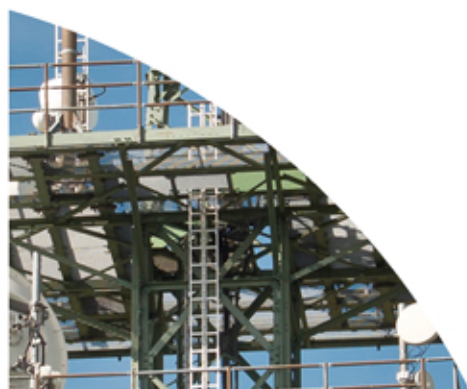

Efectes en la salut dels camps electromagnètics

any 2019



CSB Consorci Sanitari
de Barcelona

+B Agència
de Salut Pública



Salut ambiental

©2019 Agència de Salut Pública de Barcelona

Tots els drets reservats. No es permet la reproducció total ni parcial de las imatges o textos d'aquesta publicació sense prèvia autorització.

<https://www.aspb.cat/documents/efectes-salut-camps-electromagnetics>

Efectes en la salut dels camps electromagnètics

de l'[Agència de Salut Pública de Barcelona](#) està subjecta a una llicència de

[Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 Internacional de Creative Commons](#)

Els permisos addicionals als d'aquesta llicència es poden trobar a:

<https://www.aspb.cat/documents/efectes-salut-camps-electromagnetics-2019/>



Coordinació General de l'Informe

Anna Gómez, Cap de servei d'Intervenció i Qualitat Ambiental (ASPB)

Helena Pañella, Directora de Salut Ambiental (ASPB)

Responsable de l'Informe

Cristina Portolés (ASPB)

Autoria i redacció

Cristina Portolés (ASPB)

Emilia Molinero (ASPB)

Javier Vila (ISGlobal)

Anna Gómez (ASPB)

Helena Pañella (ASPB)

Col·laboradors

Joaquín Salvador (ASPB)

Joaquim Fernández-Solà (Hospital Clínic de Barcelona)

Agraïments

Volem agrair la col·laboració de l'Institut de Salut Global, de l'Hospital Clínic de Barcelona, del Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

Cita recomanada

Cristina Portolés, Emilia Molinero, Javier Vila, Anna Gómez, Helena Pañella. Efectes en la salut dels camps electromagnètics. Any 2019. Barcelona: Agència de Salut Pública de Barcelona; 2019

ASPB: Agència de Salut Pública de Barcelona

ISGLOBAL: Institut de Salut Global Barcelona

Índex

Acrònims	4
Conceptes bàsics.....	7
Què és la radiació electromagnètica?.....	7
Què són els camps electromagnètics i quins tipus hi ha?	9
Efectes biològics.....	14
Límits d'exposició i normativa vigent.....	16
Justificació i Objectius	21
Metodologia	22
Efectes en la salut dels camps electromagnètics segons la seva freqüència	24
Camps magnètics estàtics (SMF)	24
Camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa (ELF)..	26
Camps elèctrics i magnètics de freqüències intermèdies (IF)	34
Camps electromagnètics de radiofreqüència (RF-EMF)	36
Exposició a qualsevol tipus de freqüència: hipersensibilitat electromagnètica (EHS) o intolerància ambiental idiopàtica relacionada amb els camps electromagnètics (IEI-EMF)	47
Conclusions.....	55
Propostes per a dur a terme a la ciutat.....	59
Glossari	60
Bibliografia.....	69

Acrònims

AC: *alternating current*- corrent alterna

ACRBR: *Australian Centre for Radiofrequency Bioeffects Research*- Centre Australià de Recerca dels Bioefectes de les radiofreqüències

AD: *Alzheimer Disease*- malaltia d'Alzheimer

ALS: *Amyotrophic Lateral Sclerosis*- esclerosi lateral amiotròfica

AM: amplitud modulada

ANFR: *Agence Nationale Des Fréquences*- Agència Nacional de Freqüències

ANSES: *Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*- Agència francesa de salut i seguretat alimentària, ambiental i laboral

BEMS: *Bioelectromagnetics Society*- Societat de Bioelectromagnetisme

BfS: *Bundesamt für Strahlenschutz*- Oficina Federal de Protecció Radiològica

CCARS: Comitè Científic i Assessor en Radiofreqüències i Salut

CDC: *Centers for Disease Control and Prevention*- centres per al control i prevenció de malalties

CDMA: *Code Division Multiple Access*- accés múltiple per divisió de codi

CE: Comissió Europea

CEM: camps electromagnètics

DC: *direct current*- corrent contínua

DTX: *Discontinuous Transmission*- transmissió discontinua

EAS: *electronic article surveillance*- sistemes electrònics antirobatoris

EEG: electroencefalograma

EHS: *Electromagnetic Hypersensitivity*- hipersensibilitat electromagnètica

ELF: *extremely low frequency*- freqüència extremadament baixa

ELF- MF: *extremely low frequency magnetic fields*- camps magnètics de freqüència extremadament baixa

EMF: *electromagnetic fields*- camps electromagnètics (CEM)

EUA: Estats Units d'Amèrica

FDA: *Food and Drug Administration*- Administració dels aliments i medicaments (FDA)

FM: freqüència modulada

GPRS: *General Packet Radio Service* – servei general de paquets via radio

GSM: *Global System for Mobile communications*- sistema global per a les comunicacions mòbils

IARC: *International Agency for Research on Cancer*- Centre Internacional d'Investigacions sobre el Càncer

ICNIRP: *International Commission on Non-ionizing Radiation Protection*- Comissió Internacional per a la Protecció en front de les la Radiacions no ionitzants

IEI-EMF: *Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields*- Intolerància ambiental idiopàtica relacionada amb els camps electromagnètics

IF: *intermediate frequencies*- freqüències intermèdies

LCD: *liquid cristal display*- pantalla de cristall líquid

MND: *Motor Neurone Disease*- malalties neuromotores

NIEHS: *National Institute of Environmental Health Sciences*- Institut Nacional de Ciències de la Salut Ambiental

NIH: *National Institute of Health*- Institut Nacional de Salut

NIOSH: *National Institute of Occupational Safety and Health*- Institut Nacional per a la Seguretat i Salut Ocupacional

NSPS: *nonspecific physical symptoms* - símptomes no específics

NTP: *National Toxicology Program*- Programa Nacional de Toxicologia

OMS: Organització Mundial de la Salut

OR: odds ratio

OSHA: *Occupational Safety and Health Administration*- Administració de Seguretat i Salut Ocupacional

RF: *Radiofrequencies*- radiofreqüències

RF-EMF: *radiofrequency electromagnetic fields*- camps electromagnètics de radiofreqüència

RWTH Aachen University: *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen*- Universitat Politècnica d'Aquisgrà

RMS: *root mean square*- mitjana quadràtica

ROS: *reactive oxygen species*- espècies reactives d'oxigen

SA: *specific (energy) absorption*- absorció específica d'energia

SAR: *specific (energy) absorption rate* – taxa d'absorció específica d'energia

SCENIHR: *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks*- Comitè científic dels riscos sanitaris emergents i recentment identificats

SDQ: *Strenght and Difficulties Questionnaire*- qüestionari de fortaleeses i dificultats

SMF: *static magnetic fields* - camps magnètics estàtics

TDMA: *Time Division Multiple Access* - accés múltiple per divisió de temps

TDT: televisió digital terrestre

UE: Unió Europea

UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System*- servei universal de telecomunicacions mòbils

Wi-Fi: *Wireless Fidelity*

WiMAX: *Worldwide Interoperability for Microwave Access*- interoperabilitat mundial per accés per microones

Conceptes bàsics

Què és la radiació electromagnètica?

Les radiacions són fenòmens físics consistents en l'emissió, propagació i absorció de l'energia per part de la matèria, tant en forma d'ones (radiacions electromagnètiques) com de partícules (radiació corpuscular). Trobem moltes formes de radiació, unes d'origen natural, com per exemple la radiació solar o el magnetisme inherent al planeta, i altres emeses per fonts artificials, com per exemple els raigs X, les microones, les ones de ràdio o els camps elèctrics i magnètics generats per les estacions i subestacions elèctriques.

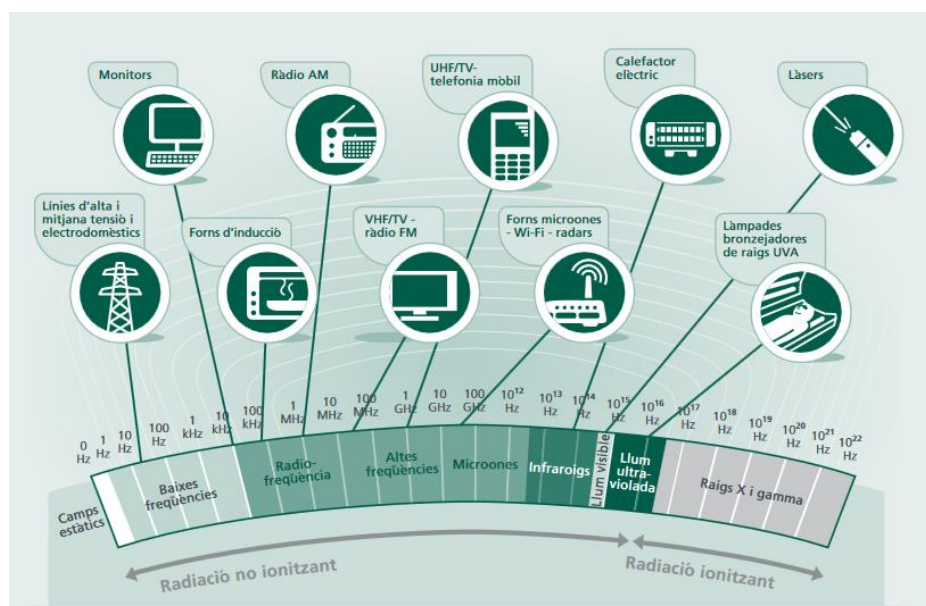
La física clàssica defineix una ona com tot fenomen físic capaç de permetre la propagació d'energia sense produir desplaçament de matèria. Així doncs, la radiació electromagnètica és una forma de propagació d'energia que no requereix un suport material. No obstant això, la física quàntica indica que la radiació electromagnètica té una dualitat d'ona-partícula, cosa que implica el seu doble comportament, per una banda, com a ona i, per l'altre, com a partícula. Els fotons són la partícula elemental que compon la radiació electromagnètica, els quals tenen massa nul·la i es desplacen a la velocitat de la llum en el buit (3×10^8 m/s).

Com tot moviment ondulatori, la radiació electromagnètica es caracteritza amb tres paràmetres: la freqüència, que és el nombre de cicles per segon i es quantifica en hertzs (Hz); la longitud d'ona, que és la distància entre una ona i la següent, i es mesura en unitats de longitud, que poden variar des de nanòmetres fins a kilòmetres; i l'amplitud d'ona, que és proporcional a la magnitud o intensitat de l'energia transportada per la radiació, que es pot expressar en electró-volts (eV) o en joules (J).

La freqüència i la longitud d'ona són inversament proporcionals, és a dir com a major és la freqüència, més curta és la longitud d'ona, i a la inversa. Per una altra banda, l'energia que transporta la radiació electromagnètica és directament proporcional a la seva freqüència, i conseqüentment inversament proporcional a la seva longitud d'ona. En resum, com més freqüència tingui la radiació, i per la qual cosa menor longitud d'ona, major serà l'energia transportada.

L'espectre electromagnètic és la representació del conjunt de totes les ones electromagnètiques conegudes a l'Univers. L'interval de l'espectre electromagnètic varia des dels camps estàtics a 0 Hz fins als raigs gamma, que tenen una freqüència superior als 10^{19} Hz (vegeu figura 1).

Figura 1. L'espectre electromagnètic



Font: La Salut a Barcelona 2006. Adaptat de: El Yamani M. Champs électromagnétiques. A: Santé et environnement: enjeux et clés de lecture. Maisons-Alfort cedex: Agence Française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail; 2005.

Quan les radiacions electromagnètiques interaccionen amb la matèria es produeixen canvis d'energia a les molècules, que passen del seu estat fonamental a un de més excitat. Les ones de major freqüència transporten tanta energia que són capaces de trencar els enllaços entre les molècules. És el que es coneix com a radiació ionitzant. Els raigs gamma, els raigs còsmics, els raigs X i part de la llum ultraviolada tenen aquesta capacitat.

Les radiacions no ionitzants se situen en una regió de l'espectre amb un nivell relativament baix, que no és capaç de trencar les unions atòmiques, i per tant, no generen ions. No obstant això, aquestes radiacions poden cedir prou energia per interactuar amb els sistemes biològics i produir diferents efectes, alguns dels quals són beneficiosos i fonamentals per a la vida (ex. fotoquímica de les plantes) però d'altres també poden ser perjudicials. Les radiacions electromagnètiques no ionitzants se solen agrupar en dos grans grups: les radiacions òptiques (part de la

radiació ultraviolada, llum visible i radiació infraroja) i els camps electromagnètics (CEM) (1).

Què són els camps electromagnètics i quins tipus hi ha?

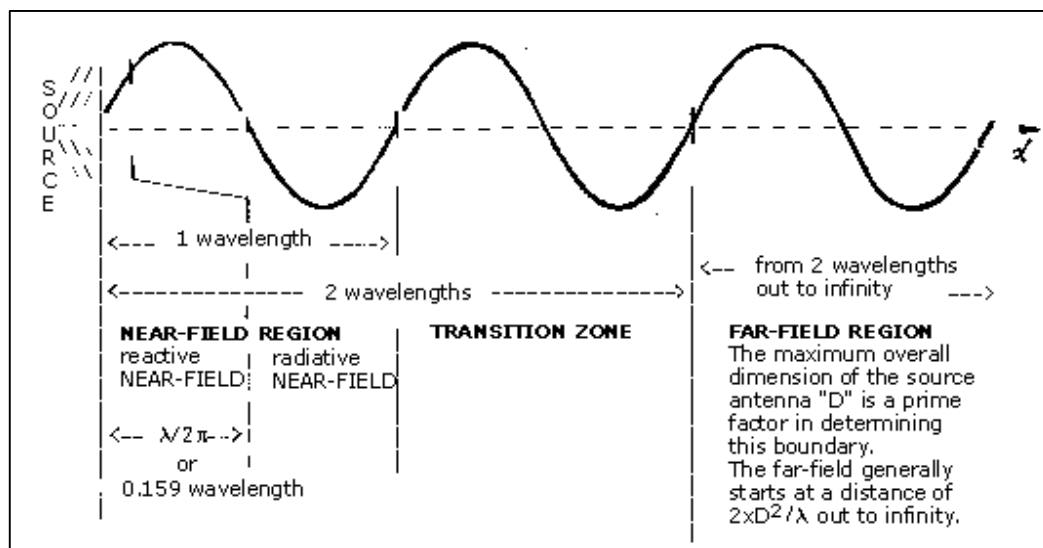
Qualsevol càrrega elèctrica, quieta o en moviment, crea al seu voltant un camp elèctric. Això implica que qualsevol conductor elèctric que estigui carregat genera un camp elèctric associat, tot i que no flueix en ell el corrent elèctric. La intensitat del camp elèctric es mesura en volts per metres (V/m) i és la força que exerceix el camp sobre una unitat de càrrega col·locada en un punt determinat.

Els camps magnètics són produïts per càrregues en moviment, és a dir, per corrents elèctrics. Tot aparell connectat a una xarxa elèctrica generarà al voltant seu, si està encès i hi circula el corrent, un camp magnètic. La intensitat dels camps magnètics es mesura en amperes per metre (A/m), tot i que també s'utilitza freqüentment una magnitud relacionada, la densitat de flux, que es mesura en micro tesles (μT). En general, els amperes per metre s'utilitzen per mesurar els camps magnètics de freqüència elevada (camps H), mentre que les micro tesles s'utilitzen en camps de baixa freqüència (camps B). Com més gran sigui la intensitat del corrent, més elevada serà la intensitat del camp magnètic generat.

Els camps electromagnètics són una combinació de camps de força elèctrics i magnètics. Una càrrega elèctrica sempre té associat un camp elèctric, però si aquesta càrrega es mou, es genera també un camp magnètic. Igualment, una càrrega magnètica sempre té associat un camp magnètic, però si aquesta càrrega magnètica és variable, es genera també un camp elèctric. És el que es coneix com a inducció electromagnètica. Així doncs, les radiacions electromagnètiques estan constituïdes per camps elèctrics (E) i camps magnètics (H).

Per entendre el comportament dels camps electromagnètics hem de diferenciar entre els camps llunyans de la font (el que es coneix en anglès com a *far-field*) i els camps propers de la font (*near-field* en anglès). Entre els camps llunyans i propers trobem una zona de transició on trobem característiques d'ambdues regions (figura 2).

Figura 2. Regions de camp electromagnètic segons la distància de la font

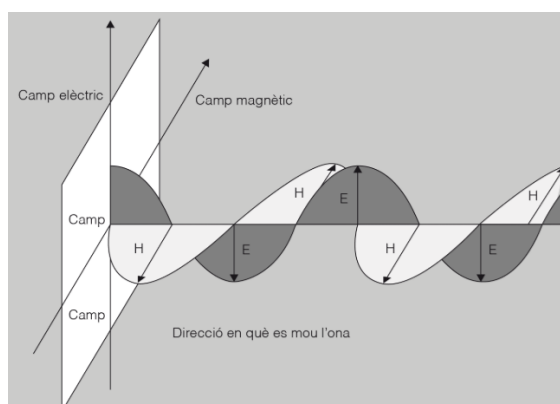


Font:

[https://www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/electromagnetic_fieldmemo/electromagnetic.html#section_6\(2\)](https://www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/electromagnetic_fieldmemo/electromagnetic.html#section_6(2))

S'entén com a camp llunyà com el que actua aproximadament des de dues longituds d'ona de distància des de l'antena o emissor fins a l'infinit. En aquesta regió, la potència de la radiació disminueix amb el quadrat de la distància de l'antena i els camps elèctrics i magnètics són perpendiculars entre si i perpendiculars a la direcció de propagació (figura 3). Això vol dir que per caracteritzar-los només ens caldrà conèixer la intensitat d'un dels camps, ja que a partir d'aquesta magnitud podrem calcular la intensitat de l'altre camp i la densitat de potència.

Figura 3. Esquema de la radiació electromagnètica



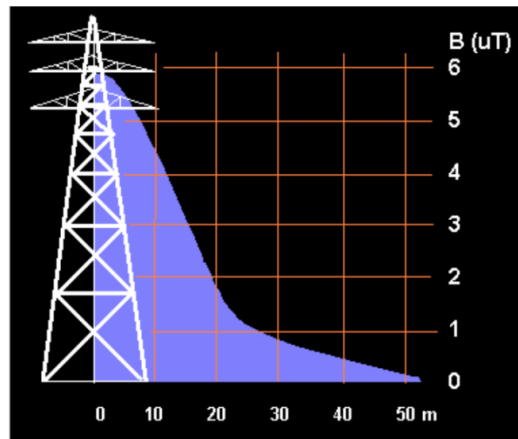
Font:

[https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/1954_PRP/PRP_1954_C03/web/html/WebContent/u6/a1/continguts.html\(1\)](https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/1954_PRP/PRP_1954_C03/web/html/WebContent/u6/a1/continguts.html(1))

Altrament, el camp proper és una regió on la relació entre la intensitat de camp elèctric i magnètic és molt més complexa i requereix la mesura per separat de la intensitat del camp elèctric i la intensitat de camp magnètic. A més, quan s'està molt proper a la font d'emissió, part de l'energia de l'emissor es reté i s'emmagatzema molt a prop de la superfície de l'antena. Quan ens aproximem a aquesta només un petit moviment pot augmentar dramàticament l'energia alliberada. Aquesta regió més propera a l'antena és el que es coneix com a camp proper reactiu. Així mateix, en els camps propers hi ha un altre fenomen que hem de tenir en compte que és la capacitat dels objectes metàl·lics de tornar a irradiar part de l'energia formant una nova superfície radiant (2).

Com ja s'ha indicat, els camps elèctrics són més intensos com més petita és la distància a la càrrega que els genera i menys intensos a mesura que ens allunyem d'aquesta càrrega. La majoria dels materials de construcció protegeixen en certa manera dels camps elèctrics. Les parets, els edificis i els arbres redueixen la intensitat dels camps elèctrics de les línies de conducció elèctrica situades a l'exterior de les cases. Si, a més, els cables estan soterrats, els camps elèctrics que es generen gairebé no es detecten, ni a la superfície. Igual que els camps elèctrics, els camps magnètics són més intensos en els punts més propers al seu origen i la seva intensitat disminueix ràpidament a mesura que augmenta la distància des de la font. Per exemple, els valors sota una línia de conducció elèctrica aèria són de l'ordre d'unitats de micro tesles; a 15 metres de la línia, el camp magnètic es reduiria a la meitat; a 30 metres ja seria de l'ordre de les dècimes de tesla i a 50-100 metres ja mesuraríem els nivells de fons habituals a les llars (d'aproximadament $0,2 \mu\text{T}$) (figura 4). Per una altra banda, els materials més comuns, com les parets dels edificis, no són en general un obstacle per als camps magnètics, que els travessen fàcilment, a diferència del que passa amb els camps elèctrics. Per aquesta raó, el soterrament de les línies o subestacions elèctriques, sense un apantallament adequat, no serveix per esmorteir la intensitat dels camps magnètics.

Figura 4. Valors d'inducció magnètica (en micro tesles, μT) mesurades a 1 metre d'alçada sobre el terra, en les proximitats d'una línia de transport elèctrica.



Font: F. Vargas i A. Úbeda. Campos electromagnéticos y salud pública. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo; 2001 (3).

Així doncs per estudiar els camps electromagnètics i els seus efectes en la salut aquests es dividiran en 4 subcategories segons la seva freqüència en hertz (Hz): camps magnètics estàtics (SMFs, en anglès), camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa (ELF), camps elèctrics i magnètics de freqüències intermèdies (IF) i camps electromagnètics de radiofreqüències (RF) (vegeu taula 1).

Taula 1. Tipus de camp electromagnètic segons la freqüència i exemples de les principals fonts d'emissió.

Tipus de CEM	Freqüència emissió	Principals fonts d'emissió
Camps magnètics estàtics (SMF)	0 Hz	Aparells de ressonància magnètica Trens de levitació magnètica Sistemes electrolítics en aplicació industrial- experimental Línies d'alta tensió híbrides DC/AC (de corrent continu i altern)
Camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa (ELF)	3Hz-300Hz	Equips relacionats amb la generació, transport o utilització de l'energia elèctrica de 50Hz Línies d'alta i mitjana tensió de corrent altern (AC) Subestacions elèctriques Aparells electrodomèstics (neveres, assecadors de cabell, etc.)
Camps elèctrics i magnètics de freqüències intermèdies (IF)	300Hz- 100 kHz o 1MHz ¹	Cuines d'inducció Bombetes de baix consum Sistemes d'identificació d'objectes Monitors d'ordinador Sistemes antirobatori
Camps electromagnètics de radiofreqüències (RF)	100 kHz o 1MHz- 300 GHz	Telèfons mòbils/ smartphones Telèfons sense fils Comptadors sense fils Antenes de telefonia mòbil Xarxes Wi-Fi, WiMAX Radiodifusió AM i FM TDT Sistemes de navegació i comunicació de naus marines i aeronàutiques Forns microones Radars

Font: elaboració pròpia a partir de l'informe de la Comissió sobre l'aplicació de la Recomanació del Consell 1999/519/CE, de 12 de juliol, relativa a l'exposició del públic en general als camps electromagnètics de 0 a 300 GHz.

¹ Les freqüències d'emissió en l'interval de freqüències intermèdies són:

- a) 300 Hz-100 kHz, segons l'informe de la Comissió sobre l'aplicació de la Recomanació del Consell 1999/519/CE (111)
- b) 300 Hz- 1MHz, segons Aerts et al., 2017 (60).

Efectes biològics

Els efectes biològics són les respostes mesurables de l'organisme a un estímul o un canvi en el medi. Aquests canvis no són necessàriament perjudicials per a la salut, ja que l'organisme disposa de mecanismes complexos que li permeten ajustar-se a la variabilitat de l'entorn en què vivim (és el que s'anomena equilibri homeostàtic). De vegades, l'organisme no disposa de mecanismes adequats per compensar tots els efectes biològics, especialment quan queda sotmès a un esforç d'adaptació durant un llarg període de temps. És en aquests moments quan es pot produir un canvi irreversible que podria posar en perill la salut.

És conegut que en els organismes vius es produeixen corrents elèctrics minúsculs per les reaccions químiques de les funcions corporals fisiològiques. Es coneix també que a baixes freqüències, els camps elèctrics i magnètics externs indueixen petits corrents en l'interior de l'organisme, que segons el tipus d'exposició, així com la forma, mida i posició del cos exposat, poden tenir més o menys efectes en l'electroestimulació del sistema nerviós. En canvi, els camps electromagnètics de freqüències intermèdies i de radiofreqüència provoquen corrents oscil·lants en els teixits, que es transfereixen en moviment a través de molècules polars, com l'aigua. L'escalfament dels teixits ocorre quan l'energia es transfereix al medi aquós en forma de calor (4), és el que es coneix com a efectes tèrmics. Segons autors com Sheppard et al (2008) l'efecte dominant de les RF en l'organisme és l'escalfament, i altres efectes biològics estan relacionats amb aquest efecte (5). No obstant això, diferents estudis de laboratori han demostrat l'existència d'efectes no tèrmics, tals com la formació de radicals lliures i l'estrès oxidatiu o l'alteració dels canals de calci (6).

Possibles efectes a llarg termini

Sobre els efectes a llarg termini encara hi ha molt camí a recórrer en el camp de la investigació. Existeixen moltes preguntes sense resposta i moltes controvèrsies entre grups. Fruit de les mateixes fem un resum dels grups més destacats.

El grup de treball *Bioinitiative* va sorgir després de la reunió anual de la Societat de Bioelectromagnetisme (BEMS, en anglès) l'any 2006, quan un grup de 14 científics i professionals de la salut pública varen decidir escriure un informe alertant sobre els riscos per a la salut dels camps electromagnètics. L'any 2007 es va publicar la primera edició de l'informe a la pàgina web del grup (www.bionitiave.org). Posteriorment, part del material va ser sotmès a revisió per publicar-se en la revista "Pathophysiology" editada per Martin Blank, un dels membres del Comitè Organitzador de Bioinitiative. L'any 2012 s'ha publicat una versió actualitzada de

l'informe que ha estat editada per Cindy Sage i David O Carpenter de Sage Associates. Aquest informe ha rebut diverses crítiques de diferents organismes oficials i grups de recerca, com per exemple l'Agència francesa de salut i seguretat alimentària, ambiental i laboral (ANSES), l'Oficina Federal de Protecció Radiològica d'Alemanya (BfS) o el Centre Australià de Recerca dels Bioefectes de les radiofreqüències (ACRBR). Les principals crítiques són per no proporcionar una visió equilibrada de l'estat de coneixement actual ni analitzar la qualitat de molts dels articles citats.

En l'informe Bioinitiative 2012, secció 6 es diu en referència a l'ús de la telefonia mòbil, que tot i que no hi ha certesa sobre els mecanismes biofísics que poden donar lloc a danys a escala cel·lular, hi ha estudis que mostren dany cel·lular quan els nivells de SAR² estan per sota dels límits normatius. Així mateix, considera que per entendre les conseqüències de l'exposició caldria saber si l'efecte d'aquesta exposició és acumulatiu, si hi ha resposta compensatòria per part del cos, i sota quines condicions l'equilibri homeostàtic es pot trencar (7).

Així mateix, l'Acadèmia Europea de Medicina Ambiental (EUROPAEM) ha elaborat una Guia per a la prevenció, diagnosi i tractament per als problemes de salut i malalties relacionades amb els camps electromagnètics. En aquesta guia s'analitza l'estat del coneixement sobre els possibles mecanismes biològics que poden produir efectes a llarg termini per sota dels límits d'exposició establerts per la normativa (8).

El Programa Nacional de Toxicologia (NTP) és un programa federal interinstitucional amb seu a l'Institut Nacional de Ciències de la Salut Ambiental dels Estats Units d'Amèrica (EUA). La seva missió és coordinar i facilitar la recerca en toxicologia dels diferents organismes que depenen del departament de Salut i Serveis Humans, com l'Institut Nacional de Salut (NIH), l'Administració dels Aliments i Medicaments (FDA) i l'Institut Nacional de Seguretat i Salut Ocupacional (NIOSH), que és part dels centres per a la prevenció i control de malalties (CDC). En l'informe de 2018, diuen que tot i que el mecanisme biològic plausible més ben establert és el dany als teixits a través de l'escalfament, continua sent apropiat avaluar els efectes que no són tèrmics en humans, atès que la major part de l'exposició a RF de la telefonia mòbil passa a intensitats en què els efectes tèrmics no s'esperen. Defineixen els efectes que no són tèrmics com qualsevol canvi biològic que es produeix a increments de temperatura inferiors a 1 °C. Indiquen que els efectes que no són tèrmics no han estat ben caracteritzats, però hi ha diversos mecanismes encara en estudi (la

² Taxa d'Absorció Específic (SAR per Specific Absorption Rate): taxa que indica l'energia que és absorbida per un cos quan està exposat a camps electromagnètics. S'expressa en W/kg. Per a una comprensió més detallada veure l'apartat de Glossari.

generació d'espècies reactives d'oxigen, la inducció de ressonància ferromagnètica, inducció de proteïnes de xoc tèrmic, etc.) que poden ajudar a avançar en aquesta part del coneixement (9,10).

Sota la consideració que l'exposició electromagnètica no es pot contemplar com un factor de risc per a la salut aïllat, l'any 2005 CP Wild introdueix el terme exposoma definint-lo com la totalitat de l'exposició ambiental d'una persona al llarg de tota la seva vida, és a dir des de la concepció fins a la mort, complementant així el genoma (11,12). Aquest concepte integra tres nivells d'exposició (la interna, l'externa específica i l'externa general). L'exposició interna serien els processos que tenen lloc en l'interior del cos humà, tals com el metabolisme, les hormones, la microflora, els factors d'inflamació, l'estrès oxidatiu, etc. Les exposicions externes específiques serien, els diferents tipus de radiacions, els agents infecciosos, els químics, els estils de vida, l'ocupació, les intervencions mèdiques. Les exposicions externes generals serien els determinants socials de la salut, és a dir el context físic i socioeconòmic. L'any 2014 es va iniciar el projecte HELIX coordinat per l'ISGLOBAL amb l'objectiu de definir l'exposoma dels primers anys de vida combinant tots els riscos ambientals als quals les mares i els nens estan exposats, i vincular aquests amb la salut, el creixement i el desenvolupament dels nens (http://www.projecthelix.eu/images/HELIX_Scientific_Symposium_2017_Report_30042018.pdf). Altres projectes relacionats són: LifeCycle (www.lifecycle-project.eu), DynaHealth (www.dynahealth.eu), Exposomics (www.exposomicsproject.eu), LifePath (www.lifepathproject.eu), Hercules (www.emoryhercules.com), HEALS (www.heals-eu.eu), HBM4EU (www.hbm4eu.eu), CHEAR.

Límits d'exposició i normativa vigent

L'any 1996 l'Organització Mundial de la Salut (OMS) va crear el projecte internacional EMF (*EMF project, en anglès*) per avaluar l'evidència científica existent dels possibles efectes sobre la salut dels CEM en l'interval de freqüència de 0 a 300 GHz. Aquest projecte fomenta les investigacions dirigides a emplenar les llacunes del coneixement i a facilitar el desenvolupament de normes internacionalment acceptades que limiten l'exposició als camps electromagnètics.

D'altra banda la Comissió Internacional per a la Protecció enfront de les Radiacions no ionitzants (ICNIRP) va publicar l'any 1998 la primera guia per limitar l'exposició als camps electromagnètics (13). La ICNIRP és una organització no governamental, reconeguda per l'OMS, que avalua els resultats de la bibliografia científica publicada i determina límits d'exposició que proporcionin protecció contra els efectes adversos dels CEM sobre la salut basant-se en una evidència científica robusta. L'any 2009, després d'analitzar els nous resultats científics, va ratificar els nivells

d'exposició indicats l'any 1998 (14). Aquests límits només contemplen els efectes immediats sobre la salut (de latència curta), tals com l'efecte sobre el teixit nerviós i muscular per l'exposició a xocs elèctrics, les cremades causades per tocar objectes conductors, els efectes per l'estimulació del sistema nerviós central i perifèric (alteracions del processament visual o canvis sobre la coordinació motora) (ELF) i l'augment de la temperatura en teixits específics o en tot el cos, a conseqüència de l'absorció d'energia (IF i RF). Pel que fa a l'exposició a llarg termini, la ICNIRP conclou que la informació disponible és insuficient per establir restriccions a l'exposició atès que la investigació epidemiològica de moment no ha proporcionat evidència robusta d'efectes sobre la salut. Així mateix, les directius s'estableixen per a la població mitjana i no consideren l'existència de col·lectius sensibles o vulnerables.

La ICNIRP estableix dos tipus de recomanacions diferents:

- Les restriccions bàsiques: són els límits d'exposició a camps electromagnètics per sobre dels quals seria esperable que es produïssin efectes adversos per a la salut aguts o immediats, considerant un factor de protecció determinat. Per a la població general es fa servir un factor de protecció 50, la qual cosa vol dir que la restricció bàsica estableix un valor 50 vegades més baix que el llindar a partir del qual s'observen efectes nocius. Generalment per mesurar les restriccions bàsiques es fa servir la densitat de corrent (mA/m^2) o la taxa d'absorció específica d'energia (SAR). Aquestes variables tenen l'inconvenient que, en ser mesures de l'absorció intra corporal de l'organisme o parts de l'organisme, no són fàcils de mesurar, ja que varien segons el tipus de teixit i la mida, geometria i orientació del cos respecte al camp electromagnètic.
- Els nivells de referència: són els límits d'exposició recomanats que permeten garantir el compliment de les restriccions bàsiques, inclús en el pitjor escenari possible. S'expressen en: intensitat de camp elèctric (E), intensitat de camp magnètic (H), densitat de flux magnètic (B), densitat de potència (S) i els corrents que flueixen a través de les extremitats (I_L) (vegeu taula 2).

Taula 2 : Nivells de referència recomanats per la ICNIRP per determinades freqüències.

Notes: 50Hz, freqüència de la xarxa elèctrica europea; 900Hz, freqüència de les estacions base de telefonia mòbil; 1,8 i 2,45GHz, freqüència dels forns microones.

Font: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index4.html>

Freqüència	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
Magnituds (unitats)	Camp elèctric (V/m)	Camp magnètic (μT)	Densitat de potència (W/m²)	Densitat de potència (W/m²)	Densitat de potència (W/m²)
Límits d'exposició per a la població general	5000	100	4,5	9	10
Límits d'exposició ocupacionals	10 000	500	22,5	45	

L'any 1999 el Consell de la Unió Europea (UE), basant-se en les directrius de la ICNIRP, va aprovar la Recomanació 199/519/CE³, relativa a l'exposició del públic en general als camps electromagnètics de 0Hz a 300 GHz. En 2007, el Comitè Científic dels Riscos Sanitaris Emergents i Recentment Identificats de la Unió Europea (SCENIHR) va revisar els coneixements científics sobre els possibles efectes dels CEM sobre la salut i no va trobar cap evidència científica clara que mostrés la necessitat de revisar les restriccions bàsiques i els nivells de referència definits en la Recomanació 199/519/CE. No obstant això, l'SCENIHR va indicar que hi havia llacunes en el coneixement científic que calia seguir investigant. Per una altra banda, l'SCENIHR fa revisions periòdiques per tal d'actualitzar les recomanacions de la UE.

La majoria d'estats membres han adoptat la Recomanació 199/519/CE i han desenvolupat normatives per controlar l'exposició del públic en general als CEM. Tot i que la majoria d'estats considera que la recomanació europea és suficient per proporcionar un nivell alt de protecció de la salut, alguns han adoptat límits d'exposició més exigents i altres han proposat modificacions. Per exemple, Bèlgica, Grècia, Itàlia, Lituània, Luxemburg, Països Baixos, Polònia i Eslovènia han establert nivells de referència més estrictes que els de la Recomanació 199/519/CE.

En contrast amb la Unió Europea, l'assemblea parlamentària del Consell d'Europa en la Resolució 1815 de 2011⁴ recomana l'aplicació del principi ALARA, que significa tan baix com sigui raonablement possible en anglès, quan els estats membres hagin d'establir normes o lindars d'emissió dels camps electromagnètics de qualsevol freqüència. S'assenyala que, donada la manca de certesa científica sobre els riscos per a la salut dels CEM, el fet d'esperar a disposar de nivells clars d'evidència científica abans de prendre accions preventives podria derivar en costos econòmics i per a la salut molt elevats, com ja va passar amb altres qüestions de salut pública com el tabac, la benzina amb plom o l'asbest.

³ Recomanació 1999/519/CE del Consell, de 12 de juliol de 1999, relativa a l'exposició del públic en general a camps electromagnètics (0Hz-300 GHz).

⁴ Resolution 1815 (2011) The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment. Disponible a <http://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/Xref-XML2HTML-en.asp?fileid=17994>

L'any 2001 l'Estat espanyol va aprovar el Reial Decret (RD) 1066/2001⁵, que estableix els nivells màxims d'exposició fent servir els nivells màxims de la Recomanació 199/519/CE. En les taules següents (taules 3, 4 i 5) podem veure les restriccions bàsiques i nivells de referència establerts en el RD 1066/2001.

Taula 3 : Nivells de referència recomanats per la ICNIRP per determinades freqüències. Notes: 50Hz, freqüència de la xarxa elèctrica europea; 900Hz, freqüència de les estacions base de telefonia mòbil; 1,8 i 2,45GHz, freqüència dels forns microones.

Freqüència	Corrent màxima de contacte (mA)
0-2,5 kHz	0,5
2,5 kHz-100 kHz	0,2 f
100 kHz-110 MHz	20

Font: Reial Decret 1066/2001.

Taula 4- Restriccions bàsiques per a camps elèctrics, magnètics i electromagnètics (0 a 300 GHz). Notes: f és la freqüència en Hz.

Freqüència	Inducció magnètica (mT)	Densitat de corrent (mA/m²)	SAR mitjà de cos de sencer (W/kg)	SAR localitzat (cas i tronc) (W/kg)	SAR localitzat (extremitats) (W/kg)	Densitat de potència S (W/m²)
0 Hz	40					
>0-1 Hz		8				
1-4 Hz		8/f				
4-1000 Hz		2				
1000 Hz-100 Hz		f/500				
100 Hz-10 Hz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz-10GHz			0,08	2	4	
10-300 GHz						10

Font: Reial Decret 1066/2001.

Taula 5- Nivells de referència per a camps elèctrics, magnètics i electromagnètics (0 a 300 GHz, valors rms no pertorbats). Notes: f és la freqüència en Hz. Font: Reial Decret 1066/2001.

Font: Reial Decret 1066/2001.

⁵ Reial Decret 1066/2001, de 28 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament que estableix condicions de protecció del domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctriques i mesures de protecció sanitària davant d'emissions radioelèctriques (BOE núm. 234 del 29 de setembre de 2001).

Freqüència	Intensitat de camp E (V/m)	Intensitat de camp H (A/m)	Camp B (μT)	Densitat de potència equivalent d'ona plana (W/m ²)
0-1 Hz		3.2×10^4	4×10^4	
1-8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25Hz	10 000	$4000/f$	$5000/f$	
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0.8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0.15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20f	10

L'any 2009 la Generalitat de Catalunya va desenvolupar diferents línies d'actuació en la gestió del risc de les antenes de telefonia mòbil: adquisició d'equips de monitoratge, generació de pactes de consens per al desplegament de les antenes i l'elaboració d'una ordenació ambiental de les infraestructures de radiocomunicació en el sòl rural. Aquest mateix any, la Generalitat va impulsar el projecte de la governança radioelèctrica, cofinançat per la Unió Europea en el marc del programa LIFE⁶, amb l'objectiu principal d'oferir a la ciutadania i als organismes públics (principalment als ajuntaments) una àmplia informació sobre els camps electromagnètics de radiofreqüència i el funcionament de la telefonia mòbil. Les accions que s'han dut a terme en el marc d'aquest projecte són: mesurar el nivell d'exposició als CEM a través de la instal·lació d'equips de monitoratge, crear el web públic de la governança radioelèctrica (<http://governancaradioelectrica.gencat.cat/>) i la publicació dels informes anuals sobre els nivells d'exposició dels CEM de radiofreqüència de Catalunya.

⁶ Projecte LIFE09 ES/ENV/000505. Radio- electric governance: environment and electronic communications policies for deployment of radiocom infrastructures.

Justificació i Objectius

L'exposició ambiental als CEM d'origen antropogènic no ha parat de créixer des del segle XX, principalment degut als canvis tecnològics: primer l'increment de la demanda d'electricitat, i més recentment, els sistemes de comunicació sense fils (15).

L'exposició als CEM presenta molts reptes per als responsables de la salut pública, atès que han de combinar l'evidència científica insuficient sobre els riscos per a la salut, la necessitat d'operar amb instal·lacions existents (i decidir sobre la ubicació de noves instal·lacions) i la controvèrsia pública que l'emplaçament d'algunes d'aquestes instal·lacions genera quan la tecnologia associada a aquestes té una gran popularitat i acceptació entre la població (15).

Els responsables polítics es troben davant la necessitat d'atendre les reivindicacions de col·lectius de veïns, metges i afectats per les síndromes de sensibilitat central, en un entorn de creixent demanda tecnològica, que està augmentant l'exposició de la ciutadania als diferents tipus de camps electromagnètics no ionitzants, tant dintre com fora dels habitatges (16).

En aquest escenari, l'Agència de Salut Pública de Barcelona ha treballat en una **revisió sobre l'estat del coneixement actual dels camps electromagnètics no ionitzants i els seus efectes per a la salut** amb l'objectiu de proposar accions basades en l'estat del coneixement existent, que es puguin dur a terme a la ciutat i que puguin ser d'ajuda de cara a la investigació i a les persones que es declaren afectades per aquesta exposició.

Metodologia

Per elaborar aquest informe s'ha realitzat una revisió dels informes i de les guies dels següents organismes oficials:

- L'Organització Mundial de la Salut (OMS).
- L'Agència Internacional d'Investigació sobre el Càncer (IARC).
- La Comissió Internacional sobre la Protecció enfront de les Radiacions No Ionitzants (ICNIRP).
- El Comitè Científic dels Riscos Sanitaris Emergents i Recentment Identificats de la Comissió Europea (SCENIHR).
- L'Agència Francesa de Salut i Seguretat Alimentària, Ambiental i Laboral (ANSES).
- El Programa Nacional de Toxicologia de l'Institut Nacional de Ciències de la Salut Ambiental dels EUA (NTP- NIEHS).
- El Comitè Científic i Assessor en Radiofreqüències i Salut del Ministeri de Sanitat i Consum de l'estat espanyol (CCARS)
- El projecte Governança Radioelèctrica de la Generalitat de Catalunya.

També s'ha consultat la informació web disponible d'aquests mateixos organismes oficials, així com l'informe del grup de treball Bioinitiative 2012. Quan ha sigut necessari s'han consultat i revisat els articles científics publicats en revistes internacionals sobre estudis concrets de possibles impactes en salut associats a l'exposició als CEM. En l'apartat bibliografia es troba la relació exhaustiva dels estudis d'investigació revisats.

També s'ha consultat el criteri de persones expertes en la matèria com:

- De l'Institut de Salut Global (ISGlobal), la Dra. Elisabeth Cardis, que és cap del Programa de Radiació des de l'any 2008. Abans d'això havia estat cap del grup de Radiació de la IARC on va coordinar estudis sobre radiació ionitzant i no ionitzant. La Dra. Mònica Guxens, metgessa especialista en medicina preventiva i salut pública i professora assistent a la recerca. El Dr. Javier Vila, investigador postdoctoral i expert en mètodes d'avaluació de l'exposició a CEM.
- De l'Hospital Clínic de Barcelona, el Dr. Joaquim Fernández Solà metge internista, especialista en síndromes de sensibilitat central, com la fibromiàlgia, fatiga crònica, sensibilitat química múltiple i hipersensibilitat electromagnètica.
- Del Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació (CTTI) de la Generalitat de Catalunya, el Sr. Xavier Flores Romero, gestor del projecte de la Governança Radioelèctrica.

Efectes en la salut dels camps electromagnètics segons la seva freqüència

L'exposició a camps electromagnètics poden donar lloc a diferents efectes biològics reconeguts des d'un punt de vista científic. Aquests efectes poden ser perjudicials per a la salut, depenent de la capacitat de l'organisme per revertir-los i tornar a l'estat inicial d'abans de l'exposició. En aquesta secció es resumeixen els efectes biològics de l'exposició a CEM i els seus possibles efectes adversos per a la salut en funció de la seva freqüència.

Camps magnètics estàtics (SMF)

En la natura trobem múltiples fenòmens que generen camps elèctrics i magnètics de tipus estàtic. Es diu que els camps elèctrics i magnètics són estàtics quan no varien en el temps i tenen una freqüència de 0 Hz. En la vida quotidiana podem rebre descàrregues elèctriques amb objectes connectats a terra o se'ns pot ericar el cabell com a resultat de la fricció. En la superfície de la terra, el camp geomagnètic natural varia entre 30 i 70 μT , i alguns animals, com els ocells, en són sensibles i l'utilitzen per a orientar-se (17).

En l'atmosfera, els camps elèctrics estàtics, també denominats electroestàtics, tenen una intensitat de camp mitjana de 270 V/m, a l'hivern, i de 130 V/m, a l'estiu. En els núvols de tempestes, la fricció entre les gotes d'aigua i els cristalls de gel separa les càrregues positives i negatives i genera camps electroestàtics d'alta intensitat. En un terreny pla, aquestes intensitats de camp poden assolir nivells de fins a 20.000 V/m amb pics de fins a 300.000 V/m en les descàrregues produïdes pels raigs (18).

Així i tot, les principals fonts d'exposició als camps estàtics són d'origen antropogènic i principalment laboral. Per exemple, en la utilització del corrent continu, en els trens elèctrics o en determinats processos industrials (producció

d'alumini i soldadura de gas), es poden produir camps magnètics estàtics d'intensitats 1.000 vegades superiors a la del camp magnètic natural de la Terra. Algunes innovacions tecnològiques, com els aparells de ressonància magnètica, creen camps magnètics 10^5 vegades superiors als del camp terrestre i pacients i tècnics poden estar exposats a camps magnètics d'entre 0,2 i 3 tesles (17). Així mateix, la construcció de línies d'alta tensió de corrent continu augmenta també l'exposició de la població general a camps electromagnètics estàtics (5).

Efectes biològics

L'efecte principal dels camps estàtics en els organismes vius és la inducció de càrregues i corrents elèctrics. Els camps elèctrics estàtics o electroestàtics no penetren en l'organisme humà, però provoquen la distribució de la càrrega elèctrica per la superfície del cos exposada. Si es toca un cos metàl·lic en aquestes condicions, hi ha el risc de patir una descàrrega elèctrica. Per una altra banda, aquesta càrrega de la superfície del cos es pot arribar a percebre pel moviment dels pèls de la pell.

A diferència dels camps electroestàtics, els camps magnètics estàtics sí que penetren a l'interior de l'organisme. De fet, la intensitat d'aquests és pràcticament la mateixa dins i fora del cos. Dins del cos, interaccionen amb les càrregues elèctriques en moviment (proteïnes, ions, càrregues en les superfícies de les cèl·lules) i produeixen camps elèctrics interns mitjançant la inducció magnètica.

Efectes sobre la salut

Pocs estudis han avaluat els efectes aguts dels camps electroestàtics. En general, els resultats suggereixen que els efectes adversos de caràcter agut estan associats a la manca de confort que provoquen les micro descàrregues.

Pel que fa als SMF, estudis d'experimentació animal i amb voluntaris humans han descrit diversos efectes de l'exposició als CEM d'unitats de tesles i de manera no mantinguda en el temps que són reversibles (5,17):

- Vertigen, nàusees, foscà ocular i sabor metàl·lic en la boca en moure el cos o el cap durant l'exposició a SMF de 2 a 4 tesles (T).
- Canvis de la pressió arterial i la freqüència cardíaca, així com inducció de batecs ectòpics i augment de la probabilitat d'arrítmia reversible en alguns treballadors en exposicions de fins a 8 T.
- Altres possibles respostes neurofisiològiques com la pèrdua de memòria, problemes de concentració, disminució de la coordinació entre l'ull i la mà, en

ser exposats a camps d'1,5 T (19,20), i desenvolupament de nistagmes, en ser exposats a camps d'entre 3 i 7 tesles (21).

Alguns autors destaquen que aquests efectes poden influir negativament en el rendiment dels treballadors durant procediments crítics, com per exemple les intervencions quirúrgiques guiades per ressonància magnètica, cosa que pot produir errors o accidents amb efectes perjudicials tant pels treballadors com per als pacients (5).

Els estudis cel·lulars in vitro mostren efectes en exposicions per sobre de les 30 μ T (5). No obstant això, es desconeix quins d'aquests mecanismes poden ser transitoris i quins altres poden acabar produint efectes amb impacte sobre la salut.

Pel que fa als efectes a llarg termini, en 2002 la IARC va fer una avaluació de l'evidència epidemiològica i dels estudis de laboratori amb la conclusió que el nivell d'evidència era insuficient per avaluar la carcinogenicitat dels SMF pels pocs estudis sobre els efectes crònics de la seva exposició. La conclusió de l'avaluació fou que tant els estudis epidemiològics com els estudis d'experimentació animal no aportaven informació rellevant (22).

Camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa (ELF)

Els camps magnètics de freqüència extremadament baixa són ubics, es troben en qualsevol lloc on hi hagi un flux de corrent elèctric. Les principals fonts d'exposició de la població general són la xarxa de subministrament elèctric i els aparells elèctrics (23). Sota una línia de transport d'energia, el camp magnètic pot ser d'unes 20 μ T i el camp elèctric pot arribar a diversos milers de volts per metre. No obstant això, els camps magnètics a les llars tenen una intensitat molt més baixa, al voltant dels 0,07 μ T en Europa i 0,11 μ T en Amèrica del Nord. Els valors mitjans corresponents als camps elèctrics de les llars assoleixen unes quantes desenes de volts per metre (23).

En els últims anys l'atenció s'ha dirigit també cap als transformadors instal·lats en els edificis residencials o pròxims a aquests, ja que aquestes fonts d'exposició es mantenen al llarg del temps i poden exposar a les persones a intensitats de camp magnètic superiors a les 10 μ T (5).

Existeixen pocs estudis que relacionen l'exposició a camps elèctrics de freqüència extremadament baixa (ELF, en anglès) amb efectes adversos en la salut. Per això, en aquesta secció ens centrarem a resumir l'evidència existent fins al moment en relació amb l'exposició a camps magnètics de tipus ELF (o ELF-MF, en anglès).

Efectes biològics

Els camps de tipus ELF influeixen en l'organisme com en qualsevol altre material format per partícules carregades. Quan els camps elèctrics actuen sobre materials conductors afecten la distribució de les càrregues elèctriques en la superfície.

Per una altra banda, els camps magnètics d'ELF indueixen corrents elèctrics circulants en l'organisme. La intensitat d'aquests corrents depenen de la intensitat del camp magnètic exterior i podrien estimular els nervis i músculs o afectar a altres processos biològics (5).

Efectes sobre la salut

ELF- MF i leucèmia infantil

D'acord amb els resultats de dues importants revisions de la bibliografia científica (Ahlbom et al. 2000 i Greenland et al. 2000), basats en 9 i 12 estudis de casos i controls respectivament, hi ha associació epidemiològica entre la leucèmia infantil i l'exposició residencial a camps magnètics d'ELF de més de 0,4 μ T, deguts a la proximitat a les línies d'alta tensió. La primera metanàlisi citada va comptar amb 3.247 casos i 10.400 controls, i el segon amb 2.656 casos i 7.084 controls. Malgrat que les associacions són estadísticament significatives s'assenyalen limitacions relacionades amb biaixos de selecció o d'informació (24,25). L'associació causal requereix l'acompliment de diferents criteris per tal que sigui acceptada. Aquests resultats en representen un d'ells, però criteris com la plausibilitat biològica no s'han pogut acreditar. Així doncs, malgrat que alguns estudis de laboratori han proposat diversos mecanismes possibles (26–28), cap d'ells fins ara, tant "in vivo" (estudis amb animals de laboratori) com "in vitro" (estudis cel·lulars), ha pogut demostrar quin és el mecanisme biològic pel qual els ELF-MF actuen com a carcinògens.

Tanmateix, la IARC, atès el coneixement existent, l'any 2001 va classificar els ELF-MF com a possibles carcinògens en humans (grup 2B). Els arguments donats per la IARC en la seva avaluació van ser que, encara que l'evidència sobre la carcinogenicitat dels ELF-MF en relació amb la leucèmia infantil és limitada en humans i que els estudis d'experimentació en animals no proporcionen dades concloents sobre aquesta relació, és possible que existeixi associació causal, però no s'ha pogut identificar per l'existència de biaixos i fenòmens de confusió (22).

Posteriorment, Kheifets et al. (2010) portà a terme una nova metanàlisi basada en 7 estudis de casos i controls amb un total de 10.865 casos i 12.853 controls. Les conclusions d'aquest estudi van en la mateixa línia que les investigacions prèvies, tot i que la força de l'associació és més dèbil que la trobada en estudis anteriors (29).

ELF- MF i altres càncers infantils

Hug et al. (2009) va portar a terme un estudi de casos i controls de base poblacional amb 2.049 casos de càncer infantil (leucèmia aguda, limfoma no-Hodgkinià, tumors del sistema nerviós central, neuroblastoma, tumor de Wilms, tumor ossi i sarcoma de teixit tou) i 2.382 controls. L'estudi avaluava la relació entre l'exposició professional dels progenitors a ELF-MF abans de la concepció i els càncers citats. La classificació de l'exposició es va realitzar d'acord amb una matriu d'exposició professional, sense trobar increment de risc de càncer infantil en els nens/es de pares exposats a aquests camps ELF-MF a més de 0,2 μ T o inclús per sobre d'1 μ T (30).

D'altra banda, Kheifets et al. (2010) van fer una metanàlisi basada en 10 estudis de casos i controls amb 8.372 casos i 11.494 controls per avaluar la relació entre l'exposició residencial a ELF-MF i el risc de tumors infantils de cervell. Cap de les anàlisis fetes va mostrar associació o un patró consistent que suggerís l'associació entre càncer de cervell i exposició residencial a aquests camps (31).

ELF- MF i leucèmia, limfoma i càncers del sistema nerviós central en adults

Diversos estudis fets en la dècada dels vuitanta i a principis dels noranta apuntaven a un augment del risc de leucèmia, tumors cerebrals, i càncer de pit en homes especialment exposats a camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa, com per exemple els operadors de centrals elèctriques. Aquests estudis tenien limitacions metodològiques importants, sobretot en la mesura de l'exposició.

A finals dels anys 90, Kheifets et al. (1995 i 1997) van realitzar dues metanàlisis que avaluaven la relació entre l'exposició ocupacional a camps electromagnètics (totes les freqüències) i els càncers de cervell i de leucèmia. Ambdós estudis van trobar associació, encara que baixa. Les mateixes publicacions apunten diverses limitacions com l'heterogeneïtat en la mesura de l'exposició, la manca de gradient dosi-resposta, i el possible biaix de publicació (32,33).

L'any 2001 la IARC va classificar els ELF-MF com a possibles carcinògens en humans basant-se sobretot en els estudis de leucèmia infantil. Tanmateix va indicar que l'evidència sobre la relació entre càncer en adults i ELF-MF era insuficient tant en estudis epidemiològics com toxicològics (22).

L'any 2008, Kheifets et al. van actualitzar les dues metanàlisis fetes anteriorment amb 20 nous estudis sobre càncer de cervell i 21 sobre leucèmia en 12 països. Globalment van trobar una associació entre el càncer de cervell i leucèmia i els ELF-MF, però les estimacions del risc van ser inferiors a les obtingudes en les metanàlisis

anteriors. El subtipus de leucèmia que s'havia associat a aquest tipus de camp en els estudis anteriors era la leucèmica limfocítica crònica, mentre que en el 2008 va ser la leucèmia limfocítica aguda. Els autors van concloure que aquests resultats no sostenien la hipòtesi que l'exposició a aquest tipus de camp fos responsable de l'excés de risc observat (34).

Elliot et al. (2013) van fer un estudi de casos i controls per avaluar l'associació entre diversos tipus de càncer en adults i la distància de la residència habitual a les línies d'alta tensió. Els casos es van obtenir del Registre Nacional de Càncer d'Anglaterra i Gal·les dels anys 1974 a 2008. Es van incloure 7.823 casos de leucèmia, 6.781 càncers de cervell o del sistema nerviós central, 9.153 casos de melanoma, 29.202 casos de càncer de pit en dones i 79.507 controls. No van trobar associació en cap dels grups de càncer avaluats. La limitació més important de l'estudi, que afectaria el resultat donant un fals negatiu, és que els controls es van obtenir a partir d'altres pacients amb càncer, assumint que aquests càncers no tindrien relació amb els camps electromagnètics (35).

En el marc de l'estudi INTEROCC, Turner et al. (2014) van avaluar l'associació entre el glioma o el meningioma i l'exposició laboral a ELF-MF en diferents finestres de temps d'exposició des de la data de diagnòstic. Es van reclutar 1.939 casos de glioma, 1.822 casos de meningioma i 5.404 controls procedents de 7 països. L'estudi no va mostrar associació entre l'exposició ocupacional al llarg de tota la vida laboral i el risc de desenvolupar aquests càncers. No obstant això, sí que van trobar associació entre l'exposició a ELF-MF en el passat recent (d'1 a 4 anys des de la data del diagnòstic) i el risc de glioma. S'apunta que aquests resultats serien compatibles amb el rol dels ELF-MF en la promoció dels tumors en el cervell, ja que, potser aquests camps no tenen energia suficient per provocar mutacions en les molècules de DNA, però sí que podrien actuar en la transducció de senyals, proliferació cel·lular, generació d'espècies reactives d'oxigen, sistema immune o neuroendocrí o interactuant amb altres exposicions químiques (36).

Talibov et al. (2015) van fer un estudi de casos i controls a partir de la cohort nòrdica per a l'estudi del càncer ocupacional (Noruega, Suècia, Finlàndia i Islàndia) amb 5.409 casos de leucèmia mieloide aguda (AML, en anglès) en adults i 27.045 controls. Segons la informació de l'ocupació que estava disponible en les dades dels censos de cada país i les matrius d'exposició laboral, van determinar l'exposició a ELF-MF i el risc de xoc elèctric. Van ajustar per factors de confusió com l'exposició a radiació ionitzant o altres químics que fossin factors de risc d'AML. Aquest estudi no va trobar correlació entre l'exposició laboral a ELF-MF i AML (37).

Més recentment, Huss et al. (2018) van analitzar la mortalitat per diferents tipus de càncers hematolinfopoiètics entre 1990 i 2008 en la cohort nacional suïssa i l'exposició a ELF-MF, a partir d'una matriu d'exposició ocupacional. En total van

analitzar 3,1 milions de treballadors exposats a diferents nivells d'ELF-MF, agrupats en tres categories d'exposició. Aquesta anàlisi no va trobar augment del risc de mortalitat per càncers hematolinfopoiètics en treballadors exposats a nivells mitjans i elevats d'ELF-MF. Així mateix, en aquest estudi també es va fer una metanàlisi per avaluar l'associació entre l'exposició a ELF-MF i l'AML, observant una associació estadísticament significativa amb un augment del risc relatiu del 20% en el grup de treballadors exposats a nivells alts d'ELF-MF durant molt temps (RR= 1,21, 95%CI 1,08-1,37). En la discussió s'indica que no s'ha observat cap mecanisme pel qual els ELF-MF puguin causar càncer hematolinfopoiètic. Tanmateix van mantenir la hipòtesi que l'exposició a ELF-MF pot generar espècies reactives d'oxigen (ROS), les quals a la vegada poden ocasionalment desencadenar esdeveniments genotòxics (38).

ELF- MF i malalties neurodegeneratives

La investigació epidemiològica sobre malalties neurodegeneratives i l'exposició a ELF-MF s'ha focalitzat principalment en la malaltia d'Alzheimer (AD, en anglès), l'esclerosi lateral amiotròfica (ALS, en anglès) i, en menor mesura, la malaltia de Parkinson (39)

Fins ara no s'ha identificat el mecanisme pel qual l'exposició a ELF-MF podria causar aquestes malalties (5). Una revisió feta l'any 2012 apuntava que la interacció d'ELF-MF amb els sistemes biològics podia causar estrès oxidatiu, ja sigui a través d'un efecte prooxidant (com l'acumulació d'espècies reactives d'oxigen o ROS) o reduint la disponibilitat d'hormones neuroprotectores, com la melatonina. En la revisió s'indicava que calia investigar més sobre aquesta qüestió per resoldre les moltes incògnites pendents (40).

Els estudis epidemiològics sobre ELF-MF i malalties neurodegeneratives s'enfronten a diverses dificultats en la investigació:

- La caracterització de l'exposició, atès que no es coneix el mecanisme biològic.
- En l'àmbit laboral no sempre es disposa de tota la història ocupacional i en molts estudis els nivells d'exposició s'han establert segons l'ocupació en un moment determinat, quan aquesta pot haver variat en el temps.
- Els biaixos de memòria en estudis amb dades clíniques.
- Les malalties neurodegeneratives no disposen de registres poblacionals en la major part de països, així doncs, molts estudis han de recórrer als registres de mortalitat. Les malalties neurodegeneratives evolucionen lentament i habitualment no es fa constar com alguna de les causes que ha provocat la mort i, per tant, s'infratestimen (41).

Malaltia d'Alzheimer

Entre els anys 1990 i 2000 es varen publicar diversos estudis de casos-controls que avaluaven l'associació entre l'exposició a ELF-MF i la malaltia d'Alzheimer (AD, en anglès). Dos dels estudis amb dades clíniques d'un mateix grup d'investigació (42,43) van proporcionar una associació forta (OR= 3,93 IC 95% 1,5-10,6) (43). En canvi, l'evidència provinent de quatre estudis posteriors amb base poblacional va ser dèbil i a més, la mesura d'exposició va ser inconsistent (44-46).

En una revisió sistemàtica publicada l'any 2001 s'indicava que l'evidència de l'associació entre EMF i AD era dèbil, i que l'aparent excés de risc podia ser degut a les limitacions metodològiques dels estudis (47).

L'any 2007 es va publicar un estudi de cohorts on s'avaluava l'associació entre l'exposició a ELF-MF i la mortalitat per diferents malalties neurodegeneratives. La cohort estava formada per 20.141 empleats ferroviaris de Suïssa seguits de l'any 1972 fins a 2002. L'exposició es va establir segons el grup ocupacional, de forma que el grup més exposat es va determinar que eren els conductors de trens, amb una exposició mitjana a ELF-MF estimada de $21\mu\text{T}$, i el menys exposat els caps d'estació, amb una exposició mitjana estimada de $1\mu\text{T}$. Els resultats d'aquest estudi donaven suport a l'associació entre l'exposició a ELF-MF i la malaltia d'Alzheimer (AD). També van trobar que el temps d'exposició per sobre d'un llindar explicava millor l'associació que l'exposició acumulada, i que l'exposició recent presentava més risc que les exposicions primerenques (48).

Aquest mateix any 2007 es va publicar un altre estudi de cohorts a Anglaterra i Gal·les amb 83.997 treballadors del sector elèctric investigats durant el període 1973-2004. No es va observar associació entre l'exposició a ELF-MF i malaltia d'Alzheimer, Parkinson o malalties neuromotores (grup al qual pertany l'ALS) (49).

L'estudi Harmony a Suècia va utilitzar la cohort poblacional de bessons per avaluar l'associació entre demència i exposició ocupacional a ELF-MF. En l'anàlisi global publicada l'any 2010, el nivell d'exposició a ELF-MF no es va associar a un major risc de demència o d'Alzheimer, però en l'anàlisi estratificada, en persones amb una edat d'inici de demència igual o superior als 75 anys, sí que es va trobar associació quan la intensitat de l'exposició superava les $0,12\mu\text{T}$. No obstant això, no es va observar l'existència d'un gradient dosi- efecte (50).

L'any 2013, un estudi de casos-controls de base poblacional a Dinamarca, on s'incloïa tots els casos de malalties degeneratives diagnosticats entre els anys 1994 i 2010 (46.000 casos, dels quals 20.000 eren de malaltia d'Alzheimer), mostrava que el risc de d'AD no es veia incrementat pel fet de viure a menys de 50 metres de línies d'alta tensió. Així mateix, tampoc s'observava una relació dosi- resposta en relació amb els anys viscuts a prop de les línies d'alta tensió. En canvi, sí que s'observava

una associació dèbil en el subgrup de persones entre els 65 i 74 anys, però els autors insistien que aquest resultat s'havia de valorar amb compte, degut a la falta de consistència amb els altres resultats (51).

Aquest mateix any es va publicar una metanàlisi amb 42 estudis (27 casos-contròls i 15 estudis de cohorts) on s'avaluava la relació entre ELF-MF i malalties neurodegeneratives. Aquest indicava que s'observava un increment moderat del risc amb la malaltia d'Alzheimer, però que hi havia una elevada heterogeneïtat a conseqüència de les diferències metodològiques dels estudis. Així mateix, conclouia que tot i que era necessari fer millores metodològiques (inclusió de mesures d'exposició en dones treballadores, millores en l'avaluació de l'exposició, millores en la classificació de la malaltia i la publicació dels resultats negatius) no es podia descartar la relació entre malalties neurològiques i ELF-MF (52).

Recentment, s'ha publicat una altra metanàlisi de 20 estudis (12 casos-contròls i 8 cohorts) que mostrava un increment del risc d'Alzheimer en treballadors exposats a ELF-MF. Aquesta estimació varia en analitzar per separat els treballs segons el disseny dels estudis. En els dissenys de casos-contròls l'increment és més important que en els estudis de cohorts, encara que en aquests l'augment del risc continua sent significatiu. No obstant això, s'indica que els resultats s'han d'interpretar amb precaució atès el biaix de publicació i l'heterogeneïtat dels estudis analitzats (53).

Esclerosi Lateral Amiotròfica (ALS)

L'associació entre l'esclerosi lateral amiotròfica (ALS, en anglès) i el trauma elèctric data dels anys 30 (41). Un estudi de casos-contròls publicat en 1964 indicava que les persones amb ALS havien tingut més contacte ocupacional amb l'electricitat que els controls, i associava aquesta malaltia a freqüents descàrregues elèctriques que no havien necessitat hospitalització. Un altre estudi de casos-contròls de l'any 1986 associava l'ALS amb l'exposició ocupacional dels professionals del sector de l'electricitat i les descàrregues elèctriques que havien produït pèrdues de coneixement (54).

La revisió sistemàtica feta per Ahlbom et al. l'any 2001 indicava que els resultats en ALS apuntaven a un possible increment del risc en persones exposades a ELF-MF. No obstant això, diversos factors de confusió podien estar actuant, sent els xocs elèctrics un dels principals (47).

En sentit contrari es troba l'estudi de la cohort de treballadors del sector elèctric d'Anglaterra i Gal·les, que no va trobar associació entre les malalties neuromotores (MND, en anglès) i l'exposició a ELF-MF, sent l'ALS la malaltia més freqüent d'aquest grup (49).

Un estudi a partir de la cohort nacional de mortalitat dels EUA amb seguiment de 300.000 persones entre 1980 i 1989, va avaluar l'associació entre camps magnètics d'ELF i la mortalitat per MND. Tot i la gran magnitud de la cohort, només es van diagnosticar 40 casos de malalties neuromotores. En aquest estudi no es va observar cap increment del risc de mortalitat de MND en les persones exposades (55).

L'any 2012 Zhou et al. va fer una metanàlisi amb 17 estudis on avaluaven l'associació entre exposició a ELF-MF i ALS. Els resultats van identificar una associació dèbil i a més els autors consideren que els resultats no són consistents i podrien haver estat condicionats pel biaix de publicació. De fet, en l'anàlisi que es va fer segons el tipus d'estudi, es va observar associació en els estudis de casos-controls, però no en els estudis de cohorts (56).

La metanàlisi ocupacional de Vergara et al. va identificar un risc de patir malalties neuromotores significativament superior en grups exposats a ELF-MF. No obstant això, el fet que es trobessin associacions superiors quan s'analitzaven grups d'ocupacions en comptes de nivells d'exposició suggeria que els camps magnètics no eren l'explicació de les associacions observades. Altres factors, com l'exposició a químics o els electroxocs podien estar confontent i interactuant sobre aquestes associacions. Finalment l'estudi indicava que les limitacions metodològiques no permetien extreure inferències fiables sobre els efectes de l'exposició ocupacional a ELF-MF i les MND (52).

El 2018 s'han publicat dues metanàlisis que han estudiat l'associació entre l'ALS i els ELF-MF. La primera, que ha comptat amb 20 estudis (11 casos-controls i 9 estudis de cohorts), ha analitzat l'exposició ocupacional a ELF-MF. Aquest ha trobat un risc més elevat d'ALS en les persones que han treballat en ocupacions on han estat exposades a ELF-MF, especialment en els estudis que comptaven amb la història ocupacional completa dels treballadors. Aquest estudi indica que les properes investigacions haurien d'incloure mesures quantitatives d'exposició, incloent-hi la durada de l'exposició. Finalment, tampoc descarta que altres factors, com les lesions elèctriques, puguin estar confontent els resultats observats (38).

La segona metanàlisi publicada l'any 2018, que ha comptat amb 5 estudis (4 casos-controls i un estudi de cohorts), és la primera que ha analitzat l'exposició residencial a ELF-MF i el risc d'ALS. Cal destacar l'elevada heterogeneïtat en la definició de població exposada entre els diferents estudis; cap d'ells ha portat a terme mesures directes o personals de l'exposició. Finalment i tenint en compte les limitacions metodològiques de l'estudi, no s'observa una associació entre exposició residencial a ELF-MF i ALS (57).

Malaltia de Parkinson

Pel que fa a la malaltia de Parkinson, cap dels estudis revisats troben un augment de risc d'aquesta malaltia entre els exposats a ELF-MF (39,41,49,52,58).

La metanàlisi més recent inclou 11 estudis (4 casos- controls i 7 estudis de cohorts) que examinen l'associació entre exposició ocupacional a ELF-MF i la malaltia de Parkinson. S'han de tenir en compte algunes limitacions, com per exemple, la varietat de mètodes que es van utilitzar per mesurar l'exposició (4 estudis varen avaluar els registres ocupacionals, 4 varen utilitzar la informació de censos, entrevistes i qüestionaris, i 3 els certificats de defunció). Una altra limitació va ser la infraestimació de la malaltia de Parkinson en els certificats de defunció. No obstant això, els estudis basats en informació clínica van mostrar estimacions del risc similars als fets a partir de dades poblacionals. Finalment, aquest estudi va concloure que no hi ha evidència entre l'exposició a ELF-MF i la malaltia de Parkinson (58).

Camps elèctrics i magnètics de freqüències intermèdies (IF)

En l'àmbit domèstic cada vegada hi ha més aparells que operen en l'interval de freqüències intermèdies (5). Algunes joguines, com les boles de plasma, per exemple, emeten camps elèctrics molt elevats, que inclús superen els nivells de referència en l'exposició establerts en la normativa. Segons un estudi conduït per l'Institut de Salut Laboral i l'Autoritat de Seguretat i Radiació Nuclear de Finlàndia, el camp elèctric d'una bola de plasma a una distància de 35 cm era de 677 V/m, quan el nivell normatiu estableix que hauria de ser com a màxim de 87 V/m⁷ (59). Així mateix, segons aquest mateix estudi, els corrents de contacte en cas de tocar la bola amb la mà dupliquen els nivells permesos. L'ús de proteccions que facin un apantallament transparent adequat que protegeixi l'usuari dels camps elèctrics (tipus gàbies de Faraday), en els museus o altres llocs, han servit per reduir l'exposició del públic als camps emesos per les boles de plasma (59).

A una distància superior a 1 metre, els camps elèctrics i magnètics d'IF procedents dels aparells elèctrics són generalment baixos. L'interval de freqüència en el que es troben la majoria d'aparells elèctrics en l'àmbit domèstic (com per exemple, les

⁷ Per a freqüències de camp de 3 a 150 kHz (les boles de plasma operen al voltant dels 20 kHz), el nivell de referència de camp elèctric per al públic en general, és de 87 V/m, segons la Recomanació 1999/519/CE del Consell, de 12 de juliol de 1999, relativa a l'exposició del públic en general a camps electromagnètics (0Hz-300 GHz) i el Reial Decret 1066/2001, de 28 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament que estableix condicions de protecció del domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions radioelèctriques i mesures de protecció sanitària front a emissions radioelèctriques (BOE núm. 234 del 29 de setembre de 2001).

cuines d'inducció, bombetes de baix consum, llums fluorescents o les pantalles de televisió) és d'1 kHz a 100 kHz i les intensitats de camp elèctric i magnètic procedents són d'aproximadament 1 V/m i inferiors a 0,05 A/m, respectivament, si es mesuren a més d'un metre de distància (60). En canvi, l'ús d'aquests aparells a distàncies més properes (de 20 a 50cm), incloent-hi les cuines d'inducció, les pantalles LCD i les bombetes fluorescents i de baix consum, poden comportar exposicions que superen els nivells d'exposició de referència de la ICNIRP. Segons Aerts et al., la principal font d'emissió tant de camps elèctrics com magnètics la registren les cuines d'inducció (amb valors màxims de 41,5 V/m de camp elèctric i 2,7 A/m de camp magnètic, a una distància de 20 cm) (60). A més, l'estàndard de seguretat de les cuines d'inducció⁸ estableix que per garantir els nivells de 6,25 µT d'inducció magnètica de la ICNIRP 1998, s'haurien de fer servir a una distància de 30 cm i els recipients haurien de cobrir completament els fogons de les plaques d'inducció (5).

Els sistemes electrònics antirobatoris (EAS) que hi ha a les botigues, supermercats o llibreries són una altra font de camps elèctrics i magnètics d'IF que ha estat subjecte a estudi. Hi ha hagut diversos assajos que han avaluat els nivells de camp en les proximitats d'aquests aparells. Per exemple, Joseph et al. (2012) van mesurar diferents tipus de sistemes antirobatori que operaven a diferents freqüències i van concloure que majoritàriament aquests superaven els nivells de referència establerts per la ICNIRP, i que es necessitaven distàncies de seguretat d'entre 35 i 111 cm per reduir la intensitat de camp als llindars marcats per la ICNIRP (61). En la mateixa línia, Roivainen et al. (2014) van trobar que l'exposició a camps magnètics d'IF superava els nivells de referència de la ICNIRP quan els treballadors passaven a través de les portes amb EAS, amb mesures màximes de 189 µT (62).

En un altre estudi conduït per Martínez-Búrdalo et al. (2010) es va mostrar que, encara que s'excedissin els nivells de referència de densitat de flux magnètic, les densitats de corrent induïdes i la SAR es mantenien per sota de les restriccions bàsiques, per la qual cosa la taxa absorbida pel cos era inferior als llindars establerts per la ICNIRP com a nocius per a la salut (63).

Efectes biològics i efectes en la salut

L'informe de l'SCENIHR 2015 indica que hi ha alguns estudis d'experimentació en animals que descriuen l'absència d'efectes en la reproducció i el desenvolupament

⁸ Estàndard tècnic EN 62233 per a les cuines d'inducció elaborat per la Comissió Electrotècnica Internacional (IEC, 2005).

embrionari derivada de l'exposició a camps d'intensitats de fins a 200 μ T en l'interval de les freqüències intermèdies (de 20 a 60 kHz).

Així mateix, manifesten que hi ha molt pocs estudis d'experimentació animal o in vitro que avaluin els efectes en salut dels camps electromagnètics i que fins al 2015 no hi havia estudis epidemiològics (5).

Posterior a l'informe de l'SCENIHR es va publicar un estudi de cohorts que avaluava els efectes reproductius de l'exposició a camps d'IF procedents dels sistemes electrònics antirobatori (EAS). Aquesta cohort constava de 4.157 dones que havien treballat com a caixeres en el sector de l'alimentació entre els anys 2008 i 2015. L'exposició s'establia segons si havien treballat en supermercats amb EAS o en petites botigues de comestibles sense EAS. Els resultats d'aquest estudi no va mostrar augment del risc d'avortament, part prematur o baix pes en néixer (64).

Camps electromagnètics de radiofreqüència (RF-EMF)

En els últims 20 anys hi ha hagut un gran desenvolupament de les tecnologies associades a l'emissió de camps electromagnètics de radiofreqüència (RF-EMF, en anglès), és a dir els camps d'ones que tenen una freqüència situada en l'interval d'entre els 100 kHz i els 300 GHz de freqüència. Actualment una gran varietat de fonts, especialment del camp de les telecomunicacions (telefonía mòbil, aparells sense fils, xarxes Wi-Fi, Bluetooth, ones de ràdio i televisió, sistemes de navegació, radars, microones, entre d'altres), contribueixen a l'exposició individual als camps electromagnètics de radiofreqüència.

Podem distingir dos grans tipus de fonts d'exposició als RF-EMF: les fonts en contacte amb el cos o en la proximitat d'aquest, que causen exposicions elevades, de curta durada i localitzades en determinades parts del cos i les fonts d'exposició ambiental als RF-EMF, que en general causen exposicions reduïdes en intensitat però mantingudes en el temps i més homogènies respecte a la part del cos on incideixen (65).

L'ús del telèfon mòbil i altres aparells que operen en contacte amb el cos o en la proximitat d'aquests són la principal font d'exposició per a la població general (66,67). La distància, la potència emesa per l'aparell, el cicle de servei de l'aparell i la durada de l'exposició són factors determinants d'aquesta exposició. En particular, pel que fa a l'exposició del teixit cerebral, l'ús del telèfon mòbil en l'orella roman com a principal font d'exposició (5).

Des de la primera generació de telèfons mòbils, que va aparèixer a principis dels anys 1980, la tecnologia ha evolucionat per reduir la potència emesa d'aquests terminals mòbils. En particular en els sistemes GSM, la introducció del control dinàmic de potència va reduir a la meitat l'exposició mitjana durant les trucades, mentre que l'ús del sistema DTX durant les trucades de veu, va suposar un altre 30% afegit de reducció de la potència mitjana. Amb la telefonia 3G, els sistemes d'adaptació de potència s'han tornat més ràpids i efectius dirigint la telefonia mòbil a una reducció del voltant de dos ordres de magnitud de la taxa d'absorció específica (SAR) si la comparem amb els sistemes GSM. A més, els sistemes de mans lliure redueixen dràsticament l'energia absorbida pels teixits cerebrals. Per una altra banda, hem de tenir present que la telefonia sense fils (DECT) és una altra font que contribueix a l'exposició diària als RF-EMF (5,66).

Els "smart-phones" i altres dispositius portàtils sense cables (portàtils, tauletes, etc.) han afegit complexitat a la mesura de l'exposició individual als camps de RF perquè han ampliat la regió del cos exposada (66). Per aquest motiu, quan es fa l'avaluació del risc, cal fer la mesura específica d'exposició de cada òrgan potencialment exposat.

L'exposició ambiental als RF-EMF es defineix com l'exposició que no inclou l'ús individual dels telèfons mòbils, telèfons sense fils o altres dispositius sense cables (66). Exemples d'aquesta exposició ambiental són les antenes de radiodifusió (televisió i radio), antenes de telecomunicació governamentals o privades, les estacions base de telefonia mòbil o l'ús dels telèfons mòbils o altres dispositius per part de terceres persones (5,66).

Els sistemes de telecomunicació mòbil han incrementat l'exposició urbana a camps electromagnètics de RF des dels anys 1980, quan només eren presents els sistemes de telecomunicació de ràdio i televisió analògica. Així mateix, no hi ha consens pel que fa a si han augmentat o no substancialment les mitjanes d'intensitat de CEM a l'ambient. Tot i que l'informe SCENIHR 2015 afirma que no ha estat així (5), hi ha treballs de recerca que van en la línia oposada. Per exemple, mentre un estudi publicat el 1980 mostrava nivells mitjans de camps elèctrics de l'ordre de 0,14 V/m ($0,005\mu\text{W}/\text{cm}^2$) a Estatuts Units (68), mesures recents realitzades a Europa mostren nivells mitjans de camp elèctric entre 0,08 V/m i 1,8 V/m, depenent del país europeu on es varen realitzar les mesures i de si aquestes són representatives de zones urbanes o rurals. Tot i que no és possible comparar aquestes dades directament, Gajsek et al. apunta que sí que hi ha hagut certa tendència a l'augment dels nivells ambientals de CEM a conseqüència dels emissors fixos (antenes de televisió i ràdio, estacions base, WiMax) (67).

D'acord amb Frei et al. els nivells d'exposició més elevats es troben en el transport públic (trens, tramvies i autobusos) per l'elevada contribució dels telèfons mòbils

(65). Aquests nivells alts es deuen a les trucades que es fan, a les connexions entre els dispositius i a les estacions bases, quan es canvia d'una estació a una altra en el desplaçament dels vehicles. També s'observa que l'exposició als RF-EMF en els mitjans de transport públic és només una mica inferior en les persones que no tenen telèfon mòbil, pel que l'exposició passiva als telèfons mòbils té també el seu paper. Aquest estudi troba els nivells d'exposició més baixos en les esglésies i les escoles, pel baix ús del telèfon mòbil en aquests llocs. També troben diferències en l'exposició entre individus, per les diferents exposicions a casa i a la feina, als emissors fixos, als dispositius sense fils (telèfons mòbils, telèfons sense fils, xarxes Wi-Fi) i a l'ús individual de la telefonia mòbil. L'exposició setmanal es correlacionava directament amb l'exposició a la llar (65).

Un estudi posterior, que va avaluar l'exposició als RF-EMF dels nens europeus i on s'excloïa l'ús de telèfons mòbils, va trobar que els nens estan més exposats als RF-EMF en ambients urbans, durant el dia (versus la nit), en l'exterior o mentre viatgen (69).

Tanmateix, el nombre de fonts d'exposició ha augmentat dins dels edificis. La instal·lació de punts d'accés com les femtocel·les, els terminals Wi-Fi i els dispositius de telefonia sense fils ha incrementat l'exposició a distàncies molt curtes (a menys d'un metre), mentre que si aquestes fonts es troben més allunyades, les emissions no superen els nivells de base habituals. L'emissió de RF-EMF d'aquests dispositius inclús quan es combinen, resulten en exposicions inferiors als nivells recomanats per efectes tèrmics en les guies internacionals i europees. En general, sembla que la tendència és utilitzar emissors de més baixa potència a freqüències superiors (5).

Efectes biològics

Un dels grans debats gira entorn dels mecanismes biològics que provoca l'exposició als RF-EMF i si les guies consideren o no l'exposició a llarg termini i els possibles efectes no tèrmics de la radiofreqüència. Segons SCENIHR 2015, en l'interval de les radiofreqüències l'absorció d'energia i l'escalfament dels teixits és l'efecte biològic més important conegut fins a aquests moments. En canvi, aquests efectes per si sols no poden explicar l'increment de risc de glioma o de neurinoma de l'acústic observat en els estudis epidemiològics en els usuaris intensos de telefonia mòbil després de més de 10 anys d'ús (5).

Hi ha evidència experimental que la radiofreqüència afecta l'activitat neuronal segons indiquen els estudis d'electroencefalograma (EEG) (5), particularment les ones alfa (70). No obstant això, la rellevància per a la salut d'aquests canvis fisiològics no està clara i tampoc es coneix el mecanisme pel qual es produiria aquest efecte (5).

També s'està estudiant com podria afectar l'exposició als RF-EMF en el desenvolupament cognitiu i conductual des de l'època prenatal fins a l'adolescència. S'observa que quan es fan trucades amb el telèfon mòbil, la major part de l'energia de la radiofreqüència s'absorbeix directament al cap de la mare i, en comparació, l'exposició directa que rep el fetus és baixa (71,72). No obstant això, recentment s'ha formulat una hipòtesi que proposa que l'ús del telèfon podria afectar la secreció de melatonina en la mare, que alhora podria afectar el desenvolupament neuronal del fetus a través de canvis en el metabolisme matern o de les hormones sexuals (73,74). De moment, l'evidència dels estudis experimentals en animals i humans que avaluen si l'exposició als RF-EMF pot tenir efectes en la secreció de melatonina, mostra resultats contradictoris (75).

Aquest mecanisme podria tenir un major impacte en l'exposició en infants i adolescents, ja que en tenir un sistema nerviós en desenvolupament, la seva vulnerabilitat a la radiofreqüència seria superior. Així mateix, també s'ha de tenir en compte que estaran exposats durant més temps als RF-EMF al llarg de la seva vida (76).

Resultats dels estudis toxicològics en animals del Programa Nacional de Toxicologia (NTP)

L'any 1999 la FDA va encarregar a l'NTP l'estudi toxicològic de les radiofreqüències atès l'ús generalitzat de la telefonia mòbil i el poc coneixement que es tenia dels seus efectes a llarg termini. A més, els estudis fets fins aleshores amb animals de laboratori tenien moltes limitacions metodològiques. Per superar aquestes limitacions la NTP va dissenyar i conduir diversos estudis on s'exposava tot el cos de rates i ratolins a nivells elevats de radiofreqüència durant la major part de la seva vida. Les freqüències que es van utilitzar eren les mateixes que les dels telèfons mòbils 2G i 3G i les modulacions varen ser les anomenades GSM i CDMA, que eren les més freqüentment utilitzades a Europa i els Estats Units respectivament en el moment que es varen dissenyar aquests estudis (9,10).

Els animals es varen emplaçar en cambres específicament dissenyades i construïdes per a aquests estudis. L'exposició als RF-EMF va començar des del moment de la gestació en els rates i a les 5-6 setmanes de vida en el cas dels ratolins i va continuar fins als dos anys, per ambdues espècies, que és majoritàriament el seu temps de vida natural. Se'ls va exposar a radiofreqüència durant 9 hores al dia de forma intermitent, alternant períodes de 10 minuts amb exposició i 10 minuts sense. Els nivells d'energia varen variar d'1,5 a 6 W/kg, en rates i de 2,5 a 10 W/kg, en ratolins (9,10).

Els resultats preliminars es varen publicar en febrer de 2018 i en març es varen sotmetre a l'opinió del públic en general i a l'avaluació d'un panell d'experts independent. Finalment, en novembre, s'han publicat els resultats definitius. Aquests es presenten en una escala de 4 categories per resumir l'evidència de càncer: evidència clara (la més elevada), alguna evidència, evidència dubtosa (la més baixa) o sense evidència.

Pel que fa als efectes carcinògens en rates i ratolins s'observa el següent:

- Evidència clara de tumors malignes de schwannoma en el cor de les rates mascle exposades. Aquesta és la troballa més robusta de l'estudi (9).
- Alguna evidència de tumors malignes de glioma en el cervell i de feocromocitomes en les glàndules suprarenals de les rates mascle exposades (9).
- Evidència dubtosa pel que fa als altres tipus de tumors observats en rates mascle i tots els tumors observats en rates femella o en ratolins mascle o femella (9,10).
- Pel que fa a altres efectes en rates i ratolins s'observa el següent:
- Canvis en els patrons degeneratius en els cors de les rates mascle i femella exposades. Aquestes observacions suggereixen que el cor pot ser un òrgan diana específic per a la radiofreqüència (9).
- Baix pes en néixer a les rates que varen ser exposades en el període prenatal, tot i que a mesura que els animals creixien el seu pes corporal assolía el mateix que el dels controls no exposats (9).
- Evidència de dany en l'ADN d'alguns teixits de rates i ratolins, tot i que assenyalen que necessiten reproduir i estudiar més a fons aquests resultats abans de poder interpretar la seva importància biològica (9,10).

Vistos aquests resultats l'NTP conclou el següent:

- Amb poques excepcions, les rates mascle semblen més sensibles als efectes de la radiofreqüència que les femelles. En els estudis preliminars ja es varen observar temperatures superiors en els mascles de major edat que les femelles (77). Es desconeix el motiu de les diferències observades entre els dos sexes (9).
- Aquests resultats no són aplicables directament als humans, ja que l'exposició que varen rebre els animals d'experimentació va ser a nivells i duració molt superiors a les que experimenten les persones en utilitzar el telèfon mòbil. També s'ha de tenir present que els cossos dels animals varen ser exposats

totalment, i que això és diferent de l'exposició que poden rebre les persones de forma localitzada, ja sigui per portar el telèfon mòbil a la butxaca o junt amb el cap quan es reben o fan trucades (78).

- El nivell més baix d'exposició utilitzat en els estudis va ser equivalent al màxim nivell emès pels telèfons mòbils, que rarament és el que reben els usuaris en utilitzar-lo. Així mateix, el nivell d'exposició més elevat dels estudis va ser quatre vegades superior al màxim nivell permès a la telefonia mòbil (78).
- Aquests resultats no són extrapolables a la radiofreqüència utilitzada en els dispositius o xarxes 4G, 4G LTE, Wi-Fi o 5G, ja que aquestes tecnologies utilitzen altres modulacions i freqüències. Per una altra banda, assenyalen que les xarxes Wi-Fi tenen una potència molt i molt inferior a la que emeten els telèfons mòbils i que els encaminadors Wi-Fi normalment no operen en la proximitat del cos de les persones, per la qual cosa la radiació ràpidament es redueix en augmentar la distància de la font (78).
- Calen estudis addicionals per interpretar si els resultats observats en aquests estudis es deuen exclusivament als efectes tèrmics o poden estar intervenint altres mecanismes com la inducció de radicals d'oxigen o la interferència amb els mecanismes de reparació de l'ADN (9).

Efectes sobre la salut

RF i tumors malignes en el cervell (glioma)

Hardell et al. van publicar una sèrie d'estudis relacionats amb una metanàlisi basada en estudis de casos i controls on avaluaven l'associació entre tumors de cervell malignes (entre ells el glioma) i l'exposició a les RF de diferents tipus de telèfons (mòbils analògics, digitals i telèfons sense fils). L'exposició es va mesurar a partir d'un qüestionari que s'enviava als subjectes d'estudi. En l'estudi, que es va publicar l'any 2011, s'inclouen 1.251 casos de càncers malignes de cervell (1.148 gliomes) diagnosticats entre 1997 i 2003 i 2.438 controls. El risc més elevat es trobava per al tipus de glioma més comú, l'astrocitoma, tant per a usuaris de telefonia mòbil (OR=2,7 IC 95% 1,9-3,7) com per a usuaris de telèfons sense fils (OR= 1,8 IC 95% 1,2-2,9), ambdós durant un període igual o superior a 10 anys. Aquest estudi indicava també que l'ús de telèfon mòbil i telèfon sense fils eren factors de risc de glioma independents (79).

En 2013, aquests autors van actualitzar els resultats anteriors analitzant 593 casos de glioma diagnosticats entre 2007 i 2009 i 1.368 controls. Aquestes associacions augmentaven per a períodes de latència situats entre els 1 i 5 anys, i per a períodes

de latència superiors a 15-20 anys. No obstant això, disminuïen en els períodes de latència intermedis (entre 5 i 15 anys). Els autors justificaven els resultats argumentant que les ones de radiofreqüència actuarien com a iniciadors de tumors (latències d'entre 15 i 20 anys) o promotors de tumors ja existents (latències d'entre 1 i 5 anys) (80).

L'estudi INTERPHONE és un cas-control multicèntric on varen participar 16 centres de recerca i 13 països diferents. Es varen analitzar 2.708 casos de glioma, diagnosticats entre els anys 2000 i 2004, i 2.662 controls. Es va observar un cert efecte protector del telèfon mòbil (OR de 0,81 IC95%: 0,70-0,94) per als usuaris de telèfon mòbil com a mínim una vegada a la setmana i durant un període de 6 mesos o més). Els autors indicaven però, que el resultat probablement es devia a limitacions metodològiques de l'estudi. També s'observava una manca d'associació per a usuaris de telefonia mòbil durant un període igual o superior a 10 anys, i finalment, s'observava correlació (OR d'1,40 IC95%: 1,03- 1,89), entre aquelles persones que feien un ús més intensiu del telèfon mòbil, els anomenats "heavy users" (exposició acumulada de 1.640 hores o més) i el glioma (81).

A part dels estudis de casos- controls citats, s'han portat a terme dos estudis prospectius de cohorts que han avaluat els efectes de la telefonia mòbil. El primer, una cohort danesa de clients subscrits a la telefonia mòbil, comptava amb 3,8 milions de persones-any exposades a la telefonia mòbil, i el segon, partia de l'Estudi "d'un Milió de Dones" del Regne Unit i comptava amb 791.710 dones participants. En cap dels dos estudis es va trobar un augment del risc de glioma (82,83). Així mateix, en tractar-se d'estudis prospectius s'evitaven biaixos de selecció i informació. No obstant això, hi eren presents limitacions derivades de la manca d'informació detallada de l'exposició i de com s'establia, en un moment puntual del temps sense tenir en compte que podia variar (84).

Atès l'increment de l'ús del telèfon mòbil arreu del món i d'acord amb l'increment del risc mesurat en els estudis de casos i controls seria esperable un augment de les taxes d'incidència de glioma, i en canvi aquestes romanen estables o incrementen molt lentament en la major part de països on es monitoritzen. Les taxes de glioma en nens també es mantenen estables i no semblen estar influenciades pels canvis dels factors ambientals (85).

La IARC va avaluar l'any 2011 el grau d'evidència de l'associació entre l'exposició als RF-EMF i el càncer, basant-se principalment en les conclusions dels estudis de casos- controls citats anteriorment. D'acord amb els estudis epidemiològics hi havia una evidència limitada pel que fa als efectes cancerígens de la telefonia mòbil. Consideraven que, malgrat que els estudis epidemiològics estaven subjectes a limitacions metodològiques, principalment els biaixos d'informació i selecció, els efectes trobats no es podien desestimar. Pel que fa als resultats dels estudis

experimentals en animals, la IARC indica que també hi ha una evidència limitada sobre la carcinogenicitat de les RF. Conclouen que els assajos portats a terme fins ara mostren resultats contradictoris i que tenen moltes limitacions metodològiques (mesura de l'exposició, mostres petites, etc.). Finalment, davant d'aquests resultats la IARC classifica els RF-EMF en el grup de possibles cancerígens per als humans (grup 2B) (4).

L'Agència Francesa de Salut i Seguretat Alimentària, Ambiental i Laboral (ANSES) en el seu informe publicat l'any 2013 conclou que el nivell d'evidència és insuficient per associar el risc de glioma amb l'exposició ambiental als RF-EMF en la població general. No obstant això, d'acord amb la IARC, afirma que hi ha possibles efectes en els usuaris que acumulen més de 1.640 hores d'exposició a telefonia mòbil. En aquesta situació, l'ANSES indica que no es pot excloure un augment del risc de glioma matisant que si existís (16):

- El risc seria feble, ja que l'augment de la incidència dels gliomes és inferior al 20%.
- El risc quedaria limitat a petits subgrups d'usuaris, que serien els usuaris més intensius en l'ús de la telefonia mòbil.
- El risc estaria associat a un o diversos tipus rars de tumors de la glia.
- El risc seria per a temps de latència inferiors a 15 anys, ja que no hi ha dades disponibles a més anys d'exposició.

L'informe SCENIHR (2015) fa constar que tot i que hi ha estudis que troben un increment del risc de glioma associat a l'ús intensiu dels telèfons mòbils, els resultats dels estudis de cohorts i els estudis ecològics d'incidència no donen suport a aquest increment (5).

En el 2018, els resultats dels estudis amb animals ratifiquen un increment de la incidència de gliomes en el cervell schwannomes en el cor de les rates mascles exposades a radiofreqüència. Aquests resultats inicials semblen sostenir la decisió de la IARC pel que fa als seus possibles efectes carcinògens (9).

RF i tumors benignes en el cervell (meningioma)

L'evidència epidemiològica revisada fins a la data no mostra un increment de risc de meningioma associat als RF-EMF (85).

Hardell et al. (2006) van publicar un estudi amb 1.254 casos de tumors benignes de cervell, principalment meningioma (916 casos) i 2162 controls, i no va trobar cap increment de risc per aquest tipus de tumor (86).

En 2013, Carlberg et al. van actualitzar l'anterior estudi afegint 709 casos de meningioma diagnosticats entre 2007 i 2009 i 1368 controls. D'igual manera no van trobar associacions amb el meningioma (87).

L'estudi INTERPHONE va analitzar 2.409 casos de meningioma i 2.662 controls. Com en el cas del glioma, van observar un cert efecte protector ($OR = 0,8$ IC 95%: 0,7-0,9), també justificat per possibles limitacions metodològiques, per als usuaris de telèfon mòbil que el feien servir com a mínim una vegada a la setmana i durant un període de 6 mesos o més. No van observar associació per a períodes d'ús iguals o superiors als 10 anys ni en incrementar el temps o el nombre de trucades (81).

Pel que fa als estudis de cohorts, ni l'estudi de Dinamarca ni el del Regne Unit van mostrar associació amb el meningioma (82,83).

Finalment, les taxes d'incidència de meningioma són menys fiables que les de glioma. Aquest tumor és moltes vegades asimptomàtic i infradiagnosticat, subestimant la seva incidència. Els augments d'incidència observats els darrers anys, podrien estar relacionats amb les millores en el diagnòstic del meningioma. D'altra banda el creixement del tumor és molt lent i podria ser que per detectar efectes, es requerrissin estudis amb períodes de latència de 20 anys o més (85).

L'ANSES en el seu informe publicat l'any 2013 conclou que el nivell d'evidència és insuficient per associar la radiofreqüència al risc de meningioma amb temps de latència inferior a 15 anys (16).

RF i tumors benignes en el cervell (neurinoma de l'acústic)

El risc observat en els estudis de casos-controls per al neurinoma de l'acústic, també denominat Schwannoma vestibular, és similar al de glioma, però a causa de la baixa incidència d'aquest tumor, les estimacions d'aquest risc són més variables entre els estudis.

Hardell et al. l'any 2013 van fer un estudi amb un "pool" de casos i controls. Amb 316 casos de neurinoma de l'acústic (diagnosticats entre 1997 i 2003, i entre 2007 i 2009) i 3.530 controls van observar una $OR = 1,6$ (IC95% 1,2-2,2) (88).

L'estudi INTERPHONE va trobar resultats similars al glioma ($OR = 2,8$ IC95%: 1,5-5,2), però només en el cas de latències llargues (més de 10 anys), consistent amb el coneixement que es té sobre el creixement del neurinoma de l'acústic, que és lent (89).

En la cohort danesa no es va observar augments del risc (90), però els resultats de l'estudi de cohorts "d'un Milió de Dones" del Regne Unit, semblen donar suport a la

hipòtesi de més risc de neurinoma de l'acústic en els usuaris de telefonia mòbil a llarg termini (83).

D'altra banda, els estudis d'incidència no són massa fiables per la manca de notificació d'aquest tipus de tumor en els registres de càncer (85).

Respecte de l'evidència científica, els organismes com la IARC, l'ANSES i l'SCENIHR conclouen que hi ha evidència limitada en humans per al neurinoma de l'acústic, però que sembla que podria haver-hi més risc en els usuaris de telefonia mòbil amb exposicions de llarga durada (16). L'informe de l'SCENIHR indica que alguns estudis de casos i controls i de cohorts mostren un increment del risc en els usuaris més intensos de telefonia mòbil (5).

Finalment, els resultats de la NTP mostren un augment de la incidència de schwannomes en el cor de les rates mascles exposades als RF-EMF, tot indicant una similitud d'aquest tipus de tumor amb els schwannomes vestibulars (9).

RF i altres tipus de tumor

Tant la IARC (2013), l'ANSES (2013) com l'SCENIHR (2015) conclouen que les dades i el nivell d'evidència és insuficient per associar l'exposició a la RF amb altres tipus de tumors o càncers (4,5,16).

RF i alteracions cognitives i del comportament

Una de les dificultats quan s'investiguen els possibles efectes de la radiofreqüència sobre les funcions cognitives i conductuals en la infància i adolescència és diferenciar entre els efectes produïts per la radiació de radiofreqüència i els efectes derivats de l'ús de l'aparell (91-93). Per aquest motiu, en aquest apartat s'han inclòs només els estudis que han investigat els efectes de la radiació electromagnètica en els processos cognitius i conductuals, i s'han exclòs els que només han avaluat els efectes derivats de l'ús del telèfon mòbil no relacionats amb l'exposició als RF-EMF.

Dos estudis prospectius que varen fer servir les dades de la cohort nacional danesa, on es varen incloure respectivament 12.796 nens/es nascuts entre 1997 i 1999, i 28.745 nascuts entre 1998 i 2002, mostraven que hi havia una associació entre l'ús del telèfon mòbil durant l'embaràs i durant la infància (als 7 anys) i problemes de comportament als 7 anys (94,95). Les associacions eren més significatives entre els infants amb doble exposició prenatal i postnatal, respecte als que només estaven exposats durant l'embaràs o a l'edat de 7 anys.

L'estudi de Divan et al. (2012) va introduir millores en l'anàlisi de les variables de confusió respecte al del 2008, la qual cosa ha permès ajustar per variables com la història psiquiàtrica dels progenitors o l'atenció que reben els menors per part de

les mares (95). No obstant això, també hi ha certes limitacions com que la informació sobre l'ús del telèfon mòbil per part de la mare durant l'embaràs es va mesurar retrospectivament quan els nens tenien 7 anys (possible biaix de memòria), i que l'avaluació del comportament es va fer a partir del Qüestionari de Qualitats i Dificultats (SDQ, en anglès)⁹ conduït a la mare en lloc de l'observació directa per part d'un professional (5).

Aquests resultats es varen confirmar en una anàlisi posterior on s'avaluava l'associació entre l'ús de la telefonia mòbil durant l'embaràs (exposició prenatal) i als 7 anys (exposició postnatal) i problemes de comportament als 11 anys (92). Així mateix, aquest estudi observava que tant l'exposició prenatal com postnatal augmentava el risc de patir dificultats emocionals i conductuals en la infància, però que a mesura que augmentava el temps, l'impacte de l'exposició prenatal sobre aquestes dificultats disminuïa, i el paper de la postnatal augmentava (92).

Un altre estudi que es va portar a terme als Països Baixos, amb dades de la cohort poblacional de naixements a Amsterdam, concretament 2.618 nens i nenes nascuts entre 2003 i 2004, no va mostrar associació entre l'ús del telèfon mòbil o sense fils durant l'embaràs i problemes de comportament a l'edat de 5 anys (75). Aquest estudi també va obtenir la informació sobre l'ús del telèfon mòbil per part de la mare durant l'embaràs retrospectivament quan els infants tenien 7 anys, i l'avaluació del comportament es va fer a partir de les dades obtingudes de les entrevistes del professorat de primària i de les mares utilitzant el qüestionari SDQ (75).

Un estudi amb dades de la cohort suïssa HERMES (health effects related to mobile phone use in adolescents) va analitzar si l'acumulació de radiofreqüència emesa per part dels dispositius sense fils (telèfons mòbils, telèfons sense fils, tauletes i ordinadors portàtils connectats al WIFI) afectava la memòria. Es va fer el seguiment de 234 adolescents durant un any, analitzant la memòria verbal i figurativa a través d'una bateria de tests assistits per ordinador a l'inici i al final de l'estudi. L'exposició es va recollir mesurant l'ús dels aparells sense fils a través d'un qüestionari i contrastant aquestes dades amb les recollides per part dels operadors de telefonia mòbil. Així mateix, es varen fer mesures d'exposició individuals en un subgrup de 95 participants. La conclusió va ser que la radiofreqüència podia afectar la memòria figurativa dels adolescents. No obstant això, els autors també varen assenyalar que, donada la complexitat de les correlacions entre les diferents mesures d'exposició i

⁹ El Qüestionari de Qualitats i Dificultats (SDQ, del seu nom en anglès "*The Strengths and Difficulties Questionnaire*") és un qüestionari de cribatge breu que consta de 25 ítems amb 5 per a cada dimensió: problemes emocionals, de conducta, hiperactivitat i problemes d'atenció, problemes de relació socials o amb els pares i comportament prosocial (112).

la incertesa en el càlcul de la dosi acumulada de radiofreqüència, calia que aquestes associacions s'interpretessin amb precaució (91).

Recentment s'ha conduït una metanàlisi que ha utilitzat dades de 3 cohorts amb dades prospectives sobre l'exposició a la telefonia mòbil durant l'embaràs (Corea 2006-2001, Noruega 2004-2008 i Espanya 2003-2008), juntament amb les dades de les cohorts de Dinamarca i Amsterdam, referenciades anteriorment, i que com ja s'ha indicat, han fet una avaluació retrospectiva de l'ús de la telefonia mòbil. En total, s'han inclòs en l'anàlisi 83.884 parelles de mares i fills/es i s'ha realitzat una avaluació dels problemes de comportament a l'edat de 5 a 7 anys, segons la cohort, a partir del qüestionari SDQ. La conclusió d'aquest estudi és que l'ús del telèfon mòbil per part de la mare durant l'embaràs pot estar associat a un major risc de problemes de comportament dels nens/es, especialment per problemes d'hiperactivitat o d'atenció. No obstant això, també s'assenyala que la interpretació dels resultats no és clara, ja que en l'anàlisi poden estar actuant factors de confusió, com els determinants socials o problemes d'hiperactivitat de la mare, que poden estar influïnt tant en l'ús del telèfon mòbil durant l'embaràs com en els problemes de comportament dels nens i nenes (96).

Exposició a qualsevol tipus de freqüència: hipersensibilitat electromagnètica (EHS) o intolerància ambiental idiopàtica relacionada amb els camps electromagnètics (IEI-EMF)

Context històric i terminologia utilitzada

Des de principis dels anys 80, la bibliografia científica ha descrit casos de persones amb trastorns simptomàtics (principalment mal de cap, fatiga, mareig, problemes per dormir, manca de concentració, picor, erupcions, formigueig i sensació de cremor a la pell) que s'atribuïen a l'exposició de camps electromagnètics no ionitzants. En els primers anys es tractava principalment de trastorns de la pell, atribuïts a l'exposició a terminals d'ordinador o monitors de televisió, els denominats terminals o unitats de visualització (VDT o VDU), segons els anglosaxons (97).

En la dècada de 1990 va aparèixer el terme “electrosensibilitat” relacionat amb l'exposició a electrodomèstics o instal·lacions elèctriques defectuoses. Els símptomes més comuns presentats eren els trastorns de la son, la fatiga, trastorns de l'equilibri, mals de cap, dificultats de concentració, pèrdua de la memòria o nerviosisme (98).

L'any 1997, a partir d'un programa d'investigació finançat per la Comissió Europea, es va proposar unir les dues entitats en una de sola i anomenar-la hipersensibilitat electromagnètica (EHS). Segons la definició de la Comissió Europea, el terme s'utilitzava per a referir-se a un fenomen en què els individus experimentaven efectes sobre la seva salut al fer servir o trobar-se a prop de CEM, encara que no pressuposava que hi hagués un nexa causal entre els efectes notificats i els camps electromagnètics.

Les primeres descripcions de trastorns atribuïts a les ones de radiofreqüència daten de 1998, en un primer moment relacionades amb la utilització del telèfon mòbil (99) i posteriorment en relació amb la proximitat de les estacions base (100).

L'any 2004 un grup d'experts de l'OMS va proposar el terme intolerància ambiental idiopàtica per als camps electromagnètics (IEI-EMF) basada en tres criteris:

- La percepció de les persones de diversos símptomes funcionals no específics (trastorns del son, mal de cap, símptomes cutanis, entre altres).
- La manca d'evidència clínica i biològica per explicar aquests símptomes
- L'atribució dels mateixos subjectes d'aquests símptomes a l'exposició a diferents camps electromagnètics.

Per a l'OMS «aquesta síndrome és un descriptor que no implica cap etiologia química ni sensibilitat immunològica o electromagnètica. Aquesta síndrome inclou una sèrie de trastorns amb símptomes inespecífics similars, que romanen inexplicables pel coneixement mèdic però que els seus efectes són perjudicials per a la salut».

L'ANSES en 2018 ha fet públic un document sobre hipersensibilitat electromagnètica que recull el treball que un grup d'experts en epidemiologia, medicina, biologia, mesura i dosimetria de camps electromagnètics, ciències humanes i socials, ha dut a terme des de 2014 a finals de 2017. Van revisar els estudis publicats i, per aquells aspectes amb menys publicacions, van fer entrevistes a metges, associacions i col·lectius escollits, investigadors, etc. En 2016, el treball - sense recomanacions ni conclusions - es va dur a una consulta pública destinada a recollir comentaris científics a través d'un qüestionari en línia.

Segons aquest grup, els símptomes referits, tant en els estudis descriptius com a través d'entrevistes que van fer a testimonis, es caracteritzen per ser múltiples, comuns a altres condicions i heterogenis, però que en qualsevol cas el dolor i el patiment formulat per aquestes persones és real (101).

Els estudis descriptius destaquen el fet que en les persones que es declaren amb hipersensibilitat electromagnètica (EHS) el nivell de benestar és menor presentant més quadres d'ansietat o de depressió que els controls. Tanmateix, aquesta observació és difícil d'interpretar perquè el disseny dels estudis no permet determinar si l'ansietat o la depressió són la causa o la conseqüència dels símptomes que experimenten aquestes persones. L'ansietat i la depressió són reaccions habituals a les malalties més greus o rares.

Una altra característica d'aquestes persones és que refereixen l'aparició de símptomes amb diferents tipus de camps electromagnètics. Els RF-EMF són els més comuns, però també els relacionen amb exposicions a freqüències extremadament baixes, quan és diferent la forma d'interactuar de les diferents tipologies d'ones amb l'organisme.

Prevalença

Es fa difícil fer una avaluació de la prevalença de persones amb EHS; les dades científiques sobre el percentatge de persones que es declaren EHS internacionalment són dispars, estan entre el 0,7 i el 13,3% segons l'estudi i el país. Des del 2008 i fins 2013, segons el grup d'experts de l'ANSES, hi ha articles més precisos que donen resultats al voltant del 5% (entre l'1,2% i el 8,8%). Aquests resultats no semblen confirmar la perspectiva d'un augment gradual de la prevalença de persones que es declaren EHS (101).

Tipus d'estudis i evidència científica

S'han dut a terme molts estudis experimentals en humans amb la finalitat de provar si l'exposició a camps EMF pot provocar o exacerbar els símptomes en les persones amb EHS (estudis de provocació). Els participants s'exposen a diferents nivells de RF-EMF o ELF-MF avaluant els resultats en salut per mitjà de l'auto declaració de símptomes, de canvis cognitius o fisiològics i de l'habilitat de discriminar la presència o absència de l'exposició a EMF. Totes les fonts consultades afirmen que els estudis de provocació no han demostrat la relació entre els símptomes de les persones amb EHS i l'exposició a radiofreqüència. Tampoc la capacitat de percebre aquests camps (5,101–103). No obstant això, hi ha discordança segons les fonts sobre els resultats dels estudis de provocació amb relació als camps d'ELF. Mentre que alguns autors

afirmen que els estudis de provocació tampoc han detectat relació entre l'exposició a ELF-MF i els símptomes autodeclarats (5,102,103), l'ANSES conclou que alguns estudis, amb una àmplia variabilitat de la qualitat científica, han observat el següent (101):

- Canvis en l'activitat elèctrica del sistema nerviós, vist en enregistraments d'electroencefalograma, en individus no EHS durant l'exposició a camps magnètics de 60 Hz.
- Diferències entre els individus considerats EHS i els controls exposats a ELF-MF de 50 Hz en termes de la seva habilitat de distingir exposició real o fingida.
- Nivells de percepció dels corrents elèctrics de menys intensitat en algunes persones que s'autodeclaren EHS. En aquest cas, tindria sentit de parlar d'electrosensibilitat o hipersensibilitat al corrent elèctric.

El monogràfic que ha publicat l'ANSES sobre hipersensibilitat electromagnètica (2018) assenyala que els resultats d'aquests estudis han de ser interpretats amb precaució i cal reproduir-los (101).

La qualitat metodològica dels estudis de provocació també s'ha qüestionat (103). En els pocs estudis que s'observen efectes els resultats són inconsistents i contradictoris. Els defectes metodològics inclouen, el no ser a cec, diferències demogràfiques entre afectats i no afectats i errors deguts a assajos múltiples. Altres defectes metodològics destacats són: l'ambigüitat a l'hora de descriure l'exposició per part dels afectats; que la selecció de casos es fa d'acord amb els símptomes auto declarats i no segons un diagnòstic clínic; que no es tenen en compte les possibles interaccions entre diferents tipus de camps electromagnètics o la interacció que es pot donar entre exposició a camps electromagnètics i altres exposicions ambientals (104).

Tot i aquestes limitacions, nombrosos estudis de provocació han observat participants que manifestaven símptomes greus en el moment de l'assaig. Aquests símptomes tendien a aparèixer quan els participants pensaven que estaven exposats, independentment de si aquesta exposició estava succeint o no. Aquests resultats mostren que l'efecte nocebo pot tenir un paper important en la persistència de l'EHS (101,103).

L'efecte nocebo es defineix com els símptomes negatius que experimenta una persona quan creu que estar exposada a una medicació, a algun tipus de teràpia o a factors ambientals i l'individu pensa que l'exposició pot ser perjudicial (101).

Baliatsas et al. (2014) assenyala que tot i que els estudis experimentals poden proporcionar evidència pel que fa a la relació entre els símptomes auto declarats d'EHS i l'exposició a CEM de curta durada, aquests no serveixen per provar la seva

relació amb l'exposició a llarg termini, és a dir l'exposició que pot durar setmanes, mesos o anys. Només els estudis observacionals poden proporcionar una resposta a aquesta qüestió (103).

Un creixent nombre d'estudis epidemiològics que s'han publicat en la darrera dècada estudien l'associació entre l'exposició residencial a radiofreqüència i l'aparició de símptomes no específics (NSPS) com el mal de cap, fatiga, mareig, problemes per dormir, manca de concentració, picors, erupcions, formigueig i sensació de cremor, en població general (103). Les revisions sistemàtiques i metanàlisis conclouen que no hi ha evidència o que l'evidència és insuficient en favor de la relació entre l'exposició i els símptomes descrits (105,106). Per una altra banda, un estudi de cohorts conduït a Suïssa durant els anys 2008 i 2009 va investigar l'associació entre l'exposició a radiofreqüència i els símptomes de persones auto definides com a EHS. Tot i que es va trobar una prevalença considerablement superior de pertorbacions de la salut en les persones amb EHS, no es varen trobar evidències que aquestes alteracions estiguessin associades a l'exposició a radiofreqüència (107). Finalment, Baliatsas et al. (2014) assenyala que no hi ha estudis observacionals actualitzats que investiguin la relació entre els símptomes no específics i els ELF-MF (103).

Consideracions del grup de treball de l'ANSES (2018)

A continuació es relacionen algunes de les consideracions realitzades pel grup de treball de l'ANSES:

- Tot i els nombrosos testimonis de persones que es declaren EHS amb informes de finalització dels seus símptomes en finalitzar l'exposició, les dades científiques disponibles en l'actualitat no argumenten ni a favor ni en contra d'una millora en l'estat de salut després d'una disminució dels nivells d'exposició.
- No hi ha dades científiques que objectivin l'efectivitat de les àrees anomenades blanques (incloses les habitacions d'hospitals) o edificis "blanquejats" en la reducció dels símptomes de les persones que es declaren EHS.
- Els estudis de provocació són els dissenys que ofereixen el nivell d'evidència més alt per demostrar un possible vincle causal entre l'exposició als camps electromagnètics i els símptomes descrits per qui afirmen que tenen EHS, però que fins ara les limitacions metodològiques han impedit aclarir l'existència o no d'aquest vincle.

- Les persones que es declaren EHS són més sensibles a certs tipus de senyals (o variacions de senyals) que a d'altres.
- Els trastorns del son es troben entre els símptomes més freqüents declarats per les persones que es consideren afectades per EHS, sense haver estat objectivats.
- Les anomalies de l'EEG del son s'han descrit en individus que no es declaren EHS després de l'exposició a radiofreqüència, i que aquestes anomalies s'han trobat en persones que afirmen tenir EHS, però sense haver-ho comparat amb individus sense EHS.
- En un treball experimental molt recent s'ha demostrat, per primera vegada, que les rates van triar un entorn amb menor exposició a la radiofreqüència durant el període de descans (dia) i aquesta elecció es va associar amb un augment de la durada de la part REM de la son.
- La simptomatologia de les persones que es declaren EHS (trastorns del son en particular) fa possible la hipòtesi d'una disfunció del ritme circadiari.
- Els mals de cap són un dels símptomes més freqüents declarat per persones que es consideren afectades, però fins ara no s'han realitzat investigacions sobre aquest tema utilitzant la Classificació Internacional de cefalees.
- Els pocs estudis que han distingit entre migranyes i altres maldecaps han demostrat una freqüència significativa de migranya en individus que es consideren hipersensibles. No és possible saber si aquesta freqüència és superior a la de la població general.
- La hipersensibilitat s'ha descrit com un tret de caràcter i de comportament que comença a documentar-se, tant des del punt de vista psicològic com neurobiològic.
- L'estudi del perfil psicològic dels individus que es declaren EHS només inclou aspectes com l'ansietat, la depressió o la somatització, quan hi poden haver altres components psicològics que s'haurien d'estudiar més profundament.
- Hi ha moltes associacions entre EHS i diverses síndromes o trastorns per sensibilització central (com la síndrome de sensibilitat química múltiple, la fibromiàlgia, el tinnitus, etc.).
- Els trastorns de la pell són freqüents en les persones declarades EHS i les anomalies de les fibres nervioses petites de la pell s'han demostrat en fibromiàlgia.
- Les dificultats de les persones que es declaren afectades d'EHS pel que fa a l'atenció mèdica i sociosanitària.

- L'aïllament (social, professional, familiar) de persones que es declaren EHS és sistemàticament estressant.
- La cura i la representació pública de les persones que es declaren EHS pot variar entre països.

Conclusions i recomanacions que s'han donat per a la hipersensibilitat electromagnètica

Existeix una gran complexitat i dificultat pel que fa a l'EHS. No es disposa de criteris diagnòstics definits i acceptats i fins ara tots els estudis es basen en l'auto declaració.

Recentment s'han proposat els següents criteris per al diagnòstic dels EHS, realitzant una adaptació dels criteris diagnòstics de la síndrome química múltiple (108):

- Síntomes reproduïbles quan es repeteix l'exposició a camps electromagnètics.
- Síntomes mantinguts durant 6 mesos o més.
- Els símptomes s'indueixen davant d'exposicions a camps electromagnètics per sota els nivells de referència establerts normativament i que tolera la població general. Aquests mateixos nivells d'exposició havien estat tolerats prèviament per l'individu en qüestió.
- Els símptomes desapareixen o milloren en evitar l'exposició a EMF.
- Els símptomes apareixen davant de diferent rang de freqüència d'EMF.
- Els símptomes involucren més d'un òrgan o sistema.
- Els símptomes no es relacionen amb cap altra condició mèdica.

Alguns experts clínics en la síndrome de sensibilització central (SSC) recomanen que es reconegui l'EHS com a part d'aquesta entitat. Actualment, sota aquesta denominació, s'agrupen la fibromiàlgia, la síndrome de fatiga crònica i la sensibilitat química múltiple. De fet, Belpomme et al. (2015) en un estudi on analitzen biomarcadors en persones auto declarades EHS o amb síndrome química múltiple (MCS), troben mecanismes fisiopatològics comuns que involucren el sistema nerviós central. Concretament, la inflamació relacionada amb la hiperhistaminèmia, l'estrès oxidatiu, la resposta autoimmunitària, el pas de la barrera hematoencefàlica, i el dèficit de secreció de melatonina (109).

Malgrat que, amb el coneixement actual, es pot afirmar que l'evidència sobre la relació causal entre l'exposició a camps electromagnètics i els símptomes descrits per les persones afectades d'EHS no és concloent, les queixes i patiment

expressades són una realitat de la vida d'aquestes persones què es veuen obligades a adaptar les seves rutines (101).

Un exemple paradigmàtic de tractament de les persones amb EHS és Suècia. En aquest país l'EHS està reconeguda com a una causa de discapacitat, causada per l'ambient. Això implica que les persones amb EHS tenen l'oportunitat de viure i treballar en un ambient "electrosanejat". S'adapten o es construeixen habitatges per minimitzar l'exposició a EMF i els hospitals disposen d'habitacions especials amb una exposició mínima a EMF (110).

La Societat Espanyola de Sensibilització Central (SESSEC) aconsella que davant la incertesa dels efectes per a la salut dels camps electromagnètics s'adopti el principi de precaució i es redueixi l'exposició a la radiació electromagnètica al mínim possible (<https://www.sessec.org/son-seguros-los-campos-electromagneticos/>).

L'ANSES en el seu monogràfic sobre EHS fa recomanacions dirigides als professionals de la salut i als actors socials, que compartim (101):

- Fins que no s'arribi a una millor comprensió de la hipersensibilitat, incloent-hi els components fisiològics, psicològics o biològics que podrien explicar els símptomes descrits, és obvi que moltes persones que es declaren EHS tenen un estat de patiment (físic o psicològic) important. Això requereix i justifica l'atenció adequada per part del sistema sanitari. Aquest suport també ha de ser una condició necessària per dur a terme treballs de recerca de qualitat.
- Per millorar la cura de les persones que es declaren EHS és fonamental establir i mantenir un clima de confiança entre les persones que es declaren EHS i els agents sanitaris i socials. Per això, es recomana a l'administració sanitària que estableixi com a prioritat:
- El desenvolupament de formació als metges sobre els efectes de les RF en la salut, proporcionar-los informació que els permeti satisfer les expectatives de les persones que es declaren EHS;
- L'estudi de la viabilitat d'una guia de bones pràctiques sobre la gestió sanitària de les persones que es declaren EHS.
- La consideració de la rellevància de formular recomanacions per a la cura de persones que es declaren EHS;
- La promoció de la coordinació dels actors implicats en la cura de les persones que es declaren EHS.

Conclusions

Coneixement acceptat

- Els efectes tèrmics per exposicions agudes a camps electromagnètics estan plenament acceptats. La Comissió Internacional de Protecció contra les Radiacions No Ionitzants (ICNIRP, 1998) i l'Institut d'Enginyers Electricistes i Electrònics (IEEE, 2005) han elaborat directrius sobre els límits d'exposició.
- A mesura que augmenta la distància de la font emissora disminueix la intensitat de l'exposició.

En camps magnètics estàtics

- S'accepta que l'exposició puntual a camps magnètics estàtics de l'ordre de la unitat de tesla provoca efectes en l'organisme que són reversibles (vertigen, nàusees, foscà ocular i sabor metàl·lic en la boca, canvis de la pressió arterial i la freqüència cardíaca, pèrdua de memòria, problemes de concentració, disminució de la coordinació entre l'ull i la mà).

En camps electromagnètics de radiofreqüència

- La font d'exposició individual als RF-EMF amb més probabilitat de causar efectes sobre l'organisme són els dispositius en contacte amb el cos humà, com el telèfon mòbil o els telèfons sense fils.
- L'efecte biològic conegut en l'interval dels RF-EMF és l'absorció d'energia i l'escalfament dels teixits.

En Hipersensibilitat electromagnètica

- Les persones que es declaren afectades d'EHS troben moltes dificultats per rebre atenció sanitària i han de patir sovint el pelegrinatge mèdic.
- L'aïllament (social, professional, familiar) de persones que es declaren EHS és sistemàticament estressant.
- La cura i la representació pública de les persones que es declaren EHS pot variar entre països.

Punts febles en el coneixement i que requereixen més recerca

- No hi ha consens sobre com mesurar l'exposició als camps electromagnètics en els estudis epidemiològics.
- No es coneix el mecanisme fisiopatològic o els canvis biològics de l'exposició a camps electromagnètics diferents dels efectes tèrmics.
- Es desconeixen els efectes d'exposicions mantingudes en el temps a intensitats baixes en qualsevol classe de freqüència.

En camps magnètics estàtics

- Els estudis cel·lulars in vitro mostren efectes en exposicions per sobre de les 30 μT , però es desconeix quins són reversibles i quins poden acabar produint efectes en la salut.
- Desconeixement de la carcinogenicitat dels camps magnètics estàtics en perquè no existeixen estudis sobre els efectes de l'exposició a llarg termini.

En camps magnètics de freqüència extremadament baixa

- L'evidència sobre la carcinogenicitat dels camps magnètics de freqüència extremadament baixa és limitada, tant en estudis epidemiològics com en estudis d'experimentació animal (IARC 2001):
 - Es va classificar com a 2B per l'associació trobada entre l'exposició a l'alta tensió de més de 0,4 μT i la leucèmia infantil.
 - Per al càncer en adults hi ha estudis que mostren associació i d'altres que no.
 - S'ha plantejat el paper d'aquests camps com a promotors de tumors en haver trobat associació entre l'exposició laboral d'1 a 4 anys abans del diagnòstic i el glioma.
 - Es desconeix el mecanisme biològic pel qual actuarien com a carcinògens.
- En alguns estudis ocupacionals s'han identificat associacions amb malalties degeneratives, concretament amb l'Alzheimer i l'esclerosi lateral amiotròfica. Els estudis epidemiològics s'enfronten en aquestes malalties a problemes com:

- Són malalties sense registres poblacionals i s'han d'usar registres de mortalitat en els que estan infraregistrades. Aquest tipus de registre també dificulta la mesura de l'exposició.
- No està identificat el mecanisme pel qual l'exposició a camps magnètics de freqüència extremadament baixa pot causar malalties neurodegeneratives.

En camps electromagnètics de freqüències intermèdies

Els efectes d'aquests camps són encara molt desconeguts.

En camps electromagnètics de radiofreqüència

- L'evidència sobre la carcinogenicitat dels RF-EMF és limitada, tant en estudis epidemiològics com en estudis d'experimentació animal (IARC 2011):
 - L'evidència està basada en l'associació entre glioma o neurinoma de l'acústic en els usuaris que acumulen més de 1.640 hores d'ús de la telefonia mòbil durant un període igual o superior a 10 anys.
 - Altres tumors com el meningioma, que són de latència més llarga no s'han pogut associar.
- L'evidència sobre els efectes de l'exposició prenatal fins a l'adolescència als RF-EMF sobre el desenvolupament cognitiu i conductual és limitada:
 - Hi ha estudis epidemiològics prospectius que mostren resultats contradictoris.
 - Aquests estudis presenten limitacions metodològiques tant en la mesura de l'efecte (els problemes cognitius i conductuals es varen avaluar a través de qüestionaris) com en la mesura de l'exposició.
 - Els efectes podrien ser deguts a factors de confusió que no estiguessin controlats en l'anàlisi.
 - Un dels mecanismes d'acció proposats és l'alteració de la secreció de melatonina, però els estudis experimentals en animals mostren resultats contradictoris.

En totes les freqüències: Hipersensibilitat electromagnètica

- No hi ha consens en els criteris proposats per al diagnòstic (clínic o de laboratori) ni en la classificació clínica.

- En l'actualitat no hi ha evidència ni a favor ni en contra de la millora en l'estat de salut després d'una disminució dels nivells d'exposició.
- No s'ha objectivat l'efectivitat de les àrees anomenades blanques en la reducció dels símptomes de les persones que es declaren EHS.
- No està acceptat que les persones que es declaren EHS siguin més sensibles als camps electromagnètics, tinguin més trastorns del son i mals de cap que la població general.
- És necessari ampliar l'estudi del perfil psicològic dels individus que es declaren EHS i no limitar-se només a investigar aspectes com l'ansietat, la depressió o la somatització.
- La relació entre EHS i diversos trastorns o síndromes relacionats (com la síndrome de sensibilitat química múltiple, la fibromiàlgia, el tinnitus, etc.) fa pensar en un nexa comú de sensibilització central.

Propostes per a dur a terme a la ciutat

- Elaboració d'un mapa d'ús intern de fonts d'emissió a la ciutat. L'objectiu ha de ser la planificació de l'autorització de noves fonts d'emissió.
- Elaboració d'un mapa públic de mesures dels diferents camps electromagnètics a la ciutat. L'objectiu és poder disposar de mesures d'exposició.
- Facilitar atenció sanitària a les persones que es declaren EHS amb la formació i capacitat per a fer-ho del personal sanitari.
- Determinació dels nivells d'increment de camp que comporten els comptadors d'electricitat, aigua i gas.

Glossari

ABSORCIÓ ESPECÍFICA D'ENERGIA (SA per *Specific Energy Absorption*): es defineix com l'energia absorbida per unitat de massa de teixit biològic, expressada en joules per kg (J/kg). S'utilitza per intervals de freqüència entre 300 MHz i 10 GHz.

ACCÉS MÚLTIPLE PER DIVISIÓ DE CODI (CDMA per *Code Division Multiple Acces*): és un dels protocols de telefonia 2G.

AMPERE (A): és la unitat d'intensitat de corrent elèctric en el sistema internacional. Es defineix com la intensitat d'un corrent constant que, passant per dos conductors paral·lels de llargada infinita i secció negligible, situats a un metre de distància en el buit, produeix entre ambdós conductors 2×10^{-7} newtons per metre de longitud.

AMPLADA DE BANDA O BANDA: l'amplada de banda en una xarxa de comunicació analògica és l'interval de freqüències (mesurat en hertzs), que concentra la major part de la potència del senyal. En canvi, en un sistema de comunicació digital, s'utilitza per descriure la quantitat d'informació o de dades que es poden transmetre per una connexió de xarxa en un període determinat. En aquest segon cas s'expressa, generalment, en bits per segon (bps).

BOLA DE PLASMA: esfera de cristall transparent, plena de gasos a baixa pressió i conduïda per un corrent altern d'alta freqüència i alt voltatge, generat per un transformador d'alta tensió o bobina de tesla en miniatura. El centre emet serpents de llum ultraviolada, que realment és el gas ionitzant, que s'estén des de l'elèctrode interior fins a les parets de l'esfera de cristall donant una aparença similar a múltiples i constants llampecs de colors. La col·locació de la mà a prop del cristall altera el camp elèctric, causant un raig de grossor més gran dintre de l'esfera en la direcció al punt de contacte.

BLUETOOTH: és una especificació industrial per a les xarxes d'àmbit personal sense fils, que possibilita la transmissió de veus i dades entre dispositius (ordinadors, telèfons mòbils, tauletes, aparells d'àudio, etc.) a través d'un enllaç per radiofreqüència, en la banda dels 2,4 GHz, i permet la connexió entre dispositius sense cables que es troben a una distància propera (màxim 100 metres).

CARACTERITZAR L'EXPOSICIÓ: marcar, descriure o diferenciar l'exposició.

CAMP: en física, un camp representa la distribució espacial i temporal d'una magnitud física, és a dir, una propietat que pot mesurar-se en l'entorn de cada punt d'una regió de l'espai per a cada instant del temps.

CAMP ELÈCTRIC: regió de l'espai on interactua una o diverses forces elèctriques.

CAMPS DE FREQÜÈNCIA EXTREMADAMENT BAIXA (ELF): camps elèctrics o magnètics (ELF-MF) que comprenen l'interval de l'espectre per sobre dels camps estàtics (superior a 0 Hz) fins a 300 Hz.

CAMPS DE FREQÜÈNCIA INTERMÈDIA (IF): camps elèctrics i magnètics que comprenen la regió de l'espectre situada entre els 300 Hz i els 100 kHz (segons l'informe de la Comissió sobre l'aplicació de la Recomanació del Consell 1999/519/CE) o 1 MHz (segons Aerts et al., 2017).

CAMPS DE RADIOFREQÜÈNCIA (RF o RF-EMF): camps electromagnètics que comprenen la regió de l'espectre situada entre els 100 kHz (segons l'informe de la Comissió sobre l'aplicació de la Recomanació del Consell 1999/519/CE) o 1 MHz (segons Aerts et al., 2017) i els 300 GHz.

CAMPS ESTÀTICS: camps elèctrics o magnètics que no varien amb el temps.

CAMP GEOMAGNÈTIC o CAMP MAGNÈTIC TERRESTRE: és el camp magnètic que s'estén des del nucli de la Terra fins al límit en què es troba amb el vent solar, un corrent de partícules energètiques que emana del Sol. La seva magnitud a la superfície de la Terra varia aproximadament de 25 a 70 micro tesles.

CAMP MAGNÈTIC: regió de l'espai associada amb forces actuant sobre partícules ferromagnètiques o per la presència de càrregues elèctriques en moviment.

CICLE O FACTOR DE SERVEI: en electrònica, és la proporció en % que existeix entre el temps en què el senyal es troba en estat actiu i el període d'aquest, o temps que triga el senyal a completar un cicle. Un factor de servei del 60% indica que el 60% del temps el senyal està actiu i el 40% inactiu.

CONSELL D'EUROPA: és una organització intergovernamental de la qual formen part 47 estats europeus. Va ser fundat pel Tractat de Londres del 5 de maig de 1949 que estableix que: "la finalitat del Consell d'Europa consisteix a realitzar una unió més estreta entre els seus membres per salvaguardar i promoure els ideals i els principis que constitueixen el seu patrimoni comú i afavorir el seu progrés econòmic i social".

CORRENT ALTERN (AC): flux de càrrega elèctrica a través d'un conductor entre dos punts de diferent potencial i càrrega elèctrica que inverteix de forma periòdica el seu sentit. En la majoria dels països d'Europa el corrent altern canvia de sentit amb una freqüència de 50 Hz, la qual cosa vol dir que el camp electromagnètic associat canvia d'orientació 50 vegades cada segon. A Amèrica del Nord, la freqüència del corrent altern és de 60 Hz. El corrent altern genera camps elèctrics i magnètics de freqüència extremadament baixa. Té l'avantatge que permet transportar majors quantitats d'energia i a major distància que el corrent continu.

CORRENT CONTINU (DC): flux continu de càrrega elèctrica a través d'un conductor entre dos punts de diferent potencial i càrrega elèctrica, que no canvia de sentit, és a dir, les càrregues elèctriques circulen sempre en la mateixa direcció. Un exemple és el corrent d'una pila. El corrent continu genera camps elèctrics i magnètics que no varien en el temps, és a dir camps estàtics.

CORRENT DE CONTACTE (I_c): és el corrent que passa a través del cos humà quan està sotmès a una tensió. El corrent de contacte entre una persona i un objecte s'expressa en amperes (A).

DENSITAT DE CORRENT (J): es defineix com el corrent que flueix per una unitat de secció transversal perpendicular a la direcció del corrent, en un conductor volumètric, com ara el cos humà o part d'aquest. S'expressa en amperes per metre quadrat (A/m^2).

DENSITAT DE FLUX MAGNÈTIC o INDUCCIÓ MAGNÈTICA (B): és una magnitud vectorial que designa la força que actua sobre les càrregues en moviment i s'expressa en tesles (T) i els seus submúltiples (mT, μ T, nT...). El seu paper és equivalent al de la intensitat de camp elèctric (E) i és la magnitud més utilitzada per definir la intensitat de l'exposició a camp magnètic entre 0 Hz i 10 kHz. La relació entre B (densitat de flux magnètic) i H (intensitat de camp magnètic) és causada per la permeabilitat magnètica: $B = \mu \cdot H$. La permeabilitat magnètica (μ) es pot definir com la capacitat d'una substància per atraure i fer passar els camps magnètics. En l'espai buit i en materials biològics, la densitat de flux magnètic i la intensitat de camp magnètic es poden intercanviar utilitzant l'equivalència $1 A/m = 4\pi 10^{-7} T$.

DENSITAT DE POTÈNCIA (S): es defineix com la potència radiant que incideix perpendicularment a una superfície, dividida per l'àrea de la superfície. S'expressa en watts per metre quadrat (W/m^2). S'utilitza per valorar l'exposició en freqüències altes (radiofreqüències bàsicament). Quan s'empra aquesta magnitud, s'està efectuant una valoració conjunta de camps elèctrics i magnètics. A una distància prou llunyana de la font (entre 1 i 3 longituds d'ona) es dona la condició que el camp elèctric i magnètic estan en fase, és a dir, es transmeten per l'espai oscil·lant en plans perpendiculars entre si, i que la relació entre ells és $S = E \cdot H$. En la proximitat, aquesta

relació no és aplicable i s'hauria de calcular separatament la intensitat del camp elèctric i del camp magnètic.

ELECTRÓ-VOLT: unitat d'energia igual a l'energia cinètica adquirida per un electró que travessa, en el buit, una diferència de potencial d'1 volt (símbol, eV).

EFFECTES A CURT TERMINI: efectes biològics que es manifesten durant o immediatament després de l'exposició.

EFFECTES A LLARG TERMINI: efectes biològics que no es manifesten durant o immediatament després de l'exposició sinó que hi ha un interval de temps, normalment llarg, entre exposició i efecte.

EFFECTES AGUTS: efectes que tenen una durada relativament ràpida.

EFFECTES CRÒNICS: efectes que tenen una durada llarga o que perduren en el temps.

EFFECTES TÈRMICS: efectes biològics causats per l'augment de temperatura.

ENCAMINADOR (ROUTER en anglès): és un dispositiu intermedi d'una xarxa de telecomunicacions que s'encarrega de l'encaminament, és a dir la determinació del trajecte que ha de seguir un paquet de dades dins d'una xarxa de commutació de paquets per arribar a la seva destinació.

ESPÈCIES REACTIVES D'OXIGEN (ROS per *Reactive Oxygen Species*): són generalment molècules molt petites altament reactives, que inclouen els ions d'oxigen, els radicals lliures i els peròxids tant orgànics com inorgànics. Aquestes espècies es formen de manera natural com a subproducte del metabolisme normal de l'oxigen i tenen un important paper en la senyalització cel·lular. No obstant això, en èpoques d'estrès ambiental els seus nivells poden augmentar sobre manera, la qual cosa pot provocar danys significatius en les estructures cel·lulars. És el que es coneix com a estrès oxidatiu.

ESTACIÓ BASE: en un sistema de telefonia mòbil, és una estructura que consta d'una antena, que s'utilitza per proporcionar i gestionar les comunicacions entre els terminals dels usuaris i els subsistemes que connecten els mòbils amb les xarxes telefòniques.

EXPOSICIÓ: concentració, quantitat o intensitat d'un agent físic, químic o biològic que assoleix un sistema.

FEMTOCEL·LA: és una estació base petita en mida i potència, dissenyada per al seu ús en interior d'habitatges o oficines. Es connecta a la xarxa del proveïdor del servei a través d'una connexió de banda ampla cablejada. Això permet als operadors del

servei estendre la seva cobertura en interiors i a més, permet alliberar canals de comunicació a les estacions base properes a aquesta.

FOSFÈ: impressió lluminosa produïda en la retina per una causa altra que la llum, especialment comprimint el glòbul de l'ull.

FREQÜÈNCIA o BANDA DE FREQÜÈNCIA o AMPLADA DE BANDA: nombre d'ones completes o cicles per segon que passen per un determinat punt. La unitat de mesura és l'Hertz (1 Hz= 1 cicle per segon).

GÀBIA DE FARADAY: caixa tancada de metall o de tela metàl·lica que té la propietat d'aïllar el seu interior de la influència dels camps electromagnètics exteriors. El funcionament de la gàbia de Faraday es basa en les propietats d'un conductor en equilibri electroestàtic. Quan la caixa metàl·lica es col·loca en presència d'un camp elèctric extern, les càrregues positives i negatives queden en la caixa de forma que en l'interior del conductor el camp elèctric resultat és nul. Molts aparells que utilitzem quotidianament disposen d'una gàbia de Faraday com a protecció (microones, antenes, cables, etc.) i altres funcionen com a tal (cotxes, avions, etc.).

HERTZ (Hz): unitat de freqüència del sistema internacional, igual a 1 cicle per segon.

INTENSITAT DE CAMP ELÈCTRIC (E): és una magnitud vectorial que es correspon amb la força que s'aplica sobre una partícula carregada, independentment del seu moviment en l'espai. S'expressa en volts per metre (V/m).

INTENSITAT DE CAMP MAGNÈTIC (H): és una magnitud vectorial que, juntament amb la inducció magnètica (B), determina un camp magnètic en qualsevol punt de l'espai. S'expressa en amperes per metre (A/m).

ITINERÀNCIA (ROAMING en anglès): es refereix a la possibilitat d'un dispositiu sense fils d'utilitzar una cobertura de xarxa diferent de la principal, que permet connectar-se a xarxes secundàries utilitzant el seu identificador en la xarxa principal. En telefonia mòbil, la identificació es fa a través de la targeta SIM, que permet connectar al client amb l'operador d'una altra xarxa, gràcies a acords entre els operadors.

JOULE (J): unitat d'energia, de treball i de quantitat de calor, del sistema internacional, equivalent al treball d'una força d'1 newton que es desplaça 1 metre en la direcció de la força.

LÍMIT D'EXPOSICIÓ: valor d'un paràmetre específic per sobre del qual l'exposició no ha de tenir lloc perquè pot perjudicar la salut.

MALALTIES NEUROMOTORES (MND per *Motor Neurone Disease*): és un grup de trastorns neurodegeneratius que afecten selectivament a les neurones motores que

són les que controlen l'activitat muscular voluntària essencial com parlar, caminar, respirar i tragar. Dintre d'aquest grup s'inclouen l'esclerosi lateral amiotròfica, paraplegia espàstica hereditària, esclerosi lateral primària, atrofia muscular progressiva, paràlisi bulbar progressiva i la paràlisi pseudobulbar.

METANÀLISI: Mètode estadístic utilitzat per combinar els resultats de diferents estudis. Una aplicació habitual de metanàlisi en ciències mèdiques és la combinació dels resultats de diversos assaigs clínics aleatoris i controlats, cap d'ells prou potent per a demostrar diferències estadísticament significatives, però que sí que es poden demostrar en agrupar-los.

MICROONES: camps electromagnètics de radiofreqüència que comprenen la regió de l'espectre situada entre els 300 MHz i els 300 GHz.

MITJANA QUADRÀTICA (RMS per *Root Mean Square*): és una mesura estadística que es calcula amb l'arrel quadrada de la mitjana aritmètica dels quadrats dels valors d'una variable.

MODULACIÓ: tècnica utilitzada per codificar un missatge en un senyal polsat.

NISTAGMES: moviments incontrolables i involuntaris dels ulls.

NIVELLS DE REFERÈNCIA: són els límits d'exposició recomanats que permeten garantir el compliment de les restriccions bàsiques, inclús en el pitjor escenari possible. S'expressen en: intensitat de camp elèctric (E), intensitat de camp magnètic (H), densitat de flux magnètic (B), densitat de potència (S) i els corrents que flueixen a través de les extremitats (I_L).

ONES CEREBRALS: Són els impulsos elèctrics que viatgen de neurona a neurona per executar una funció determinada. Existeixen 4 tipus principals d'ones cerebrals (alfa, beta, theta i delta). Per ordre de major a menor activitat: ones beta, alfa, theta i delta.

ONES BETA: es produeixen quan el cervell està despert i denoten una activitat mental intensa (quan una persona està fent un discurs, estudiant, realitzant un problema de matemàtiques, etc.). Són ones àmplies i les de major velocitat de transmissió de les quatre. La seva freqüència oscil·la entre els 14 i 30-35 Hz.

ONES ALFA: són més lentes i de major amplitud que les beta. La seva freqüència oscil·la entre 8 i 14 Hz. Per exemple, una persona que ha acabat una tasca i se'n va a descansar, sovint es troba en un estat alfa o una persona que està fent un passeig, gaudint del paisatge.

ONES THETA: són ones de major amplitud i menor freqüència entre 4 i 8 Hz. S'assoleixen en un estat de calma profunda. Es tracta d'un estat en què les tasques s'han automatitzat i no es necessita posar atenció i ser conscient de la seva execució,

podent distanciar-se mentalment d'aquestes tasques. Es diu que és un estat d'inspiració d'idees i solucions creatives.

ONES DELTA: són les ones de major amplitud i menor freqüència, entre 1,5 i 4 Hz. Es generen en un estat de son profund. Quan anem a dormir, les ones cerebrals van passant successivament de beta a alfa, theta i finalment delta. Durant el son es produeixen cicles que duren uns 90 minuts.

PERÍODE D'OSCIL·LACIÓ: en física, el període d'una ona és el temps transcorregut entre dos punts equivalents de l'ona.

RADIACIÓ NO-IONITZANT: interval de l'espectre electromagnètic on les ones no tenen prou energia per trencar enllaços atòmics.

RELACIÓ DOSI- RESPOSTA: és l'increment del risc d'emmalaltir per cada increment d'exposició.

RESTRICCIONS BÀSIQUES: són els límits d'exposició a camps electromagnètics per sobre dels quals seria esperable que es produïssin efectes adversos per a la salut aguts o immediats, considerant un factor de protecció determinat. Per a la població general, es fa servir un factor de protecció 50, la qual cosa vol dir que la restricció bàsica estableix un valor 50 vegades més baix que el llindar a partir del qual s'observen efectes nocius. Generalment per mesurar les restriccions bàsiques es fa servir la densitat de corrent (mA/m^2) o la taxa d'absorció específica d'energia (SAR). Aquestes variables tenen l'inconvenient que, en ser mesures de l'absorció intra corporal de l'organisme o parts de l'organisme, no són fàcils de mesurar, ja que varien segons el tipus de teixit i la mida, geometria i orientació del cos respecte al camp electromagnètic.

SISTEMA GLOBAL PER A LES COMUNICACIONS MÒBILS (GSM per *Global System for Mobile communications*): és un altre dels protocols de telefonia 2G.

SISTEMES DE TRANSMISSIÓ DISCONTÍNUA (DTX): és un medi pel qual el telèfon mòbil temporalment redueix la potència del codificador mentre el telèfon no té una entrada de veu, amb la finalitat de reduir les interferències i estalviar bateria.

SISTEMES ELECTRÒNICS ANTIROBATORI (EAS per *Electronic Article Surveillance*): són un sistema tecnològic que serveix per prevenir el furt, es basa en l'ús d'etiquetes en els productes que són desactivades pels treballadors quan l'article es compra o es revisa. S'utilitza principalment en botigues de venda al detall i de llibres en les biblioteques. En les sortides dels establiments, un sistema de detecció fa sonar l'alarma o alerta al personal quan es detecten etiquetes actives.

TAXA D'ABSORCIÓ ESPECÍFICA (SAR per *Specific Absorption Rate*): taxa que indica l'energia que és absorbida per un cos quan està exposat a camps electromagnètics.

S'expressa en W/kg. És una funció de diferents factors: la conductivitat elèctrica (Siemens/ metre), la força del camp (Volts/ metre) i la geometria i densitat del teixit (kg/ m^3) que absorbeix l'energia. La SAR es calcula com la mitjana de l'energia absorbida per volum de teixit (típicament com a 1 o 10 grams de teixit o el cos sencer).

TELECOMUNICACIONS SENSE FILS MILLORADES DIGITALMENT (DECT per *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*): és un estàndard per a telèfons sense fils digitals, que s'utilitza habitualment a les llars o a les oficines. El DECT també pot ser utilitzat per transferir dades a través de connexions sense fils.

TELFONIA G o 1G: és l'abreviació per a la telefonia mòbil de la primera generació. Aquests telèfons utilitzaven una tecnologia analògica i varen ser llançats al mercat en la dècada dels 80. Les xarxes no estaven basades en els mateixos protocols i depenien dels seus fabricants, de forma que no era fàcil interconnectar-les ni utilitzar els mateixos aparells en diferents xarxes. Un dels estàndards més utilitzats d'1G va ser l'NMT (Nordic Mobile Telephone), protocol utilitzat inicialment als països nòrdics i després també a Holanda, Europa de l'Est i Rússia, entre d'altres. Altres protocols 1G varen ser: AMPS als EUA, TACS al Regne Unit, TMA a Espanya, Radiocom 2000 a França i RTMI a Itàlia.

TELFONIA 2G: és la segona generació de telefonia mòbil. El seu desenvolupament es va produir al voltant del 1990 i va suposar el canvi de la telefonia mòbil analògica a la digital. Principalment va permetre més enllaços simultanis en una mateixa banda. També, va permetre integrar altres serveis, que abans eren independents, com el cas dels missatges de text (SMS) i una major capacitat d'enviament de dades des del fax i el mòdem. Amb el desenvolupament de la tecnologia 2G varen aparèixer les primeres xarxes basades en un protocol comú (el sistema GSM a Europa i CDMA als EUA) que tenia com a objectiu la interconnexió de xarxes i la possibilitat de connectar-se entre elles amb un mateix terminal, apareixent així, el concepte d'itinerància o roaming, en anglès. Una millora posterior de la telefonia 2G va permetre la transmissió de dades a una major velocitat, l'intercanvi d'imatges i la possibilitat de navegar per Internet. Aquesta millora es deu a la implantació de la tecnologia GPRS i va afavorir l'aparició de les Blackberry i els primers smartphones o telèfons intel·ligents.

TELFONIA 3G: telefonia mòbil de tercera generació, que apareix als anys 2000, aproximadament. És una clara evolució de l'anterior i mitjançant l'ús de protocols comuns, s'integra la telefonia amb Internet. Es millora la velocitat per transferir dades (descàrrega de programes, intercanvi de correus electrònics i missatgeria instantània), per la qual cosa varen aparèixer les primeres aplicacions per transmetre imatges, arxius d'àudio i vídeo a temps real, tot i que de vegades limitades per la capacitat de la xarxa o de les antenes. A més mitjançant, l'UMTS es

facilita la mobilitat entre operadors i països, ampliant-se la itinerància amb la transferència de dades.

TELEFONIA 4G o 4G-LTE: telefonia mòbil de quarta generació, que apareix l'any 2006, i la seva versió millorada, l'any 2011. Les sigles LTE volen dir evolució a llarg termini en anglès. Permet introduir millores en les antenes de forma que s'amplia la seva capacitat, cobertura i qualitat del senyal, la qual cosa repercuteix en una millora de la velocitat per transferir dades. La millora de la connexió a Internet permet veure vídeos com pel·lícules o partits de futbol a temps real, és a dir mentre s'estan retransmetent, i a una qualitat comparable a la de la televisió. Així mateix, la 4G es basa completament en el protocol que utilitza Internet, essent un únic sistema i una xarxa, que s'assoleix gràcies a la convergència entre les xarxes de cable i sense fils. Aquesta tecnologia pot ser utilitzada per telèfons intel·ligents, mòdems sense fils, i altres dispositius mòbils.

TELEFONIA 5G: telefonia mòbil de cinquena generació. Actualment està en desenvolupament i està previst el seu ús per a l'any 2020. Les millores previstes són l'augment de les velocitats de descàrrega i enviament de dades i l'optimització dels dispositius per fer-los més eficients per al desplegament de l'anomenat "Internet de les coses".

TELEVISIÓ DIGITAL TERRESTRE (TDT): és la transmissió d'imatges en moviment i so associat a una codificació binària a través d'una xarxa de repetidors terrestres.

TESLA (T): és la unitat d'inducció magnètica o densitat de flux magnètic en el Sistema Internacional.

VOLT (V): unitat del sistema internacional de força electromotriu i de tensió. És la tensió existent entre dos punts d'un conductor pel qual passa un corrent d'1 A i hi és dissipada una potència d'1 W.

WATT (W): unitat del sistema internacional de potència. Equival a 1 joule per segon.

W-LAN o xarxes WI-FI: és una tecnologia que permet la interconnexió sense fils de dispositius electrònics (ordinadors, tauletes, telèfons, televisors, reproductors de música, videoconsoles...) o a internet a través d'un punt d'accés de xarxa sense fils.

WIMAX: acrònim de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* o interoperabilitat mundial per accés per microones, és una norma de transmissió de dades que utilitza RF de 2,5 a 5,8 GHz i pot tenir una cobertura de fins a 70 km. Generalment es fa servir en zones rurals o poblacions petites i mal connectades on no arriba l'ADSL ni la fibra òptica.

Bibliografia

1. Boveda MA, Vallés RL, Chavalí MT. Riscos físics ambientals [Internet]. Barcelona; 2008 [cited 2018 Aug 28]. Available from: https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/1954_PRP/PRP_1954_C03/web/html/WebContent/u6/a1/continguts.html
2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Electromagnetic radiation and how it affects your instruments [Internet]. 1990 [cited 2019 Feb 4]. Available from: https://www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/electromagnetic_fieldmemo/electromagnetic.html#section_6
3. Vargas F, Úbeda A. Campos Electromagnéticos y Salud Pública [Internet]. Madrid; 2001. Available from: http://www.mincotur.gob.es/telecomunicaciones/inspeccion-telecomunicaciones/niveles-exposicion/DocumentacionOtros/2001_SANIDAD_EfectosSaludExposicionCEM_InformeTecnico.pdf
4. International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. Monogr Eval Carcinog Risks To Humans [Internet]. 2013;102:481. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf>
5. SCENIHR. Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) [Internet]. Luxembourg; 2015 [cited 2018 Aug 27]. Available from: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/members_wg/index_en.htm
6. Barnes F, Greenenbaum B. Some Effects of Weak Magnetic Fields on Biological Systems: RF fields can change radical concentrations and cancer cell growth rates. IEEE Power Electron Mag [Internet]. 2016 Mar [cited 2018 Nov 5];3(1):60–8. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7425396/>
7. Bioinitiative Working Group, Sage C, Carpenter DO. Bioinitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation [Internet]. 2012. Available from: www.bioinitiative.org
8. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Rev Env Heal [Internet]. 2016 [cited 2019 Feb 1];31(3):363–97. Available from: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/reveh.2016.31.issue-3/reveh-2016-0011/reveh-2016-0011.pdf>

9. National Toxicology Program. NTP TECHNICAL REPORT ON THE TOXICOLOGY AND CARCINOGENESIS STUDIES IN Hsd:SPRAGUE DAWLEY SD RATS EXPOSED TO WHOLE-BODY RADIO FREQUENCY RADIATION AT A FREQUENCY (900 MHz) AND MODULATIONS (GSM AND CDMA) USED BY CELL PHONES. Technical Report No. NTP TR 595 [Internet]. 2018 [cited 2019 Feb 1]. Available from: <https://www.niehs.nih.gov/research/resources/>
10. National Toxicology Program. NTP TECHNICAL REPORT ON THE TOXICOLOGY AND CARCINOGENESIS STUDIES IN B6C3F1/N MICE EXPOSED TO WHOLE-BODY RADIO FREQUENCY RADIATION AT A FREQUENCY (1,900 MHz) AND MODULATIONS (GSM AND CDMA) USED BY CELL PHONES. Technical Report No. NTP TR 596 [Internet]. 2018 [cited 2019 Feb 1]. Available from: <https://www.niehs.nih.gov/research/resources/>
11. Wild CP. Complementing the genome with an “exposome”: The outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2005;14(8):1847–50.
12. Wild CP. The exposome: From concept to utility. *Int J Epidemiol.* 2012;41(1):24–32.
13. International Commission on Non-ionizing radiation Protection. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure To Time-Varying Guidelines for Limiting Exposure To Time-Varying. *Health Phys* [Internet]. 1998;74((4)):494–522. Available from: <https://www.icnirp.org/>
14. International Commission on Non-ionizing radiation Protection. ICNIRP Statement on the “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz).” *Health Phys.* 2009;97(3):257–8.
15. World Health Organization. Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields [Internet]. WHO library. 2002. p. 74. Available from: <http://www.who.int/peh-emf/publications/riskenglish/en/>
16. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES). Radiofréquences et santé Radiofréquences et santé. 2013;428. Available from: www.anses.fr
17. World Health Organization. Environmental Health Criteria 232 Static Fields. WHO Libr. 2006;58–174.
18. RWTH Aachen University. EMF-Portal | Home [Internet]. [cited 2018 Aug 28]. Available from: <https://www.emf-portal.org/en>
19. De Vocht F, Van Drooge H, Engels H, Kromhout H. Exposure, health complaints and cognitive performance among employees of an MRI scanners manufacturing department. *J Magn Reson Imaging.* 2006;23(2):197–204.
20. De Vocht F, Glover P, Engels H, Kromhout H. Pooled analyses of effects on visual and visuomotor performance from exposure to magnetic stray fields from MRI scanners: Application of the Bayesian framework. *J Magn Reson Imaging.* 2007;26(5):1255–60.
21. Mian OS, Li Y, Antunes A, Glover PM, Day BL. On the Vertigo Due to Static Magnetic Fields. Foffani G, editor. *PLoS One* [Internet]. 2013 Oct 30 [cited 2018 Aug

- 28];8(10):e78748. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0078748>
22. International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Iarc Monogr Eval Carcinog Risks To Humans [Internet]. 2002;80:i – ix+1–390. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol83/mono83-1.pdf>
23. World Health Organization. OMS | Campos electromagnéticos y salud pública. Nota descriptiva N°322 [Internet]. World Health Organization; 2007 [cited 2018 Aug 28]. Available from: <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/es/>
24. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2000;83(5):692–8.
25. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A Pooled Analysis of Magnetic Fields, Wire Codes, and Childhood Leukemia. *Epidemiology* [Internet]. 2000;11(6):624–34. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11055621> \n<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11416787>
26. Focke F, Schuermann D, Kuster N, Schär P. DNA fragmentation in human fibroblasts under extremely low frequency electromagnetic field exposure. *Mutat Res - Fundam Mol Mech Mutagen*. 2010;683(1-2):74–83.
27. Trillo MÁ, Martínez MA, Cid MA, Úbeda A. Retinoic acid inhibits the cytoproliferative response to weak 50-Hz magnetic fields in neuroblastoma cells. *Oncol Rep*. 2013;29(3):885–94.
28. Zhang M, Li X, Bai L, Uchida K, Bai W, Wu B, et al. Effects of low frequency electromagnetic field on proliferation of human epidermal stem cells: An in vitro study. *Bioelectromagnetics*. 2013;34(1):74–80.
29. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2010;103(7):1128–35.
30. Hug K, Grize L, Seidler A, Kaatsch P, Schüz J. Parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood cancer: A German case-control study. *Am J Epidemiol*. 2010;171(1):27–35.
31. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Feychting M, Johansen C, Monroe J, et al. A pooled analysis of extremely low-frequency magnetic fields and childhood brain tumors. *Am J Epidemiol*. 2010;172(7):752–61.
32. Kheifets L, Afifi AA, Buffler PA, Zhang ZW. Occupational Electric and Magnetic Field Exposure and Brain Cancer: a Meta-Analysis. *J Occup Environ Med*. 1995;37(12):1327–41.
33. Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA, Zhang ZW, Matkin CC. Occupational electric and magnetic field exposure and leukemia. A meta-analysis. *J Occup Env Med*. 1997;39(11):1074–91.
34. Kheifets L, Monroe J, Vergara X, Mezei G, Afifi AA. Occupational electromagnetic

- fields and leukemia and brain cancer: An update to two meta-analyses. *J Occup Environ Med*. 2008;50(6):677–88.
35. Elliott P, Shaddick G, Douglass M, De Hoogh K, Briggs DJ, Toledano MB. Adult cancers near high-voltage overhead power lines. *Epidemiology*. 2013;24(2):184–90.
36. Turner MC, Benke G, Bowman JD, Figuerola J, Fleming S, Hours M, et al. Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and brain tumor risks in the INTEROCC study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2014;23(9):1863–72.
37. Talibov M, Guxens M, Pukkala E, Huss A, Kromhout H, Slottje P, et al. Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and electrical shocks and acute myeloid leukemia in four Nordic countries. *Cancer Causes Control* [Internet]. 2015;26(8):1079–85. Available from: <https://link-springer-com.ezproxy.library.ubc.ca/content/pdf/10.1007/s10552-015-0600-x.pdf>
38. Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R. Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers – Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. *Environ Res* [Internet]. 2018;164(November 2017):467–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.022>
39. Kheifets L, Bowman JD, Checkoway H, Feychting M, Harrington JM, Kavet R, et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: Review and recommendations. *Occup Environ Med*. 2009;66(2):72–80.
40. Consales C, Merla C, Marino C, Benassi B. Electromagnetic fields, oxidative stress, and neurodegeneration. *Int J Cell Biol*. 2012;2012:683897.
41. Huss A, Vermeulen R. Neurodegenerative Diseases and ELF-EMF. In: Rösli M, editor. *Epidemiology of Electromagnetic Fields*. First Edit. Boca Raton: CRC PRESS ISSUES; 2014. p. 185–201.
42. Sobel E, Davanipour Z, Sulkava R, Erkinjuntti T, Wikstrom J, Henderson VW, et al. Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for Alzheimer's disease. *Am J Epidemiol* [Internet]. 1995 Sep 1 [cited 2018 Aug 29];142(5):515–24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7677130>
43. Sobel E, Dunn M, Davanipour Z, Qian Z, Chui HC. Elevated risk of Alzheimer's disease among workers with likely electromagnetic field exposure. *Neurology*. 1996;47(6):1477–81.
44. Savitz DA, Checkoway H, Loomis DP. Magnetic Field Exposure and Neurodegenerative Disease Mortality among Electric Utility Workers. Vol. 9, *Epidemiology*. 1997.
45. Feychting M, Pedersen NL, Svedberg P, Floderus B, Gatz M. Dementia and occupational exposure to magnetic fields. *Scand J Work Environ Heal*. 1998;24(1):46–53.
46. Graves AB, Rosner D, Echevarria D, Yost M, Larson EB. Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Alzheimer Disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord*.

- 1999;13(3):165–70.
47. Ahlbom A, Cardis E, Green A, Linet M, Savitz D, Swerdlow A. Review of the epidemiologic literature on EMF and health. *Environ Health Perspect.* 2001;109(SUPPL. 6):911–33.
48. Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: A systematic review. *Environ Res.* 2008;107(2):277–87.
49. Sorahan T, Kheifets L. Mortality from Alzheimer's, motor neuron and Parkinson's disease in relation to magnetic field exposure: Findings from the study of UK electricity generation and transmission workers, 1973-2004. *Occup Environ Med.* 2007;64(12):820–6.
50. Andel R, Crowe M, Feychting M, Pedersen NL, Fratiglioni L, Johansson B, et al. Work-related exposure to extremely low-frequency magnetic fields and dementia: Results from the population-based study of dementia in Swedish twins. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci.* 2010;65 A(11):1220–7.
51. Frei P, Poulsen AH, Mezei G, Pedersen C, Cronberg Salem L, Johansen C, et al. Residential distance to high-voltage power lines and risk of neurodegenerative diseases: A Danish population-based case-control study. *Am J Epidemiol.* 2013;177(9):970–8.
52. Vergara X, Kheifets L, Greenland S, Oksuzyan S, Cho Y-S, Mezei G. Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and Neurodegenerative Disease. *J Occup Environ Med* [Internet]. 2013;55(2):135–46. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00043764-201302000-00006>
53. Jalilian H, Teshnizi SH, Rösli M, Neghab M. Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and risk of Alzheimer disease: A systematic review and meta-analysis. *Neurotoxicology* [Internet]. 2017;(2017). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2017.12.005>
54. Deapen DM, Henderson BE. A case-control study of amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Epidemiol* [Internet]. 1986 May [cited 2018 Aug 29];123(5):790–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3962963>
55. Parlett LE, Bowman JD, Van Wijngaarden E. Evaluation of Occupational Exposure to Magnetic Fields and Motor Neuron Disease Mortality in a Population-Based Cohort. *J Occup Environ Med.* 2011;53(12):1447–51.
56. Zhou H, Chen G, Chen C, Yu Y, Xu Z. Association between Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields Occupations and Amyotrophic Lateral Sclerosis: A Meta-Analysis. *PLoS One.* 2012;7(11).
57. Rösli M, Jalilian H. A meta-analysis on residential exposure to magnetic fields and the risk of amyotrophic lateral sclerosis. *Rev Environ Health.* 2018;(2):3–7.
58. Huss A, Koeman T, Kromhout H, Vermeulen R. Extremely low frequency magnetic field exposure and parkinson's disease—a systematic review and meta-analysis of the data. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12(7):7348–56.

59. Alanko T, Puranen L, Hietanen M. Assessment of exposure to intermediate frequency electric fields and contact currents from a plasma ball. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(8):644–51.
60. Aerts S, Calderon C, Valič B, Maslanyj M, Addison D, Mee T, et al. Measurements of intermediate-frequency electric and magnetic fields in households. *Environ Res*. 2017;154(October 2016):160–70.
61. Joseph W, Vermeeren G, Verloock L, Goeminne F. In situ magnetic field exposure and ICNIRP-based safety distances for electronic article surveillance systems. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;148(4):420–7.
62. Roivainen P, Eskelinen T, Jokela K, Juutilainen J. Occupational exposure to intermediate frequency and extremely low frequency magnetic fields among personnel working near electronic article surveillance systems. *Bioelectromagnetics*. 2014;35(4):245–50.
63. Martínez-Burdalo M, Sanchis A, Martín A, Villar R. Comparison of SAR and induced current densities in adults and children exposed to electromagnetic fields from electronic article surveillance devices. *Phys Med Biol*. 2010;55(4):1041–55.
64. Khan MW, Roivainen P, Herrala M, Tiikkaja M, Sallmén M, Hietanen M, et al. A pilot study on the reproductive risks of maternal exposure to magnetic fields from electronic article surveillance systems. *Int J Radiat Biol* [Internet]. 2018;0(0):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1439197>
65. Frei P, Mohler E, Neubauer G, Theis G, Bü Rgi E A, Rg Frö Hlich F J, et al. Temporal and spatial variability of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields. *Environ Res* [Internet]. 2009 [cited 2018 Aug 29];109:779–85. Available from: www.qualifex.ch
66. Frei P, Rösli M. Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in Our Everyday Environment. In: Rösli M, editor. *Epidemiology of Electromagnetic Fields*. First Edit. Boca Raton: CRC PRESS ISSUES; 2014. p. 125–40.
67. Gajšek P, Ravazzani P, Wiart J, Grellier J, Samaras T, Thuróczy G. Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz-6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015;25(1):37–44.
68. Tell RA, Mantiply ED. Population exposure to VHF and UHF broadcast radiation in the United States. *Radio Sci*. 1982;17(5 S):39S – 47S.
69. Birks LE, Struchen B, Eeftens M, van Wel L, Huss A, Gajšek P, et al. Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. *Environ Int*. 2018;117(April):204–14.
70. Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, Wood AW, McKenzie RJ, Stough C. The Effect of Mobile Phone Electromagnetic Fields on the Alpha Rhythm of Human Electroencephalogram. 2008;29:1–10.
71. Dimbylow P. SAR in the mother and foetus for RF plane wave irradiation. *Phys Med Biol*. 2007;52:3791–802.

72. Dimbylow PJ. A comparison of foetal SAR in three sets of pregnant female models. *Phys Med Biol*. 2009;54:2755–67.
73. Hocking B. Maternal Cell Phone Use and Behavioral Problems in Children. *Epidemiology*. 2019;20(2):312.
74. Vrijheid M, Martinez D, Fornis J, Guxens M, Julvez J, Ferrer M, et al. Prenatal Exposure to Cell Phone Use and Neurodevelopment at 14 Months. *Epidemiology*. 2010;21(2):259–62.
75. Guxens M, Eijdsen M Van, Vermeulen R, Loomans E, Tanja GM, Komhout H, et al. Maternal cell phone and cordless phone use during pregnancy and behaviour problems in 5-year-old children. *J Epidemiol Community Heal*. 2013;67:432–8.
76. Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, Deventer E Van. The Sensitivity of Children to Electromagnetic Fields. *Pediatrics*. 2005;116(2):303–13.
77. Wyde ME, Horn TL, Capstick MH, Ladbury JM, Koepke G, Wilson PF, et al. Effect of cell phone radiofrequency radiation on body temperature in rodents: Pilot studies of the National Toxicology Program's reverberation chamber exposure system. *Bioelectromagnetics* [Internet]. 2018 Apr [cited 2019 Feb 1];39(3):190–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/bem.22116>
78. National Toxicology Program. High Exposure to Radio Frequency Radiation Associated With Cancer in Male Rats [Internet]. [cited 2019 Feb 1]. Available from: <https://www.niehs.nih.gov/news/newsroom/releases/2018/november1/index.cfm>
79. Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol*. 2011;38(5):1465–74.
80. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol*. 2013;43(6):1833–45.
81. Cardis E. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol*. 2010;39(3):675–94.
82. Frei P, Poulsen AH, Johansen C, Olsen JH, Steding-Jessen M, Schüz J. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. *BMJ* [Internet]. 2011;343(oct19 4):d6387–d6387. Available from: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.d6387>
83. Benson VS, Pirie K, Schüz J, Reeves GK, Beral V, Green J. Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study. *Int J Epidemiol*. 2013;42:792–802.
84. Poulsen AH, Frei P. Brain Tumors and Mobile Phone Use: The Cohort Approach. In: Rösli M, editor. *Epidemiology of Electromagnetic Fields*. First Edit. Boca Raton: CRC PRESS ISSUES; 2014. p. 203–14.
85. Deltour I, Schüz J. Synthesis of Epidemiological Studies on Mobile Phone Use and the Risk of Brain Tumors. In: Rösli M, editor. *Epidemiology of Electromagnetic Fields*.

First Edit. Boca Raton: CRC PRESS ISSUES; 2014. p. 243–58.

86. Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. *Int J Oncol*. 2006;28(2):509–18.
87. Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K, Hardell L. Meningioma patients diagnosed 2007-2009 and the association with use of mobile and cordless phones: A case-control study. *Environ Heal A Glob Access Sci Source*. 2013;12(1):1–10.
88. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones. *Int J Oncol*. 2013;43(4):1036–44.
89. Cardis E, Schuz J. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol* [Internet]. 2011;35(5):453–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.canep.2011.05.012>
90. Schuz J, Steding-Jessen M, Hansen S, Stangerup S-E, Caye-Thomasen P, Poulsen AH, et al. Long-Term Mobile Phone Use and the Risk of Vestibular Schwannoma: A Danish Nationwide Cohort Study. *Am J Epidemiol* [Internet]. 2011;174(4):416–22. Available from: <https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/aje/kwr112>
91. Schoeni A, Roser K, Rösli M. Memory performance , wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fi elds: A prospective cohort study in adolescents. *Environ Int*. 2015;85:343–51.
92. Sudan M, Olsen J, Arah OA, Obel C, Kheifets L. Prospective cohort analysis of cellphone use and emotional and behavioural difficulties in children. *J Epidemiol Community Heal*. 2016;70:1207–13.
93. Abramson MJ, Benke GP, Dimitriadis C, Inyang IO, Sim MR, Wolfe RS, et al. MobileTelephone Use Is Associated With Changes in Cognitive Function in Young Adolescents. *Bioelectromagnetics*. 2009;30:678–86.
94. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and Postnatal Exposure to Cell Phone Use and Behavioral Problems in Children. *Epidemiology*. 2008;19(4):523–9.
95. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Cell phone use and behavioural problems in young children. *J Epidemiol Community Heal*. 2012;66:524–9.
96. Birks L, Guxens M, Papadopoulou E, Alexander J, Ballester F, Estarlich M, et al. Maternal cell phone use during pregnancy and child behavioral problems in fi ve birth cohorts. *Environ Int*. 2017;104:122–31.
97. Knave BG, Wibom RI, Voss M, Hedström LD, Bergqvist UO. Work with video display terminals among office employees. I. Subjective symptoms and discomfort. *Scand J Work Environ Heal*. 1985;11(6):457–66.
98. Hillert L, Hedman BK, Söderman E, Arnetz BB. Hypersensitivity to electricity: Working definition and additional characterization of the syndrome. *J Psychosom Res*. 1999;47(5):429–38.

99. Hocking B. Effects of acute exposure to ultrahigh radiofrequency radiation on three antenna engineers. *Occup Environ Med* [Internet]. 1998 Feb [cited 2018 Aug 30];55(2):144. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9614403>
100. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Enquête sur la santé de riverains de stations relais de téléphonie mobile: l'Incidences de la distance et du sexe. *Pathol Biol*. 2002;50(6):369-73.
101. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES). Hypersensibilité électromagnétique ou intolérance environnementale idiopathique attribuée aux champs électromagnétiques [Internet]. Maisons-Alfort Cedex; 2018. Available from: <http://www.rst-sante-travail.fr/rst/pages-article/ArticleRST.html?refINRS=RST.TC 145>
102. Mild KH, Repacholi M, Van Deventer E, Ravazzani P. Electromagnetic Hypersensitivity: Proceedings International Workshop on EMF Hypersensitivity, Prague, Czech Republic, October 25-27, 2004. In: Mild KH, Repacholi M, Van Deventer E, Ravazzani P, editors. WHO library [Internet]. Prague: World Health Organization; 2006. p. 167-97. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-92736-7_5
103. Baliatsas C, Rubin GJ. Electromagnetic Fields, Symptoms and Idiopathic Environmental Intolerance. In: Röösli M, editor. *Epidemiology of Electromagnetic Fields*. First Edit. Boca Raton: CRC PRESS ISSUES; 2014. p. 259-74.
104. Levallois P. Hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure: a review of the literature. *Environ Health Perspect*. 2002;110 Suppl (June):613-8.
105. Röösli M, Frei P, Mohler E, Hug K. Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bull World Health Organ*. 2010;88(12):887-96.
106. Baliatsas C, Van Kamp I, Bolte J, Schipper M, Yzermans J, Lebreton E. Non-specific physical symptoms and electromagnetic field exposure in the general population: Can we get more specific? A systematic review. *Environ Int*. 2012;41(1):15-28.
107. Röösli M, Mohler E, Frei P. Sense and sensibility in the context of radiofrequency electromagnetic field exposure. *Comptes Rendus Phys* [Internet]. 2010 Nov 1 [cited 2018 Aug 22];11(9-10):576-84. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631070510001519>
108. Fernández-Solà J. Proposta de criteris clínics de Sensibilitat Electromagnètica. Comunicació a la XII Jornada d'actualització en Toxicologia. Fundación Española de Toxicología Clínica (FETOC). In Barcelona: Acadèmica de Ciències Mèdiques de Catalunya i Balears; 2017.
109. Belpomme D, Campagnac C, Irigaray P. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):251-71.
110. Johansson O. Electrohypersensitivity: A functional impairment due to an inaccessible

- environment. Rev Environ Health. 2015;30(4):311–21.
111. Comisión Europea. Informe de la Comisión sobre la Aplicación de la Recomendación del Consejo 1999/519/CE, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a los campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz. Segundo informe de aplicación 2002-2007. Vol. 00. Bruselas; 2014.
 112. Goodman. The Strengths and Difficulties Questionnaire: A Research Note. J Child Psychol Psychiatry. 1997;38(5):581–6.

C S B Consorci Sanitari
de Barcelona



Salut ambiental

Connectem
f **t** **y** **i** **n**

www.aspb.cat