

RADIOPROTECCION AMBIENTAL

Huanca Apaza Maribel Monica¹
Mg. Sc. Bustamante Cabrera Gladys²

RESUMEN

La exposición de los seres vivos a radiofrecuencia y microondas, como fuentes naturales de radiación, han sido estudiados desde hace varios años, intentando dar explicación a los posibles efectos sobre el organismo.

Esta exposición, asociada a fuentes artificiales, que producen radiación no ionizante, generan contaminación ambiental, poco notada por los seres vivientes del planeta, quienes aumentan su consumo de electricidad y de equipos productores de todo tipo de ondas de frecuencia magnética, pese a que el daño producido, puede ser mayor al provocado por la contaminación químico industrial.

De este modo la permanencia de los seres humanos a la exposición ambiental de radiación, tiene a corto, mediano o largo plazo, efectos en la fisiología corporal, afectando estructuras sensibles, con la aparición de varias enfermedades.

Por lo tanto la protección ambiental se constituye en la mejor barrera del daño previsto por exposición a radiación no ionizante, disminuyendo la producción de calor y mejorando los niveles absorbivos del mismo. Por su lado, el uso de radiación ionizante, cumplirá los límites permitidos de su uso, con medios de protección biológica con estándares mundiales.

¹ Univ. Tercer Año Facultad de Odontología UMSA

² Médico Internista. Docente emérito UMSA.

Mg.Sc. Psicopedagogía y Educación Superior.

Mg.Sc. Planificación, gestión y evaluación proyectos.

Mg.Sc. Bioética. Miembro CEI-CNB

PALABRAS CLAVE

Radiación. Radiación ionizante.
Radiación no ionizante. Dosímetros.

INTRODUCCION

La luz visible se constituye en una forma más de energía electromagnética, siendo las ondas de radio, calor, rayos ultravioleta y rayos X otras formas comunes de este tipo de energía, por lo tanto la detección de éstas dependerá de su longitud de onda, medida en ν . Es importante la detección de las ondas electromagnéticas en el ambiente, ya que las mismas pueden llevar a alteraciones cuando su persistencia e intensidad logran romper las barreras naturales del organismo, mucho más si se analiza que el ojo humano, no logra ver la luz polarizada, a diferencia de la no polarizada como ocurre con la luz solar.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Las divisiones del espectro han surgido como resultado de los diferentes métodos utilizados para la detección de cada tipo de radiación y las diferencias que pueden delimitar las características de la energía en la diferentes longitudes de onda, de este modo la porción visible percibida es una región pequeña que abarca 0,4 a 0,7 ν , siendo el color violeta de menor longitud de onda oscilando entre 0,4 a 0,5 ν , mientras que el verde 0,5 a 0,6, el rojo de 0,6 a 0,7 ν , y la luz ultravioleta con menor longitud de onda que la longitud representada por el color azul y por encima del rojo (corriente infrarroja), tomando en cuenta que las longitudes más cortas se acercan a un estímulo térmico y las más largas se relacionan a ondas telecomunicacionales.

De esta forma se comprende que la radiación en forma de ondas electromagnéticas, se producirá en toda la superficie terrestre y en aquellos cuerpos que son capaces de emitir energía, siendo controlada por cuerpos que absorben energía. La presencia de una u otra de estas condiciones, mostrará mayor o menor radiación ambiental.

PRINCIPIOS Y LEYES

Los principios de la radiación electromagnética se explican mediante la:

- a) *Teoría ondulatoria*: que indica que la energía se propaga en el vacío por medio de ondas, y su velocidad depende del tiempo, del número de ondas y la frecuencia de perturbaciones ondulatorias.
- b) *Teoría cuántica*: que indica que la radiación está compuesta por *cuantos o fotones*, y su energía se relaciona a la constante de Plank que refiere que la energía es inversamente proporcional a su longitud de onda, lo que implica que las ondas emitidas por los diferentes cuerpos de la Tierra es más compleja de detectar cuanto menor sea su longitud. Si se comprende que el Sol, es una importante fuente de energía electromagnética, toda materia con temperatura superior a 0 absoluto emitirá radiación electromagnética, aunque con composición y magnitud espectral diferente a la del Sol, lo que orienta al análisis de que a mayor temperatura, mayor será la cantidad total de radiación emitida.^{1,2}

La reflexión de las ondas electromagnéticas dependerán además de la forma geométrica del objeto que refleja energía, por lo

tanto, los objetos con superficies rugosas muestran mayor reflexión, que aquellos objetos con superficies difusas o lambertianas cuya reflexión de luz es en muchas direcciones, mientras que las superficies suaves como el agua, son reflectores especulares, debido a la baja rugosidad de su superficie.^{1,2}

TEMPERATURA RADIATIVA DEL CUERPO

La medición clínica de la temperatura corporal, mide la temperatura cinética de la traslación molecular del mismo, pudiendo ser mensurada como temperatura radiativa del cuerpo, medidas que generalmente se encuentran en las longitudes de onda del infrarrojo, por lo que las películas fotográficas son sensibles a un infrarrojo cercano y no a las de un cuerpo caliente.¹⁻³

Del mismo modo, los cuerpos terrestres emiten una energía teledetectada que permite su aplicación en: meteorología, hidrología y oceanografía, siendo su aplicación más importante la teledetección activa de microondas de la tierra con la atmósfera, influyendo en la formación de imágenes, la distancia, la rugosidad, el ángulo o inclinación de medición, etc.

De esta forma, cuando la radiación electromagnética incide sobre una partícula de gas puede extraer energía de la onda incidente que puede ser remitida en cualquier dirección, conocida como fenómeno de dispersión, difusión o scattering, el cual puede ser de diferentes tipos como:

- a) *Scattering Rayleigh*, donde las partículas, son menores al rayo incidente, como ocurre con las moléculas de oxígeno o nitrógeno, efecto localizado en la parte alta de

la atmósfera y que permite la observación azul del cielo, constituyéndose en la principal causa del contraste de las imágenes.

- b) Scattering Mie: cuando las partículas son del mismo tamaño que la onda incidente, como ocurre con el polvo, humo, etc. y se encuentran en la parte baja de la atmósfera.

La dispersión que no es selectiva se comporta diferente a la absorción, que sí lo es, provocando pérdida de energía en la radiación, considerándose como principales absorbentes al:

- a) Vapor de agua
- b) Dióxido de carbono, como el principal absorbente del infrarrojo lejano del espectro, responsable del efecto invernadero, al atrapar el calor dentro de la atmósfera.
- c) Ozono, que absorbe la radiación ultravioleta del sol, en la región con mayor energía. Sin este elemento se podrían producir quemaduras de la piel con la exposición al sol.¹

EFFECTOS BIOLÓGICOS DEL ELECTROMAGNETISMO

El desarrollo de la tecnología ha causado mayor exposición de los seres humanos a las radiaciones electromagnéticas, produciendo efectos secundarios a la exposición ionizante, que tiene mayores estudios, que los efectos de la radiación no ionizante.⁴

En este sentido, el espectro electromagnético, también llamado espectro de radiofrecuencias provocará alteraciones fisiológicas detectables, cuyos efectos pueden ser:

- a) Indirectos : que se producen sin tener contacto directo con la radiación y pueden ser a su vez:

- a. Térmicos: producidos por la generación de calor de un cuerpo que cede energía.
- b. Atérmicos: producido por la inducción corporal.

- b) Directos: cuando el contacto con la radiación es directo, como ocurre en la exposición al sol, o exposición a las máquinas radiológicas o nucleares.

Cualquiera de estos debe tener un límite permisible para un rango de absorción específica, que es de 0,4W/kg ocupacional, 0,08W/Kg habitacional, y se encuentran relacionados con los niveles de activación termorreguladora. Por ello, y para determinar los límites de exposición máximos en unidades de densidad de potencia, se toma en cuenta la eficiencia con la que la onda transfiere su energía al tejido, la naturaleza y dimensiones del mismo y la frecuencia del campo de exposición.³

Los efectos, resultantes de la radiación “no ionizante”, descritos por Olsen y cols, mencionan la asociación de leucemia, tumores del sistema nervioso central o linfomas malignos, cuando los pacientes fueron expuestos a radiaciones de alto voltaje, o residentes cercanos a este tipo de instalaciones, relación que aumenta cuanto más cerca se encuentran de la fuente de radiación. De igual forma otros estudios demuestran relaciones con la exposición a luz eléctrica o aparatos electrónicos, sobre todo en individuos que tenían contacto electromagnético en el área de descanso.

De la misma forma, la descripción de Bates, sobre la presencia de cáncer en personas sometidas a campos electromagnéticos débiles de hasta 50 Hz, orienta a la aparición de cánceres cerebrales, leucemia y melanoma. Mientras que Caplan y col y Kliukiene,

estudiaron la relación de cáncer de mama en mujeres postmenopáusicas que tenían exposición laboral a campos electromagnéticos con diferencias significativas en relación a otros grupos.

Los efectos electromagnéticos del uso de celulares ha sido poco estudiado, pero se describen efectos diferidos luego de 20 años o más de uso, evidenciándose que puede producirse aumento de la temperatura en el área expuesta a este tipo de tecnología, lo que podría afectar la salud de las personas, con efectos en el sistema nervioso central, así como aneuploidia del cromosoma 17.^{4,5,7}

Los estudios, no se limitaron al uso de estas tecnologías, sino a la instalación de antenas reproductoras de celulares, a las cuales se le atribuyen efectos no térmicos que lleven al aumento de la permeabilidad de la membrana eritrocitaria. En este sentido las orientaciones clínicas investigativas, han concluido que existen otras enfermedades que pueden relacionarse al contacto electromagnético, como: Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica, asma bronquial, alergias, dermatitis, abortos, así como efectos conductuales que llevan al suicidio, etc.⁴

Estos efectos se explican porque todas las estructuras biológicas establecen comunicación con el medio circundante mediante impulsos eléctricos, por lo que hay campos electromagnéticos propios de las estructuras biológicas, siendo el cerebro, el órgano más sensible para estas alteraciones eléctricas. Es así que nuestro cuerpo se convierte en una antena receptora de ondas electromagnéticas, creando alteraciones de los iones calcio, con reducción de la secreción de melatonina, aumento de la actividad oncogénica e interferencia de los ritmos cerebrales básicos,

además de defectos de la estructura del ADN.

Los pacientes refieren cefalea, presente por alteración del sistema dopamino - opioide del cerebro, y aumento de la barrera hematoencefálica, que se asocia a falta de sueño por afección de la melatonina.⁵

Los efectos de los campos de radiofrecuencia sobre la membrana celular, han sido estudiados, evidenciándose que la disminución de la síntesis de canales iónicos y disminución de su frecuencia de apertura, alterando el transporte de cationes como el K^+ , Na^+ , y Ca^{++} , así como la bomba Na-K-ATPasa en los glóbulos rojos, al igual que la disminución de los canales de acetilcolina dependientes de Na^+ . Byus, por su parte, en 1988 evidenció que la actividad de la Ornitina decarboxilasa (marcador tumoral) es activada, con la consiguiente aparición de tumores de varios tipos, como el melanoma humano, facilitando el desarrollo de cáncer con proliferación y transformación celular.⁵

Los efectos de la **“radiación ionizante”**, producida por la exposición a los rayos X, dará lugar a la formación de radicales libres que rompen los enlaces químicos provocando cambios moleculares que dañan a las células irradiadas, siendo el ADN el blanco biológico crítico, con alteraciones de los protones y partículas alfa, que son menos reparables que las producidas por la radiación fotónica producida por los rayos X y Gamma, de la misma forma, lleva a alteraciones cromosómicas relacionadas con la dosis y frecuencia de radiación.⁶

Las medidas de protección, se relacionan a la evaluación previa de las condiciones laborales, para evidencia el riesgo radiológico, clasificando los lugares de trabajo y limitando al máximo el riesgo de dispersión de la

contaminación y la probabilidad de exposiciones potenciales. Por lo tanto, se realizarán las medidas de bioseguridad necesarias mediante una vigilancia sanitaria permanente, recomendándose el uso de dosímetros como medida básica de protección a la *radiación ionizante*, debiendo los sujetos sometidos a algún tipo de exposición, tener espacios de reposo a la misma.

LA RADIOPROTECCIÓN AMBIENTAL EN LA LEGISLACION AMBIENTAL BOLIVIANA

El Estado Plurinacional de Bolivia tiene entre sus fines y funciones esenciales establecidas en la Nueva Constitución Política del Estado⁸ garantizar el bienestar, la seguridad, respeto mutuo, el acceso a la salud, así como la conservación del medio ambiente, para el bienestar de las generaciones actuales y futuras, tomando en cuenta que las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado.⁸

De tal manera que la Reglamentación de la Ley del Medio Ambiente N°1333, DS. N° 24176 para Actividades con Sustancias Peligrosas (ASP) establece procedimientos de manejo, control, y reducción de riesgos; cuyo objeto y ámbito de aplicación son todas aquellas que son consideradas sustancias peligrosas que presenten características intrínsecas, como la radioactividad, reactividad y toxicidad.⁹ Así, para su cumplimiento y aplicación, el Ministerio de Salud y Previsión Social cuenta con el Reglamento de las Radiaciones ionizantes, Electromagnéticos e Isotopos Radioactivos, con la finalidad de proteger la salud y seguridad para las personas que trabajan en cualquier industria ocupación o proceso que involucre la utilización o fuentes de radiación ionizante. Para este efecto se tiene como brazo operativo al Instituto Nacional de Salud ocupacional,

subsección Control de Radiaciones, enfocada al campo de la higiene de las radiaciones en todo el país.^{9,10}

En ese sentido, se mencionan como los directos responsables de las instalaciones y el uso de las fuentes de radiación (art. 45) a:

- a) Hospitales, Clínicas, Sanatorios y otros organismos o entidades asistenciales, y el director de la institución.
- b) En instituto o entidades de investigación, empresa comerciales o industriales o de cualquier naturaleza, excluidas las del inciso previo; el director, gerente técnico o funcionario de jerarquía y/o funcionario equivalente.
- c) En los casos en que la única la persona autorizada para el uso de fuente de radiación sea además, propietario de las instalaciones.

Mientras que el artículo 46, hace responsables del uso de las fuentes de radiación a:

- a) Establecimientos médico-asistenciales donde existan servicios especializados de radiología y/o radioterapia, los jefes de dichos servicios, en cuanto al uso de las instituciones, bajo su dependencia.
- b) Instalaciones, que no forman parte de servicios especializados de radiología y/o radioterapia y donde actúen simultáneamente más de una persona autorizada; la persona que sea designada responsable por la entidad, organismo o dependencia donde se desempeñe.
- c) Las instalaciones donde preste servicios una sola persona autorizada.

De tal manera que los equipos portátiles de radiodiagnóstico están bajo la responsabilidad del médico encargado del centro radiológico.¹⁰

BIBLIOGRAFIA

1. Fundamentos Físicos de teledección. URL disponible en: <http://marbelo.webs.ull.es/rs2.pdf> Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
2. Fernández T., Radiación electromagnética. URL disponible en: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/tele-deteccion/tel/tel_tfc_archivos/Tema2.pdf. Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
3. Bruni R., Dujovne D., Vanella O., Tabora R. Evaluación de radiación electromagnética de fuentes no naturales. URL disponible en: <http://www.liade.efn.uncor.edu/servicios/mediciones/radiacion.pdf>. Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
4. Tchernitchi A., Riveros R. Efectos de la radiación electromagnética sobre la salud. URL disponible en: http://www.archivochile.com/Chile_actual/patag_sin_repre/03/chact_hidroa-y-3%2000023.pdf. Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
5. Declaración de Alcalá. Contaminación electromagnética y salud, 2002:1-61 URL disponible en: http://www.peccem.org/Documentacion/Descarga/Cientificos/Declaraciones/DeclaracionAlcala_Completa.pdf. Accedido en fecha 13 de septiembre del 2013.
6. Menéndez Muñoz S., García Salinero A., Procedimientos de protección radiológica para la manipulación de fuentes no encapsuladas, utilizadas en la instalación radiactiva central de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. URL disponible en: <http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-15-0-PROCEDIMIENTO%20DE%20PROTECCION%20RADIOLOGICA%20PARA%20LA%20MANIPULACION%20.....pdf>. Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
7. Portela Adolfo., Skvaeca J.J., Matute Brabo E., Loureiro L. Prospección de radiación electromagnética ambiental no ionizante. URL disponible en: http://institucional.cienradios.com.ar/files/2012/07/Anexo-I-Resoluci%C3%B3n-202_95.pdf. Accedido en fecha: 13 de septiembre del 2013.
8. Gaceta Oficial de Bolivia, Constitución Política del Estado (Edición Oficial), 7 de Febrero de 2009.
9. Bolivia. Ley número 1333. DS. N° 24176. Reglamento para actividades con sustancias peligrosas. Bolivia.1995;282.
10. Ministerio de Previsión Social y Salud Pública. Código de salud de la república de Bolivia y Disposiciones Reglamentarias. Bolivia1990.81.