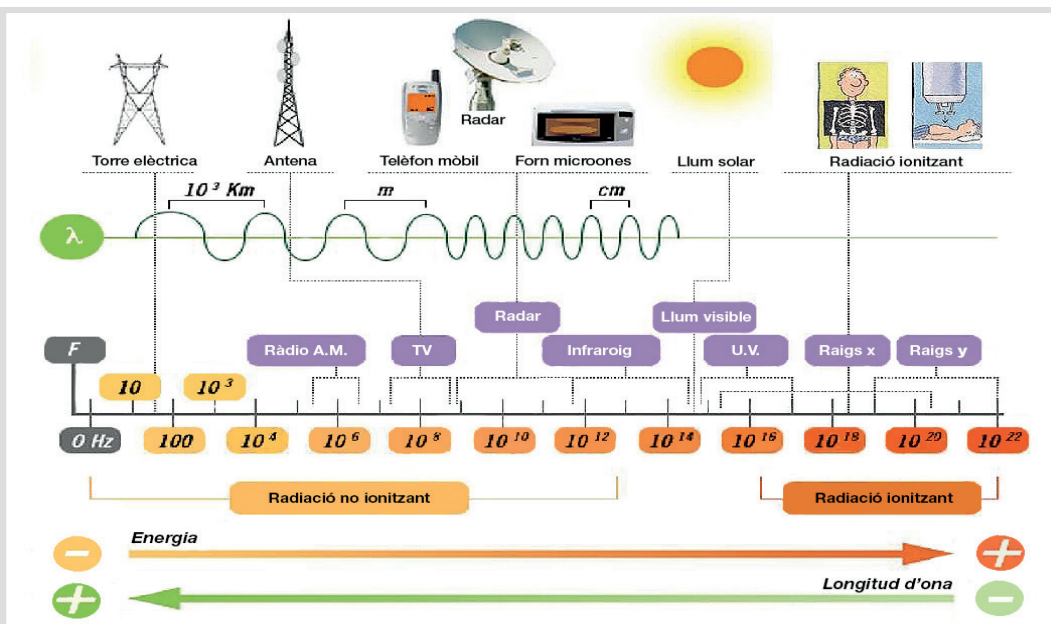


L'espectre electromagnètic no ionitzant

Uns senyals per a transportar energia i comunicar-nos

Idees clau

- Les ones electromagnètiques són generades tant per la natura com per resultat de l'activitat humana.
- No s'ha pogut establir, per a valors d'intensitat i de freqüència per sota dels llindars de seguretat, cap associació entre les diferents formes d'exposició a les ones electromagnètiques no ionitzants i l'aparició de determinades malalties o efectes adversos.
- Cal continuar fent recerca en àrees com les exposicions de llarga durada o la hipersensibilitat.



Radiació no ionitzant i radiació ionitzant (Font: internet).

Introducció

Les primeres manifestacions dels fenòmens elèctric i magnètic, observats inicialment a través de les forces que actuaven sobre càrregues i corrents, es varen sistematitzar durant el segle XIX amb les observacions per part d'Oersted, primer, de les influències entre els corrents elèctric i els fenòmens magnètics, i més endavant amb els treballs d'Ampere i Faraday, que varen culminar amb les equacions de Maxwell que interrelacionaven els fenòmens elèctrics i magnètics i acabaven predient l'existència de les ones electromagnètiques que varen ser corroborades finalment per Hertz a finals d'aquell mateix segle.

La caracterització d'aquestes ones es pot entendre, com hem dit, a través del seu efecte –força– sobre càrregues i corrents, tot i que a efectes d'estudiar més sistemàticament els fenòmens de radiació i propagació és més pràctic introduir el concepte de camp. Aquestes ones, o els camps associats, es generen pel moviment de càrregues elèctriques quan experimenten acceleracions que varien –oscil·len– en el temps. Aquestes oscil·lacions, poden tenir, com els pèndols, una freqüència de repetició que pot anar des d'unes variacions molt lentes d'uns pocs cicles per segon –hertz (Hz)–, fins a milers de milions de cicles per segon (GHz), com les microones, o milions de milions de cicles per segon, com poden ser les ones de llum i més amunt els raigs X, etc. En termes físics, són senyals que viatgen a la velocitat de la llum, i que normalment s'expressen com a ones

amb una certa energia agregada composta d'un conjunt d'energies elementals quantificades que denominem *photons*. Aquestes ones són generades tant de manera espontània per la natura (el Sol, els llamps...) com per resultat de l'activitat humana (activitat dels motors o de propagar l'energia elèctrica o la informació dels nostres senyals de ràdio, televisió i comunicacions mòbils). En tots els casos tenen una característica en comú, i és que uns nivells baixos d'exposició (energia agregada de l'ona) i de freqüència (per sota dels ultraviolats en què l'energia elemental del fotó està per sota del nivell necessari per a ionitzar els àtoms o les molècules) són inofensius i poden ser fins i tot beneficiosos: pensem en el Sol o en els tractaments fisioterapèutics, tot i que sempre cal tenir present que una sobreexposició pot ser nociva. Conscients d'això, la ciència i la tècnica han estudiat i han establert uns nivells de seguretat, normalment molt per sota dels nivells mínims, per a assegurar que el seu ús, ni en termes de potència ni en termes de freqüència, no comporti cap efecte nociu per a les persones ni per als animals o plantes, ni, en definitiva, per a la natura que ens envolta. Per a les aplicacions de transport d'energia, i comunicacions, objectes d'aquest informe, estarem sempre parlant d'ones de baixa intensitat i no ionitzants.

Una mica d'història

Tot i que hem conviscut amb aquests senyals des de sempre i de maneres molt variades, la gran pre-

La nova onada de dispositius connectables ha tornat a posar aquest tema en el punt de mira. (Font: pixabay)



sència en les nostres vides i la tendència natural a protegir-nos de possibles perills han despertat una preocupació pel caràcter d'aquestes ones. Així, de manera periòdica i especialment cada cop que hi ha avançaments científics o tècnics importants, com el desplegament de les xarxes elèctriques per a fer arribar l'electricitat a les llars al començament del segle XX, o la popularització de la ràdio primer i sobretot teledifusió després a mitjan segle XX, o molt més recentment les comunicacions mòbils, s'ha produït una fase de major preocupació social.

En el marc d'aquesta darrera tecnologia de les comunicacions mòbils, fa uns quinze o vint anys es va produir un fenomen de debat social que, sens dubte, va ajudar a establir uns millors mecanismes de precaució respecte als nivells de seguretat necessaris. El mateix Parlament de Catalunya va abordar aquest tema en una comissió d'estudi, desenvolupada durant la sisena legislatura,¹ sobre els efectes de les línies d'alta tensió i de les instal·lacions de telefonia mòbil en la salut de les persones. En aquesta comissió d'estudi, en què van participar diferents experts, es conclou que «no s'han posat de manifest incompliments de les normatives catalana i espanyola en relació amb els nivells màxims d'exposició als camps electromagnètics, fixats per diferents organismes internacionals». Per tant, cal destacar que la situació de partida no és de manca de control, d'incompliment de la normativa o de desconeixement per part de l'Administració.

Actualment, la nova onada de dispositius connectables o Internet de les coses –en què en la majoria dels casos aquesta connectivitat es fa a través de les ones electromagnètiques i que s'associen al que denominem «la cinquena generació de comunicacions mòbils» (5G), que cobreix les freqüències actuals fins a 60 GHz i les estén fins als 300 GHz a mitjà termini– ha tornat a posar aquest tema en el punt de mira de les entitats socials i ciutadanes, i en aquest sentit sembla raonable aprofundir en l'estudi dels efectes potencials d'aquests nous dispositius i en la difusió dels seus resultats.

Aquesta preocupació social no és, és clar, només a casa nostra, sinó que en molts entorns es produeix la mateixa preocupació per la informació i per la necessitat d'assegurar que els mecanismes de precaució i compliment dels criteris de seguretat es compleixen sempre i per a totes les aplicacions que ens envolten. En aquest sentit, la Unió Europea i el mateix Parlament Europeu s'han fet ressò del tema i han elaborat estudis recents que ens serviran de base per a la informació que aportem en aquest butlletí.

Alguns conceptes generals sobre la interacció de les ones electromagnètiques sobre els éssers vius

Per a entendre la interacció de les ones electromagnètiques amb la matèria, cal fer una primera distinció basada en si tenen caràcter ionitzant o no. Es diu que la radiació és ionitzant si té prou energia com per a arrencar un electró d'un àtom o una molècula i que esdevingui un ió. L'energia de la radiació és proporcional a la seva freqüència i és ben sabut que només amb radiacions a freqüències correspo-

ments a l'ultraviolat o superiors poden tenir caràcter ionitzant. Així, són ionitzants els ultraviolats i els raigs X, però, en canvi, la llum visible, l'infraroig, les ones de ràdio o les freqüències de les línies elèctriques no són ionitzants. Per tant, en parlar de l'efecte de les ones de ràdio sobre la matèria cal incidir que es tracten de radiacions no ionitzants.

La interacció dels camps electromagnètics amb el cos humà depèn, en part, del comportament dels teixits, i aquest comportament varia en funció de la freqüència. A freqüències baixes, per sota de 100 KHz, els teixits tenen el comportament d'un moderadament bon conductor, mentre que a freqüències superiors és el d'un dielèctric (en general, més aïllant) amb pèrdues. Aquesta variació en el comportament fa que a baixes freqüències l'efecte del camp és el d'induir uns corrents elèctrics, mentre que a altes freqüències la forma bàsica d'interacció de les radiacions no ionitzants amb el cos és en forma de calor. L'absorció de les ones provoca un increment de la temperatura; de fet, aquest és l'efecte que s'aprofita per a escalfar en els forns microones. Per tant, les normatives que limiten l'exposició als camps electromagnètics es fan per a garantir que la interacció dels camps electromagnètics amb el cos humà no alterin el seu funcionament normal. Això vol dir que, a baixes freqüències, el corrents induïts no solament no produeixen una situació de desconfort, sinó que són molt inferiors als corrents que la normal activitat bioelèctrica del cos produeix. A altes freqüències, s'ha de garantir que l'absorció d'energia pel cos humà associada a una ona electromagnètica sigui compensada pels mecanismes de termoregulació del mateix cos humà. Cal tenir en compte que els canvis en la temperatura ambient, la realització d'exercici físic o l'exposició a fonts de calor obliguen el cos a activar constantment mecanismes de termoregulació per a mantenir la temperatura corporal dins uns marges estrictes. Els límits de protecció a les radiacions electromagnètiques es fixen aplicant uns marges de seguretat sobre valors que es consideren, per si mateixos, innocuos, en el sentit que no comporten cap estrès per als mecanismes de termoregulació del cos humà. Atès que la penetració dels camps electromagnètics, així com la capacitat per a absorbir-los, depèn de la freqüència, els límits de protecció s'acaben expressant com a valors de camp màxim que varien en les diferents bandes de freqüència.

L'efecte tèrmic i l'adequada protecció que les normatives ofereixen per a evitar-ho són fets acceptats i incontrovertibles. Hi ha molts mecanismes biològics en què hi ha una base elèctrica. Per tant, un cop descartats els efectes ionitzants i els tèrmics, la qüestió és si l'exposició a camps electromagnètics a freqüències en què no són ionitzants i a intensitats en què no produeixen efectes tèrmics apreciables poden, d'alguna manera, afectar perjudicialment el funcionament normal dels mecanismes biològics del cos humà. La resposta a aquesta qüestió s'aborda de tres maneres diferents. Primer de tot, de la mateixa manera que els efectes de les radiacions ionitzants o els tèrmics poden ser modelats i estudiats teòricament, el primer punt és si es pot establir teòricament la possibilitat d'alterar el funcionament normal de processos biològics coneguts amb radiacions electromagnètiques no ionitzants

La Unió Europea fa un seguiment dels efectes de les ones electromagnètiques sobre la salut.

(Font: pixabay)



de baixa intensitat. El segon aspecte se situa a partir de l'experimentació *in vivo*, bé en el camp cel·lular o sobre animals. En aquest cas s'aplica la radiació electromagnètica en el laboratori i de manera controlada sobre una població de prova, i s'estudia si desenvolupen alteracions, ja siguin fisiològiques o en el comportament. La tercera aproximació són els estudis epidemiològics. Aquí s'estudia si és possible establir una relació entre la prevalença d'una certa malaltia o afectació a la salut i l'exposició als camps electromagnètics. L'acció dels grups de treball científics de les organitzacions internacionals, com l'Organització Mundial de la Salut (OMS), consisteix en una revisió exhaustiva de les evidències publicades en revistes científiques per a respondre la qüestió de si hi ha efectes biològics adversos associats a l'exposició de camps electromagnètics amb intensitats inferiors als nivells fixats per a evitar els efectes tèrmics i, per tant, si cal establir elements addicionals de protecció, a partir de qualsevol de les tres possibles aproximacions descrites anteriorment. Fins ara la resposta ha estat que no.

El seguiment a la Unió Europea. La situació normativa actual

L'actuació de la Unió Europea (UE)² en relació amb les ones electromagnètiques (o camps electromagnètics) està basada en les recomanacions del Consell de la Unió Europea, sobre la limitació de l'exposició pública a aquests camps (0 Hz-300 GHz)³ i que proposa: a) establir un conjunt de restriccions bàsiques i els nivells de referència corresponents, b) crear uns elements de base per a la legislació de la UE en seguretat dels productes, c) fer una crida a la Comissió Europea per a revisar regularment qualsevol efecte que els camps electromagnètics puguin tenir en la salut, i d) proporcionar orientacions als governs dels diferents estats.

a) Les restriccions i els nivells de referència proposats per la recomanació es basen en les directius de la Comissió Internacional de Protecció de les Radiacions No Ionitzants (un òrgan d'experts científics reconeguts per l'Organització Mundial de la Salut), que varen ser acceptades pel Comitè Científic de la UE el 1999 i que, des de llavors, són revisades periòdicament per un comitè de quatre informes científics específics sobre l'efecte de l'exposició als camps electromagnètics en la salut.

b) Per al desplegament de les mesures legislatives a la UE, les recomanacions serveixen de base per a les actualitzacions de les diferents directives: i) la Directiva 2013/35/EU, que estableix uns requeriments mínims en termes de salut i seguretat en relació amb l'exposició dels treballadors als riscos derivats dels camps electromagnètics, ii) la Directiva 2014/35/EU, que tracta de l'equipament elèctric de baix voltatge, i iii) la Directiva 2014/53/EU, que cobreix els equipaments terminals de ràdio i telecomunicacions.

c) El seguiment de la UE dels efectes potencials sobre la salut han portat a: i) com a resultat de diferents informes i documents de la Comissió sobre Riscos sobre la Salut Emergents i Recentment Identificats (SCENIHR), ha realitzat diferents estudis i opinions que no han proporcionat cap justificació científica

que puguin portar a la necessitat de la revisió dels límits actuals sobre exposició (restriccions bàsiques i límits de referència) establerts. Tot i això, reconeixen que les dades bàsiques per a avaluar determinats riscos és encara limitada, especialment per les exposicions de baix nivell durant períodes llargs de temps, de manera que es necessiten més estudis de recerca sobre el tema. La Comissió ha resumit els continguts de més de set-cents estudis –la majoria posteriors al 2009– en un document que, pel que fa als camps electromagnètics, es denomina «L'exposició als camps electromagnètics posa en perill la salut?».⁴ El text –després de revisar alguns aspectes generals, com que els camps electromagnètics no són ni un fenomen únicament humà, ja que existeixen també a la natura, ni recent, ja que des de fa més d'un segle convivim amb els camps electromagnètics produïts per les línies de distribució d'electricitat– recull de manera resumida la informació següent: a) els resultats dels treballs de recerca més recents mostren que no hi ha evidència d'efectes adversos sobre la salut si els nivells d'exposició estan per sota dels límits establerts pels estàndards actuals; b) estudis que suggerien una associació entre els camps electromagnètics produïts per dispositius mòbils i increments del risc de determinades formes de càncer o d'Alzheimer no s'han pogut confirmar, i els nivells d'incidència d'aquestes malalties no s'havien modificat des de la introducció dels mòbils; c) estudis epidemiològics que relacionen l'exposició a camps de molt baixa freqüència, com les de les línies de transport o distribució d'electricitat, amb nivells d'incidència més alts en leucèmies en nens no han pogut ser corroborats ni reproduïts en laboratoris mitjançant estudis cel·lulars o amb animals; d) dels problemes que determinades persones expressen per tenir símptomes com mal de cap, problemes de son o fatiga quan són exposats a camps electromagnètics, coneguts com a hipersensibilitat, tot i que per a ells constitueix una preocupació real, no se n'ha pogut trobar cap evidència científica; e) tot i el que es diu en el punts anteriors, s'insisteix en la necessitat de continuar fent recerca per confirmar o excloure les causes possibles d'associació entre els camps electromagnètics i determinats efectes adversos, i f) tot i que pugui semblar que el nivell d'exposició pot estar augmentat per l'increment del nombre de dispositius, atès que cada vegada els nivells emesos –tant per raons de seguretat com per estalvi d'energia– són molt més baixos, en conjunt els nivells d'exposició poden estar baixant, tot i que això pot dependre de la localització i/o de l'estil de vida.

d) El Parlament Europeu ha adoptat diferents resolucions sobre camps electromagnètics i envia regularment preguntes escrites a la Comissió. En aquest sentit, cal destacar dos documents: i) el full de dades sobre les preguntes i respostes més comunes sobre camps electromagnètics⁵ (quinze preguntes i respostes), i ii) el resum senzill de llegir opinions científiques: efectes potencials sobre la salut de l'exposició als camps electromagnètics.^{6 7 8}

El Comitè Econòmic i Social Europeu (un òrgan assessor de la UE) ha elaborat, per pròpia iniciativa, un document sobre hipersensibilitat electromagnètica,⁹ un tema que preocupa en relació amb l'existència de persones amb una sensibilitat especial

Hi ha una percepció de risc associat a l'exposició als camps electromagnètics que no es justifica atenent al coneixement científic i l'activitat de control administratiu.
(Font: internet)



als camps electromagnètics, que es manté en la línia d'estudis anteriors en el sentit que: i) no hi ha efectes adversos que es puguin identificar; ii) cal seguir fent recerca en el tema, i iii) cal mantenir totes les precaucions i els nivells de radiació per sota dels límits establerts.

La seguretat de les ones electromagnètiques

Els nivells de referència per a l'exposició del públic a les ones electromagnètiques, és a dir, el nivell màxim que poden tenir en un indret d'accés general al públic, emana de la Recomanació del Consell de la Unió Europea 1999/519/EC, del 12 de juliol de 1999, que fixa restriccions bàsiques i nivells de referència per a l'exposició del públic en general a camps electromagnètics basats en les directrius publicades per l'ICNIRP¹⁰ en el seu informe de l'abril del 1998.¹¹ Per a l'exposició al públic en general, la restricció bàsica es fixa en un valor cinquanta vegades inferior al llindar que es considera segur.

La percepció del risc

L'exposició a camps electromagnètics, en general, i als d'origen humà, en particular, bé siguin els associats a línies de distribució d'electricitat, o bé per l'ús en sistemes de comunicació tals com la difusió de ràdio, televisió o bé en telefonia mòbil, no és un fenomen nou i forma part de la nostra quotidianitat des de fa més de cent anys, i de manera estesa en els darrers vint o trenta anys. L'existència de normatives que limiten l'exposició als camps electromagnètics, així com la disponibilitat de mitjans per a fer prediccions sobre els nivells d'exposició i per a mesurar-los, ha estat paral·lela a aquest desplegament. Tot i això, hi continua havent una percepció de risc associat a l'exposició als camps electromagnètics que no es justifica atenent el coneixement científic i l'activitat de control administratiu. Un dels factors que promouen aquest increment injustificat de la percepció de risc és la confusió que es produeix entre radiació –és a dir, la transmissió d'energia mitjançant ones– i radioactivitat –fenomen físic totalment diferent. D'altra banda, l'oposició al desplegament d'infraestructures visualment impactants com són les línies d'alta tensió o certes instal·lacions de telefonia mòbil és fàcilment mutable a una oposició basada en riscos per a la salut d'aquestes instal·lacions. Finalment, la mala imatge de les companyies operadores d'aquests serveis, distribució d'electricitat i telefonia mòbil, així com l'existència d'un petit però actiu sector empresarial que cerca les seves oportunitats de negoci en activitats paracientífiques al voltant de fomentar i exagerar aquesta percepció de risc, fa que quan hi ha una situació de conflicte, si no hi ha una ràpida acció informativa per part de l'Administració, es generin forts moviments d'oposició ciutadana.

Conclusions

D'acord amb les consideracions anteriors, es poden concloure un cert nombre d'aspectes més significatius:

– L'existència dels camps electromagnètics i la consegüent exposició no és un fenomen ni recent (fa més d'un segle que convivim amb les línies de transport i distribució d'electricitat) ni degut únicament a l'activitat humana, ja que la natura també produeix camps electromagnètics.

– Tots els estudis i les recerques realitzats conclouen que no s'ha pogut establir cap associació (ni observar cap increment en els nivells generals d'incidència en la població) entre les diferents formes d'exposició i l'aparició de determinades malalties o efectes adversos, sempre que aquesta exposició estigui per sota dels nivells de seguretat establerts i efectivament implantats.

– Tot i que no s'hagi pogut trobar cap evidència científica de possibles efectes adversos, cal insistir en la necessitat de continuar fent recerca per confirmar o excloure possibles causes d'associació entre els camps electromagnètics i determinats efectes adversos, per situacions específiques com poden ser exposicions de llarga durada o fenòmens com el de la hipersensibilitat.

Referències

- 1 Informe de la Comissió d'Estudi sobre els Efectes de les Línies d'Alta Tensió i de les instal·lacions de Telefonia Mòbil en la Salut de les Persones Tram. 260-00003/06. *Butlletí Oficial del Parlament de Catalunya*, VI legislatura, número 450, 29 de juliol de 2003, <http://www.parlament.cat/document/bopc/50389.pdf>.
- 2 http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/eu_actions_en
- 3 Recomanació del Consell del 12 de juliol de 1999 que limita l'exposició pública als camps electromagnètics (de 0 Hz a 300 GHz), 1999/519/EC, Diari Oficial de la Unió Europea, 30 de juliol de 1999, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV:c11545>
- 4 «Does electromagnetic field exposure endanger health?», març del 2015, https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/docs/citizens_emf_en.pdf
- 5 Full informatiu amb preguntes i respostes més freqüents sobre els camps electromagnètics, http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/latest_updates_es
- 6 Easy to read summaries of scientific opinions. Potential health effects of exposure to electromagnetic fields
- 7 Workshop on EMF and Potential Health Effects, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/events/ev_20140328_presentations_en
- 8 Preliminary Opinion on Possible effects of EMF on Human Health, 19 de juliol de 2006.
- 9 Opinion of the European Economic and Social Committee on Electromagnetic hypersensitivity, 21 de gener de 2015.
- 10 Comissió Internacional de Protecció contra les Radiacions no Ionitzants (ICNIRP).
- 11 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz, ICNIRP; Health Physics, abril del 1998, vol. 74, número 4, p. 494-523.