, Cell Danger Response, proceso por el que se le quitan recursos a la célula infectada.

En este estado de alerta constante, si no solucionamos la causa, el cuerpo nunca sale del círculo vicioso de inflamación. Es decir, si los agentes patógenos están en el ambiente y no atacamos la causa, el cuerpo vivirá en este estado de alerta constante.



HONGOS

Los hongos son los grandes descomponedores de toda la materia orgánica que existe en la Tierra. Pero, existe una gran cantidad que, en situaciones específicas, pueden ser tóxicos.

Producen grandes cantidades de esporas que están presentes en los ambientes, y con las corrientes de aire se esparcen.

Las esporas germinan al encontrar condiciones ambientales favorables, que son diferentes según la especie. Además de ambiente favorable, necesitan un medio receptor.

Se adaptan a climatologías muy diversas y pueden sobrevivir en condiciones extremas. No necesitan de energía lumínica para crecer o esparcirse, pero sí oxígeno. El frío y el calor extremo pueden destruirlos.

Los hongos pueden aparecer por mal secado en procesos constructivos, humedades por capilaridad, como producto de la condensación y aumento de la humedad, fugas de agua, puentes térmicos, ya que hay una alta conductividad térmica, también en los sistemas de ventilación, filtración, salidas en agua. También por exceso de humedad, producto de la actividad humana.

Para evitar su aparición, es importante mantener una buena dinámica de vapor de agua siempre en equilibrio.

El moho es un tipo de hongo que se puede formar cuando hay una gran cantidad de vapor de agua en el ambiente. Es uno de los más comunes que podemos encontrar en espacios interiores. Son microorganismos no higroscópicos que se reproducen por esporas.

Cuando tenemos ambientes en los que están presentes estos organismos esto presenta un riesgo para las vías respiratorias y el sistema inmunológico de las personas. Su efecto es combinado con otros tóxicos, son biotoxinas que provocan inflamaciones, y sitúan al organismo en un estado de alerta constante. De hecho, en el año 2009, la OMS añadió un apartado en su guía para la calidad del aire en interiores referida a humedad y moho.

Otra tipología de hongos muy presente son las levaduras (cándida albicans). Son microorganismos que aparecen en pequeños nódulos, y se multiplican por brotación en fluidos y alimentos.

A diferencia de moho, necesitan mucha más humedad para reproducirse y prefieren la suciedad. No se propagan con las corrientes de aire, pero suelen contaminar objetos de uso cotidiano, como neveras, lavadoras o lavavajillas.

Conllevan un riesgo para el tracto intestinal, ya que lo colonizan, y también para el sistema inmunológico, produciendo enfermedades como la candidiasis, producto de la candida albicans, o candida auris.



BACTERIAS Y VIRUS

Son microorganismos presentes en los hábitats humanos que viven y se reproducen en el polvo doméstico, humedad alta (más que los hongos y levaduras), y donde hay materia orgánica, junto a hongos. Podemos encontrarlos también en textiles, conductos o torres de climatización.

El análisis puede realizarse mediante un test con placas de Petri de cultivos entre zonas interiores y exteriores, aspiración del aire a analizar en laboratorio o análisis de partículas de polvo.

En la práctica, salvo que se soliciten mediciones específicas, las técnicas más utilizadas son la detección mediante olor o vista. Puede ser necesaria una cámara endoscópica para mirar dentro de las cámaras de aire. De esta forma no se tiene el valor numérico ni el tipo de microorganismo, pero sí la confirmación de su presencia y el grado de afectación.

Una bacteria peligrosa que podemos encontrar en espacios interiores es la Legionella. Es la más evidente y está regulada por el RD 865/2003.

Podemos encontrarla en equipos de producción de ACS y equipos de climatización por agua. También se encuentran naturalmente en los ambientes de agua dulce, como lagos y arroyos. Estas bacterias pueden convertirse en una preocupación de salud cuando se multiplican y propagan en los sistemas de

agua de los edificios. Su efecto tóxico se produce por inhalación en forma de agua en suspensión.

Necesita entre 25ªC y 45ªC para crecer. No tolera más de 50ªC, y a los 75ªC muere rápidamente. Las bacterias no se transmiten de una persona a otra

La especie más patógena de estas bacterias es la *L. pneumophila*, ya que puede generar legionelosis, una enfermedad que causa infección pulmonar.

Según la Organización Mundial de la Salud, esta enfermedad se localiza en todas las partes del mundo.

Otras bacterias muy presentes son los actinomicetos. Son bacterias anaerobias que colonizan el cuerpo humano o las superficies de los materiales.

Generan una alta cantidad de toxinas, especialmente cuando interactúan con las endotoxinas de otras bacterias o los hongos, ya que funcionan como catalizadores de propiedades tóxicas de otros hongos. Una de sus variantes es la tuberculosis.

La afectación principal sobre la salud es por inhalación, a través de las vías respiratorias, o por ingestión. Afecta el sistema respiratorio y debilita al inmunológico. Su efecto es combinado con otros tóxicos. Son biotoxinas que provocan inflamaciones, y sitúan al organismo en un estado de alerta constante.



ALÉRGENOS

Entre el 20% y 25% de la población mundial sufre alguna enfermedad alérgica, y para el 2050 la OMS publicó que el 50% lo será.

La contaminación tiene un papel fundamental en las razones por las cuales estos porcentajes aumentan, ya que hay partículas en el aire que dañan las vías respiratorias y nos hacen más sensibles a los alérgenos. Por su parte, estos se vuelven más agresivos, lo cual explicaría que el polen produzca más sintomatología en las ciudades que en el campo.

Un alérgeno muy presente en los espacios interiores son los ácaros (*Dermatophagoides Pteronyssinus*). Un 22% de la población mundial es alérgica a sus excrementos.

Son más grandes que los agentes explicados hasta ahora: miden 0,2mm. Se alimentan de restos de piel, polen y hongos.

Cuando la humedad relativa es mayor a 60% aumenta la concentración de ácaros. También pueden encontrarse en polvo doméstico y textiles.

La sensibilización se produce a partir de concentraciones muy pequeñas (2000 ng/g)

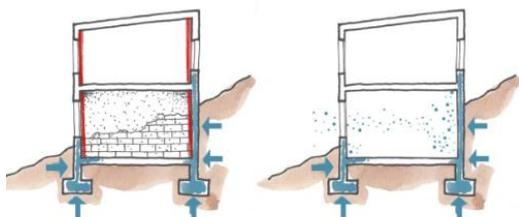
La afectación sobre la salud se produce principalmente por inhalación o ingestión, afectando al sistema respiratorio e inmunológico.

CONCLUSIÓN FACTORES BIOLÓGICOS

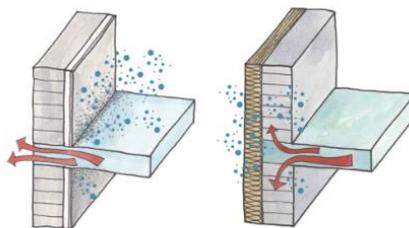
La contaminación por factores biológicos puede presentar un gran problema de salud en las personas expuestas a ellos. Estos agentes se encuentran presentes de manera natural, y podemos convivir perfectamente con ellos, el riesgo ocurre al romper el equilibrio de los ambientes.

Para esto existen ciertas consideraciones como la elección de materiales, temperatura, humedad, limpieza.

Los aislamientos deberían ser higroscópicos y tolerar el vapor de agua, para evitar la proliferación de estos hongos. Los materiales naturales ayudan a prevenir su aparición, ya que retienen el exceso de vapor de agua y equilibran el ambiente interior. Una ventilación adecuada será fundamental. Se recomiendan 4 capas de control: agua, aire, vapor y aislamiento térmico, y sistemas abiertos a la difusión de vapor de agua para evitar condensaciones en los diseños constructivos (capilaridad, puentes térmicos).

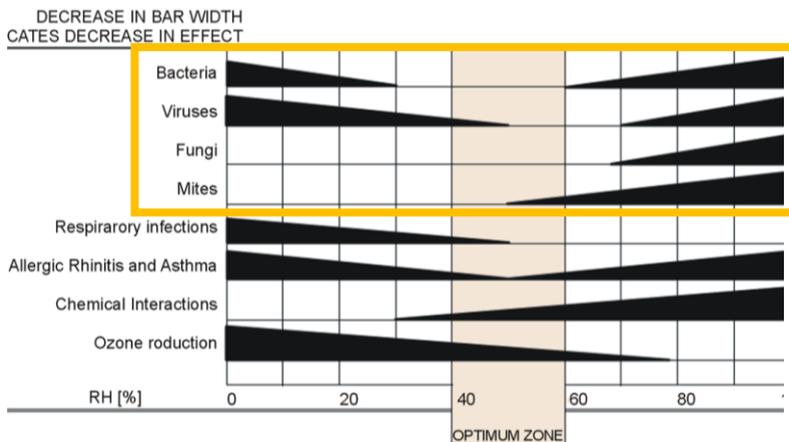


Tractament d'humitats per capilaritat



Tractament d'humitats per ponts tèrmics

En los espacios interiores, mantener la humedad entre 40% y 60% con los materiales dificultará la aparición de virus, hongos, bacterias y ácaros, ya que disminuye el efecto de los mismos llegando a estos porcentajes, tal y como se puede observar:



Las infecciones respiratorias disminuyen en esta franja.

Es recomendable también que los acabados finales sean con pinturas naturales (cal o silicato) y tratamientos de poro abierto (lasur y barniz).

El mobiliario también debería estar hecho con materiales y recubrimientos de fibras naturales.

Evitar elementos plásticos no transpirables, y fundamentalmente en rehabilitación, evitar las superposiciones de éstos.

Buenas pautas de ventilación ayudarán a mantener los ambientes en equilibrio, y solamente cuando sea necesario usar un deshumectador.

En cuanto a las instalaciones, es importante que sean registrables para poder hacer seguimiento y limpieza de los conductos y equipos.

En caso de tener ambientes contaminados, como se ha dicho, lo primero es identificar la fuente y confinar los hongos para que no se escapen a otras áreas, porque como se ha dicho, se esparcen con las corrientes de aire.

Luego, se debe extraer el aire fuera mecánicamente, con deshumidificadores y aspiradoras, y por último limpiar el material que sea posible, y el que no, quitarlo y llevarlo a lugares especializados.

La zona afectada se debe limpiar en toda su superficie con trapos de microfibra y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) o encimas, y aspiradoras industriales con filtros HEPA, idealmente.

No se debe usar lejía, ya que los refuerza, ni tampoco biocidas porque favorecen su mutación.

Las muestras de los hongos se llevarán al laboratorio para ser estudiadas.

Las pinturas de cal y arcilla funcionan como desinfectante natural, no son tóxicas y no emiten COVs.

La norma UNE 171330:2014 de obligatorio cumplimiento para instalaciones de más de 70kW establece un criterio de confort de <200ufc/m³ para hongos y de <600ufc/m³ para bacterias.

De todos modos, el número de bacterias y hongos en un ambiente interior debería tener el mismo nivel o inferior que el del aire exterior.

ENTORNO Y PERCEPCIÓN

Estoy convencida de que las personas somos un todo, y no una suma de partes, pero decidí separar el trabajo en *cuerpo y entorno*, y *entorno y percepción*.

En el primero, decidí centrarme en los procesos y las respuestas físicas de nuestro cuerpo en relación con el contexto físico, químico y biológico, que pueden generar un deterioro en nuestra salud física.

En esta segunda parte, me gustaría centrarme en el sistema nervioso, que a su vez repercute en el resto del cuerpo, pero quiero entender cómo los estímulos del entorno nos pueden influenciar, cómo nuestra percepción está relacionada, y por qué no existe una respuesta que sirva para todos, naturalmente.

Esta última pregunta es la que más me apasiona; actualmente creo que en muchos ámbitos se busca simplificar y aplicar recetas mágicas resolutivas, que no tienen en cuenta la unicidad de los lugares, los proyectos, las personas, cuando es esta unicidad la que nos representa y define.

Este sería el cuarto factor para lograr un espacio biocompatible, el fenomenológico, porque también tiene una gran influencia sobre la salud global. Hasta hace un tiempo podía ser más difícil de diagnosticar, pero actualmente hay cada vez más estudios y evidencia científica de la influencia que tienen los espacios habitados sobre el sistema nervioso y nuestra salud integral.

En un principio había pensado en factores psicosociales, pero luego de leer sobre esto y buscar definiciones, creo que no representa lo que quiero describir. Esto se explicará a continuación.

A diferencia del resto del trabajo, en esta parte decidí no dividirla en subtemas, si no que se tratará todo bajo el mismo apartado, ya que estaremos hablando de comprensión, percepción y entorno.

Como describe Juhani Pallasmaa en su libro *Esencias*, “*No solo existimos en una realidad espacial y material, sino que habitamos también realidades culturales, mentales y temporales (...) El papel de la arquitectura no es crear unas figuras o sentimientos de un fuerte protagonismo, sino establecer marcos para la percepción y horizontes para la comprensión*”

En la arquitectura podemos encontrar la conjunción entre las emociones, el espacio y el comportamiento.



FACTORES FENOMENOLÓGICOS

La fenomenología es el estudio filosófico del mundo en tanto se manifiesta directamente en la conciencia; el estudio de las estructuras de la experiencia humana.

Este término se puede trasladar a la arquitectura porque una perspectiva fenomenológica de una situación da la posibilidad de resolver una problemática desde diferentes lentes, fijándonos en el todo. Como explica Ana Mombiedro, *“en el todo habitan las partes, que al coexistir de forma única e irrepetible dan como resultado un todo cambiante”*.

En verdad este concepto podría ser el nombre de todo el trabajo, ya que todos los descritos anteriormente también son parte de ese todo cambiante en un proyecto arquitectónico.

Sin embargo, elegí esta palabra para agrupar dos temas que implican conexiones diversas en el sistema nervioso, que son parte fundamental del todo, y que, aunque últimamente escuchemos hablar de ellas, hasta hace poco tiempo, en general, no eran muy tenidas en cuenta a la hora de diseñar: neurociencias aplicadas a la arquitectura y diseño biofílico.

Para entenderlo, me gusta un resumen que hizo Paul Eberhard sobre lo que expone Fred Gage en su libro *“Architecture and Neuroscience: A Double Helix”*:

“Así como el cerebro controla nuestro comportamiento y los genes, el proyecto que define la estructura del cerebro, el entorno puede modular la función de los genes y, en última instancia, la estructura del cerebro y, por tanto, modifican nuestro comportamiento. Al definir los entornos en los que vivimos, el proyecto de arquitectura modifica nuestro cerebro y nuestro comportamiento”.

La arquitectura crea atmósferas en las que los estímulos cohabitan el espacio, y me gustaría descubrir cómo.

El sistema nervioso siempre está relacionándose con el entorno y los espacios que habitamos, es por esto que no existen ejemplos de neuroarquitectura. Todo es neuroarquitectura, pero lo que sí es posible es diseñar desde el entendimiento de este para poder crear entornos saludables tanto física como mentalmente.

A través de las investigaciones de Fred Gage, sabemos que existe la neurogénesis en la adultez, es decir, la capacidad de nuestro cuerpo de generar nuevas neuronas en el cerebro durante toda nuestra vida, y esto se produce en el hipocampo, en el lóbulo temporal, relacionado a la memoria, recuerdos y ubicación espacial.

El sistema nervioso transforma estímulos en realidades tangibles, y es la arquitectura la encargada de construir estas realidades.

Para entender cómo aplicar las neurociencias a los espacios construidos, primero es necesario entender, al menos un poquito, cómo funciona el sistema nervioso en relación con el entorno, y cómo procesamos la información.

No existen vías únicas de pensamiento, sino que la información se propaga por el tejido nervioso y, según la intensidad de la señal electroquímica, llega a un sitio u otro, siempre de manera tridimensional.

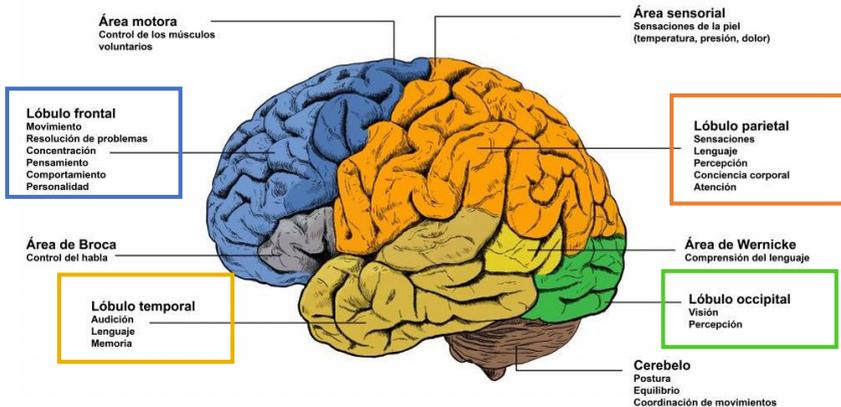
Podemos dividir el pensamiento en maneras de procesar:

- BOTTOM-UP: procesamiento de la información sensorial tal como llega al cerebro. Es la forma más primitiva, relacionada a las emociones.
- TOP-DOWN: percepción que viene desde la cognición. El cerebro toma conocimientos previos para construir la información. Sería la parte más racional de pensamiento.

No es lo mismo percepción que sensación. La percepción es un proceso psicológico de interpretación de la información sensorial, y la sensación es una respuesta fisiológica de recepción de estímulos del entorno. La información que recibimos del entorno se queda agrupada en el cerebro y, a través de impulsos eléctricos, da como respuesta una sensación. No podemos seleccionar qué estímulos recibimos, pero solo nos llegan los que tienen mayor intensidad sensorial.

Sistema nervioso y cerebro

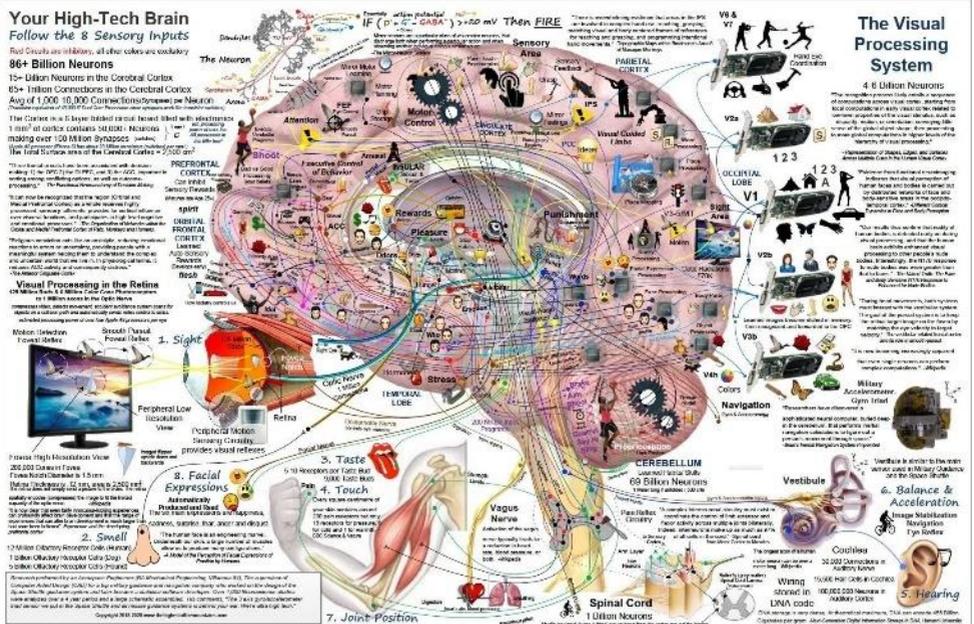
El cerebro está dividido en cuatro lóbulos principales: el lóbulo frontal, el lóbulo parietal, el lóbulo temporal y el lóbulo occipital.



- **Lóbulo frontal:** responsable del movimiento, la resolución de problemas, el juicio y la planificación. También interviene en la personalidad y la expresión emocional.
- **Lóbulo parietal:** responsable de las sensaciones, como el tacto, la temperatura y el dolor. También interviene en la conciencia espacial y la navegación.
- **Lóbulo temporal:** responsable del procesamiento auditivo, la memoria y el lenguaje.
- **Lóbulo occipital:** responsable de la visión.

Es importante señalar que estas funciones no están aisladas en un lóbulo concreto, sino que la mayoría de ellas se procesan en varias regiones del cerebro que trabajan conjuntamente.

Este sería un gráfico más acertado, pero, al menos para mí, más difícil de explicar de lo que sucede en el cerebro:



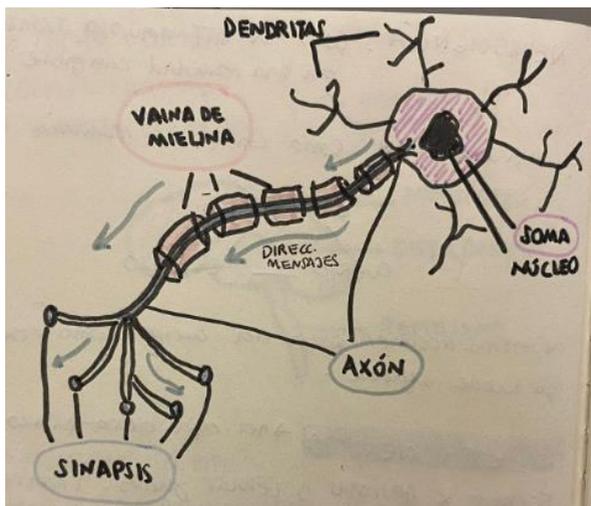
Las **neuronas** son las células especializadas del sistema nervioso que hacen posible que nuestro cuerpo esté en equilibrio homeostático. Gracias a Santiago Ramón y Cajal sabemos que son unidades independientes. Entre ellas hay contigüidad, pero no continuidad, y están compuestas por:

Dendritas: prolongación de la neurona que recibe estímulos y ayudan a la alimentación celular cerca del núcleo, llamado soma.

Soma: cuerpo celular de la neurona. Abarca el volumen del núcleo hasta la membrana que conecta a la neurona con su entorno

Axón: prolongación que une el cuerpo de la neurona con las sinapsis. Sirve de vía por la que pasan los impulsos nerviosos, y está recubierta por mielina, que tiene un papel importante en la velocidad de transmisión.

Sinapsis: terminaciones nerviosas donde desembocan los estímulos que viajan por el axón. Son los que transmiten la información eléctrica a otras neuronas, células, etc., con ayuda de neurotransmisores.



También sabemos que hay diversidad de neuronas y que se organizan en redes y sistemas. La comunicación entre ellas se realiza a través de la sinapsis. La mayor parte de la sinapsis es de tipo químico, es decir utiliza moléculas, a través de neurotransmisores. Estos circuitos están repartidos por todo el cuerpo.

Una de las diferencias entre las neuronas jóvenes y las maduras es la cantidad de mielina que recubre el axón, cuando pasa el tiempo esta disminuye y hace que la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos sea más lenta.

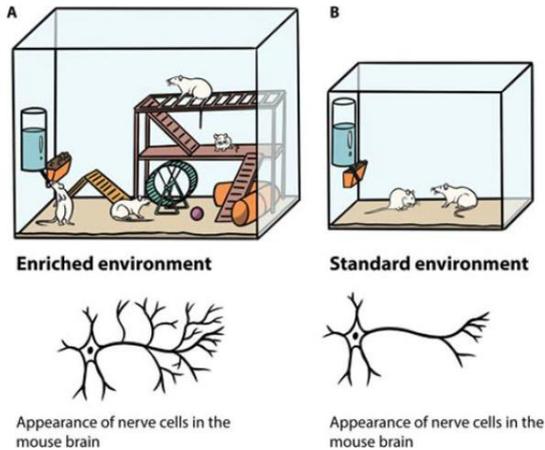
Las neuronas no pueden vivir sin su entorno, la **glía**, ya que ésta las ayuda a efectuar sus funciones vitales. Así es como traducen la información del exterior en sensaciones.

De esta manera, volviendo a Fred Gage y sus investigaciones sobre la neurogénesis, realizaba sus experimentos con ratones, ya que su cerebro es genéticamente similar al nuestro.

En 1997 realizó un experimento comparando ratones en un espacio estándar, y otros en entornos enriquecidos, que son aquellos espacios que habilitan y favorecen la utilización de todos los sentidos en la incorporación de información, con el objetivo de favorecer determinados aprendizajes.

De esta manera pudo demostrar que la neuroplasticidad, es decir, la capacidad biológica innata que tienen nuestras neuronas y redes neuronales para cambiar sus

conexiones y funciones en respuesta a nuevos desarrollos, información, daño o estimulación, es mayor cuando estamos expuestos a estos entornos enriquecidos:



La neuroplasticidad nos permite remodelar la forma en que pensamos, recordamos y nos comportamos: aprender.

Creo que conocer y considerar esta capacidad que tenemos, hará que nuestros diseños tengan un salto cualitativo y saludable muy grande. Aunque también hay que tener cuidado con espacios tipo bomba sensorial, aquellos que tienen el potencial de saturar alguno de nuestros sentidos.

Ante cualquier tipo de estímulo del entorno, el cuerpo hace de filtro de esta información que nos llega a través de nuestros órganos, para traducirla en información sensorial.

Para esto se involucra el sistema límbico, que es la parte del cerebro que incluye el tálamo, el hipotálamo y la amígdala cerebral, que regula las emociones, la memoria, el hambre y los instintos sexuales, la parte inconsciente, y también el neocórtex, área cerebral responsable de la capacidad de razonamiento, permitiendo el pensamiento lógico y la consciencia.

A raíz de todo este camino, y fruto de la interacción con el entorno, se generan las **reacciones corporales**:

Sensitivas: sensaciones del cuerpo que son iguales en todas las personas.

Emocionales: están relacionadas a nuestra experiencia con el mundo.

Motoras: relacionadas con movimientos conscientes o inconscientes del cuerpo, como caminar.

Memorísticas: tienen que ver con los recuerdos. Pueden venir acompañadas de imágenes u otras reacciones sensitivas.

La arquitectura es mediadora entre nosotros y el mundo que habitamos: es origen y fruto de la experiencia.

El diálogo con el entorno es cíclico, se reescribe en cada paso. Esto pasa porque nos movemos en 3 direcciones cambiantes: desde nuestras capacidades motosensoriales construimos la realidad que, a través de las experiencias, es modificable y convertida en idealidad, que dirige cómo percibo el mundo, lo cual impacta en nuestras habilidades:



Ante un abanico de estímulos, las reacciones corporales varían ligeramente según cómo estén combinados.

Esto nos sucede constantemente, pero el dúo cerebro-cuerpo tiene mecanismos de acción y reacción que hacen posible construir una realidad coherente, única e irreplicable. Es mediante la experiencia que vamos entrenando al sistema nervioso y adjudicamos funciones a objetos.

De esta manera, nuestra percepción va evolucionando con el cuerpo a lo largo de nuestra vida.

Percibir el entorno construido

El físico y filósofo austríaco Ernst March (1838-1916), llegó a la conclusión de que el sistema nervioso agrupa estímulos en unidades mayores no fragmentadas para que el mundo tenga sentido. Es decir, no percibimos visión por un lado y sonido por otro, sino que construimos una realidad conjunta en la que la suma de las percepciones individuales es más importante que las percepciones independientes.

Por otro lado, el neurocirujano Wilder Penfield (1891-1976) observó que en el córtex existe un conjunto de representaciones neuronales de las diferentes partes del cuerpo. Diferenció dos regiones, presentes en ambos hemisferios: la encargada de la sensibilidad (izquierda, córtex somatosensorial), y la encargada del movimiento (derecha, córtex motor).

Esto se encuentra en la superficie del córtex, en el lóbulo parietal. Penfield los denominó homúnculos.

Sin embargo, a lo largo del tiempo, se descubrió que la inteligencia corporal no es fruto de estos homúnculos de manera espontánea, sino de una red de interacciones que se construyen con el tiempo, a través de la interacción con el entorno.

Este juego de interacción con el entorno comienza desde la concepción, y transcurre y se modifica a lo largo de toda nuestra vida, y siempre tiene repercusiones en la estructura cerebral.

En la misma línea, el diseño biofílico como campo de la ciencia aplicada, es la codificación de la historia, ciencias naturales y la intuición humana que muestra que la conexión con la naturaleza es vital para una existencia saludable.

El término biofilia fue acuñado por primera vez en 1964 por Erich Fromm, en su libro *The heart of man*, y luego popularizado por Edward Wilson en su libro *Biophilia*, publicado en 1984. Se define como la relación innata que tenemos los seres humanos con la naturaleza, de manera que entre las necesidades primarias para sentirnos sanos y lograr un bienestar estaría la necesidad de estar en contacto con ella.

Pero, el poder sanador de la conexión con la naturaleza fue demostrado por Ulrich en el año 1984 también, a través de un estudio en donde comparó las tasas de recuperación de pacientes con y sin vistas naturales.

Partiendo de esta base, se han desarrollado muchísimos estudios de esta conexión, y cómo se puede aplicar esto al diseño arquitectónico, muy importante en las ciudades, en las que vivimos cada vez más alejados de la naturaleza.

La transición de la biofilia de hipótesis a herramienta del entorno construido fue tema de una conferencia en 2004, y el posterior libro sobre diseño biofílico, en el que Stephen Kellert (1944-2016), identificó más de 70 mecanismos diferentes para engendrar la experiencia biofílica.

Actualmente, las dos aproximaciones más conocidas al diseño biofílico son los 14 patrones de Terrapin, de Bill Browning, y los elementos y atributos de Kellert. En este trabajo no se explicarán en profundidad, simplemente el impacto biológico que nos pueden producir.

Existen diferentes teorías, pero ambas aproximaciones mencionadas explican esta conexión innata con la naturaleza desde nuestra evolución: nuestros sistemas biológicos evolucionaron en la naturaleza, y gracias a ella, por lo que nuestro sistema nervioso se siente más cómodo en estos ambientes.

Esto, a su vez, refuerza la idea de que formamos un todo con nuestro entorno, lo vivimos y lo sentimos.

Incluye también aspectos de calidad del ambiente interior, como iluminación natural, ventilación natural, las formas, todo esto que como bien sabemos ya está presente en la naturaleza, y las conexiones que hacemos durante toda nuestra vida con el lugar en el que nacemos y crecemos.

Es por esto por lo que el diseño biofílico es mucho más amplio que poner plantas en el interior.

Hay mucha evidencia científica de las respuestas biológicas que estos estímulos pueden generarnos en nuestro sistema, entre ellos, disminución del estrés al bajar la presión sanguínea o el ritmo cardíaco, mejora en el desarrollo cognitivo y hasta una mejora en el estado de ánimo, ya que, por ejemplo, ciertas estrategias pueden generar respuestas de dopamina y placer.

CONCLUSIÓN FACTORES FENOMENOLÓGICOS

Juhani Pallasmaa dice que en toda obra existe en dos ámbitos simultáneos, el imaginario y el tangible (realidad física vs. realidad evocadora). Existimos en una dualidad material/imaginaria, y nos movemos constantemente en los dos campos.

Este es el juego del entorno y el sistema nervioso de cada persona. Ante un mismo estímulo es posible que tengamos reacciones corpóreas diversas, ya que nuestro sistema nervioso está moldeado según nuestra experiencia en relación con el mundo. En su libro, Ana Mombiedro lo explica muy bien, *“nuestro cerebro funciona a través de metáforas multisensoriales. El espacio construido es una superposición de estímulos sensoriales en el que el todo es más que la suma de sus partes”*.

En diseño arquitectónico, creo que la clave es saber encontrar las necesidades de cada persona y cómo adaptar el espacio para que este colabore con nosotros y la actividad a desarrollar, ya que no siempre conoceremos al usuario final.

Para proyectar desde este lente, es posible aplicar elementos del diseño biofílico, que nos ayudarán a enriquecer el espacio.

Pero hay que tener cuidado con los sinsentidos. Hace unos años estaba en un aeropuerto, y caminando por la terminal encontré un lugar que tenía algunos troncos y plantas, y decidí sentarme ahí a esperar mi vuelo. Había también altavoces donde se escuchaban ruidos de

animales. Todo esto frente a una cafetería, en medio de un espacio de tránsito del aeropuerto.

Tuve una sensación muy rara, porque me sentía completamente descolocada. Veía a la gente pasar y escuchaba los llamados a los pasajeros, y de repente el sonido de una vaca o pajaritos, mientras alguien corría con una maleta y otro pedía un café.

Creo que este es un muy buen ejemplo de una aplicación incorrecta del diseño biofílico. Hay que considerar todo el contexto del entorno, porque si no es hasta contraproducente. Como hemos visto, nuestro cerebro procesa estímulos constantemente, y no podemos elegir cuáles.

Para establecer un orden en el diseño y decidir las estrategias, es posible comenzar utilizando mapas cognitivos, que nos ayudarán a exteriorizar toda la información, desde aspectos estructurales, hasta pensar cómo será habitado ese espacio, cómo se orientarán, qué se olerá...poner en práctica la neuroarquitectura *pensada* es realizar un ejercicio de empatía constante con el habitante.

No existe un checklist para aplicar que nos dé como resultado un edificio pensado desde la neuroarquitectura (¡por suerte!), pero creo que detallar algunos puntos a considerar puede ayudarnos a empezar a andar el camino, partiendo de la base que la neuroarquitectura se centra en cómo las personas experimentan los espacios y lugares a nivel neurológico.

- Utilizar materiales naturales y con diferentes texturas estimulará al sistema nervioso
- Soleamiento y ventilación
- Consecuencias del espacio: ponernos en la piel de los ocupantes.
- Formular hipótesis sobre las experiencias y pensar posibles resoluciones
- Experiencias sensoriales dentro del espacio
- Utilizar todos los sentidos: visión, olfato, tacto, gusto, oído, interocepción y propiocepción

Para terminar, me gustaría hablar de los 7 sentidos que tenemos. En la corteza somatosensorial del cerebro está representado todo nuestro cuerpo.

El cerebro necesita saber cómo está todo el cuerpo todo el tiempo. Antes se creía que esto era información pasiva que le llegaba, pero ahora sabemos que es un sentido, y esto significa que es información que el cerebro recibe y a la que debe responder. Según lo que esté sucediendo actuará de una manera o de otra.

El sentido de la Interocepción es la información que le llega al cerebro de lo que sucede dentro del organismo, y el de la propiocepción es la información de cómo está el cuerpo por fuera (postura, gestos).

Nuestra postura y nuestro rostro envían importantes señales a nuestro cerebro, y es una información a la que nuestro cerebro responde, según explicó la neurocientífica Nazareth Castellanos. Este activará los mecanismos que se condigan con esta información.

Es por esto que es tan importante ponerse en la piel de los usuarios. Tenemos que terminar con los espacios que no tienen identidad, con los *no lugares* de Marc Augé. No pueden ser listados de espacios y superficies a completar y nada más. Necesitamos cambiar y *volver* a entender la arquitectura como la destreza de diseñar entornos que acompañan la vida.



VOLVER A LO NATURAL

A lo largo del trabajo hemos dicho varias veces que durante toda nuestra existencia estuvimos expuestos a factores presentes en la naturaleza, pero que el problema empezó hace algunas décadas atrás, con la incorporación de nuevos sistemas, nuevos materiales, la hermeticidad y nuestra vida en interior.

Pero también a lo largo de toda nuestra existencia hemos necesitado refugio, y lo hemos encontrado en la arquitectura.

Actualmente, muchos edificios son contraproducentes para nuestra salud y la del planeta. Hemos incorporado nuevos elementos que terminaron siendo tóxicos, y ni la Tierra ni los seres vivos sabemos qué hacer con ellos. No alcanzamos a adaptarnos.

A veces las respuestas están frente a nuestros ojos, pero no siempre somos capaces de verlas, y esta sensación la tuve varias veces a lo largo del posgrado. Pero, sobre todo cuando hablamos de construcción con tierra. A lo largo de este trabajo ha aparecido un dibujo que intenta simbolizarla.

La tierra es un material natural que se utiliza en construcción desde hace miles de años. Los primeros vestigios del uso datan del Neolítico (6.000-10.000 años de antigüedad).

En la actualidad se utilizan, en su mayoría, materiales con una alta energía incorporada, que no siempre pueden reciclarse fácilmente y que en ocasiones incluso incorporan elementos tóxicos para la salud.

La tierra como material de construcción está disponible en cualquier lugar y de forma abundante. En la actualidad existen sistemas constructivos de altas prestaciones, pero que no siempre son intrínsecas del propio material, sino que muchas veces este debe pasar por un proceso de optimización para lograr estas características.

La tierra es un material que naturalmente responde a muchos aspectos de biohabitabilidad, presentes en los factores explicados a lo largo de todo el trabajo.

Además, tiene un ciclo de vida cerrado, es decir que puede volver a ser reducido a su estado original y depositado sin peligro en cualquier lugar. No generan problemas de degradación ambiental ni alteran las condiciones bioclimáticas del sitio en el cual el material se extrae ni en el que se construye.

No es perjudicial para el medio ambiente, ni tampoco lo es para las personas.

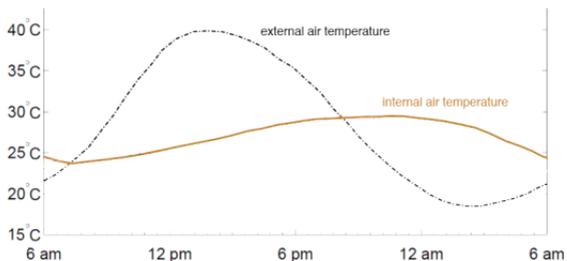
De hecho, la tierra tiene propiedades que favorecen los espacios saludables en relación con los aspectos descritos a lo largo del trabajo, y se describirán de manera resumida:

- Temperatura
- Humedad
- CEM baja frecuencia

- Electrostática
- Acústica
- Climatización
- Hongos
- Bacterias y virus
- Fibras y partículas
- COVs, COPs, DE
- Factores fenomenológicos

Las construcciones con tierra tienen una gran inercia térmica, que les da la posibilidad de guardar energía dentro de su estructura para retornarla más tarde. Un muro de tierra que ha estado todo el día expuesto a la radiación solar por la noche desprenderá calor que ha ganado durante el día. Tiene una conductividad térmica de aproximadamente 0.5 W/mK.

En el siguiente gráfico es posible ver cómo un muro de tierra contribuye al confort térmico, permitiendo una temperatura más o menos constante en el interior, evitando la monotonía térmica:



Una casa construida con tierra disfruta de un clima interior de alta calidad gracias a dos de sus propiedades más importantes: es un buen regulador de la humedad y además tiene la capacidad de almacenar el calor y equilibrar el clima interior.

La humedad del aire interior es uno de los factores que afecta al confort y bienestar de los usuarios. Las paredes de tierra son relativamente porosas y pueden absorber o liberar humedad del ambiente, manteniendo durante todo el año una humedad óptima de 40 - 65%: en la Universidad de Kassel se realizó un experimento en el que se demostró que cuando la humedad relativa en un ambiente interior aumenta de 50% a 80%, los bloques de tierra son capaces de absorber 30 veces más humedad que las piezas de cerámica en dos días.

En ningún caso las paredes de tierra pierden sus propiedades iniciales por la absorción de la humedad.

Es por esto mismo que es un material que favorece la climatización y la eficiencia energética de los edificios, ya que por esta capacidad de almacenar calor y regular humedad, nos permitirá depender menos de los equipos de climatización.

La tierra no genera electricidad electrostática, ya que no tiene componentes sintéticos. Además, por su capacidad de regular la temperatura y la humedad del ambiente, evitan la sequedad de aire, lo cual evita a su vez que el ambiente pueda cargarse de iones positivos.

Los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una barrera eficaz contra el ruido indeseado del exterior. Además, al ser un material con mucha masa, funciona como un buen aislante acústico dentro de los espacios.

En relación con los hongos, bacterias y virus, nuevamente su capacidad de regular humedad nos ayudará a mantener los espacios en rangos saludables (40-60%) que no propician la aparición de estos agentes patógenos, y que evitará también que, en caso de no estar muy informados, utilicemos biocidas, contaminando aún más el ambiente.

De todos modos, sería importante estudiar el impacto de la tierra en personas que puedan tener algún tipo de sensibilidad o alergia. En principio, si no contiene aditivos sintéticos, no debería haber ningún problema.

Volviendo a la contaminación del ambiente en relación con los factores químicos, la tierra no emite ningún tipo de compuestos tóxicos, ni volátiles, ni semi volátiles ni persistentes. Además, existen muchos tipos de construcción con tierra, pero ninguno incluye fibras o partículas contaminantes.

Habitar espacios construidos con tierra nos brinda la posibilidad de conectarnos con la naturaleza inmediatamente, ya que es un material natural.

Al cerebro le gusta encontrar patrones. Los acabos de tierra no son perfectos, y es justamente esto lo que nos ayudará a crear espacios con información sensorial rica.

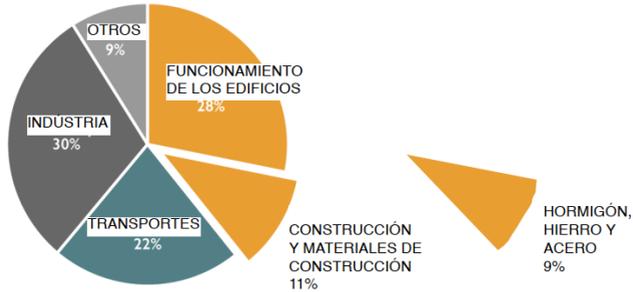
Casi un tercio de la población mundial vive en edificios construidos con tierra, por lo que construir con tierra es reconectar con la tradición, ligado a uno de los elementos del diseño biofílico de Kellert.



CRAterre

El sector de la construcción es responsable de casi el 40% de las emisiones globales de CO₂. De este, los materiales suponen un 11%, siendo hormigón, hierro y acero el 9%.

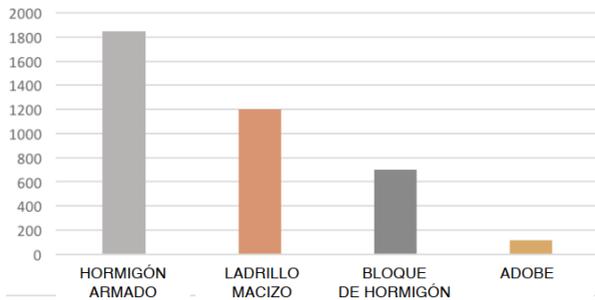
EMISIONES GLOBALES DE CO₂ POR SECTOR



Graphics: Architecture 2030
Data Sources: UN Environment Global Status Report 2017, EIA International Energy Book Outlook 2017

En comparación con estos, el coste energético del adobe es muchísimos menos que la mitad:

COSTE ENERGÉTICO (KWH/M³)



B. V. Venkatarama Reddy, K.S. Jagadish, Embodied energy of common and alternative building materials and technologies, 2001

Como hemos visto, la tierra puede volver a su estado original y colocado sin peligro en cualquier lugar. Los edificios de tierra que no están en uso tampoco generan problemas de degradación ambiental ni alteran las condiciones bioclimáticas. De esta manera cuida la primera, tercera y quinta piel de Hundertwasser.

Durante mucho tiempo, y fundamentalmente luego de la crisis del petróleo de la década de 1970, las construcciones con tierra fueron asociadas con la precariedad o informalidad, y se le adjudicaron al hormigón armado las características y cualidades que todo edificio moderno debería tener. Lo mismo con las fachadas tipo curtain wall, los acabados sintéticos baratos, los aislantes con altas prestaciones y bajo coste.

Pero, cuanta más información tenemos, más nos damos cuenta que deberíamos volver acercarnos a construcciones con tierra, y alejarnos de los peligros de la “modernidad” característica de estos materiales: son tóxicos, peligrosos para la salud y el medioambiente, no tienen un ciclo de vida cerrado (y si nos dicen que lo tienen es porque está forzado: lo que no viene de la naturaleza no se puede reinsertar como si nada).

La tierra da respuesta a todo esto, y económicamente hablando, la mano de obra puede ser más cara por el conocimiento que requiere la técnica, pero, en proporción, con los materiales sintéticos la mayor parte del precio va al material y la menor al trabajador. ¿No es mejor dar vuelta esto para tener un sector más justo? Con la tierra es posible.

CONCLUSIÓN DEL TRABAJO

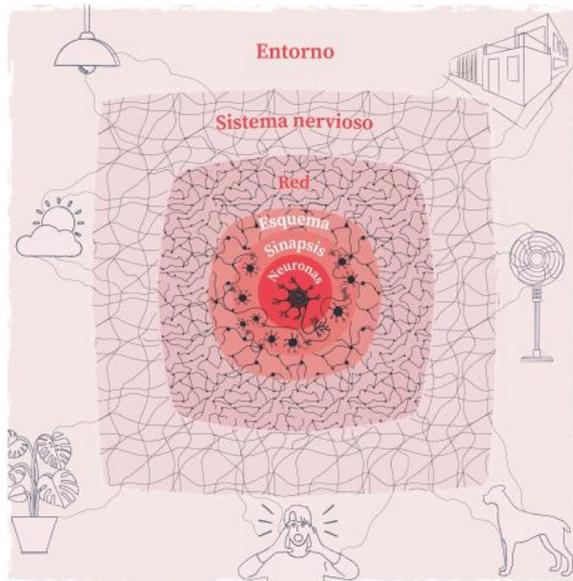


Imagen del libro Neuroarquitectura. Aprendiendo a través del espacio. Ana Mombiedro

Hace varios años que comenzamos a incorporar nuevas sustancias y hábitos en nuestro entorno que terminaron, sin saberlo, siendo tóxicas. Ni el planeta ni nosotros sabemos qué hacer con ellas. Estamos ante una crisis global física, química, biológica, social...el planeta no es capaz de adaptarse a tantos cambios ni de reponerse de todos ellos. Y a todos los que lo habitamos no está pasando lo mismo.

No estamos en homeostasis, sino que constantemente nuestro cuerpo está alerta, sintiéndose atacado por agentes, desorientado a causa de la iluminación o alerta por la contaminación sonora.

El cerebro tiene 5 idiomas: Alpha, Beta, Theta, Gamma, Delta, los mismos que el de muchos factores descritos en el trabajo, por lo que resultaría evidente que, ante su presencia, éste podría sentirse confundido. El sistema nervioso necesita vivir en equilibrio eléctrico-químico para funcionar correctamente

Todo esto se va sumando. La exposición a ciertos químicos durante el tiempo genera el efecto cóctel, el cual también interfiere con nuestra capacidad de regenerarnos.

Pareciera muy sencillo: el cuerpo está diseñado para defenderse cuando es necesario, y durante el sueño nocturno, auto regenerarse. Biológicamente (y resumidamente) funcionamos así, pero, ante tanto bombardeo, a veces no es posible completar esta fase de reparación.

Los contaminantes tóxicos del entorno nos debilitan, generando una interconexión de sistemas (neuro-inmuno-endocrino), y una inflamación crónica de bajo grado, que es una inflamación que aparece como mecanismo de defensa y que se mantiene por más tiempo del debido, dando lugar a una disfunción en sí misma que favorece el riesgo de infecciones y enfermedades crónicas complejas. La causa de las

enfermedades es multifactorial, siendo su base la inflamación de bajo grado por sobrecarga orgánica.

El exposoma nos enseña que lo externo y lo personal (ver gráfico) son factores modificables, por lo tanto, desde la arquitectura tenemos un rol muy importante a la hora de proyectar edificios y ciudades, previniendo y cuidándonos de lo expuesto anteriormente.



Actualmente las personas nos tenemos que adaptar a las viviendas y a las ciudades. Y ahora, también, el planeta.

En 2013, el IARC clasificó la contaminación del aire de las ciudades como carcinógeno para las personas. Y desarrollamos nuestra vida en interiores cargados de contaminantes y de situaciones negativas para nuestra biología.

Tenemos que cambiar las cosas. Deberían ser las construcciones y las ciudades quienes se adapten a nuestras necesidades (que deberían incluir las del planeta). Sin saberlo nos pusimos en jaque.

Hace varios años, Mc Donald's comenzó a poner gimnasios en algunos de sus locales más emblemáticos en Argentina, porque querían "cuidar" la salud de las personas. En lugar de modificar el producto, eligieron poner un parche. En mi opinión, algo similar sucede con la compensación de emisiones de CO2.

Pero tenemos que ser lo suficiente conscientes para entender que un cambio verdadero va a suponer un cambio en nuestra forma de vida, en nuestra forma de movernos, de consumir, de pensar y de vivir.

La salud del planeta, de los ecosistemas y la humana, depende de las intervenciones globales, pero también de las individuales: autoresponsabilidad en estilos de vida y de consumo. Si no, vamos a estar poniendo otra tirita a una herida cada vez más abierta.

No basta con que un edificio exhiba un premio y las certificaciones que haya recibido. La salud de todas las personas debe estar en el centro, dirigiendo todas las decisiones de diseño desde el inicio. El objetivo final de un edificio bien diseñado es que sea lo más saludable posible, en todos los aspectos de la palabra SALUD.

Como ya se ha dicho, no es posible vivir sanos en un planeta enfermo.

Es necesario formar equipos multidisciplinares y proponer intervenciones profesionales y comunitarias centradas en la prevención y protección. Cuantos más seamos los que tenemos esta información, más nos vamos a mover hacia la única manera que deberíamos tener de diseñar: la que pone en el centro la vida, tal y como nos enseña la permacultura.

Y la vida incluye todo, que es mucho más que la suma de las partes, tal y como lo describe Maurice Merleau-Ponty:

“Mi percepción no es (...) una suma de datos visuales, táctiles auditivos; yo percibo de una manera indivisa con mi ser total, me apodero de una estructura única de la cosa, de una única manera de existir que habla a la vez de todos mis sentidos”.

Hace tiempo que siento curiosidad sobre cómo los espacios impactan sobre las personas que los viven.

Pero, sinceramente, no imaginaba tal magnitud, y tantas vías de exposición.

“Cuando yo era estudiante o un joven arquitecto, sabía perfectamente lo que era una puerta o una ventana, pero, después de medio siglo de ejercicio, ya no lo sé. Tengo que redescubrir la esencia de la puerta y de la ventana cada vez que proyecto una vivienda, ya que para mí han dejado de ser “elementos dados”. Una ventana no es el marco material, sino el acto de ver y conectar a través de la abertura (...).” Juhani Pallasmaa. *Esencias*

Así me siento después de haber finalizado este posgrado, y no puedo más que sentirme agradecida, renovada y entusiasmada.

Como dijo Marcel Proust, y prometo que esta ya es la última cita, *el verdadero viaje de descubrimiento no consiste en buscar nuevos paisajes, sino en tener nuevos ojos.*

Me voy a *volver* a mirar con nuevos ojos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

CRAterre

(<http://craterre.org/>)

Entrevista a Marianela d'Aprile: *There Is No One-Size-Fits-All in Architecture*.

(<https://www.untappedjournal.com/issues/issue-5/anjan-chatterjee-neuroarchitecture-home-design>)

Dethier, Jean. *Arquitecturas de tierra* (2019). Ed. Blume.

Gage, Fred. *Neurogenesis in the adult human hippocampus*.

Gage, Fred. *More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment*.

Guía EUROPAEM 2016 - *Prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y problemas de salud relacionados con los Campos Electromagnéticos (CEM - EMF)*.

Incasòl. *Guia tècnica de Biohabitabilitat*.

ISGlobal. *Ciutats que volem*

(<https://www.isglobal.org/ca/ciudadesquequeremos>)

Kellert, Stephen & Heerwagen, Judith & Mador Martin. *The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life* (2008). Ed. John Wiley & Sons Inc.

Lamb S, Kwok KCS. *A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers*.

Mombiedro, Ana (2022), *Neuroarquitectura. Aprendiendo a través del espacio*. Ed. Luis Vives.

Organización Mundial de la Salud
(<https://www.who.int/es>)

Oficina Regional de la OMS para Europa (1999).
Electromagnetic Fields.

Pallasmaa, Juhani (1996), *Los ojos de la piel*. Ed. GG

Pallasmaa, Juhani (2018), *Esencias*. Ed. GG

Silvestre, Elisabet (2022), *Vivir sin tóxicos*. Ed. RBA Libros.

WELL CERTIFICATION. *Manual v2 Q4 2020*.