

1. Problemàtica

Els camps electromagnètics són fenòmens naturals; així, el Sol, les galàxies o les estrelles emeten radiació de baixa densitat, i en l'atmosfera hi ha càrregues elèctriques en moviment que generen camps magnètics als quals estem sotmesos permanentment. Però, actualment, a aquests camps elèctrics i magnètics naturals hem d'afegir-hi un gran nombre de camps artificials creats per l'home procedents, per exemple, de les línies elèctriques, la maquinària industrial, els electrodomèstics o qualsevol aparell que utilitzi l'energia elèctrica.



Figura 1. El camp magnètic de la Terra. Font: [Fundació Terra](#)

Hi ha molts tipus de radiacions electromagnètiques segons quina sigui la font d'emissió que es consideri. El present capítol se centra únicament en les emissions produïdes per aparells que consumeixen energia elèctrica a una freqüència de 50 Hz, com ara les línies elèctriques d'alta i baixa tensió, els transformadors, electrodomèstics (rentadora, torrada, etc.). Per les característiques que presenten, aquestes radiacions s'anomenen 'radiacions no ionitzants de freqüències extremament baixes' (en anglès, ELF).

Figura 2. Línies d'alta tensió. Font: [Fundació Terra](#)

Encara que està demostrat que les radiacions no ionitzants provoquen certs efectes biològics, el paper d'aquestes com a agents cancerígens és polèmic. Tal com es presenta més endavant, en molts treballs s'ha determinat un major risc relatiu de leucèmies, tumors cerebrals i altres càncers en persones que viuen en zones properes a línies elèctriques d'alta tensió. Concretament, els majors riscos relatius s'han determinat en leucèmies infantils.



2. El concepte físic

Les perturbacions electromagnètiques es comporten com ones compostes per un camp elèctric oscil·lant i per un camp magnètic oscil·lant, perpendiculars entre si, els quals es propaguen per l'espai a una velocitat constant de $3 \cdot 10^8$ m/s (velocitat de la llum).

Una possible classificació de les perturbacions electromagnètiques és entre radiacions ionitzants i no ionitzants. Les radiacions ionitzants poden ionitzar la matèria biològica i tenen una freqüència superior a 3.000 Hz i una energia superior a 12,4 eV. Les no ionitzants no poden ionitzar la matèria biològica i tenen una freqüència compresa entre els 30 i els 3.000 Hz i una energia entre 1,24 i 12,4 eV.

Per tant, els aparells objecte d'estudi en aquest capítol emeten radiacions que es poden classificar com a radiacions no ionitzants.

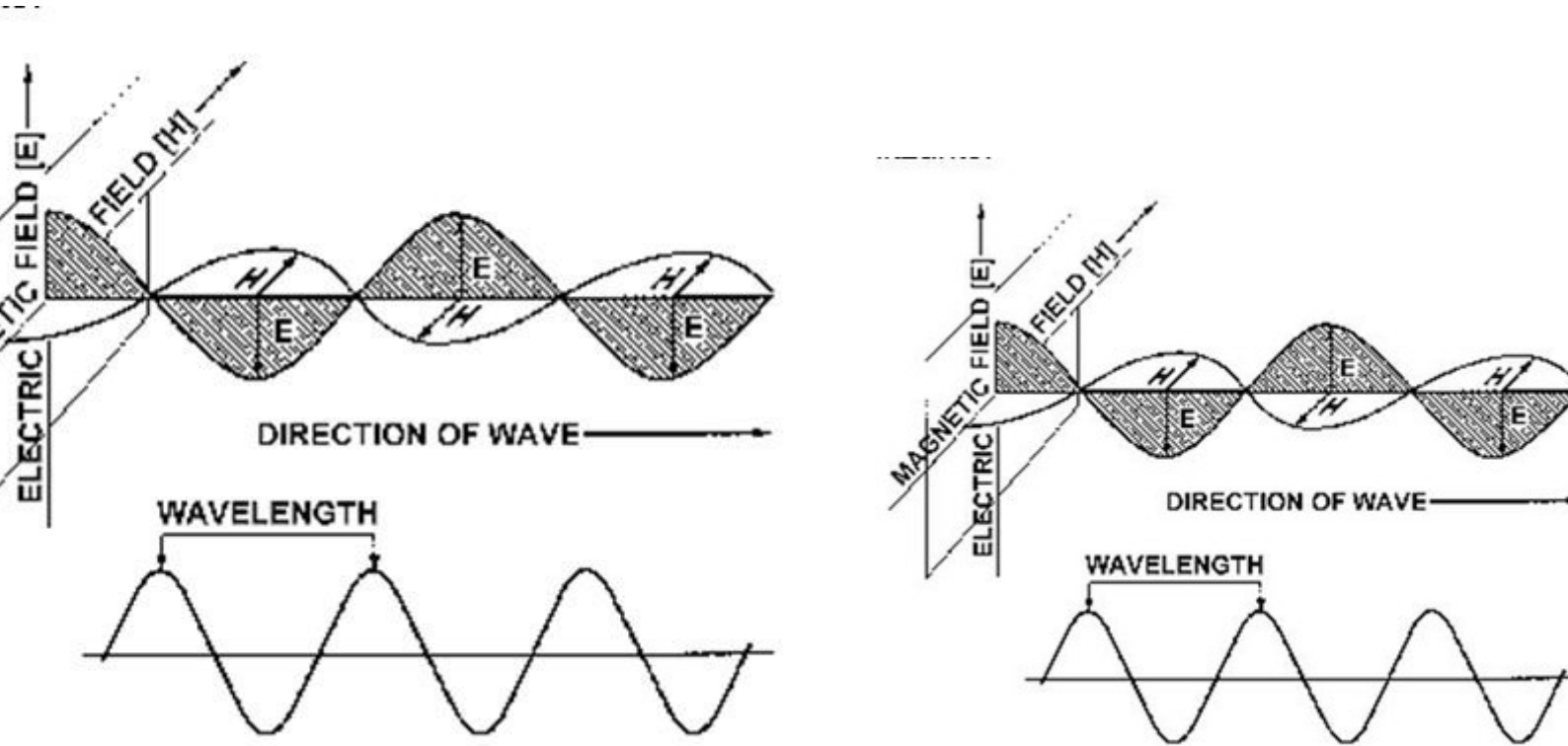
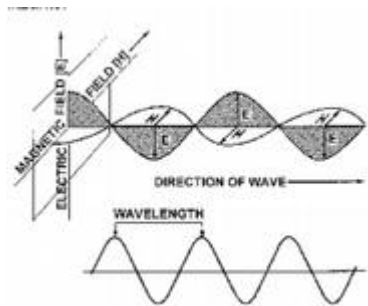


Figura 3. Camp electromagnètic. Font: who.int



2.1. Camp elèctric

Una càrrega elèctrica o un conjunt de càrregues elèctriques (per exemple, electrons) creen al seu voltant un camp elèctric. El camp elèctric exerceix una força sobre qualsevol cos carregat que estigui en el seu abast.

El [camp elèctric](#) també es coneix com a 'intensitat de camp elèctric', 'vector camp elèctric'. Es mesura en volts/metre (V/m).

S'ha de tenir en compte que els camps elèctrics associats a les fonts de freqüència industrial existeixen sempre que hi hagi tensió, independentment que hi hagi

corrent circulant. Se sap que aquests camps tenen poca capacitat de penetració als edificis.

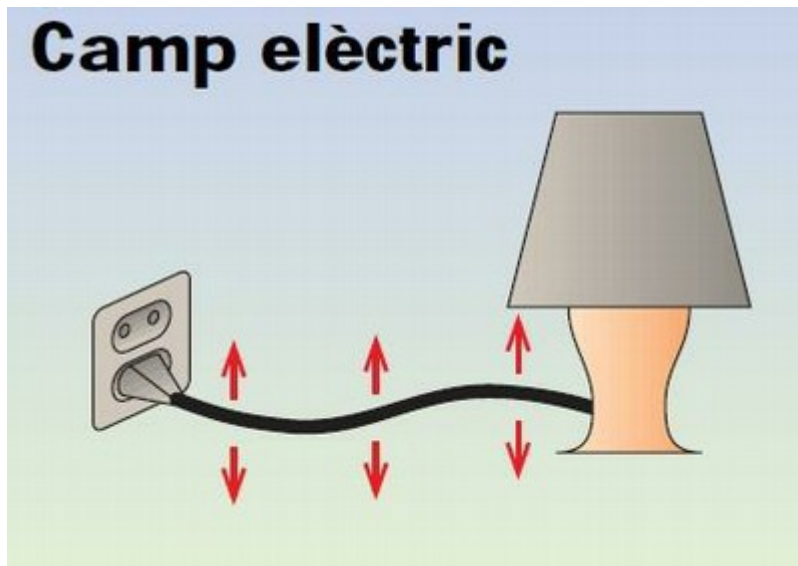
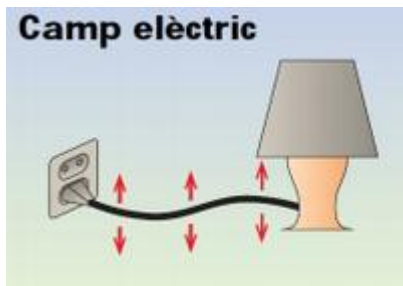


Figura 4. Els camps elèctrics són produïts pel voltatge, és a dir, el flux de corrent, i augmenten proporcionalment a aquest. Font: Fundació Terra



2.2. Camp magnètic

Una manera d'entendre el concepte de [camp magnètic](#) és definir-lo com una regió de l'espai en cada punt de la qual una agulla imantada o una càrrega mòbil està sotmesa a forces magnètiques.

El camp magnètic també es coneix com a 'inducció magnètica'. La unitat de mesurament és el tesla (T), tot i que també s'utilitza el gauss (G).

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$$

Els camps magnètics associats a les fonts de freqüència industrial existeixen només quan hi ha una circulació de corrent. Els camps magnètics són difícils d'apantallar i penetren fàcilment a l'interior dels edificis i les persones.

Així doncs, els efectes biològics que causen els camps electromagnètics s'associen al nivell del camp magnètic que hi hagi a l'interior dels edificis.

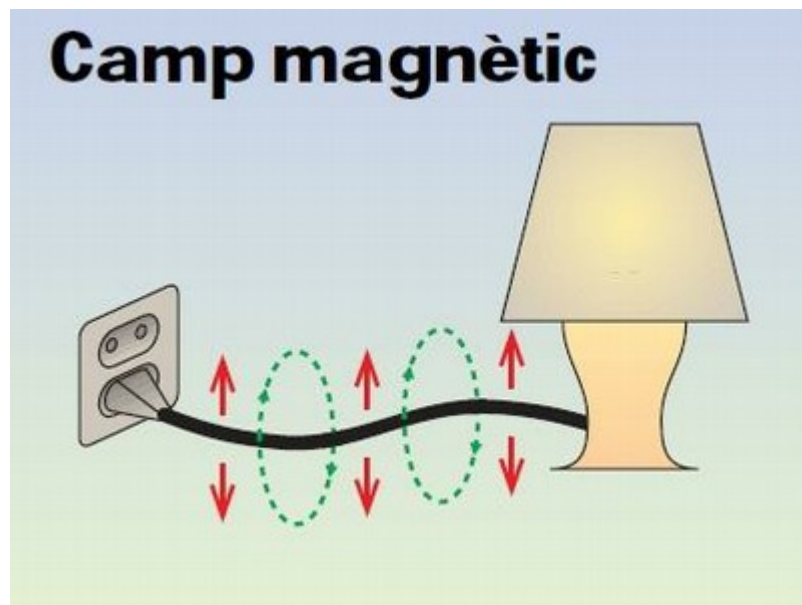
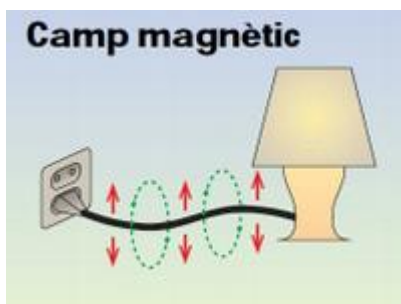


Figura 5. Els camps magnètics formen llaços de força com a resultat del corrent i varien segons la potència del flux. Font: Fundació Terra



3. Mesurament dels camps magnètics

3.1. Equip necessari

Els aparells que s'utilitzen per mesurar els camps magnètics de freqüència industrial s'anomenen 'gaussímetres calibrats'.

Els equips que utilitzen els professionals són molt sofisticats i cars, però el mesurament es pot dur a terme amb qualsevol equip domèstic que compleixi un mínim de requisits:

- Grau de precisió: $\pm 20\%$.
- Mesura del valor eficaç real ('RMS value', de l'anglès 'root-mean-square value').
- Resposta en freqüència feta a mida, ja que si el mesurador té una amplada de banda massa gran, camps d'altres freqüències generats per televisors o altres aparells podrien confondre les mesures.
- Ha de respondre bé a les sobrecàrregues. És a dir, si el mesurador capta un senyal massa gran, ha de donar una resposta que ho indiqui i no mesures a l'atzar.
- Si en el lloc del mesurament hi ha un camp elèctric intens, aquest no ha d'afectar la lectura del camp magnètic.

3.2 Els mesuraments

Els camps electromagnètics són variables en l'espai i en el temps. Depenen, tal com s'ha explicat en apartats anteriors, del corrent elèctric que circula. Per tant, cal assegurar que l'aparell objecte d'estudi funciona a l'hora de mesurar-lo. Si no estem segurs que està funcionant en el moment de dur a terme els mesuraments, com és el cas de les línies elèctriques d'alta tensió, cal fer mesuraments en molts punts i d'una manera continuada. En aquest cas, el més recomanable és dur a terme mesuraments al llarg de tot el dia (24 hores) i en diferents períodes de l'any (dies laborables i festius), ja que el funcionament de les línies està subjecte al consum de les indústries dels habitatges i els edificis públics. Aquests consums depenen, és clar, de les hores del dia i si el dia és laborable o festiu.

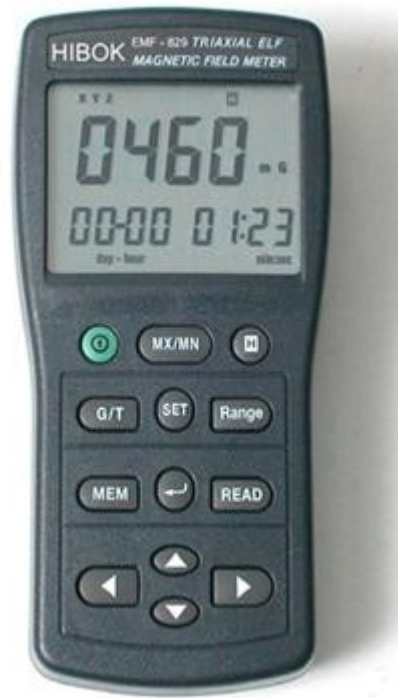


Figura 6. Gaussímetre. Font: termomed.net



4. Nivells de camps elèctrics i magnètics mesurats a les instal·lacions elèctriques

El camp elèctric natural varia entre 0,1 i 20 kV/m, i el camp magnètic natural oscil·la a l'entorn dels 40 µT. Aquests valors ens poden servir de referència o d'ordre de magnitud per comparar-los amb els camps mesurats als voltants dels aparells elèctrics, però cal recordar que els camps emesos pels aparells elèctrics tenen una freqüència de 50 Hz o més, i els camps naturals es poden considerar estàtics, ja que varien molt lentament amb el temps.

Tal com s'ha exposat més amunt, qualsevol aparell elèctric pot causar camps elèctrics i magnètics, i, per tant, a la majoria dels habitatges se'n poden mesurar certs nivells. Els aparells elèctrics que generen camps magnètics més alts són els que utilitzen alts nivells d'intensitat per funcionar (per exemple, microones, aspiradores, rentavaixelles, trituradors, rentadores de roba). Cal saber, també, que els camps disminueixen ràpidament amb la distància; així, per exemple, un radiodespertador té un camp magnètic de 0,04-0,06 µT a 50 cm de distància (un valor inofensiu, tal com es veurà en els apartats següents, tot i que hi ha la creença popular que aquests aparells són fonts importants d'exposició nocturna).

Figura 7. Camps de les línies elèctriques. Font: telergia.blogspot.com

Taula 1. Intensitats del camp magnètic típiques d'alguns electrodomèstics a diverses distàncies

Aparell elèctric	A una distància de 3 cm (µT)	A una distància de 30 cm (µT)	A una distància de 1 m (µT)
Assecador de mà	6 - 2000	0,01 - 7	0,01 - 0,03
Màquina d'afaitar elèctrica	15 - 1500	0,08 - 9	0,01 -0,03
Aspiradora	200 - 800	2 - 20	0,13 -2
Llum fluorescent	40 - 400	0,5 - 2	0,02 - 0,25
Forn microones	73 - 200	4 - 8	0,25 - 0,6
Ràdio portàtil	16 -56	1	< 0,01
Forn elèctric	1 - 50	0,15 - 0,5	0,01 - 0,04
Rentadora	0,8 - 50	0,15 - 3	0,01 -0,15
Ferro	8 - 30	0,12 - 0,3	0,01 -0,03
Rentaplats	3,5 - 20	0,6 - 3	0,07 -0,3
Ordinador	0,5 - 30	< 0,01	
Nevera	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	< 0,01
Televisor	2,5 - 50	0,04 - 2	0,01 -0,15

En la majoria d'electrodomèstics, la intensitat del camp magnètic a una distància de 30 cm és considerablement inferior al límit recomanat per el conjunt de la població de 100 µT. Font: Oficina federal alemanya de seguretat radiològica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999.

En aquesta taula la distància d'operació normal s'indica en negreta.

Segons molts d'estudis de mesures que s'han dut a terme, es pot dir que els nivells mesurats als habitatges solen variar entre 150 µT i 200 V/m a prop de determinats electrodomèstics, i entre 0,02 µT i 2 V/m al centre de moltes habitacions. Als Estats Units els valors varien entre 0,05 i 0,4 µT, i a Europa, entre 0,01 i 0,14 µT.

Els camps elèctrics de les línies elèctriques són relativament estables, ja que la tensió de què depenen no canvia gaire. Contràriament, el camp magnètic generat per aquestes línies pot variar molt, perquè depèn del valor del corrent que hi circula, i aquest depèn, en darrer terme, dels consumidors.

Taula 2. Taula amb els valors normals deduïts d'estudis de mesures sobre línies d'alta tensió

TIPUS DE LINIA	MESURAT AL = EIX	MESURAT A 20 M
132 kV	1,2 kV/m 3 µT	0,4 kV/m 0,2 µT
220 kV	1,7 kV/m 5 µT	1,1 kV/m 0,4 µT

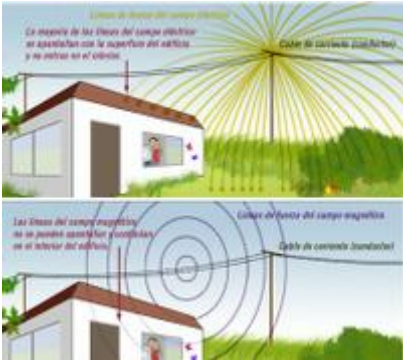
380 kV	3,2 kV/m 7 μ T	2,6 kV/m 2,8 μ T
--------	-----------------------	-------------------------

Segons aquestes dades, es pot dir, per exemple, que una persona que resideixi a vint metres d'una línia de 380 kV està sotmesa a un camp magnètic vint vegades superior al camp màxim que pot tenir una persona que resideixi fora de l'abast de la línia (segons els valors mesurats a Europa).

Aparato electrónico	A una distancia de 3 cm (μ T)	A una distancia de 30 cm (μ T)	A una distancia de 1 m (μ T)
Secador de pelo	6 - 2000	0,01 - 7	0,01 - 0,03
Máquina de afeitar eléctrica	15 - 1500	0,08 - 9	0,01 - 0,03
Aspiradora	200 - 600	2 - 20	0,13 - 2
Luz fluorescente	40 - 400	0,5 - 2	0,02 - 0,25
Horno de microondas	75 - 200	4 - 8	0,25 - 0,5
Radio portátil	16 - 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 - 50	0,15 - 0,5	0,01 - 0,04
Lavadora	0,8 - 50	0,15 - 3	0,01 - 0,15
Hierro	8 - 30	0,12 - 0,3	0,01 - 0,03
>Lavavajillas	3,5 - 20	0,6 - 3	0,07 - 0,3
Computadora	0,5 - 30	< 0,01	
Fregadero	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	<0,02
Televisor de color	2,5 - 50	0,04 - 2	0,01 - 0,15

En la mayoría de los electrodomésticos, la intensidad del campo magnético a una distancia de 30 cm es considerablemente inferior al límite recomendado para el conjunto de la población de 100 μ T.

TIPES DE LÍNEA	MESURAT A L'EIX	MESURAT A 20 m
132 kV	1,2 kV/m 3 μ T	0,4 kV/m 0,2 μ T
220 kV	1,7 kV/m 5 μ T	1,1 kV/m 0,4 μ T
380 kV	3,2 kV/m 7 μ T	2,6 kV/m 2,8 μ T



5. Efectes sobre el cos humà dels camps electromagnètics

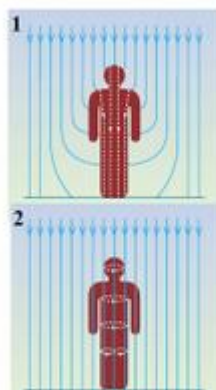
Els camps electromagnètics poden crear forces en les molècules del cos humà i en les estructures cel·lulars dels teixits. Aquestes forces poden provocar el moviment de partícules carregades, deformar estructures cel·lulars o, fins i tot, induir voltatges en les membranes cel·lulars. Aquest moviment de partícules no és un corrent elèctric que es provoca en el cos humà i que depèn de diferents factors, com ara el moviment de fluids a l'interior de l'organisme, la distància entre l'organisme i la font del camp, la presència d'estructures que es puguin considerar pantalles o que poden concentrar el camp, la posició de la persona respecte del camp, característiques de la persona (edat, pes corporal, etc.).

Figura 8. Els camps elèctrics (1) i els magnètics (2) indueixen dèbils corrents elèctrics en humans i animals. Les línies de punts blanques mostren com es comporten els camps induïts en el nostre cos en els dos casos. Font: Fundació Terra

En estudis recents sembla que s'està trobant una possible relació entre les interaccions cel·lulars i els corrents a l'interior de l'organisme, i aquests són variables respecte de la freqüència del camp. Això pot ser greu, perquè es podria interferir en la síntesi de proteïnes i en el sistema immunològic. En aquest cas, hi hauria una relació directa entre càncer i exposició a camps elèctrics.



Figura 9. Font: fengshuiprofesional.com



6. Conclusions d'alguns dels estudis més importants

Hi ha molts estudis que conclouen que hi ha una relació entre càncer i camps electromagnètics, i, d'aquests estudis, molts conclouen que hi ha una associació estadísticament significativa.

El primer estudi que va posar en relleu la problemàtica dels camps electromagnètics i la salut de les persones va ser a càrrec de Nancy Wertheimer i Ed Leeper, el 1979: van obtenir com a resultat que els infants que vivien a distàncies inferiors a 40 m d'una línia elèctrica de potència tenien una probabilitat de dues a tres vegades més gran de desenvolupar leucèmies, limfomes o càncers al sistema nerviós central que els infants que no vivien en aquestes condicions. A partir d'aquí se succeeixen els estudis tant pel que fa a càncers infantils com a càncers en els adults, amb resultats diversos.

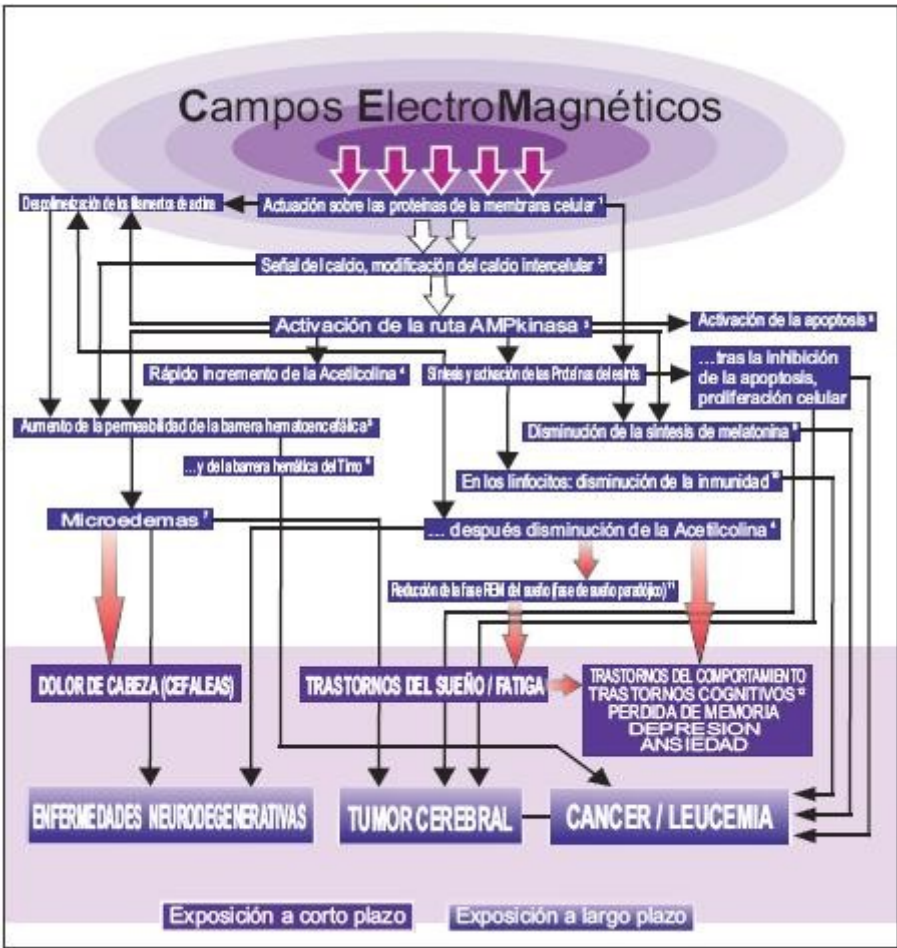
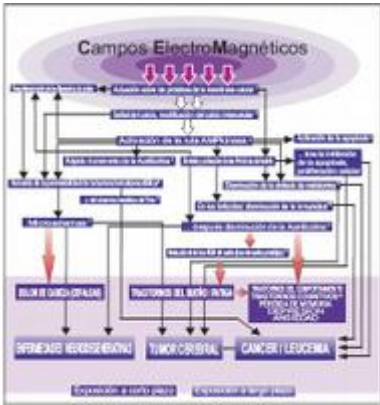


Figura 10. Font: next-up.org



6.1. Taula resum d'estudis sobre càncers infantils i exposició residencial

En les taules 3 i 4, per exposar els resultats de diversos estudis, es fan servir diferents paràmetres estadístics, tal com es va fer en els estudis reals:

RR: risc relatiu. És el risc que una persona exposada tingui càncer dividit pel risc que una persona no exposada tingui càncer. Un RR d'A1" vol dir que no hi ha un augment de risc per a una persona exposada. Un RR superior a A1" vol dir un increment del risc per als grups exposats. Un RR inferior a A1" vol dir un risc menor per als grups exposats.

REM: ràtio estandarditzada de mortalitat. La lectura és exactament com l'anterior però al voltant de la xifra de 100 i sobre el risc de mortalitat.

REI: ràtio estandarditzada d'incidència. La lectura és exactament com RR però respecte de les incidències.

Taula 3. Estudis sobre càncers infantils.

Estudi	Any	Lloc	Leucèmia	Altres Càncers
Wertheimer & Leeper	79	Denver	RR = 2,35	RR = 2,22
Fulton	80	Rhode Island	RR = 1,09	No estudiat
Tomenius	86	Suècia	RR = 0,30	Tumors al sistema nerviós central RR = 3,7
Savitz	88	Denver	RR = 1,54	RR = 1,53
Coleman	89	Regne Unit	RR = 1,50	No estudiat
Lin & Lu	89	Taiwan	RR = 1,31	RR = 1,30
Myers	90	Regne Unit	RR = 1,14	RR = 0,98
London	91	Los Angeles	RR = 2,15	No estudiat
Feychting & Ahlbom	93	Suècia	RR = 3,80	RR = 1,30
Olsen	93	Dinamarca	RR = 1,50	RRT = 5,60
Petridou	93	Grècia	RR = 1,19	No estudiat
Verkasalo	93	Finlàndia	REI = 1,60	REI = 1,50 Càncers al sistema nerviós central= REI 4,20
Fajardo-Gutierrez	93	Mèxic	RR = 2,63	No estudiat

Font: diverses fonts, procedents de les citacions bibliogràfiques indicades en l'apartat "Bibliografia".

6.2. Taula resum d'estudis sobre càncers d'adults i exposició residencial

La taula següent (Taula 4) està dedicada als estudis sobre càncers en les persones adultes. Les sigles utilitzades són les mateixes que en la taula anterior.

Taula 4. Estudis sobre càncers en adults

Estudi	Any	Lloc	Leucèmia	Altres Càncers
Wertheimer & Leeper	82	Denver	RR = 1,00	RR = 1,28
Mc Dowall	86	Regne Unit	REM = 143	Càncer de pulmó: REM = 215
Severson	88	Seattle	RR = 0,80	No estudiat
Colemant	89	Regne Unit	RR = 0,90	No estudiat
Youngson	91	Regne Unit	Leucèmia i Limfoma RR = 1,29	No estudiat
Eriksson & Karlsson	92	Suècia	No estudiat	Mieloma múltiple
Feychting & Ahlbom	92	Suècia	RR = 1,00	Subtipus de leucèmia RR = 1,70
Schreiber	93	Hoanda	Sense casos	REM = 85 Malaltia de Hodgkin REM = 469

Font: diverses fonts, procedents de les citacions bibliogràfiques indicades en l'apartat "Bibliografia".

ESTUDI	ANY	LLOC	LEUCEMIA	ALTRES CÀNCERS
Wertheimer & Leeper	82	Denver	RR=1,00	RR=1,28
McDowall	86	Regne Unit	REM=143	Càncer de pulmó: REM=215
Severson	88	Seattle	RR=0,80	No estudiat
Coleman	89	Regne Unit	RR=0,90	No estudiat
Youngson	91	Regne Unit	Leucèmia i Linfoma RR=1,29	No estudiat
Eriksson & Karlsson	92	Suècia	No estudiat	Mieloma múltiple RR=0,94
Feychting & Ahlbom	92	Suècia	RR=1,00	Subtipus de leucèmia RR=1,70
Schreiber	93	Holanda	Sense casos	REM=85 Malaltia de Hodgkin: REM=469

:

6.3. Estudis recents

a) Estudis relacionats amb la leucèmia:

— Estudi de Bowman: ha desenvolupat la hipòtesi que el risc de leucèmia infantil podria estar relacionat amb certes combinacions específiques de camps estàtics (geomagnètics) i de freqüència industrial.

b) Estudis relacionats amb tumors a la pell:

— Estudi de McLean: va donar com a positiu després de sotmetre animals a camps de 2.000 µT, trenta hores a la setmana durant dos anys.

— Estudi de Kumin: va informar que l'exposició de rates a camps de 100 µT durant 10,5 mesos incrementava la carcinogènesi de la pell induïda per radiació ultraviolada.

c) Estudis relacionats amb el càncer de mama:

— En alguns casos els autors informen que els tumors es desenvolupen abans en els animals exposats a camps de freqüència industrial.

— Estudi de Mevissen: va publicar una rèplica del seu experiment a 100 µT, en el qual va trobar un excés de tumors visibles macroscòpicament en el grup exposat.

— Estudi de Loomis: va publicar que dones amb treballs d'exposició a camps electromagnètics de freqüència industrial presentaven taxes de càncer de mama més elevades.

d) Estudis relacionats amb el càncer de pulmó:

— Estudi d'Armstrong: va publicar que treballadors elèctrics exposats a camps electromagnètics patien un increment de la taxa de càncer de pulmó. Els treballadors exposats a dosis més altes tenien un risc més alt.

e) Estudis relacionats amb el càncer en general:

— Estudi de NIEHS (US National Institute of Environmental Health Sciences): l'Institut Nacional de Ciències de la Salut i el Medi Ambient dels Estats Units va emetre una nota de premsa en què declarava que un grup internacional d'experts havia votat que els camps elèctrics i magnètics de freqüència industrial han de ser considerats com un possible carcinogen humà, però no com un probable carcinogen humà. Per fer-se'n una idea, alguns dels possibles carcinògens humans classificats en aquesta categoria són: el cafè, la sacarina o el fum dels automòbils. Aquesta classificació es va basar, segons els experts, en la limitada evidència epidemiològica. És a dir, van concloure que s'ha observat una associació positiva entre l'exposició a camps electromagnètics i el càncer, de manera que una interpretació causal es considera creïble, però l'atzar, biaixos o factors de confusió no poden descartar-se amb un grau de confiança raonable. Per aquesta raó, no es va considerar classificar els camps elèctrics i magnètics de freqüència industrial com un probable carcinogen humà, pel que fa a la leucèmia.

6.4. Problemes de quantificació i confirmació dels estudis duts a terme

Un dels problemes al qual s'enfronten els estudis epidemiològics és quantificar de manera exacta el nivell que pot considerar-se com a llindar de perill. A més a més, si es treballa amb grans poblacions, és molt complicat quantificar el nivell d'exposició de les persones fora de l'habitatge exposat, com, per exemple, al lloc de treball. El problema també consisteix a trobar un grup de referència de persones no exposades a camps electromagnètics. Evidentment, si aquest grup de persones no exposades que es pren com a referència, en realitat, pateixen exposicions, per exemple, per qüestions laborals, l'estudi pot aportar resultats que no s'ajusten a la realitat.

Pel que fa als estudis de laboratori, també hi ha problemes. Si un efecte biològic reproduïble es defineix com un efecte que ha estat publicat en la literatura científica per més d'un laboratori, sense que aparegui cap contradicció, llavors potser podem dir que no hi ha efectes reproduïbles per sota de 50 μ T. La falta de confirmació de molts dels estudis es deu a diferents factors, com ara:

— Molts dels informes no han estat publicats en la literatura científica i, per tant, no s'han pogut replicar o avaluar.

— La majoria no els han intentat replicar i un estudi aïllat és difícil d'avaluar.

— S'utilitza una gran varietat de sistemes biològics, objectius i condicions d'exposició, la qual cosa fa extremament difícil comparar estudis.

— La variabilitat en els sistemes d'exposició i la falta de dades adequades sobre l'exposició.

7. Reducció dels camps electromagnètics i protecció davant dels camps electromagnètics

7.1. Protecció davant dels camps electromagnètics

Pel que fa als camps elèctrics, no hi ha gaires problemes per interposar pantalles o escuts entre la persona i la font d'emissió. En aquest cas, pràcticament qualsevol estructura serveix. Per exemple, en un habitatge el 90 % dels camps elèctrics generats a l'exterior no n'afecten l'interior.

Pel que fa als camps magnètics, hi ha problemes molt més greus per aconseguir un apantallament. No és difícil arribar a aquesta solució si es té en compte que el camp magnètic terrestre travessa tota la Terra.

Es poden apantallar petites àrees utilitzant un metall anomenat 'mu-metal' (un aliatge de níquel, ferro i coure), però és molt car. Hi ha materials més barats per apantallar però no són tan efectius i, de totes maneres, continua sent una solució cara.

7.2. Reducció dels camps electromagnètics

Per tal que els camps electromagnètics siguin menors, cal tenir en compte aquesta premissa a l'hora de dissenyar els aparells. Una vegada dissenyat l'aparell, l'única manera de rebre nivells inferiors d'aquests camps és col·locant els aparells a prou distància, de manera que per els nivells es redueixin a valors tolerables. Prenent com a exemple les línies elèctriques, hi ha opcions de disseny per reduir els camps emesos, però, finalment, cal fer-ne mesuraments una vegada està construïda la línia, per delimitar les zones que poden ser ocupades per habitatges, escoles o altres equipaments industrials i municipals.

8. Influència en el valor de la propietat immobiliària

S'han fet uns quants estudis comparats sobre com afecten una línia elèctrica, transformadors o altres infraestructures elèctriques en el valor de la propietat immobiliària.

Els estudis preveuen que el valor de la propietat immobiliària queda afectat per aquests elements en funció de la preocupació local pel problema dels camps electromagnètics i la salut humana. És a dir, en funció del coneixement de la gent del país sobre aquest problema. L'efecte es pot incrementar en funció dels informes que es facin públics en el futur i que incideixin en l'opinió pública.

El cert és que el problema cada vegada és més de domini públic. Una prova d'això és que hi ha innombrables informes com aquests.

Figura 11. Línia d'alta tensió al barri de Can Trias de Viladecavalls (Barcelona). Font: Enric Carrera



9. Legislacions i recomanacions

Fins fa poc les limitacions sobre camps electromagnètics en l'àmbit domèstic o laboral en els diferents països mostraven diferències massa grans per donar confiança als ciutadans que els coneixements de les administracions fossin gaire fiables. En la taula següent es mostren uns quants exemples de les limitacions que hi havia abans que entressin en vigor les recomanacions internacionals que actualment s'estan aplicant a la majoria de països.

Taula 5. Limitacions abans de les recomanacions internacionals de l'IRPA

País	Limitació davant dels camps electromagnètics (µT)
Estats Units	10.000
Alemanya	5.000
Regne Unit	1.600
Suècia	0,2

País	Limitació enfront camps electromagnètics(µT)
E.E.U.U.	10.000
Alemanya	5.000
Regne Unit	1.600
Suècia	0,2

9.1. Recomanacions de l'IRPA

Com a conclusió, en diferents estudis que va dur a terme l'Associació Internacional per a la Protecció contra les Radiacions (IRPA) es van redactar un seguit de limitacions pel que fa a l'exposició als camps electromagnètics. Aquestes limitacions tenen com a objectiu que no s'indueixin en el cos humà més de 10 mA/m² (valor aproximat dels corrents naturals interiors del cos humà). En la taula 6 es mostren els valors recomanats per aquesta associació.

Temps D = Exposició	Limitació al camp elèctric	Limitació al camp magnètic
Tot el dia	5 kV/m	100 µT
Pocs minuts al dia	5-10 kV/m	1.000 µT

En els següents enllaços es poden consultar les normatives del nostre país.

- [Recomanació del Consell de 12 de juliol de 1999.](#)
- [Directiva 2004/40/CE del Parlament Europeu i del Consell de 29 d'abril de 2004.](#)
- [Directiva 2008/46/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'abril de 2008.](#)

TEMPS D=EXPOSICIÓ	LIMITACIÓ AL CAMP ELÈCTRIC	LIMITACIÓ AL CAMP MAGNÈTIC
Tot el dia	5 kV/m	100 µT
Pocs minuts al dia	5-10 kV/m	1000 µT

10. Conclusions

Els investigadors mèdics i els bioenginyers pensen que es troben davant del que pot ser un gran problema en el futur pròxim.

Segons sembla, el problema pot ser més complicat que mesurar únicament el camp magnètic i el camp elèctric de les zones afectades. Pensen que l'origen del problema pot ser la combinació de factors que encara es desconeixen com, per exemple: les variacions del camp (transitòries entre els moments de pic i els moments de vall en el consum elèctric), la sensibilitat durant la fase del son, l'orientació del camp magnètic terrestre respecte del camp, l'efecte dels harmònics, etc. Tot i que el risc relatiu que mostren els estudis no és, ni de bon tros, tan elevat com, per exemple, el dels fumadors de tabac (aproximadament, RR'20), la proporció de població sotmesa pot ser molt elevada i, per tant, el nombre de casos també.

Sembla que les dades són determinats. El càncer i alguns problemes de salut poden estar relacionats amb l'exposició als camps electromagnètics. La valoració del risc associat a l'exposició als camps electromagnètics de baixa freqüència continuarà els pròxims anys.

Les normatives de seguretat o les recomanacions, segurament, són ja obsoletes, si tenim en compte els diferents estudis que s'han dut a terme (exceptuant-ne, possiblement, les de Suècia) i potser no garanteixen la seguretat de les persones.

La recomanació dels investigadors és, senzillament, evitar de manera prudent els camps electromagnètics en la vida quotidiana sempre que sigui possible.

11. Bibliografia

Webs d'interès

[Portal Sostenibilidad](#)

[Who.int](#)

[Iberdrola.es](#)

[Rayos.medicina.uma.es](#)

[Teleline.es](#)

[Infoventures.com\(1\)](#) i [\(2\)](#)

[Niehs.nih.gov](#)

[Ncf.ca](#)

Teoria bàsica

Paris, D. T., and F. K. Hurd. 1969. Basic Electromagnetic Theory, McGraw Hill.

Estudis sobre nivells i exposició a camps electromagnètics

Bowman, J. D., et al. 1992. Electric and Magnetic Field Exposure, Chemical Exposure, and Leukemia Risk in "Electrical Occupations". Prepared by the University of Southern California for the Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Bracken, T. D., and R. F. Rankin (Principal Investigators). 1994. EMDEX Project Residential Study Final Report (in press). Prepared by T. Dan Bracken, Inc., for the Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Gauger, J. R. 1985. "Household Appliance Magnetic Field Survey," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. PAS 104(9): 2436-2444.

Stearns, R. D., M. W. Tuominen, and V. L. Chatter. 1992. "Magnetic Field Characterization for the Bonneville Power Administration's 500, 230 , and 115 kV Transmission Line Systems." Abstract P 26. The Annual Review of Research on Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery, and Use of Electricity. W/L Associates, Ltd., Frederick, Md.

Zaffanella, L. E., (Principal Investigator). 1993. Survey of Residential Magnetic Field Sources. Final Report TR 102759 (2 volumes). Prepared by the High Voltage Transmission Research Center for the Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Protocols de mesurament de camps electromagnètics

IEEE Magnetic Field Task Force of the AC Fields Working Group of the Corona Field Effects Subcommittee of the Transmission and Distribution Committee. "A Protocol for Spot Measurements of Residential Power Frequency Magnetic Fields, " IEEE Transactions on Power Delivery 1993, July, 8(3): 1386-94.

National EMF Measurement Protocol Group. 1994. Power Frequency Magnetic Fields: A Protocol for Conducting Spot Measurements in Residential Settings. Yost, M. G., G. M. Lee, D. Duane, J. Fisch, and R. R. Neutra. 1992. "California Protocol for Measuring 60 HZ Magnetic Fields in Residences," Applied

Normatives i regulacions anteriors a les regulacions internacionals

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 1994. 1994-1995 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati. ISBN 1 882417 06 2.

Electro Magnetic Health Effects Committee. 1992. "Regulatory Issues," Chap. 6 in Health Effects of Exposure to Powerline Frequency Electric and Magnetic Fields. Public Utility Commission of Texas, Austin, Tex.

IRPA/INIRC (International Nonionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association). 1990. "Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields," Health Physics 58: 113-122.

Maddock, B. J. 1992. "Exposure Limits Around the World," Electric and Magnetic Fields in the Workplace Proceedings, October 21-23, Paris. International Commission on Occupational Health Radiation and Work Committee.

SWEDAC (Swedish Board for Technical Assistance). 1990. User's Handbook for Evaluating Visual Display Units. MPR 1990:10 1990 12 31. SWEDAC, Bords, Sweden.

TCO (Tjanstemannens Central Organisation, Swedish Confederation of Professional Employees). 1994. Screen Facts. Stockholm, TCO Information Center, Chicago.

Estudis de càncers en infants sotmesos a l'exposició residencial de camps electromagnètics

Wertheimer, N., and E. Leeper. 1979. "Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer," American Journal of Epidemiology 109: 273-284.

Fulton, J. P., S. Cobb, L. Preble, L. Leone, and E. Forman. 1980. "Electrical Wiring Configurations and Childhood Leukemia in Rhode Island," American Journal of Epidemiology 111: 292-296.

Tomenius, L. 1986. "50 Hz Electromagnetic Environment and the Incidence of Childhood Tumors in Stockholm County," Bioelectromagnetics 7: 191-207.

Savitz, D. A., H. Wachtel, F. A. Barnes, E. M. John, and J. G. Tvrdik. 1988. "Case Control Study of Childhood Cancer and Exposure to 60 Hz Magnetic Fields," American Journal of Epidemiology 128: 21-38.

Coleman, M. P., C. M. J. Bell, H. L. Taylor, and M. P. Zakelj. 1989. "Leukaemia and Residence near Electricity Transmission Equipment: A Case Control Study," British Journal of Cancer 60: 793-798.

Myers, A., A. D. Clayden, R. A. Cartwright, and S. C. Cartwright. 1990. "Childhood Cancer and Overhead Powerlines: A Case Control Study," British Journal of Cancer 62: 1008-1014.

London, S., D. C. Thomas, J. D. Bowman, E. Sobel, T. C. Cheng, and J. M. Peters. 1991. "Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields and Risk of Childhood Leukemia," American Journal of Epidemiology 134: 923-937.

Lowenthal, R. M., J. B. Panton, M. J. Baikie, and J. N. Lickiss. 1991. "Exposure to High Tension Power Lines and Childhood Leukemia: A Pilot Study," Medical Journal of Australia 155: 347.

Feychting, M. and A. Ahlbom. 1993. "Magnetic Fields and Cancer in Children Residing near Swedish High Voltage Power Lines," American Journal of Epidemiology 138: 467-481.

Olsen, J. H., A. Nielsen, and G. Schulgen. 1993. "Residence near High Voltage Facilities and the Risk of Cancer in Children," British Medical Journal 307: 891-895.

Verkasalo, P. K., et al. 1993. "Risk of Cancer in Finnish Children Living Close to Power Lines," British Medical Journal 307: 895-899.

Petridou, E., et al. 1993. "Age of Exposure to Infections and Risk of Childhood Leukaemia," British Medical Journal 307: 774.

Fajardo Gutierrez, A., et al. 1993. "Close Residence to High Electric Voltage Lines and Its Association with Children with Leukemia" (In Spanish), Boletín Médico del Hospital Infantil de México 50: 32-28.

Ahlbom, A., M. Feychting, M. Koskenvuo, J. H. Olsen, E. Pukkala, G. I. Schulgen, and P. Verkasalo. 1993. "Electromagnetic Fields and Child hood Cancer," Lancet 342: 1295-1296.

Estudis de càncers en adults sotmesos a l'exposició residencial de camps electromagnètics

Wertheimer, N., and E. Leeper. 1982. "Adult Cancer Related to Electrical Wires near the Home," International Journal of Epidemiology 11: 345-355.

McDowell, M. E. 1986. "Mortality of Persons Resident in the Vicinity of Electricity Transmission Facilities," British Journal of Cancer 53: 271-279.

Severson, R. K., R. G. Stevens, W. T. Kaune, D. B. Thomas, L. Heuser, S. Davis, and L. E. Sever. 1988. "Acute Nonlymphocytic Leukemia and Residential Exposure to Power Frequency Magnetic Fields," American Journal of Epidemiology 128: 10-20.

Coleman, M. P., C. M. J. Bell, H. L. Taylor, and M. P. Zakelj. 1989. "Leukaemia and Residence near Electricity Transmission Equipment:: A Case Control Study," British Journal of Cancer 60: 793-798.

Youngson, J. H. A. M., A. D. Clayden, A. Myers, and R. A. Cartwright. 1991. "A Case Control Study of Adult Hematological Malignancies in Relation to Overhead Powerlines," British Journal of Cancer 63: 977-985.

Eriksson, M., and M. Karisson. 1992. "Occupational and Other Environmental Factors and Multiple Myeloma: A Population Based Case Control Study," British Journal of Industrial Medicine 49: 95-103.

Feychting, M., and A. Ahlbom. 1992. Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High Voltage Power Lines, Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute, Stockholm.

Schreiber, G. H., G. M. H. Swaen, J. M. M. Meijers, J. J. M. Slangen, and F. Sturmans. 1993. "Cancer Mortality and Residence near Electricity Transmission Equipment A Retrospective Cohort Study," International Journal of Epidemiology 22: 9-15.

Algunes revistes d'investigació sobre camps electromagnètics

Advisory Group on Non Ionizing Radiation. 1992. Electromagnetic Fields and Cancer 3(1). National Radiological Protection Board. Chilton, Didcot, Oxon, U.K.

Expert Group of the Danish Ministry of Health on Non ionizing Radiation. 1993. Report on the Risk of Cancer in Children with Homes Exposed to 50 Hz Magnetic Fields from High Voltage Installations. Danish Ministry of Health, Copenhagen.

Guenel, P., and J. Lellouch. 1993. Synthesis of the Literature on Health Effects from Very Low Frequency Electric and Magnetic Fields. INSERM, National Institute of Health and Medical Research, Paris.

Oak Ridge Associated Universities Panel. 1992. Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields. ORAU 92/F8. Prepared for the Committee on Interagency Radiation Research and Policy Coordination. U.S. Government Printing Office: GPO #029 000 00443 9.

Peach, H. G., W. J. Bonwick, R. Scanlan, and T. Wyse. 1992. Report of the Panel on Electro magnetic Fields and Health to the Victorian Government. Minister of Health, Melbourne, Australia.

Science Advisory Board. 1992. Potential Carcinogenicity of Electric and Magnetic Fields. EPA SAB RAC 92 013. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Swedish National Board for Electrical Safety. 1993. Revised Assessment of Magnetic Fields and Health Hazards. Stockholm.

Taxes de càncer i l'ús d'electricitat

Jackson, J. D. 1992. "Are the Stray 60 Hz Electromagnetic Fields Associated with the Distribution and Use of Electric Power a Significant Cause of Cancer?" Proceedings of the National Academy of Sciences 89: 3508-3510.

Kujawa, L. J., et al. 1992. Electric Power Trends 1992. Arthur Anderson & Co., Atlanta, and Cambridge Energy Research Associates, Inc., Cambridge, Mass.

Miller, B. A., et al., eds. 1992. Cancer Statistics Review: 1973-1989. NIH Pub. No. 92 2789. National Cancer Institute, Bethesda, Md.

Savitz, D. A. 1993. "Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields," Environmental Science and Technology 27: 52-54.

Brent, R. L., W. E. Gordon, W. R. Bennett, and D. A. Beckman. 1993. "Reproductive and Teratologic Effects of Electromagnetic Fields," Reproductive Toxicology 7: 535-580.

Juutilainen, J., P. Matilainen, S. Saarikoski, E. Laara, and S. Suonio. 1993. "Early Pregnancy Loss and Exposure to 50 Hz Magnetic Fields," Bioelectromagnetics 14: 229-236.

Lindbohm, M. L., et al. 1992. "Magnetic Fields of Video Display Terminals and Spontaneous Abortion," American Journal of Epidemiology 136: 1041-1051.

McMahan S., J. Ericson, and J. Meyer. 1994. "Depressive Symptomatology in Women and Residential Proximity to High Voltage Transmission Lines," American Journal of Epidemiology 139: 58-63.

Poole, C., et al. 1993. "Depressive Symptoms and Headaches in Relation to Proximity to an Alternating Current Transmission Line Right of Way," American Journal of Epidemiology 137: 318-330.

Rea, W. J., et al. 1991. "Electromagnetic Field Sensitivity," Journal of Bioelectricity 10: 241-256.

Roman, E., V. Beral, M. Pelerin, and C. Hermon. 1992. "Spontaneous Abortion and Work with Visual Display Units," British Journal of Industrial Medicine 49: 507-512.

Estudis de laboratoris sobre camps electromagnètics

Anderson, L. E. 1993. "Biological Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: In Vivo Studies," American Industrial Hygiene Association Journal 54(4): 186-96.

Blank, M., ed. 1993. Electricity and Magnetism in Biology and Medicine: Review and Research Papers Presented at the First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. San Francisco Press, San Francisco.

Cleary, S. F. 1993. "A Review of In Vitro Studies: Low Frequency Electromagnetic Fields," American Industrial Hygiene Association Journal 54(4): 178-85.

Frey, A. H. 1993. "Electromagnetic Field Interactions with Biological Systems," Federation of American Societies for Experimental Biology Journal (FASEB) 7: 272-281.

Estudis de melatonina i camps elèctrics i magnètics

Lee, J. M., et al. 1993. "Melatonin Secretion and Puberty in Female Lambs Exposed to Environmental Electric and Magnetic Fields," Biology of Reproduction 49: 857-864.

Liburdy, R. P., T. R. Sloma, R. Sokolic, and P. Yaswen. 1993. "ELF Magnetic Fields, Breast Cancer, and Melatonin: 60 Hz Fields Block Melatonin's Oncostatic Action on ER Breast Cancer Cell Proliferation," Journal of Pineal Research 14: 89-97.

Reiter, R. J. 1992. "Alterations of the Circadian Melatonin Rhythm by the Electromagnetic Spectrum: A Study in Environmental Toxicology," Regulatory Toxicology and Pharmacology 15: 226-244.

Wilson, B. W., R. G. Stevens, and L. E. Anderson. 1989. "Mini review: Neuroendocrine Mediated Effects of Electromagnetic Field Exposure: Possible Role of the Pineal Gland," Life Sciences 45: 1319-1332.

GARCIA, J. B.; RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ, J. J.; MOLINA, R.; MUÑOZ, F. J. Efectos perjudiciales para la salud humana como consecuencia de los campos electromagnéticos generados por líneas eléctricas de alta tensión. Jornadas Luso-Espanholas de Engenharia Electrotécnica. 6-8 de Julho de 1995, Porto, Portugal.

AMYS. Preguntas y respuestas sobre los campos eléctricos y magnéticos.

[Mcw.edu](#)

.

[Teleline.es](#)

[Mcw.edu \(2\)](#)

[Cofis.es](#)

[Ecomedic.com](#)

[Ncf.carleton.ca](#)

12. Crèdits

Com s'ha de citar aquesta unitat?

Horta, R. *Contaminació per camps electromagnètics*. A: Carrera, E. i Segalàs, J. (ed.). *Tecnologia i Sostenibilitat* [en línia]. Terrassa: Universitat Politècnica de Catalunya. Càtedra UNESCO de Sostenibilitat, 2010. [Consulta: dia mes any]. Disponible a: <<http://tecnologiaisostenibilitat.cus.upc.edu>>

Els continguts d'aquesta unitat han estat elaborats per:

Ricard Horta Bernús

Departament d'Enginyeria Elèctrica

Universitat Politècnica de Catalunya

rhorta@ee.upc.edu

