LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA COMO FACTOR DE VULNERABILIDAD DEL DERECHO A UN AMBIENTE SANO EN LAS CIUDADES: una aproximación desde la incertidumbre y el principio de precaución

Electromagnetic pollution as a factor of vulnerability of the right to a healthy environment in cities: an approach based on uncertainty and the precautionary principle

A poluição eletromagnética como fator de vulnerabilidade do direito ao meio ambiente saudável nas cidades: uma abordagem baseada na incerteza e no princípio da precaução

Iván Vargas-Chaves
Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, Colômbia
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6597-2335
E-mail: ivargas@outlook.com

Ana Melisa Betancur-Quiceno
Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Cundinamarca, Colômbia
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7470-7648
E-mail: ana.betancur@ugc.edu.co

Trabalho enviado em 25 de julho de 2023 e aceito em 17 de agosto de 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar el fenómeno de la contaminación electromagnética como uno de los factores de vulnerabilidad del derecho a un ambiente sano. Se estudia desde el contexto de incertidumbre científica el problema que deber resolver el Derecho respecto a las evidencias que demuestran que existe un potencial riesgo de afectar la salud humana, y que le exigen a jueces y autoridades ambientales actuar a través de medidas anticipatorias de daños futuros. Para ello, los autores recurren al principio de precaución como el mecanismo diseñado para anticiparse a potenciales riesgos en un contexto de incertidumbre. Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó el método inductivo y el análisis documental de textos científicos, normas y jurisprudencia, siguiendo una interpretación sistemática que permitiera contrastar los hallazgos a las realidades propias del derecho ambiental. El artículo concluye que el principio de precaución es un criterio guía útil para regular la exposición a fuentes de contaminación electromagnética en núcleos urbanos densamente poblados, con el fin de proteger de forma preventiva el derecho a un ambiente sano de sus habitantes.

Palabras clave: Derecho a un ambiente sano, Contaminación electromagnética, Principio de precaución, incertidumbre, riesgos ambientales

ABSTRACT

This article proposes to analyze the phenomenon of electromagnetic pollution as a vulnerability factor of the right to a healthy environment. The authors study this phenomenon based on scientific uncertainty and propose that it is a problem that the legislator and the judges must resolve, as a consequence of the evidence that shows that there is a potential risk of affecting human health. The article proposes a solution to the precautionary principle, a legal mechanism designed to anticipate potential risks in the context of uncertainty. The methodology chosen was the documentary analysis of scientific texts, norms, and jurisprudence, following from an indicative method a systematic interpretation to contrast the results with the realities of environmental law. The authors concluded that the precautionary principle is a useful guide criterion to regulate exposure to sources of electromagnetic pollution in densely populated urban centers, protecting the right to a healthy environment for its inhabitants.

Keywords: Right to a healthy environment, Electromagnetic pollution, Precautionary principle, uncertainty, environmental risks

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar o fenômeno da poluição eletromagnética como um dos fatores de vulnerabilidade do direito ao meio ambiente saudável. A partir do contexto de incerteza científica, estuda-se a partir do contexto da incerteza científica, o problema que o Direito deve solucionar quanto às evidências que demonstrem a existência de um risco potencial de afetar a saúde humana, e que obriguem juízes e autoridades ambientais a atuarem por meio de medidas antecipatórias de danos futuros. contexto de incerteza científica. Para isso, os autores recorrem ao princípio da precaução como o mecanismo destinado a antecipar riscos potenciais em um contexto de incerteza. Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se o método indutivo e a análise documental de textos científicos, normas e jurisprudências, seguindo uma interpretação sistemática que permitiu contrapor as constatações às realidades do direito ambiental. O artigo conclui que o princípio da precaução é um critério norteador útil para regular a exposição a fontes de poluição eletromagnética em centros urbanos densamente povoados, a fim de proteger preventivamente o direito ao meio ambiente saudável de seus habitantes.

Palavras-chave: Direito a um ambiente saudável, Poluição eletromagnética, Princípio da precaução, incerteza, riscos ambientais

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene por objetivo caracterizar la contaminación electromagnética como factor de vulnerabilidad del derecho a un ambiente sano, ello, en un escenario de incertidumbre donde en el estado actual de la ciencia se aportan evidencias sobre su potencial grado de afectación a la salud humana, pero también sobre su inocuidad o mínimo impacto. De esta manera, se trae a colación el principio de precaución como un mecanismo contemplado por el Derecho ambiental para anticiparse a los riesgos derivados de este tipo de escenarios de incertidumbre.

Para lograr lo anterior, en primer lugar, se analiza el goce de un ambiente sano como un interés jurídico tutelado por los Estados, estructurándose desde la protección del conjunto de elementos naturales, artificiales o introducidos por el ser humano, y que interactúan con él en su entorno en aras de procurar por su supervivencia en el planeta y el de los seres vivos e inertes con los que interactúa en el planeta.

En segundo lugar, se analiza la contaminación electromagnética como un tipo de contaminación que se introduce en el ambiente a través de diversos dispositivos de telecomunicaciones (radio, televisión, telefonía móvil, routers o dispositivos móviles, entre otros) o tecnologías como el Wi-Fi y las redes de cuarta y quinta generación, entre otras, y que tiene la capacidad de generar alteraciones biológicas en el ser humano, además de enfermedades.

En tercer y cuarto lugar, se plantea la problemática en torno a la pregunta de ¿cuál es la ruta que debe tomarse para abordar las evidencias contradictorias sobre la posible afectación de este tipo de contaminación en el ser humano? y se presenta el principio de precaución como una opción a considerar en aras de salvaguardar el ambiente y la salud humana. Ello, a través de medidas anticipatoria del riesgo generado, las cuales a su vez permitan minimizar la exposición y riesgo de la población.

La metodología escogida por los autores para el desarrollo de los planteamientos fue el método inductivo y el análisis documental de textos científicos, normas y jurisprudencia, siguiendo una interpretación sistemática que permitiera contrastar los hallazgos a las realidades propias del derecho ambiental, y a un posible escenario de invocabilidad del principio de precaución respecto a los riesgos ocasionados por este tipo de contaminación, a modo de propuesta.

El artículo –que es resultado del ejercicio académico del autor como profesor de la Universidad Militar Nueva Granada; y de la autora como profesora de la Universidad La Gran Colombia– concluye que ante un escenario de incertidumbre como el que plantea la contaminación electromagnética, es importante además de contemplar el citado principio, seguir investigando acerca de los posibles riesgos de este tipo de contaminación con el fin de tener un mejor conocimiento de los impactos y así poder prevenirlos.

2. EL DERECHO A GOZAR DE UN AMBIENTE SANO Y LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN

La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, a través de la Resolución 76/300/2022 del 28 de julio, reconoció por primera vez el derecho humano a gozar de un ambiente limpio, saludable y sostenible. Esta resolución, pese a no ser jurídicamente vinculante y de obligatoria aplicación para los 193 Estados miembros de este organismo, es un hecho sin precedentes que se alinea con la aplicación de los instrumentos internacionales, supranacionales, bilaterales y multilaterales de derecho ambiental, donde el norte que guía este interés jurídico tutelado es el derecho a gozar de un ambiente sano.

La citada resolución, que además se alinea con los principios del derecho internacional ambiental, reconoce que la sociedad, el sector privado, los Estados y la comunidad internacional tiene el deber de contribuir y salvaguardar el derecho de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un ambiente saludable y disponer de los recursos de forma sostenible, entre otros estándares que se recogen en los instrumentos de derecho interno, supranacional e internacional en materia ambiental.

El ambiente como un interés jurídico tutelado, se caracteriza a su vez como el grupo de elementos de origen natural, artificial y/o introducidos por el ser humano en su entorno, permitiéndole garantizar su supervivencia y subsistencia en el planeta tierra, así como su desarrollo en conjunto con todos los seres vivos e inertes con los que interactúa en un tiempo y espacio presente o futuro.

En este orden de ideas, el derecho humano a gozar de un ambiente sano busca, de un lado, salvaguardad el ambiente reconociendo el rol que éste ostenta para el ser humano mediante unas condiciones ideales de vida en el planeta tierra. Del otro lado, es una garantía que como personas tenemos para procurarnos por nuestros propios medios un bienestar, desarrollarnos y poder aspirar a una vida en condiciones dignas. Dicho esto, en otros términos, del derecho humano a un ambiente sano depende la vida tal como lo conocemos, los recursos y la propia supervivencia y desarrollo de la especie humana.

La contaminación, por su parte, es el fenómeno que describe la introducción de elementos nocivos en un entorno o ambiente, ocasionando potenciales daños para las especies que allí conviven. Se habla por lo tanto de afectaciones a ecosistemas, medios físicos o seres vivos.

> "En términos generales se asume que la contaminación es el cambio de la naturaleza de un recurso o de las condiciones en las cuales se desarrolla la existencia de las relaciones al interior de un ecosistema. Ese cambio, por otro lado, tiene efectos negativos y representa el punto de partida de daños ambientales y conflictos sociales que hablan de la disparidad en el acceso a los recursos y en la disponibilidad de estos." (ISCH, 2011, p. 102)

En efecto, como parte del medio ambiente se puede encontrar desde un ecosistema hasta un ser vivo o un medio físico. El contaminante o agente contaminante puede ser una sustancia química como el Glifosato, una fuente energética como la radioactividad proveniente del gas radón o incluso el ruido producido en un concierto de rock que se lleva a cabo en inmediaciones de un conjunto residencial. Cualquier alteración negativa ambiental del estado natural de un ecosistema, ser vivo o medio físico se toma como contaminación siempre que se cumpla con alguno de los postulados anteriormente descritos.

3. LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Las antenas de telecomunicaciones emiten un tipo de radiación no ionizante que puede afectar la salud humana, constituyéndose en una fuente de contaminación electromagnética. A lo largo del presente artículo se expondrá que, aunque los efectos de la radiación ionizante han sido ampliamente documentados, los efectos de la radiación no ionizante en la salud y el medio

ambiente han sido menos estudiados, en parte debido a limitaciones éticas en la experimentación con seres humanos (LADRIÈRE, 2000), o en parte como consecuencia de la falta de suficientes estudios en este campo relativamente nuevo, generando un escenario de incertidumbre sobre su potencial grado de afectación (VARGAS-CHAVES, BETANCUR-QUICENO & SIERRA-LÓPEZ, 2020).

Además, los estudios adelantados han resultado de compleja aplicación e interpretación por la cantidad de factores que influyen en los resultados, como la frecuencia y la duración de la exposición, así como la caracterización de los sujetos expuestos (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013). No obstante, algunos de los efectos descritos en los —aún escasos— estudios incluyen problemas neurológicos como dolores de cabeza, fatiga, trastornos del sueño, problemas de memoria y concentración, cambios de humor, así como efectos en el sistema reproductivo y el riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer, entre otros (GALLEGO ET AL., 2014).

La exposición a fuentes de baja frecuencia o de muy baja frecuencia puede variar en duración y de acuerdo con la distancia de la fuente, puede provenir de líneas eléctricas de alta tensión, transformadores e instalaciones eléctricas domésticas, torres de televisión, estaciones de radio, sistemas de telefonía móvil y Wi-Fi entre otros (LUQUÍN-BERGARECHE, 2013).

De esta forma, se les puede clasificar en radiación electromagnética natural, de tecnología inalámbrica, de electrodomésticos y dispositivos electrónicos y de infraestructura de transmisión, tales como torres de transmisión y antenas utilizadas para transmisión de radio y televisión o telefonía móvil (FAGUA, PINZÓN, & ROJAS, 2016).

El uso frecuente de ondas electromagnéticas y el aumento de exposición en las poblaciones, ha generado diferentes regulaciones cuyo objetivo ha sido definir límites máximos de exposición permitidos con el fin de proteger a los ciudadanos contra posibles efectos adversos a la salud o efectos biológicos por la exposición a este tipo de radiación.

Y es que, a pesar de que las investigaciones científicas no han arrojado resultados concluyentes sobre posibles daños a la salud de las personas por la exposición a ondas de radiofrecuencia, es importante, tal como lo sugieren VARGAS-CHAVES, BETANCUR-QUICENO & SIERRA-LÓPEZ, continuar investigando sobre esta problemática “con metodologías adecuadas y confiables que permitan correlacionar este tipo de datos sin sesgos teniendo en cuenta que la

comunidad internacional ha sugerido precaución al respecto" (VARGAS-CHAVES, BETANCUR-QUICENO & SIERRA-LÓPEZ, 2020, p. 66).

No en vano, la demanda de servicios de telecomunicación ha crecido, por lo cual también ha crecido la necesidad de construir instalaciones que cubran dicha demanda. Como consecuencia de la ampliación de esta cobertura, se instalan antenas de telecomunicaciones con mayor frecuencia en zonas habitacionales o en la cercanía a escuelas o centros de trabajo, por lo cual la preocupación de las personas frente a los posibles efectos sobre la salud también ha ido creciendo (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013).

Debido a esta situación, y en aras de salvaguardar el derecho a gozar de un ambiente sano, la Comisión de Regulación de Comunicaciones solicitó formalmente a través de la Resolución 4891 de 2016 a las administraciones locales, revisar sus Planes de Ordenamiento Territorial en relación con la infraestructura de telecomunicaciones en núcleos densamente poblados. Lo anterior, debido a la conflictividad que se empezaba a presentar con habitantes de conjuntos residenciales quienes, en ejercicio de los mecanismos de participación ciudadana, elevaban a esta entidad o a otras instancias su malestar por la instalación de estas antenas.

Este es un ejemplo de los conflictos que se dan entre la población en el área de influencia de este tipo de infraestructura y los operadores. Además, es evidencia de la importancia de llevar a cabo estudios previos sobre la exposición de la población, que ha sido poco documentado en Colombia, con el fin de garantizar un ambiente sano a los habitantes de ciudades y municipios en Colombia (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013).

De hecho, con el fin de proteger el derecho a gozar de un ambiente sano, se han proferido normas en varios países, cuya función es prevenir la exposición excesiva a campos electromagnéticos en el ambiente. Los países establecen las normas nacionales de acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante —por sus siglas ICNIRP —, que establece unas directrices y límites de exposición recomendados basándose en los resultados de los estudios científicos a nivel mundial sobre el tema, razón por la cual estos lineamientos se actualizan con cierta periodicidad.

Estos umbrales se fijan basándose en el resultado de estudios científicos que muestren en qué punto se manifiestan los primeros efectos sobre la salud, de esta forma, en estudios en animales cuando se observa un comportamiento anómalo es posible decir que este responde a un cambio en una respuesta biológica y las directrices recomendarían entonces prevenir la exposición a campos electromagnéticos en los niveles en los que se producen dichos cambios.

Siguiendo con este orden de ideas, a nivel nacional el tema de telecomunicaciones se reglamenta por medio del Decreto 195 de 2005 "por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos; se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones". Esta regulación, se fundamenta a su vez en varias recomendaciones, entre las que se destacan la Recomendación de Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T K.52 y la Recomendación 199/519/CE del Consejo Europeo.

Por su parte la Resolución 1645 de 2005 del Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación se aplica a quienes prestan servicio de telecomunicaciones y actividades en el rango de frecuencia de 9 KHz a 300 GHz, regulando la exposición de las personas a los campos electromagnéticos de las estaciones y transmisores de radio. Gracias a esta norma, se establecen límites y condiciones para la exposición, así como procedimientos para medir y verificar el cumplimiento de los límites impuestos.[1]

No obstante, la falta de regulación efectiva y de monitoreo ha llevado a la instalación de antenas en lugares inapropiados tales como hospitales, colegios o viviendas, aumentando el riesgo de exposición a niveles de radiación electromagnética que podrían ser perjudiciales para la salud,

[1] Las obligaciones para los prestadores de servicios de telecomunicaciones incluyen: cumplir con los límites de exposición a campos electromagnéticos establecidos, realizar mediciones periódicas de radiación electromagnética emitida por sus estaciones, proporcionar información técnica para verificar el cumplimiento de los límites de exposición, consultar las directrices de la UIT-T K.52 para establecer la zona de seguridad alrededor de las antenas transmisoras, imponer barreras físicas y señalización adecuada para limitar el acceso público a la zona ocupacional alrededor de las antenas transmisoras, entregar informes de avance de las mediciones, priorizar las mediciones en zonas densamente pobladas y presentar una Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica al Ministerio de Comunicaciones cada 4 años, cumplir con las sanciones impuestas en caso de incumplimiento.

también tiene efectos sobre el paisaje como se mencionó anteriormente. Esto desde luego supone una afectación directa al derecho a gozar de un ambiente sano.

4. EL PROBLEMA QUE SUPONE LA INCERTIDUMBRE SOBRE EL POTENCIAL GRADO DE AFECTACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN EL SER HUMANO

El crecimiento poblacional y su elevada concentración en núcleos urbanos ha estado acompañada del aumento en la explotación de recursos naturales y el uso de bienes e insumos derivados del ambiente (RODRÍGUEZ, 2019). Como consecuencia, se han generado diferentes afectaciones socio-ambientales. No en vano, la humanidad ha estado cada vez más expuesta a diferentes factores de vulneración desde que inició la revolución industrial, muchos de ellos provenientes de fuentes contaminantes, algunos de estos perceptibles y otros casi invisibles, como es el caso de la contaminación por ondas electromagnéticas (GALLEGO ET AL, 2014).

El estudio de las ondas electromagnéticas ha cobrado importancia en los últimos años debido al aumento de su presencia en el ambiente con la generación de campos electromagnéticos artificiales, el desarrollo de centrales eléctricas, el crecimiento en los servicios de telecomunicaciones y las redes inalámbricas, al igual que el uso de numerosos dispositivos útiles en medicina y en la industria (BARRERA Y MOSQUERA, 2018, 58). Esta situación, de acuerdo con autores como CALVENTE ET AL (2010) y CRUZ (2009) ha generado preocupación en diferentes sectores, ciudadanos y entidades competentes por los posibles efectos negativos de las radiaciones no ionizantes sobre el entorno y la salud.

Con el fin de tener una primera aproximación a la contaminación electromagnética como un fenómeno que es causante de una vulnerabilidad del derecho a un ambiente sano, es importante mencionar que esta, al igual que el ruido y el calor, se clasifica como un agente contaminante de origen físico, dentro del cual también se encuentra la radiación.

Esta última, se puede definir como un fenómeno que se traduce en un proceso a través del cual “la energía se propaga en forma de ondas o partículas a través del espacio y otro medio, la energía que escapa de un circuito se conoce como energía electromagnética y se compone tanto de

campos eléctricos como de campos magnéticos que oscilan perpendicularmente" (IARC, 2013, p 37).

En cuanto a su origen, puede provenir de fuentes naturales, como aquellas que se producen por depósito de cargas eléctricas desde distintas zonas en la atmósfera terrestre, por ejemplo, por el efecto ocasionado por las tormentas eléctricas, o también, por el uso que el ser humano le da en los ámbitos de la medicina o en la industria de las telecomunicaciones, entre otros (OMS, 2021).

La exposición a campos electromagnéticos ha ocurrido a lo largo del tiempo, sin embargo, es posible hablar de un aumento acelerado de campos electromagnéticos generados por el ser humano que ha traído consigo una mayor exposición y por ende diferentes efectos (AHLBOM & FEYCHTING, 2003; WONGKASEM, 2021; MAHMUD ET AL, 2022). Así, para entender los efectos de los campos electromagnéticos es necesario hablar de las magnitudes que los caracterizan.

En primer lugar, está la frecuencia que se define como "el número de oscilaciones o ciclos por segundo" y cuya importancia radica en que esta es esta es determinante a la hora de hablar de los efectos de campos electromagnéticos sobre el organismo. Por su parte, la longitud de onda se refiere a la distancia que hay entre onda y onda, sin embargo, ambas magnitudes están ligadas (OMS, 2021).

Además de mencionar las magnitudes de los campos, es preciso comprender que dentro de los procesos que llevan a cabo los organismos para cumplir sus funciones, se producen corrientes eléctricas que son el resultado de las reacciones químicas en actividades tales como digestión, musculares o cerebrales entre otras (REDLARSKI ET AL, 2015).

Respecto al cómo se generan los efectos, debe precisarse que los campos eléctricos de baja frecuencia pueden influir en un organismo afectando la colocación de las cargas de origen eléctrico sobre las superficies, así como la potencia de estas corrientes que, a su vez, depende de la potencia del campo exterior, por lo cual podría ser posible que las corrientes estimulen nervios, músculos o puedan llegar a afectar otros procesos biológicos (BALMORI, 2014).

En este sentido, para garantizar que la generación de campos electromagnéticos de baja intensidad sea segura, se ha investigado acerca de los posibles efectos biológicos. La Organización Mundial de la Salud, a través de la Agencia de Investigaciones sobre el Cáncer —por sus siglas IARC — ha concluido que a pesar de que los resultados existentes confirman que la exposición no produce

ninguna consecuencia sobre la salud, los conocimientos sobre los efectos biológicos aún tienen vacíos que requieren mayor investigación (OMS, 2021). De acuerdo con este organismo:

> La radiación electromagnética se puede clasificar en función de su energía en radiaciones ionizantes o no ionizantes. La radiación ionizante, "es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (alfa y beta o neutrones), la desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante" (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2016, *sp*).

CALVENTE ET AL precisan, en este sentido que "este tipo de radiación tiene la energía suficiente para producir la ionización de los átomos de la materia que atraviesan, mientras que, en la radiación no ionizante, la energía no es suficiente para romper los enlaces de los átomos y producir la ionización" (CALVENTE ET AL, 2010, p. 2063). Dentro del estado actual de la ciencia se concluye, con cierto grado de precisión, que la radiación ionizante causa efectos biológicos de forma directa o indirecta respecto al ADN versus la no ionizante, sobre la cual aún no se logra alcanzar un grado razonable de certeza (DERUELLE, 2020; NZAO, 2022).

Pese a ello, ha sido la misma comunidad científica la que, en este escenario de incertidumbre, ha estudiado los efectos de la contaminación electromagnética en el cuerpo humano. Se puede evidenciar que, aunque el nivel de energía de la radiación no ionizante no es suficiente para causar daños en el ADN, los campos producidos por fuentes de contaminación electromagnética —en este caso de radiofrecuencia en un rango de 30 a 300 kHz—se sitúan como posibles carcinogénicos para la IARC, como consecuencia no solo de sus efectos términos —es el caso de los hornos microondas— sino de los no térmicos.

Existen evidencias que dan cuenta del potencial grado de afectación de la contaminación electromagnética en el ser humano, sin embargo, se infiere en otros estudios que no existe un riesgo per se. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud:

> "(…) dicho efecto sería extremadamente pequeño ya que hasta la fecha no se han encontrado incrementos grandes del riesgo. De esta forma, los resultados de los estudios hasta la fecha no permiten saber con certeza si existe una relación causa-efecto entre la exposición y la enfermedad ya que detectan asociaciones estadísticas entre los niveles de exposición y la enfermedad, pero esta puede deberse o no a la exposición". (OMS, 2021)

Siguiendo esta línea, si se realizara un estudio en una gran escala se podría concluir preliminarmente que no necesariamente se da una correlación directa entre el desarrollo de algunos tipos de cáncer y la exposición prolongada a contaminación electromagnética de campos baja intensidad, sin embargo, tampoco resultaría viable afirmar con seguridad que no existe una correlación. Para este organismo internacional, este escenario puede explicarse de la siguiente manera:

> "La ausencia de un efecto en los estudios podría significar que verdaderamente el efecto no existe, pero también podría significar sencillamente que el efecto no es detectable con el método de medición utilizado. Por consiguiente, los resultados negativos son generalmente menos convincentes que los resultados positivos claros" (OMS, 2021).

Sumado a esto, algunos estudios no incluyen los factores necesarios para determinar la causalidad o no hay coherencia entre los resultados obtenidos (MILLER ET AL, 2018). Con todo, esta contradicción supone la configuración de un escenario de incertidumbre, donde el principio de precaución en materia ambiental adquiere un rol clave en la salvaguarda del ambiente sano como un interés jurídico tutelado superior. De este aspecto nos ocuparemos a continuación.

5. EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN COMO MECANISMO ANTICIPATORIO A LOS IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Las ondas electromagnéticas de tipo no ionizante no cuentan con la suficiente potencia para romper los enlaces atómicos y afectar así el ADN, sin embargo, se ha demostrado que pueden generar calor en las moléculas con las que interactúan y, de este modo, producir enlaces a corrientes eléctricas y vibraciones de clase molecular que a su vez generan alteraciones en los tejidos biológicos (BALMORI, 2014; LUQUÍN-BERGARECHE, 2013).

Esto se explica en el desplazamiento cargas eléctricas y en las evidencias que se tienen de interacción entre estas ondas no ionizantes y cambios en los tejidos, como puede ser el aumento en la temperatura u otros efectos biológicos (FELIX ET AL, 2014).

ABDEL-RASSOUL ET AL (2006) lograron en este sentido demostrar que existen efectos biológicos —trastornos neuronales y de conducta— en seres humanos. En su estudio, hacen especial referencia a posibles déficits de tipo neuroconductual entre las personas cuya residencia se encuentra próxima a estaciones de telecomunicaciones. Dentro de los síntomas que se documentan tras este estudio, se encontraron correlaciones con cefaleas, temblores, problemas de memoria, mareos y algunos trastornos depresivos.

Y aunque en el mismo estudio también los citados autores obtuvieron como resultado algunos hallazgos mixtos —cuyo origen no era necesariamente imputable a la proximidad con antenas de telecomunicaciones— en algunas de las pruebas neuroconductuales, recomendaban continuar investigando sobre los efectos que a largo plazo tendrían las personas que constantemente estuvieran expuestas a esta radiación no ionizante de radiofrecuencia.

Otro estudio que vale la pena destacar, sugería ya desde inicios de la década de los noventa que existe una probabilidad de desarrollo de tumores cerebrales y leucemia en personas cuya exposición laboral a radiación no ionizante de radiofrecuencia o de frecuencias bajas (FLODERUS ET AL, 1993). Y aunque en el estudio se halló una débil correlación, al final se concluye que es necesario continuar investigando en este ámbito para entender cuál puede ser el grado de correlación entre la contaminación electromagnética y esta enfermedad.

Adicional a lo anterior, otros investigadores han llevado a cabo meta análisis de estudios similares, por ejemplo, de investigaciones epidemiológicas y experimentales que estudiaron la relación entre la exposición constante a campos electromagnéticos y la leucemia en niños, niñas y adolescentes; encontrando que, aunque algunas investigaciones sugerían un aumento del riesgo, existían aún variables confusas que dificultaban la labor de establecer una relación de causalidad (CALVENTE ET AL, 2010).

Lo cierto de todo es que, pese a que la radiación no ionizante ha sido vinculada con numerosas enfermedades, como los ejemplos mencionados anteriormente, la preocupación de la comunidad científica ha aumentado en las últimas dos décadas. En 2012 se contaban más de 1800 1800 publicaciones relacionadas con estudios sobre la exposición a contaminación electromagnética y algunas radiofrecuencias respecto a sus potenciales efectos sobre la salud (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013).

Este escenario de incertidumbre sobre un riesgo potencial claramente identificado y delimitado, lleva a contemplar en el ámbito jurídico el principio de precaución como mecanismo anticipatorio de riesgos ambientales y a la salud humana. Este principio, ha adquirido una notoria relevancia en las políticas y la legislación ambiental en las últimas décadas, pues exige de quien se encarga de tomar decisiones en lo público, sea una autoridad ambiental o un juez, adoptar como medida precautoria la suspensión de una actividad, proceso, tecnología o elaboración de un producto, cuyos riesgos potenciales amenacen el ambiente o la salud humana, y hasta tanto no se aporten evidencias sobre su inocuidad.

El principio de precaución se diferencia del principio de prevención pues exige la adopción de medidas anticipatorias del riesgo aun cuando no se tengan las condiciones de cereza científica razonable sobre el potencial grado de afectación e impacto de ese producto, tecnología, proceso o actividad; mientras que el segundo sí exige llegar a un grado de certeza razonable a través de las evidencias que se aporten en el marco del estado actual de la ciencia.

> "Se aplica en los casos en que ese previo conocimiento no está presente, pues tratándose de éste, el riesgo o la magnitud del daño producido o que puede sobrevenir no son conocidos con anticipación, porque no hay manera de establecer, a mediano o largo plazo, los efectos de una acción, lo cual tiene su causa en los límites del conocimiento científico que no permiten adquirir la certeza acerca de las precisas consecuencias de alguna situación o actividad, aunque se sepa que los efectos son nocivos." (CORTE CONSTITUCIONAL DE COLOMBIA, Sentencia T-204 de 2014)

La legislación colombiana contempla el principio de precaución en una de las normas cardinales del Derecho ambiental, la Ley 99 de 1993, que se refiere al enfoque precautorio del principio en los siguientes términos:

> "La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente" (LEY 99 DE 1993, art. 1)

En otros términos, el principio de precaución exige la adopción de medidas mitigatorias o anticipatorias de un posible daño ambiental o a la salud humana, aun cuando los estudios que se aporten sobre el riesgo sean contradictorios, como ocurre en el supuesto de la contaminación electromagnética. Por su parte, el principio de prevención exige que, para adoptar esas medidas, se aporten evidencian de que el daño potencial se conoce y que existe la posibilidad de causarse.

El principio de precaución, cuyo origen reposa en el derecho alemán y su desarrollo en el derecho internacional ambiental, se contempla en diversos instrumentos internacionales de los que el Estado colombiano hace parte. Para el alto tribunal de la jurisdicción contencioso-administrativo de Colombia, el Consejo de Estado, este principio:

> "(…) no responde exclusivamente al peligro, noción que se refiere exclusivamente a una posibilidad de daño. Este responde más bien al riesgo, es decir, a un cierto grado de probabilidad de un daño, en las situaciones en que la magnitud de dicha probabilidad no se ha podido establecer con certeza" (CONSEJO DE ESTADO, SALA DE LOS CONTENCIOSO ADMINISTRATIVA, SECCIÓN PRIMERA, Sentencia de 14 de marzo de 2009. Rad 63001-23-33-000-2014-00222-01-AP).

En efecto, los estudios que se aportan al estado actual de la ciencia sobre sobre los impactos a la salud por exposición a contaminación electromagnética y radiofrecuencia aun no resultan concluyentes, pese a ello, la Agencia de Investigaciones del Cáncer de la Organización Mundial de la Salud, los sitúa como posibles carcinogénicos para el ser humano; categoría que es utilizada por este organismo cuando se tienen evidencias de asociación causal, sin ser concluyentes, pero que potencialmente muestran una probabilidad de ocurrencia de un daño (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013).

De acuerdo con GALLEGO ET AL (2014), la normatividad ambiental colombiana aún no cuenta con instrumentos de prevención de los potenciales efectos nocivos en la salud humana que provengan por la exposición a radiaciones no ionizantes emitidas desde las estaciones base de telecomunicaciones. Por ello, los operadores tenían la libertad de instalar estas antenas en lugares de acceso público como colegios, hospitales o zonas residenciales.

Sin embargo, la Corte Constitucional de Colombia en Sentencia T-1077 de 2012 constituyó un importante precedente al ordenar el desmonte de una antena instalada en el Municipio de Fresno, por el riesgo que potencialmente tenía la radiación emitida y la afectación generada a una menor de edad. En la sentencia, se instó al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que, en aplicación de este principio, ejerza un control permanente sobre la distancia prudente entre estas antenas y núcleos urbanos.

Lo anterior, puede complementarse con una futura discusión sobre la importancia de contar con jueces especializados en materia ambiental; un tema que adquiere especial relevancia debido a un aumento notable de conflictos ambientales y la falta de eficiencia en su abordaje en las últimas décadas en el país (PÉREZ-RINCÓN, 2014). En Colombia, autores como RODRÍGUEZ & VARGAS-CHAVES (2018) plantean que la normativa ambiental podría ser más efectiva y se podrían reducir los casos en los que no se alcanza la justicia ambiental, si los jueces estuvieran capacitados en temas relacionados con el medio ambiente.

La adquisición de conocimientos especializados les permitiría manejar de mejor manera la legislación y los conceptos científicos relacionados con la contaminación ambiental, entre otros aspectos, lo que les posibilitaría tomar decisiones más informadas y justas en casos ambientales (VALENCIA & MATEUS, 2022; ALZATE-MORA, RODRÍGUEZ & VARGAS-CHAVES, 2018; MINAVERRY, 2015).

De hecho, esta es una propuesta que surge como a la falta de una jurisdicción especializada, ya que los casos relacionados con la vulneración del derecho a gozar un ambiente sano se presentan ante diferentes jurisdicciones que no exigen conocimientos en ciencias ambientales (SBDAR, 2017). Es por ello que autores como VARGAS-CHAVES & GRANJA-ARCE (2018) sugieren que el principio de precaución, pese a su importancia, ha perdido legitimidad social e institucional; ya que existe un desconocimiento en la forma correcta de aplicarlo.

Para finalizar este apartado, es importante resaltar que la regulación ambiental va cambiando a medida que aparece nuevas evidencias y se imponen nuevos límites o se actualizan. En muchos casos, los resultados concluyentes de las investigaciones llegan cuando el daño ya se ha generado; por lo tanto, el principio de precaución es esencial para salvaguardar el derecho a gozar de un ambiente sano ya que permite adoptar medidas anticipatorias del riesgo para evitar daños

graves o irreversibles al ambiente, a la salud humana y, en general, en situaciones donde existe incertidumbre científica (VARGAS-CHAVES, GÓMEZ-REY & IBÁÑEZ-ELAM, 2020).

6. CONCLUSIONES

El medio ambiente sano como un interés jurídico tutelado por los Estados, se configura desde la protección del conjunto de elementos de origen natural, artificial o que fueron introducidos por el ser humano en su entorno, así garantiza su supervivencia en el planeta, y procura todos los medios para su desarrollo como especie. Este derecho a gozar de un ambiente sano contempla también todos los seres vivos e inertes con los que interactúa el ser humano.

Desde una óptica antropocéntrica, las vulneraciones que se dan sobre este derecho a gozar de un ambiente sano incluyen una amplia diversas de factores que irrumpen el objetivo de procurarnos como especie humana por nuestros propios medios un bienestar, desarrollarnos y poder aspirar a una vida en condiciones dignas. La contaminación como fenómeno que explica la introducción de elementos perjudiciales en un entorno o ambiente, ocasionando daños a todos los seres vivos que en este conviven es uno de esos factores.

Dentro de los tipos de contaminación, se clasifican varios dependiendo del tipo y el grado de afectación a ecosistemas, medios físicos o seres vivos, siendo uno de estos la contaminación electromagnética producida por la radiación no ionizante proveniente de torres de transmisión y antenas utilizadas para transmisión de radio y televisión o telefonía móvil, routers o dispositivos móviles, entre otros.

Los efectos de la radiación ionizante en la salud humana han sido ampliamente estudiados a diferencia de los efectos de la radiación no ionizante, sin embargo, los aún escasos estudios científicos que se tienen hasta la fecha indican que la radiación no ionizante puede llegar a tener efectos perjudiciales sobre la salud humana. Este escenario de incertidumbre muestra la importancia de seguir investigando acerca de los posibles riesgos de este tipo de contaminación con el fin de tener un mejor conocimiento de los impactos y así poder prevenirlos.

Los campos electromagnéticos de radiofrecuencia que emiten en un rango menor a 300 kHz han sido catalogados por la Organización Mundial de la Salud a través de la IARC como posibles carcinógenos debido a sus efectos tanto térmicos como no-térmicos en personas y seres vivos. Esta clasificación se sustenta en una correlación estadística entre la exposición a este tipo de contaminación electromagnética y alteraciones mutagénicas que se convierten en la enfermedad.

Pese a ello, no existe evidencia científica certera más allá de los estudios allegados a la IARC en esta correlación, así como de otros pocos estudios en este ámbito. Estos hallazgos, aunque no permitan aún establecer con total certeza una relación causa-efecto, si llegan a dar luces sobre la latencia de este riesgo, y del potencial el grado de afectación a la salud humana en un escenario de incertidumbre científica.

Se ha analizado, a lo largo del texto, cómo la comunidad científica y los organismos internacionales han sugerido establecer límites de exposición a las ondas de radiofrecuencia. Y aunque estas sugerencias se sustenten en la evidencia científica disponible, existen también diferentes voces que sugieren que esto podría no ser suficientes para proteger la salud de las personas. De esta forma, el principio de precaución cobra importancia a la hora de entender que, aunque no existan evidencia concluyente sobre los posibles daños a la salud a mediano y largo plazo, es importante tomar medidas que permitan minimizar la exposición y riesgo de la población.

Por supuesto que el principio de precaución no es un principio que responda en estricto sentido a la anticipación de peligro, tal como lo resaltó el Consejo de Estado, al ser esta una noción que se aborda desde la posibilidad del daño inmediato; en su lugar, el principio de precaución responde a un escenario de riesgos e incertidumbre, esto es, a un cierto grado de probabilidad de ocurrencia de un daño. Esto es algo que por lo menos un juez o autoridad ambiental deberían dimensionar en el momento de adoptar una medida precautoria sobre un factor de vulnerabilidad del derecho a un ambiente sano como es el caso de la contaminación electromagnética.

Por ello, se insiste en que, como complemento de la aplicación del principio de precaución, deben contemplarse los jueces especializados en temas ambientales como parte de la estrategia para garantizar la protección del medio ambiente en Colombia. No en vano el aumento de la conflictividad ambiental aunada a la falta de eficiencia administrativa en su abordaje, son puntos importantes en esta discusión en el país, ya que la formación de los jueces en temas ambientales

permitiría una aplicación más efectiva de la normativa ambiental; especialmente en escenarios de incertidumbre como el que plantea la contaminación electromagnética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RASSOUL, G., et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotoxicology, v. 28, n. 2, p. 434-440, 2007. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.neuro.2006.07.012

AHLBOM, Anders y; FEYCHTING, María. Electromagnetic radiation: environmental pollution and health. British Medical Bulletin, v. 68, n. 1, p. 157-165, 2003. Disponible en: https://doi.org/10.1093/bmb/ldg030

ALZATE-MORA, Daniel; RODRÍGUEZ, Gloria Amparo y; VARGAS-CHAVES, Iván. Acceso a la justicia y la participación ambiental. En: RODRÍGUEZ, Gloria Amparo (ed). Justicia ambiental en Colombia: Ejercicio participativo a través de las acciones constitucionales, p. 27-60. Bogotá: Grupo Editorial Ibáñez, 2018

BALMORI, Alfonso. Electrosmog and species conservation. Science of the Total Environment, v. 496, p. 314-316, 2014. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.061

BARRERA-MONSALVE, Oscar., & MOSQUERA-TÉLLEZ, Jemay. Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre. Revista Mutis, v. 8, n. 2, p. 57-72, 2018. Disponible en: https://doi.org/10.21789/22561498.1404

CALVENTE, Irene et al. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: a systematic review. Science of the Total Environment, v. 408, n. 16, p. 3062-3069, 2010. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.055

COLOMBIA, Comisión de Regulación de Comunicaciones. Resolución 4891 de 2016.

COLOMBIA, Consejo de Estado, Sala de los Contencioso Administrativa, Sección Primera, Sentencia de 14 de marzo de 2009. Rad 63001-23-33-000-2014-00222-01-AP

COLOMBIA, Corte Constitucional de Colombia, Sentencia T-204 de 2014

COLOMBIA, Corte Constitucional, Sentencia T-1077 de 2012

COLOMBIA, Decreto 195 de 2005

COLOMBIA, Ley 518 de 1999

COLOMBIA, Ley 99 de 1993

COLOMBIA, Ministerio de Salud y Protección Social. Diagnóstico de salud ambiental, 2013. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf

CRUZ, Víctor M. Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, v. 26, n. 1, p. 93-103, 2009. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100017

DERUELLE, Fabien. The different sources of electromagnetic fields: Dangers are not limited to physical health. Electromagnetic Biology and Medicine, v. 39, n. 2, p. 166-175, 2020. Disponible en: https://doi.org/10.1080/15368378.2020.1737811

FAGUA, Andrea Liliana; PINZÓN, Raúl Nicolás y; ROJAS Juan Diego. Efectos adversos en la salud a causa de las redes WIFI de comunicación inalámbrica. Cultura Científica, n. 14, p. 34-45, 2016. Disponible en: https://revista.jdc.edu.co/index.php/Cult_cient/article/view/37

FELIX, Marco et al. ¿Son dañinos los campos electromagnéticos generados por las telecomunicaciones? Una revisión crítica de la polémica inocuidad-riesgo a la salud pública. Memorias del X Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia, Guanajuato (México), 17 de mayo de 2013. Disponible en: https://portal.issn.org/resource/ISSN/2448-5063

FLODERUS, Birgitta, et al. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case-control study in Sweden. Cancer Causes & Control, v. 4, p. 465-476, 1993. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/BF00050866

GALLEGO, Lina María; TORRES, Javier Ignacio y; AGUDELO, Luz Elena. Análisis integral del marco normativo colombiano en materia de exposición pública a radiaciones electromagnéticas emitidas por estaciones base de telefonía móvil. Opinión Jurídica, v. 13, n. 25, p. 17-33, 2014. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-25302014000100002&script=sci_arttext

HERENCIA ESPINOZA, Silvia. La interpretación dual del principio de prevención en el ámbito administrativo ambiental minero por parte del organismo de evaluación y fiscalización ambiental en el Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER — IARC. Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic, 2013.

ISCH, Edgar. La contaminación del agua como proceso de acumulación. En: RUTGERD, Boelens, CREMERS, Leontien y ZWARTEVEEN Margreet (eds.) Justicia Hídrica. Acumulación, conflicto y acción social, p. 97-107. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2011.

LADRIÈRE, Jean. Del sentido de la bioética. Acta Bioethica, v. 6, n. 2, p. 197-218, 2000. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S1726-569X2000000200002

LUQUIN BERGARECHE, Raquel. Contaminación por radiación electromagnética en personas vulnerables: tutela preventiva y generación de otras fuentes de energía. Actualidad Jurídica Ambiental, n. 30, 28-31, 2013. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5656292

MAHMUD, Arif, et al. The Impact of Electromagnetic Pollution on Human Health and Environment: Recommendation for an Effective Regulatory Framework in Bangladesh. Ecology, Environment and Conservation, n. 28, S74-S78, 2022. Disponible en: http://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i02s.012

MILLER, Anthony B., et al. Cancer epidemiology update, following the 2011 IARC evaluation of radiofrequency electromagnetic fields (Monograph 102). Environmental Research, n. 167, 673-683, 2018. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.043

MINAVERRY, Clara. El avance de la implementación de los tribunales ambientales en América Latina. Gestión y Ambiente, n. 18, v. 2, p. 95-108, 2015. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/71186

NZAO, Anthony. Analysis, Sources and Study of the Biological Consequences of Electromagnetic Pollution. Open Journal of Applied Sciences, n. 12, p. 2096-2123, 2022. Disponible en: https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.1212145

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, Asamblea General, Resolución 76/300/2022 del 28 de julio

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. ¿Qué son los campos electromagnéticos?, 2021. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/electromagnetic-fields

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección, 2016. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures

PÉREZ-RINCÓN, Mario Alejandro. Conflictos ambientales en Colombia: actores generadores y mecanismos de resistencia comunitaria. Ecología Política, n. 48, p. 76-82, 2014. Disponible en: https://www.jstor.org/stable/43526941

REDLARSKI, Grzegorz, et al. The influence of electromagnetic pollution on living organisms: historical trends and forecasting changes. BioMed Research International, 2015, n. 234098, 2015. Disponible en: https://doi.org/10.1155/2015/234098

RODRÍGUEZ, Gloria Amparo & VARGAS-CHAVES, Iván. The participation as an imperative of democracy and environmental justice in Colombia. Mediterranean Journal of Social Sciences, n. 9, v. 6, p. 145-155, 2018. Disponible en: https://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/10339

RODRÍGUEZ, Manuel. Nuestro planeta, nuestro futuro. Bogotá: Penguin Random House, 2019.

SBDAR, Claudia. Tribunales especializados para la tutela efectiva del ambiente. La Ley, n. 81, v. 52, p. 1-2, 2017. Disponible en: https://www.justucuman.gov.ar/archivos/noticias/34/1490276313.pdf

VARGAS-CHAVES, Iván y; GRANJA-ARCE, Hugo. El principio de precaución. Bogotá: Ediciones UGC, 2018.

VARGAS-CHAVES, Iván; BETANCUR-QUICENO, Ana y; SIERRA-LÓPEZ, María Alejandra. Contaminación electromagnética. Bogotá: Editorial CECAR, 2020.

VARGAS-CHAVES, Iván; GÓMEZ-REY, Andrés y; IBÁÑEZ-ELAM, Adolfo. Contaminación electromagnética y principio de precaución de norma crepuscular a criterio jurídico vinculante. Revista Guillermo de Ockham, n. 18, v. 1, p. 53-65, 2020. Disponible en: https://doi.org/10.21500/22563202.4377

WONGKASEM, Nantakan. Electromagnetic pollution alert: Microwave radiation and absorption in human organs and tissues. Electromagnetic Biology and Medicine, v. 40, n. 2, p. 236-253, 2021. Disponible en: https://doi.org/10.1080/15368378.2021.1874976

Sobre os autores:

Iván Vargas-Chaves
Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, Colômbia
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6597-2335
E-mail: ivargas@outlook.com2335
E-mail: ivargas@outlook.com

Ana Melisa Betancur-Quiceno
Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Cundinamarca, Colômbia
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7470-7648
E-mail: ana.betancur@ugc.edu.co

Os autores contribuíram igualmente para a redação do artigo.