

**METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ÁREAS URBANAS
CON ALTA EXPOSICIÓN A RADIACIONES
ELECTROMAGNÉTICAS EMITIDAS POR ESTACIONES BASE
DE TELEFONÍA MÓVIL¹**

Lina María Gallego Serna²
Javier Ignacio Torres Osorio³
Jorge Abel Castañeda Salazar⁴

Recibido el 29 de junio de 2013 y aprobado el 13 de septiembre de 2013

RESUMEN

La proliferación incontrolada de estaciones base de telefonía móvil (EBTM) en centros urbanos y, especialmente, en zonas con establecimientos considerados como vulnerables a las radiaciones no ionizantes (RNI) con relación al tipo de personas que albergan, ha generado preocupación por los posibles efectos nocivos para la salud que se pueden presentar en la población, a causa de la exposición a las radiaciones electromagnéticas emitidas por este tipo de equipos. Para abordar esta situación desde un enfoque técnico-ambiental, se diseñó e implementó una metodología para diagnosticar áreas con alta exposición a RNI emitidas por EBTM, en la que se tienen en cuenta factores amenazantes y vulnerables de este potencial escenario de riesgo. Esta metodología se estructura mediante la elaboración de un inventario de EBTM, una zonificación de las áreas con alta exposición a RNI emitidas por estas fuentes radioeléctricas y la implementación de una matriz multicriterios. Con la interacción de estos tres elementos, se genera un mapa de riesgo por exposición a RNI emitidas por EBTM, que facilita a nivel territorial la localización y visualización de áreas con alta exposición, teniendo en cuenta las zonas con mayor grado de vulnerabilidad. Finalmente, con base en estos resultados se obtiene un diagnóstico del escenario de riesgo por el posicionamiento de EBTM, pudiéndose identificar las zonas críticas o de alto riesgo, las cuales son consideradas como áreas sensibles donde se deben realizar de forma prioritaria las mediciones de las RNI de inmisión y emisión y, determinar el cumplimiento de los límites establecidos. La validación de esta metodología se efectuó en el municipio de Cartago (Valle del Cauca), donde se diagnosticaron las áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM y se determinaron las zonas de alto riesgo.

PALABRAS CLAVE

Radiaciones electromagnéticas no ionizantes, estaciones base de telefonía móvil, escenario de riesgo, mapa de riesgo.

METHODS FOR THE DIAGNOSIS OF URBAN AREAS WITH HIGH EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC RADIATION EMITTED BY MOBILE PHONE BASE STATIONS

ABSTRACT

The uncontrolled proliferation of mobile phone base stations (MPBS) in urban centers and especially in areas with facilities considered vulnerable to non-ionizing radiation (NIR) in relation to the type of people they are home to has generated concerns about the potential adverse health effects that may occur in the population, because of the exposure to electromagnetic radiation emitted by this type of equipment. To address this situation from a technical and environmental approach, a methodology to diagnose areas exposed to NIR issued by MPBS was designed and implemented, which takes into account threatening and vulnerable factors of this potential risk scenario. This methodology is structured through the development of an MPBS inventory, a zoning of the areas exposed to high NIR emitted by these radio-electric sources, and the implementation of a multicriteria matrix. With the interaction of these three elements, a risk map is generated by exposure to NIR emitted by MPBS, which facilitates the location and visualization of areas with high exposure at the territorial level, thus considering the areas of greatest vulnerability. Finally, based on these results a diagnosis of the risk scenario is obtained by the MPBS positioning, being possible to identify critical or high risk areas, which are considered as sensitive areas where NIR emission and immision measurements must be done as a priority and determine the accomplishment of defined limits. The validation of this methodology was made in the municipality of Cartago (Valle del Cauca), where areas highly exposed to NIR emitted by EBTM were diagnosed and high-risk areas were identified.

KEY WORDS

Non-ionizing electromagnetic radiations, mobile phone base stations, risk scenario, risk map.

INTRODUCCIÓN

La telefonía móvil celular ha tenido un crecimiento casi exponencial durante los últimos años, con operadores que incursionan en el mercado con nuevas tecnologías y redes móviles, para lo cual instalan mayor número de EBTM (estaciones base de telefonía móvil) que garanticen niveles de cobertura y calidad del servicio a todos los abonados, los cuales en Colombia llegaron a la cifra de 49'066.359 de usuarios activos para el cuarto trimestre de 2012 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –MinTIC–, 2013). No obstante, este crecimiento acelerado ha generado un incremento en el número de personas expuestas a las RNI (radiaciones no ionizantes) emitidas por las EBTM, ubicadas en los centros urbanos y en las áreas rurales de los diferentes territorios. Esta situación genera un ambiente de preocupación por parte de los ciudadanos, autoridades y especialistas en el tema,

frente a los posibles efectos nocivos que se pueden generar en las personas, a causa de la exposición a las RNI emitidas por este tipo de fuentes, entre otras (Gallego, 2011).

Dando respuesta a esta situación, el 31 de mayo de 2011 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) clasificó los campos electromagnéticos de radiofrecuencia generados por los teléfonos móviles como “posiblemente cancerígenos”, tras revisar todas las evidencias científicas sobre exposición a radiofrecuencias como las emitidas por estos dispositivos (IARC, 2011). Por otra parte, la *International Commission for No-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) había elaborado en 1998 una guía de niveles de referencia y restricciones básicas, cuyo cumplimiento garantizase la seguridad de los ciudadanos en lo referente a radioprotección, ante los efectos perjudiciales de la exposición a las RNI (ICNIRP, 1998). Un año después, el Consejo de la Unión Europea publicó la Recomendación 519 de 1999, que establece los niveles máximos de exposición del público en general a los campos electromagnéticos (CEM) entre 0 a 300 GHz (Úbeda, 2002). Igualmente, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) aprobó en el año 2000 la Recomendación UIT-T K.52, cuya finalidad es facilitar el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos generados en una gama de frecuencia de 9 kHz a 300 GHz (UIT, 2000).

Estas recomendaciones internacionales han sido acogidas por una gran cantidad de países entre los que se encuentra Colombia⁵; sin embargo, las restricciones propuestas protegen a la población exclusivamente de los efectos térmicos –calentamiento de los tejidos vivos, entre otros efectos biológicos a corto plazo– que han sido estudiados y no plantean ningún tipo de duda científica. Por el contrario, frente a los efectos no térmicos existe una incertidumbre, dado que el mecanismo causal que relaciona las RNI con dichos efectos no ha sido aceptado de manera científica por los organismos internacionales de control, para lo cual se han planteado múltiples hipótesis explicativas (Embid, 2009; Touzet, 2010). No obstante, el hecho de que la IARC haya clasificado los CEM generados por los teléfonos móviles como “posiblemente cancerígenos”, plantea indicios para considerar como probada la relación de causalidad entre la exposición a las radiaciones electromagnéticas emitidas por estos dispositivos (teléfonos celulares y antenas de telefonía móvil) y la sintomatología o la enfermedad, como lo proponen diversos estudios epidemiológicos realizados por Santini et al. (2002), Navarro et al. (2003), Santini et al. (2003), Eger et al. (2004), Wolf y Wolf (2004), Hutter et al. (2006), Abdel-Rassoul et al. (2007) y Bortkiewicz et al. (2012).

En estos estudios realizados a personas que viven en la cercanía de la EBTM, se ha encontrado que están expuestas a las RNI y que han presentado afecciones del sistema circulatorio, trastornos del sueño, irritabilidad, depresión, dificultades de concentración, visión alterada, náuseas, pérdida del apetito, dolores de cabeza, fatiga o cansancio injustificado, malestar, vértigos, trastornos auditivos, pérdida de la memoria, mareos, alteraciones dérmicas, disminución de la libido o deseo sexual y cáncer. Además, las investigaciones evidencian una correlación significativa entre los síntomas presentes

entre los vecinos y la densidad de potencia; por lo tanto, el número de síntomas registrados y la gravedad de ellos fue más elevado en la proximidad de la EBTM que a medida que se alejan (Pilette, 2007; Santini, 2006; Khurana et al., 2010). Estos estudios también han sido corroborados por diferentes declaraciones, entre las que se encuentra la Declaración de Friburgo (9/10/2002)⁶, en la que un grupo de médicos reclaman la atención de sus colegas y de los poderes públicos sobre la sintomatología que han presentado sus pacientes con relación a la exposición a las RNI emitidas por las EBTM y los teléfonos celulares (Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin –IGUMED–, 2002).

Por consiguiente, se puede decir que la omnipresencia de las EBTM en los territorios ha generado lo que comúnmente se denomina escenario de riesgo –que en este caso es de origen antrópico tecnológico⁷– y que se caracteriza por ser un campo delimitado de una condición de riesgo para la salud pública del municipio, que se origina de la interacción de dos factores que son interdependientes, la amenaza y la vulnerabilidad⁸. El factor amenazante hace referencia a la probabilidad de que la exposición a las RNI emitidas por las EBTM generen efectos biológicos adversos o impactos a la salud de la población que se encuentra cerca a estas fuentes radiantes; mientras que el factor vulnerable hace alusión a la susceptibilidad de las personas para ser afectadas por las RNI (Torres y Ochoa, 2007; Gallego, 2011).

En lo que respecta al marco normativo colombiano en materia de gestión del riesgo, se establece la necesidad de estudiar y localizar los riesgos antrópicos y, trabajar en la prevención y mitigación de este tipo de riesgos, como se define en las estrategias del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, expuestas en el Decreto 93 de 1998, Artículo 6 y en el documento CONPES 3146: “el conocimiento sobre los riesgos de origen natural y antrópico” y “la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en los Planes de Ordenamiento y Desarrollo Territorial y, en los Planes de Desarrollo Sectorial”. Además, en la Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial, se decreta a los municipios localizar y delimitar en la cartografía oficial las zonas que presentan alto riesgo para la localización de asentamientos humanos; por consiguiente, se deberá considerar como parte fundamental para los procesos de ordenamiento territorial y la gestión del riesgo de los municipios, y la identificación, evaluación y manejo adecuado del riesgo de origen antrópico tecnológico inherente al servicio de telefonía móvil. Por otra parte, y dando sustento a lo expuesto, la Corte Constitucional de Colombia emitió el 12 de diciembre de 2012 la Sentencia T-1077/12, en la que se *ordena* “al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que, en aplicación del principio de precaución, regule la distancia prudente entre las torres de telefonía móvil y las viviendas, instituciones educativas, hospitales y hogares geriátricos”; igualmente, ordena “a la Agencia Nacional del Espectro que, en ejercicio de su función de vigilancia y control, verifique que la radiación emitida por las antenas de telefonía móvil celular se encuentren dentro de los límites permitidos, establecidos en la Resolución 1645 de 2005”.

Conforme a lo anterior, se consideró que el potencial escenario de riesgo generado por las radiaciones electromagnéticas emitidas por

las EBTM, requiere de la definición de una metodología que facilite a los investigadores y/o a los entes de control de los municipios el diagnóstico de las áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM y la identificación de las áreas de alto riesgo; es por ello, que en esta investigación se expone un método con tres instrumentos que son válidos, viables y prácticos para analizar de forma integral la situación generada por la localización, instalación y funcionamiento de las EBTM a nivel urbano y, la interacción de estas con el entorno inmediato.

Características de la interacción de las EBTM con el espacio circundante

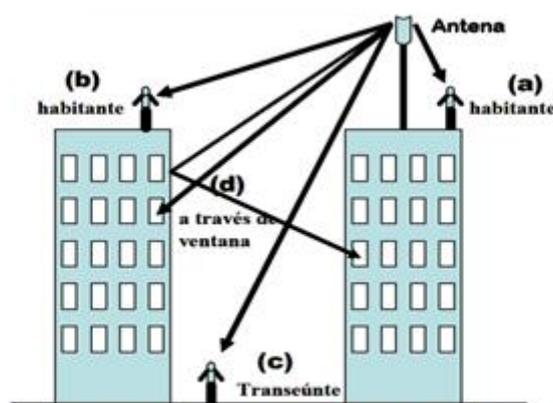
Estas características dependen de factores propios de las estaciones base y de los tipos de edificaciones que existen en la zona donde opera la estructura radioeléctrica; por esto, se consideran algunas edificaciones como vulnerables, por ejemplo: instituciones educativas, jardines infantiles, guarderías, hogares de bienestar familiar, centros de salud, hospitales, hogares geriátricos y centros penitenciarios. Estos sitios se determinaron como vulnerables, debido a que en ellos habita y/o concurre la población más susceptible a las RNI: niños(as), adultos mayores, personas con marcapasos, mujeres embarazadas y quienes tienen un sistema biológico sensible a estas radiaciones (Santini, 2006; Pilette, 2007). Sumado a ello, se debe tener en cuenta la distancia entre cada lugar vulnerable y la EBTM, puesto que la ubicación de un ser vivo a una menor distancia con respecto a la dirección de emisión del lóbulo principal de una antena de telefonía móvil implica una exposición con densidad de potencia más alta, dado que esta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay al emisor.

Con relación a la distancia, se establecieron tres áreas específicas para evaluar el factor vulnerable: menor a 100 m, entre 100 y 200 m, y entre 200 y 300 m; pues estudios epidemiológicos como los de Santini et al. (2002), Navarro et al. (2003), Santini et al. (2003) y Bortkiewicz et al. (2012) han relacionado algunos efectos perjudiciales en la salud humana o patologías específicas con cada una de estas áreas aledañas a las EBTM. En estos estudios se encontró que a una distancia menor a 100 m de las estaciones base, las personas presentan síntomas como: irritabilidad, tendencia depresiva, pérdida de la memoria, dificultades de concentración, náuseas, vértigos y disminución de la libido; entre 100 y 200 m de la fuente radiante los síntomas son: dolores de cabeza, perturbaciones del sueño y sentimientos de incomodidad, y a una distancia entre 200 y 300 m, el síntoma más común es la fatiga o el cansancio injustificado. Igualmente, se ha encontrado que a menos de 400 m de la fuente radiante aumenta la probabilidad de padecer algún tipo de cáncer (Eger et al., 2004); por lo tanto, se puede deducir que las áreas que se pueden ver afectadas por las radiaciones electromagnéticas, se localizan en un radio de menos de 400 m con respecto a las EBTM, en la dirección de emisión de los lóbulos principales.

Como se señaló anteriormente, es importante tener en cuenta el tipo de edificaciones circundantes a la EBTM, puesto que según Santini

y Bonhomme (citados por Balmori, 2004), existen reemisores pasivos capaces de reflejar las ondas electromagnéticas (v.g. estructuras metálicas como: contraventanas, puertas de garaje y rampas de escaleras) o de amortiguarlas, por ejemplo: edificios, árboles, montañas u otras estructuras; es decir que estos elementos naturales y contruidos son capaces de obstruir la señal entre la estación base y el móvil (Camacho y Torres, 2007). No obstante, en la mayoría de los casos las radiaciones electromagnéticas emitidas por las antenas de telefonía móvil penetran en los edificios colindantes y se propagan en el entorno por difracción y reflexión (Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, 2001).

Por otra parte, se ha considerado que un individuo que habita en un edificio, el cual posee la EBTM, recibe menos radiación que el individuo del edificio vecino que está expuesto frontalmente y a menor distancia. Sin embargo, el habitante del edificio que porta la estación base puede estar irradiado por las reflexiones de las radiaciones electromagnéticas, esto solo si existe alguna estructura en el edificio vecino que refleje dichas ondas (ver **Figura 1**) (Grupo de Estudios de Bio-Ingeniería, 2007). Sin embargo, es importante que se evalúe si las personas que habitan en el último piso del edificio que porta la EBTM se pueden ver afectadas por lóbulos secundarios de las antenas ubicadas allí.



Fuente: Grupo de Estudios de Bio-Ingeniería (2007).

Figura 1. RNI reflejadas o absorbidas por los edificios.

En síntesis, el aumento de la potencia de radiación para sobrepasar los obstáculos de los edificios y el hecho de que estos sean estructuras de mayor densidad poblacional, con poca distancia a la fuente radiante, en la mayoría de los casos, con una altura similar a esta, son aspectos importantes para darle relevancia a este criterio al momento de seleccionar las áreas de alto riesgo por la exposición a las radiaciones electromagnéticas emitidas por las EBTM.

Respecto a los factores propios de las estaciones base, es importante determinar el tipo de estructura que sirve de soporte al conjunto de antenas de telefonía móvil (v.g. se evidencian tres casos: antenas ubicadas en torres o mástiles localizadas al nivel del suelo (ver **Figura 2**), antenas en torres ubicadas en las azoteas de

los edificios (ver **Figura 3**) y antenas ubicadas en la parte superior de un edificio o vivienda de menos de tres pisos (ver **Figura 4**).



Figura 2. Estación base ubicada al nivel del suelo.



Figura 3. Estación base localizada en la azotea de un edificio.



Figura 4. Estación base localizada en la azotea de una vivienda.

También, es importante conocer el número de antenas en cada EBTM, debido a que la cantidad y el tipo de antenas que se dispongan dependen de las características del espacio de cobertura y de la potencia a irradiar que desea el operador; en otras palabras, el número de antenas en una EBTM depende de varios factores, como: el tipo de célula, si hay compartición de infraestructura (ver **Figura 5**), y las características topográficas y urbanísticas del área de cobertura. Por lo anterior, si se desea dar cubrimiento a una celda o célula de gran área, se emplean antenas con ángulos horizontales más cerrados, dado que el alcance de la antena es mayor. Además, si el área de cubrimiento tiene un mayor número de edificios y de tráfico de llamadas (v.g. el centro de las ciudades), se reduce el área de las celdas de cobertura de las EBTM y se aumenta el número de estaciones en el sector, para poder garantizar niveles óptimos de señal a los usuarios, lo que genera más emisiones, y por ende, una mayor exposición del público (Federación Española de Municipios y Provincias, 2008; Gallego, 2011).

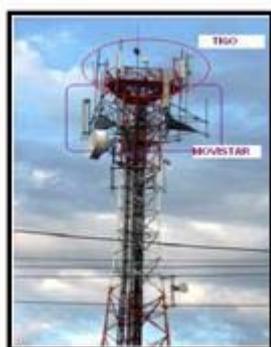


Figura 5. Compartición de infraestructura.



Figura 6. EBTM (microcélula).

Conforme a lo anterior, se puede decir que el número de antenas se segmenta en cinco (5) grupos; en primer lugar, los operadores del servicio de telefonía móvil disponen en las estaciones base como mínimo tres antenas que cubren un ángulo de 120° cada una; sin

embargo, se han encontrado EBTM con una y dos antenas, conocidas como microcélulas con radio de cubrimiento pequeño (ver **figura 6**); por lo tanto, se determina que podría presentarse un rango menor o igual a tres antenas en una EBTM (Federación Española de Municipios y Provincias, 2008; Gallegos, 2009). En segundo lugar, se establece un rango entre cuatro (4) a seis (6) antenas, debido a que es común que los operadores empleen cuatro antenas que cubren un ángulo de 90° cada una o seis antenas que cubren un ángulo de 60° (Balmori, 2004). Por otro lado, se define un rango entre siete (7) a nueve (9) antenas, otro entre diez (10) a doce (12) antenas y, finalmente, un rango mayor o igual a trece (13) antenas; puesto que, existen estaciones base con una cantidad elevada de antenas, por ejemplo, los casos donde se presenta compartición de infraestructura o emplazamiento.

Por último, se determina como un factor crítico las EBTM que se encuentran a menos de 300 m una de la otra y en los casos donde se presenta compartición de infraestructura; puesto que, en el primer caso, se genera un área intermedia donde se superponen los CEM de las estaciones base cercanas, situación que se hace más crítica en la medida en que existan en esta área sitios identificados como vulnerables; mientras que, en el segundo caso, el área de superposición de los CEM se presenta cuando las antenas de varios operadores que comparten la infraestructura emiten sus lóbulos principales en la misma dirección. Esto implica que la superposición de los CEM se podría presentar en las áreas más cercanas a las EBTM, donde la densidad de potencia es mayor.

METODOLOGÍA

Se propone un método para diagnosticar las áreas urbanas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM, el cual consta de tres instrumentos que son: (1) inventario de EBTM, (2) zonificación de las áreas con alta exposición a RNI emitidas por EBTM y (3) matriz multicriterios. El inventario de estaciones base suministra la información básica para desarrollar el mapa de zonificación y la matriz multicriterios, además, posibilita determinar el número de EBTM que poseen permiso para su instalación en el área urbana. En el mapa se visualizan y localizan todas las EBTM y los sitios vulnerables, con las distancias entre estos y las áreas de riesgo. Finalmente, la matriz multicriterios brinda mayor especificidad a la información presente en el mapa inicial, dado que valora otras características propias del sistema radiante y muestra su interacción con la población circundante; además, permite identificar los diferentes grados de riesgo para las áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM.

Inventario de EBTM

El inventario de EBTM presenta dos actividades específicas que se pueden efectuar de manera paralela. Una consiste en georreferenciar todas las EBTM y los sitios considerados como vulnerables, que se encuentren a menos de 300 m de las estaciones base. Para este trabajo en campo, se debe contar con

una matriz de localización y caracterización de EBTM en la que se consideran los siguientes aspectos: ubicación de la estación (dirección, comuna, y el barrio o urbanización), el operador, el año de instalación, el tipo de estructura que sirve de soporte al conjunto de antenas de telefonía móvil, el sitio de localización de la EBTM, el número de antenas localizadas en la EBTM y, las coordenadas geográficas de los sitios vulnerables, las estaciones base y los edificios cercanos (< 100 m de la EBTM) con alturas similares a la fuente radiante. La otra actividad es acudir a la Curaduría Urbana o a la oficina de Planeación Municipal para conocer la localización y el operador responsable de las EBTM que cuentan con licencia para su instalación en el área urbana del municipio. Esta información valida los datos recopilados en campo; además, permite identificar y ubicar las EBTM que no se encuentran en la base de datos del municipio; es decir, que no cuentan con la licencia o el permiso de construcción; lo que permite conocer a su vez, la dinámica que siguen los operadores respecto al crecimiento del sistema de las telecomunicaciones y las medidas de control que deben adoptar los entes competentes, las cuales deben ser incluidas en los Planes de Ordenamiento Territorial.

Zonificación de las áreas con alta exposición a las radiaciones electromagnéticas emitidas por las EBTM

Para zonificar las áreas con alta exposición a radiaciones electromagnéticas emitidas por las EBTM, se requiere de un mapa base del municipio, un software para el manejo de sistemas de información geográfica (v.g. ArcGis 9.3) y los puntos georreferenciados (EBTM y sitios vulnerables). Las distancias entre las EBTM cercanas y las distancias entre los sitios identificados como vulnerables y las estaciones base son determinadas a partir del sistema de información geográfica, junto con las áreas de mayor vulnerabilidad que tienen un radio de 100, 200 y 300 m respecto a la estación base. Estas áreas, a su vez, permiten identificar zonas de superposición de los CEM de las EBTM, que se encuentran a menos de 300 m una de la otra.

Matriz multicriterios

La matriz multicriterios se propone para caracterizar y evaluar los factores amenazantes y vulnerables que se pueden generar en el escenario de riesgo de manera específica, dadas las características propias de cada EBTM y la forma como esta interactúa con el espacio circundante, para así identificar y describir las áreas de alto riesgo por exposición a las RNI emitidas por EBTM. Para definir cada uno de los criterios de la matriz se analizaron conceptos técnicos y ambientales referentes al tema y se entrevistó a especialistas en materia de telecomunicaciones para confrontar y corroborar la importancia de cada criterio seleccionado en la elaboración de la matriz.

Localización y valoración de las EBTM

En la matriz multicriterios se tienen en cuenta los aspectos básicos del lugar de localización y las características de cada estación base, los cuales corresponden a algunos elementos tenidos en cuenta en

el inventario de EBTM (v.g. ubicación de la estación, el operador, el año de instalación, el tipo de estructura y la legalidad de la estación base). En lo que respecta a la evaluación de los factores de riesgo, se definieron cuatro criterios, siendo los dos primeros criterios los que evaluaron el factor vulnerable; mientras que, los otros dos criterios evaluaron el factor amenazante.

Factor vulnerable

El **primer criterio** valora la presencia y las características de los sitios vulnerables, instituciones educativas, jardines infantiles, guarderías, hogares de bienestar familiar, centros de salud, hospitales, hogares geriátricos y centros penitenciarios, en las áreas de influencia de las EBTM que se encuentran en un radio de 100, 200 y 300 m con respecto a estas.

En este criterio se valoran de manera individual los sitios vulnerables identificados en la zona, teniendo en cuenta aspectos como: el grado de susceptibilidad de la edificación según su ubicación en las áreas de influencia de la EBTM y el tipo de población que se encuentra en la edificación. Con relación al primer aspecto, se le asigna un valor de tres (3) si el sitio vulnerable se encuentra en un radio de 100 m con respecto a la EBTM, un valor de dos (2) si la edificación se encuentra en un radio de 200 m y un valor de uno (1) si está a menos de 300 m. Por otra parte, si el sitio vulnerable corresponde a una institución educativa, jardín infantil, guardería, hogar de bienestar familiar o centro penitenciario se le asigna un valor adicional de cuatro (4), puesto que los niños(as) se consideran la población más susceptible a las RNI; mientras que las personas del centro penitenciario se encuentran expuestas las 24 horas del día al mismo rango de densidad de potencia. Por otra parte, a un hogar geriátrico se le asigna un valor de tres (3), dado que aunque la permanencia sea constante en el lugar, la esperanza de vida de un adulto mayor es menor, y si es un centro de salud u hospital se le da un valor de dos (2), debido a que las personas están allí de manera transitoria. Finalmente, se suman los valores de cada sitio vulnerable, para luego sumar estos subtotales y obtener así el total final para el factor vulnerable de la zona evaluada (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Elemento de evaluación del primer criterio

	Nombre del sitio vulnerable	Ubicación en el área de influencia	Tipo de edificación	Subtotal	Total
Zona 1 - EBTM ₁	A ₁				
	A ₂				
	A ₃				

Fuente: Elaboración propia.

El **segundo criterio** se define con el fin de conocer si existen o no edificios de menor o igual altura a la fuente radiante, a una distancia menor o igual a 100 m. Para evaluar este criterio se estableció un valor de dos (2) a las estaciones base que tenían edificios cercanos de similar altura, un valor de uno (1) a las fuentes radiantes con edificios de menor altura, y un valor de cero (0) si no había edificios cercanos a la fuente radiante. Sin embargo, es importante tener en cuenta si los lóbulos principales de las antenas dispuestas en la

estación base emiten o están direccionadas hacia el edificio, puesto que si las antenas están en contracara con el edificio no representan una amenaza (ver **Tabla 2**).

Tabla 2. Elemento de evaluación del segundo criterio

	Edificios de menor o igual altura a la fuente radiante ubicados a una distancia ≤ 100 m		Total
	Sí		
	Menor	Igual	
Zona 1 - EBTM ₁			

Fuente: Elaboración propia.

Factor amenazante

El **tercer criterio** hace alusión al número de antenas de telefonía móvil que se encuentran ubicadas en cada estación base. Para este criterio se tuvo presente la cantidad mínima y el posible valor máximo de antenas localizadas en la EBTM.

Al determinar una valoración para este criterio se estableció un valor máximo de cinco (5) al último rango (mayor o igual a trece antenas), debido a que el número de antenas es directamente proporcional al número de lóbulos principales y secundarios; es decir, que cuando existe una mayor sectorización se incrementa el rango de cobertura y, por ende, se disminuye el espacio libre, lo que expone a la población adyacente a la radiación electromagnética del lóbulo principal de cada antena dispuesta en la torre. Por otro lado, se determinó un valor de cuatro (4) para el rango entre diez a doce antenas, un valor de tres (3) para el rango entre siete a nueve antenas, un valor de dos (2) para el rango entre cuatro a seis antenas y un valor de uno (1) para el rango menor o igual a tres (3) antenas (ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Elemento de evaluación del tercer criterio

	≤ 3 antenas	4 a 6 antenas	7 a 9 antenas	10 a 12 antenas	≥ 13 antenas	Total
Zona 1 - EBTM ₁						

Fuente: Elaboración propia.

El **cuarto criterio** evalúa la existencia de estaciones base localizadas a una distancia menor de 300 m una de la otra; considerándose que si existen estaciones base cercanas, se genera un área en que se superponen las radiaciones de ambas EBTM, aumentado así el nivel de exposición de la población en determinada zona (ver **Figuras 7 y 8**); además, valora aquellas situaciones donde se presenta compartición de infraestructura, dado que en estos casos también se generan áreas de superposición de los CEM, debido a que las antenas de los operadores que comparten la infraestructura pueden estar emitiendo sus lóbulos principales en la misma dirección; no obstante, esta situación se hace más crítica en la medida en que las áreas de superposición de

los CEM se presentan en las zonas más cerca de las EBTM, donde la densidad de potencia es mayor.



Figura 7. Estaciones base ubicadas a menos de 300 m una de la otra.

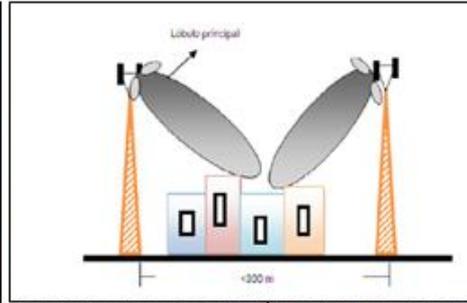


Figura 8. Área que recibiría las radiaciones de ambas estaciones base.

Para evaluar este criterio se asignó un valor de uno (1) a la estación base ubicada a una distancia menor de 300 m de otra EBTM, un valor de dos (2) si hay dos o más estaciones base a menos de 300 m de la estación evaluada, un valor de cuatro (4) para la EBTM que presente casos de compartición de infraestructura, y un valor de cero (0) a la estación base que no tienen a menos de 300 m otra estación o no comparten la infraestructura con otro operador; no obstante, el valor de cero (0) que se le asigna a este criterio, no significa que la estación base deje de representar una amenaza para la población que se encuentra próxima a la fuente radiante, pues su valoración se da por otras características (ver Tabla 4).

Tabla 4. Elemento de evaluación del cuarto criterio

	Otra EBTM a menos de 300 m	2 o mas EBTM a menos de 300 m	Compartición de infraestructura	Total
Zona 1 - EBTM ₁				

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, al evaluar cada una de las zonas donde se encuentran las EBTM según cada criterio y al obtener el resultado total de la suma de los valores de los criterios de cada área analizada ($\text{área}_n = 1^{\text{er}} \text{ criterio} + 2^{\text{do}} \text{ criterio} + 3^{\text{er}} \text{ criterio} + n \text{ criterio}$), se seleccionan las áreas de alto riesgo, teniendo en cuenta los resultados de la matriz. Para este caso, se estableció una escala de riesgo como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Escala de riesgo

RANGOS	NIVELES DE RIESGO
< 4 a 12	Riesgo Bajo
13 a 21	Riesgo Medio
22 a 31	Riesgo Alto
> 32	Riesgo Muy Alto

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La validación de la metodología para el diagnóstico de las áreas urbanas con alta exposición a radiaciones electromagnéticas emitidas por EBTM, se efectuó en el municipio de Cartago (Valle del Cauca), que por ser un área pequeña (con 1.394,304 ha en la zona urbana) y con densidad baja de EBTM, permitió validar esta en un tiempo moderado y someter a prueba el método.

Según los resultados del inventario de EBTM, en el municipio de Cartago existen dieciocho (18) estaciones base, de las cuales nueve (9) son de *Claro*, cuatro (4) de *Tigo*, tres (3) de *Movistar*, y dos (2) de *Tigo* y *Movistar* (estaciones base compartidas). De las nueve que tiene Claro, siete (7) estaciones base cuentan con licencia para su instalación en el área urbana y dos (2) no tienen licencia; de cuatro (4) que posee *Tigo*, dos (2) tienen licencia y dos (2) no; mientras que, las tres (3) EBTM que tiene *Movistar* no poseen permiso de construcción; de la misma manera, que están ubicadas las dos (2) estaciones base que comparten *Tigo* y *Movistar*; arrojando lo anterior, un 50% de estaciones base que no cuentan con el permiso de instalación que es expedida por la Curaduría Urbana; lo que indica, que existe una carencia de un control físico por parte del Departamento de Planeación Municipal (ver **Tabla 6**).

Tabla 6. Inventario de EBTM en el área urbana del municipio de Cartago

No.	Comuna	Barrio o urbanización	Dirección	Estrato Socioeconómico						Sitio de localización	Operador	Año de ubicación	Licencia y Permiso	
				1	2	3	4	5	6				Si	No
1	1	B/ San José	Calle 4 # 10-110	x						Vivienda	TIGO	2005		x
2	1	B/ Collarazo	Carrera 4 # 5-55		x					Parqueadero	DOS OPERADORES (TIGO Y MOVISTAR)	2007		x
3	1	B/ Morosone	Carrera 2 A # 7 1-503		x					Lote	CLARO	2007	x	
4	2	B/ San Jerónimo	Cra. 22 # 9-60	x						Lote	TIGO	2007	x	
5	3	B/ Inmaculada	Calle 20 # 15-40		x					Lote	CLARO	2006	x	
6	4	B/ La Libertad	Carrera 10 # 34-44			x				Lote	CLARO	2003	x	
7	4	B/ La Castellana	Calle 11 C # 9-80			x				Lote	MOVISTAR	1997		x
8	4	B/ Jorge Eliecer Galán	Calle 7 # 7-86			x				Parqueadero	CLARO	2005	x	
9	5	B/ Prado	Carrera 3 # 12-79			x	x			Lote	CLARO	1995		x
10	5	B/ Centro (TELICOM)	Carrera 5 con Calle 12 (TELICOM)				x			Edificio	MOVISTAR	2004		x
11	5	B/ El Carmen	Carrera 3 # 34-61			x	x			Vivienda	DOS OPERADORES (TIGO Y MOVISTAR)	2005		x
12	5	B/ Centro (Bd. NAR BOTERO GÓMEZ)	Calle 12 entre Cra 3 y 4				x			Edificio	CLARO	2009		x
13	6	B/ La Paz	Cra. 24 Norte # 20 A-03		x					Vivienda	TIGO	2008	x	
14	6	B/ Terrazas del Llano	Cra. 4 A # 31-70 Mo 6 lote 3				x			Lote	CLARO	2006	x	
15	7	Urb. Balcónes de Santa María	Carrera 2 # 25-97				x			Lote	MOVISTAR	2008		x
16	7	B/ Campo Alegre	Carrera 3 # 37-75		x					Lote	CLARO	2008	x	
17	7	Urb. Luis Carlos Galán	Carrera 16 # 40-24		x					Lote	TIGO	2006		x
18	7	B/ Los Cambales	Carrera 2 Norte # 27-16			x	x			Lote	CLARO	2009	x	

El inventario de EBTM y la matriz multicriterios permitió a su vez relacionar el estrato socioeconómico con el sitio de localización de las EBTM. Como resultado se observó que existen tres (3) estaciones base ubicadas en el interior de las viviendas, las cuales pertenecen a los estratos 2 y 3. Esto puede significar que las personas que tienen poca adquisición económica están más dispuestas a recibir una suma de dinero, que está entre 1,5 a 3,0 salarios mínimos legales vigentes (SMMLV) o hasta más, por arrendar el patio o parte de la vivienda para la instalación de una EBTM; además, generalmente estas personas desconocen los posibles efectos que generan las RNI emitidas por las EBTM en la salud de la población expuesta. Igualmente, se identificaron dos (2) edificios con EBTM en la parte superior, los cuales pertenecen al estrato 4; lo que indica que esta situación no es ajena para las

personas de los estratos altos que permiten la ubicación de las EBTM en las azoteas de los edificios, debido también al desconocimiento que tienen frente a los alcances del factor amenazante y por el pago que los operadores ofrecen, el cual es útil para cubrir los gastos de administración.

Por otro lado, al analizar los resultados que arrojó el mapa de zonificación y la matriz multicriterios, se identificaron dieciocho (18) áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM; de ese total, dos (2) áreas se caracterizan porque sus EBTM presentan compartición de infraestructura o emplazamiento, que corresponden a las EBTM ubicadas en las zonas 2 y 11 (ver **Figura 9**). Además, las áreas 9 y 12 se caracterizan por tener dos estaciones bases ubicadas a menos de 300 m de la EBTM localizada allí (ver **Figura 10**). De la misma manera, las zonas 6, 7, 10 y 11 se distinguen porque su EBTM tiene otra estación base a menos de 300 m (ver **Figura 9**); es decir, en el área urbana de Cartago seis (6) EBTM se encuentran a menos de 300 m una de la otra; además, dos (2) EBTM poseen compartición de infraestructura; lo que demuestra que se presentan áreas de mayor superposición de los CEM.

Se pudo identificar, además, que en catorce (14) de las áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM, se localizan sitios vulnerables en algunas de las áreas de afectación por la exposición a las RNI (que son radios de 100, 200 y 300 m con respecto a las estaciones base). Estos sitios vulnerables corresponden en su mayoría a hogares de bienestar familiar, colegios o instituciones educativas, jardines infantiles y centros médicos, lo que indica que la población más susceptible a las RNI, que son los niños(as), están siendo expuestos sin ningún control a este tipo de radiaciones.

Por otra parte, al determinar la escala de riesgo para los diferentes escenarios, se identificaron once (11) áreas con un riesgo bajo, que corresponden a las áreas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, 16, 17 y 18. Asimismo, se identificaron seis (6) áreas con riesgo medio, que pertenecen a las zonas 1, 2, 11, 12, 13 y 14 (ver **Figura 9**). Finalmente, se definió una zona como de alto riesgo, que corresponde al área de la EBTM ubicada en el barrio El Prado (9) (ver **Figuras 10 y 11**). Este sector se distingue porque la EBTM está ubicada a menos de 100 m de un centro de salud y un jardín infantil, y a menos de 300 m de otro centro médico y un jardín infantil, situación que se hace más crítica en la medida en que algunos de estos sitios están ubicados en el área de superposición de los CEM generados por dos EBTM (ver **Figura 11**). Sin embargo, es importante aclarar que en el área urbana del municipio no se identificaron varias zonas de alto riesgo, dado que existe menor concentración de EBTM en un mismo sector, por ser este un terreno plano, pequeño y con pocos elementos (v.g. edificios) que reflejen o generen difracción de las ondas electromagnéticas.

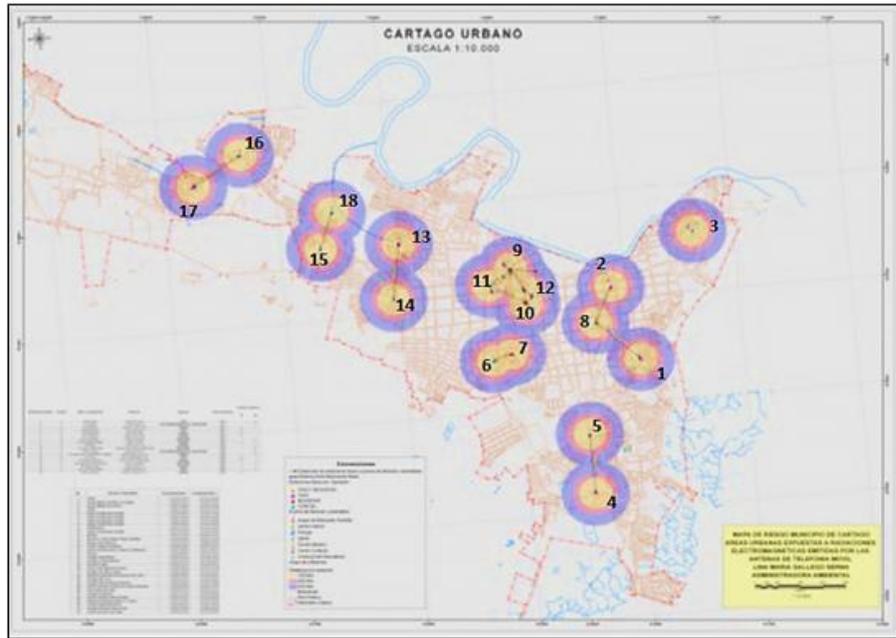


Figura 9. Zonificación de las áreas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM. Municipio de Cartago (Valle del Cauca).



Figura 10. EBTM a menos de 300 m una de la otra – Zona del barrio El Prado (9), El Centro (10, 12) y El Carmen (11).

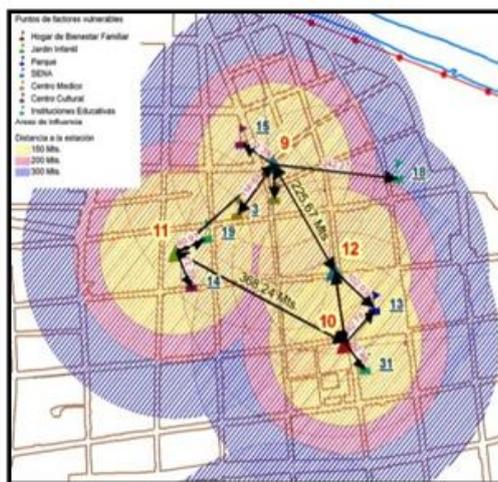


Figura 11. Sitios vulnerables a menos de 100 m de la EBTM – Zona del barrio El Prado (9).

CONCLUSIONES

La identificación de una zona de alto riesgo no depende únicamente del posicionamiento de una o varias estaciones base en un área específica, sino de cómo interactúan estas con el espacio circundante y de qué tipo de establecimientos hay en su entorno, pues se puede generar un riesgo más alto en la medida en que una EBTM con doce (12) antenas esté ubicada a menos de 200 m de un colegio o una clínica, que dos (2) o tres (3) estaciones base en un área donde no se tenga población vulnerable por largos periodos de tiempo.

Los análisis desde las ingenierías no abordan de manera dimensional el escenario de riesgo de origen antrópico tecnológico, debido a que únicamente verifican si las estaciones base irradian valores inferiores a los límites estipulados en la norma, sin tenerse en cuenta los factores socioculturales y territoriales del área de estudio. Por esto, se consideró importante proponer la matriz multicriterios y el mapa de zonificación como instrumentos válidos y viables para que se perfeccionen los procesos de investigación y gestión que se emprendan con relación al diagnóstico de las áreas urbanas con alta exposición a las RNI emitidas por las EBTM; además, estas herramientas permiten ampliar el enfoque de la exposición poblacional a la radiación electromagnética como un tipo de contaminación emergente.

El potencial escenario de riesgo generado por la exposición del público a las RNI emitidas por las EBTM se ha visto como un problema individual y no como un problema social, es por esto que este riesgo de origen antrópico tecnológico no ha sido incorporado en la planificación del desarrollo municipal, territorial y sectorial, a pesar de que el concepto de riesgo antrópico se encuentra incluido en la normatividad nacional en materia de gestión del riesgo; además, se debe considerar como un elemento que se debe evaluar e incluir en los procesos de desarrollo y ocupación del territorio.

REFERENCIAS

- Abdel-Rassoul, G., El-Fateh, O.A., Salem, M.A., Michael, A., Farahat, F., El-Batanouny, M. y Salem, E. (2007). Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology*, 28(2), 434-440.
- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). (2011). *IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans*. Recuperado de http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
- Balmori, A. (2004). Posibles efectos de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía inalámbrica sobre los seres vivos. *Revista Ardeola*, 51(2), 477-490.
- Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szykowska, A., Politanski, P., Mamrot, P., Szymczak, W. y Zmyslony, M. (2012). Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland. *Int J Occup Med Environ Health*, 25(1), 31-40.
- Camacho, D. y Torres, G. (2007). *Modelo de Predicción de LEE* (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México. Recuperado de [http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3523/1/](http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3523/1/MODELODEPREDICION.pdf)
MODELODEPREDICION.pdf
- Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación. (2001). *Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico. Normativas y procedimientos para garantizar su seguridad ante el ciudadano*. Recuperado de [http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/](http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informacin/coitInforme_regulacion_2001.pdf)
Informacin/coitInforme_regulacion_2001.pdf
- Colombia. Congreso de la República. (1997). *Ley 388 (24, julio, 1997)*. Diario Oficial No. 43.091.
- Colombia. Corte Constitucional de Colombia. Sala Séptima de Revisión de Tutelas de la Corte Constitucional. *Sentencia T-1077/12 del 12 de diciembre de 2012*. Magistrado ponente Jorge Ignacio Pretelt Chaljub. Expediente T-3.286.371.
- Colombia. Ministerio del Interior. (1998). *Decreto 93 (13, enero, 1998)*. Diario Oficial No. 43.217.
- Departamento Nacional de Planeación. (2001). *CONPES 3146 "Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres –PNPAD– en el corto y mediano plazo"*. Bogotá: Autor.
- Eger, H., Hagen, K.U., Lucas, B., Vogel, P. y Voit, H. (2004). Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz (Influence of the spatial proximity of mobile phone base stations on cancer rates). *Umwelt-Medizin-Gesellschaft*, 17, 273-356.
- Embid, A. (2009). *Retos jurídicos de la radiación no ionizante* (Tesis Doctoral). Universidad Carlos III de Madrid, Getafe. Recuperado de [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/7622/1/](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/7622/1/antonio_embid_tesis.pdf)
antonio_embid_tesis.pdf
- Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). (2008). *Informe SATI. Justificación técnica para la ubicación de emplazamientos de telefonía móvil. Distancias de seguridad para los*

- ciudadanos. Recuperado de <http://www.femp.es/files/3580-23-fichero/Justificaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20ubicaci%C3%B3n%20de%20emplazamientos%20de%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%2009-08%5B1%5D.pdf>
- Gallego, L. (2011). *Lineamientos para la gestión del riesgo de las áreas urbanas expuestas a las radiaciones electromagnéticas emitidas por las estaciones base de telefonía móvil. Estudio de caso: municipio de Cartago, Valle* (Tesis de pregrado laureada). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/xml/handle/11059/53/browse?value=Gallego+Serna%2C+Lina+Mar%C3%ADa&type=author>
 - Gallegos, F. (2009). *Software aplicativo para el análisis predictivo del comportamiento de los niveles de campo eléctrico y la distribución de potencia producida por las estaciones de telefonía móvil* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Perú. Recuperado de http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/04/3.1_Trabajo_de_Tesis.pdf
 - Grupo de Estudios de Bio-ingeniería. (2007). *Efectos de la contaminación electromagnética sobre el ser humano y aplicación del principio precautorio*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca. Recuperado de <http://comunicacionpopular.com.ar/wp-content/uploads/2012/09/UTN-Nestor-Mata.pdf>
 - Hutter, H.P., Moshammer, H., Wallner, P. y Kundi, M. (2006). Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup. Environ. Med.*, 63, 307-313.
 - Interdisziplinäre Gesellschaft für Umweltmedizin –IGUMED–. (2002). *Declaración de Friburgo*. Recuperado de <http://www.apdr.info/electrocontaminacion/Documentos/Declaraci%C3%B3n/Declaraci%C3%B3n%20de%20Friburgo.%2000ctubre%202002.%20Castel%C3%A1n.pdf>
 - International Commission for No-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). (1998). *Recomendaciones para limitar la exposición a Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos (hasta 300 GHz)*. Recuperado de www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf
 - Khurana, V., Hardell, L., Everaert, J., Bortkiewicz, A., Carlberg, M. y Ahonen, M. (2010). Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations. *Int J Occup Environ Health*, 16(3), 263-267.
 - Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC–. (2013). *Boletín Trimestral de las TIC. Cifras cuarto trimestre de 2012*. Bogotá: Autor.
 - Navarro, E.A., Segura, J., Portolés, M. y Gómez-Perretta de Mateo, C. (2003). The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. *Rev. Electromagnetic Biology and Medicine*, 22, 161-169.
 - Pilette, J. (2007). *Antenas de telefonía móvil, tecnologías inalámbricas y salud*. Recuperado de http://www.avaate.org/IMG/pdf/LIBRO_JEAN_PILETTE.pdf
 - Santini, R. (2006). *Argumentos científicos que justifican la aplicación inmediata del principio de precaución en contra de la telefonía móvil*. Recuperado de <http://usuarios.lycos.es/alejandromirflor/Paginas%20principales/Articulos%20CEM/Argumentos%20cientificos.doc>

- Santini, R., Santini, P., Danze, J.M., Le Ruz, P. y Seigne, M. (2002). Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: I. Influences of distance and sex. *Rev. Pathol Biol*, 50, 369-373.
- _____ (2003). Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II. Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors. *Rev. Pathol Biol*, 51, 412-415.
- Torres, J. y Ochoa, M. (2007). Criterios técnicoambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnéticas no ionizantes en Colombia. *Revista Luna Azul*, 24, 8-14.
- Touzet, R. (2010). *El control de los riesgos de las RNI, en particular de los teléfonos celulares y sus antenas de transmisión*. Comisión Nacional de Energía Atómica / IRPA / FRALC / SAR.
- Úbeda, A. (2002). *Bases biológicas para normativas de protección ante radiaciones no ionizantes*. Servicio BEM - investigación, Hospital Ramón y Cajal. Sociedad Española de Protección Radiológica. Recuperado de http://www.sepr.es/html/recursos/descargables/bases_biologicas.pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2000). *Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*. Recomendación UIT-T K.52. Recuperado de http://www.euitt.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/normativas/itu/normaUIT%20K52.pdf
- Wolf, R. y Wolf, D. (2004). Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. *Int J Cancer Prev.*, 1, 123-128.

-
1. Este artículo es un resultado parcial del proyecto titulado: "Definición de una metodología para la realización de estudios en áreas con alto riesgo de exposición a las radiaciones electromagnéticas generadas por estaciones base de telefonía móvil; caso de estudio Manizales, Caldas" Código 0457011, y continuación del proyecto de grado denominado: *Lineamientos para la gestión del riesgo de las áreas urbanas expuestas a las radiaciones electromagnéticas emitidas por las estaciones base de telefonía móvil. Estudio de caso: municipio de Cartago, Valle*. Trabajo de grado laureado por la Universidad Tecnológica de Pereira.
 2. Administradora Ambiental. Integrante del Grupo de Investigación Campos Electromagnéticos, Medio Ambiente y Salud Pública, Universidad de Caldas. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Territorial, Universidad Tecnológica de Pereira. nali_g@hotmail.com
 3. M.Sc. Instrumentación Física. Integrante del Grupo de Investigación Campos Electromagnéticos, Medio Ambiente y Salud Pública, Universidad de Caldas. javier.torres@ucaldas.edu.co
 4. M.Sc. Instrumentación Física. Universidad de Caldas. jorge.castaneda_s@ucaldas.edu.co
 5. Mediante el Decreto 195 de 2005 y la Resolución 1645 de 2005.
 6. Firmada por 22 médicos el 9 de octubre de 2002. Realizada por IGUMED (Asociación Interdisciplinaria para la Medicina Ambiental).

7. Se caracteriza porque está determinado por la acción humana asociada al uso de la tecnología.
8. El riesgo se crea en la interrelación o intersección de estos dos tipos de factores, cuyas características y especificidades son sumamente heterogéneas. En la realidad es imposible hablar de amenaza sin la presencia de vulnerabilidad y viceversa, es decir, para que exista una amenaza tiene que haber vulnerabilidad.

Para citar este artículo: Gallego Serna, L. M., Torres Osorio, J. I. & Castañeda Salazar, J. A. (2014). Metodología para el diagnóstico de áreas urbanas con alta exposición a radiaciones electromagnéticas emitidas por estaciones base de telefonía móvil. *Revista Luna Azul*, 38, 171-190. Recuperado de <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=901>