

**MODALIDAD DE GRADO:**

**TRABAJO DE GRADO.**

**INCIDENCIA DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA A PARTIR DE UN  
MODELO BIOLÓGICO VIVO, EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES.**

**CO-AUTORES:**

**ESTEFANÍA RAMÍREZ DUQUE**

**SAYDA LORENA RIOS TAMAYO**

**ASPIRANTES AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**TUTORES:**

**ÁNGELA MARÍA ÁLZATE ÁLVAREZ**

**CO – ORIENTADOR:**

**YEISSON GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL  
MANIZALES**

**2021**

## AGRADECIMIENTOS

El anhelo de volvernos Ingenieras Ambientales, empezó hace 5 años, en un lugar nuevo sin amigos, sin compañeros, pero a medida que transcurrió el tiempo, nos permitió conocer grandes amistades que serán para toda la vida, el sueño más grande de ser profesionales culmina hoy, siendo unas excelentes profesionales debido al empeño y acompañamiento brindando por la universidad Católica de Manizales. Hoy agradecemos a nuestros profesores, a la universidad y a nuestros compañeros y amigos por ayudarnos, apoyarnos y brindarnos una semilla para llegar al lugar donde estamos hoy.

No solo se agradece a cada persona presente, si no a nuestros padres, este sueño no lo hubiéramos logrado sin ustedes, sin el apoyo económico por parte de nuestros padres y el apoyo de nuestras madres, estando ahí presente en cada tropiezo y en cada caída que se presentó durante estos 5 años.

Agradecemos en especial a la docente Ángela María Álzate, por no rendirse en este proceso, ya que no es fácil asumir retos en los cuales se tiene conocimiento, pero aun así ella lo afrontó de gran manera y con un gran apoyo y acompañamiento; este proyecto no se hubiera podido sacar adelante sin su ayuda, sin sus palabras de aliento que cada vez que quisimos desfallecer nos recalca que ya éramos unas profesionales y que debíamos cumplir con todo. Agradecemos por acompañarnos durante todos estos 5 años porque más que una docente, se convirtió en un gran apoyo y una gran amiga. Adicional, agradecemos a nuestro co-orientador Yeisson Gutierrez, que desde la distancia se tomaba su tiempo para orientarnos y ayudarnos en nuestro proyecto, también al docente Vladimir Henao que gracias a su experiencia en este tipo de proyectos nos enfocó y orientó un poco más para el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

También agradecemos a cada uno de los docentes que nos acompañaron durante estos 5 años de carrera, nos aportaron infinitos conocimientos profesionales y personales, de cada uno de ellos nos llevamos algo. A nuestra coordinadora de programa María Fernanda Ortiz, por su carisma y su amor por lo que hace. Miles de agradecimientos.

Miles de agradecimientos a cada persona presente en nuestro proceso como ingenieras ambientales, la Ingeniera Estefanía Ramírez y Sayda Rios, agradece a la Universidad Católica de Manizales por permitirnos culminar nuestros sueños.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES .....	12
1.1	Resumen .....	12
1.2	Abstract .....	13
1.3	Introducción .....	14
1.4	Planteamiento del Problema.....	15
1.5	Justificación.....	16
1.6	Objetivos .....	17
1.6.1	Objetivo General.....	17
1.6.2	Objetivos Específicos.....	17
1.7	Marco Teórico .....	17
1.7.1	Antecedentes.....	17
1.7.2	Marco Conceptual.....	20
1.7.3	Marco Normativo.....	22
2.	METODOLOGIA .....	24
2.1.	Materiales Y Métodos .....	24
2.2.	Fase 1. Análisis Bibliométrico .....	25
2.3.	Fase 2. identificación de las zonas con más incidencia para análisis por medio de mapas de calor. ....	32
2.4.	Fase 3: Evaluación en un modelo biológico vivo .....	37
3.	RESULTADOS.....	47
3.1.	Fase 1. Análisis bibliométrico.....	47
3.2.	Fase 2. identificación de las zonas con más incidencia para análisis por medio de mapas de calor. ....	52
3.3.	Fase 3: Evaluación en un modelo biológico vivo .....	65
4.	CONCLUSIONES .....	81
5.	RECOMENDACIONES.....	83
	BIBLIOGRAFÍA .....	84

## TABLA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Fase de Metodología.....	25
Ilustración 2 Página principal de Scopus.....	26
Ilustración 3 Campos de Búsqueda.....	26
Ilustración 4 Resultados obtenidos.....	27
Ilustración 5 Descarga documentos.....	28
Ilustración 6 Rstudio - Consola.....	28
Ilustración 7 Comando 1.....	29
Ilustración 8 Comandos.....	29
Ilustración 9 Bibliometrix.....	30
Ilustración 10 Data.....	31
Ilustración 11 Tablas ubicación antenas.....	32
Ilustración 12 Localización de antenas.....	33
Ilustración 13 Programa para la toma de datos.....	34
Ilustración 14 Software para los mapas de calor.....	35
Ilustración 15 Google Earth Pro mapa Manizales.....	35
Ilustración 16 Ubicación de datos.....	36
Ilustración 17 Localización de los puntos obtenidos.....	36
Ilustración 18 Tabla de atributos en MHz.....	37
Ilustración 19 Hormiguero.....	38
Ilustración 20 Cámara de Forrajeo.....	38
Ilustración 21 Hormiguero conexión a la Cámara de forrajeo.....	39
Ilustración 22 Tubo Router.....	40
Ilustración 23 Tubo Microondas.....	40
Ilustración 24 Antena Chipre Colonizadores.....	52
Ilustración 25 Frecuencia Antena Chipre Colonizadores.....	53
Ilustración 26 Antena Chipre Bellas artes.....	53
Ilustración 27 Frecuencia Antena Chipre Bellas artes.....	54
Ilustración 28 Antena Plaza de toros C.....	54
Ilustración 29 Frecuencia Antena Plaza de Toros C.....	55
Ilustración 30 Antena Plaza de toros M.....	55
Ilustración 31 Frecuencia Antena Plaza de Toros C.....	56
Ilustración 32 Antena Plaza de toros Peñol.....	56
Ilustración 33 Frecuencia Antena Plaza de toros Peñol.....	57
Ilustración 34 Antena Centro Carrera 23.....	57
Ilustración 35 Frecuencia Antena Centro Carrera 23.....	58
Ilustración 36 Antena Plaza 51.....	58
Ilustración 37 Frecuencia Antena Plaza 51.....	59
Ilustración 38 Antena Triangulo.....	59
Ilustración 39 Frecuencia Antena Triangulo 1.....	60

Ilustración 40 Antena Triangulo M.....	60
Ilustración 41 Frecuencia Antena Triangulo M .....	61
Ilustración 42 Antena Zona Refrescante .....	61
Ilustración 43 Frecuencia Antena Zona Refrescante .....	62
Ilustración 44 Antena Redentoristas .....	62
Ilustración 45 Frecuencia Antena Redentoristas.....	63
Ilustración 46 Mapa de Calor Manizales. ....	64
Ilustración 47 Mapa de Calor tonalidades. ....	65
Ilustración 48 Tubo 1 Router 10 minutos .....	71
Ilustración 49 Tubo 1 Router 20 minutos .....	72
Ilustración 50 Tubo 1 Router 30 minutos .....	72
Ilustración 51 Exposición vs movimiento Router.....	73
Ilustración 52 Tubo 2 Microondas 10 minutos .....	73
Ilustración 53 Tubo 2 Microondas 20 minutos .....	74
Ilustración 54 Tubo 2 Microondas 30 minutos .....	74
Ilustración 55 Exposición vs movimiento microondas.....	74
Ilustración 56 Tubo 3 Televisor 10 min.....	75
Ilustración 57 Exposición vs movimiento televisor.....	75
Ilustración 58 Promedio exposición vs movimiento.....	76
Ilustración 59 Hormiguero 24 Horas despues.....	77
Ilustración 60 Hormiguero 48 horas después.....	77
Ilustración 61 Hormiguero 72 horas después.....	78
Ilustración 62 Hormiguero 96 horas después.....	78

# CAPITULO I

## GENERALIDADES



## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Resumen

Las antenas electromagnéticas presentes en la ciudad de Manizales, se encuentran divididas por zonas donde normalmente es recurrente el paso de personas y animales, estas antenas generan grandes frecuencias de ondas electromagnéticas siendo estas una grave afectación tanto para los seres humanos como también para la fauna presente en el lugar.

Por ende, este trabajo tuvo como finalidad analizar el cambio de comportamiento y la alteración al medio ambiente que se presenta al estar expuesto por antenas electromagnéticas instaladas en toda la ciudad de Manizales y también por ondas electromagnéticas generadas por aparatos eléctricos recurrentes en los hogares.

Se tiene información científica, donde se evidencia la alteración y el riesgo que influye en el ser humano causado por las radiaciones electromagnéticas; dichos estudios han revelado resultados dentro de los cuales se observa que las personas que tienen mayor cercanía a estos puntos, sufren de diferentes tipos de cáncer, por tal motivo, si en las personas presenta riesgos en su salud, en los ecosistemas presentes en las zonas de mayor incidencia también presenta riesgos.

En este proyecto se tuvo en cuenta el estado del arte de la contaminación electromagnética, siendo enfocado a la normativa existente de los límites y distancias de instalación e incidencia que debe presentarse de torre a torre; el campo de radiación se midió con equipos técnicos, los cuales permitieron la toma de datos y posterior a esto realizar mapas de calor con el software Qgis, el cual reconoce los datos con tonalidades, siendo el verde con menor afectación y el rojo con mayor afectación y así se pudo identificar cuáles son las zonas en la ciudad de Manizales que presentan mayor radiación electromagnética y cuáles de estas zonas presentan alteraciones, cambios y efectos en un modelo biológico como las hormigas.

Como segunda medida, teniendo en cuenta cuales son los aparatos electrónicos más comunes en los hogares, se llevó a cabo un estudio de campo, donde fueron las hormigas nuestro modelo biológico, tomando muestras con cada una de ellas en diferentes aparatos electrónicos, exponiéndolas a radiaciones e identificando los cambios que sufren por diferentes niveles de radiación a diferentes tiempos de exposición; así se pudo identificar los aparatos electrónicos y el tipo de frecuencia más vulnerables para los ecosistemas, afectando la salud y debilitando la calidad de nuestro modelo biológico.

**Palabras Clave:** Alteración al medio ambiente, antenas electromagnéticas, radiación, estado del arte, mapas de calor, modelo biológico, normativa electromagnética.



## 1.2 Abstract

The electromagnetic antennas present in the city of Manizales, are divided by areas where the passage of people and animals is normally recurrent. These antennas generate high frequencies of electromagnetic waves being these a serious affectation for humans as well as for the fauna present in the place.

Therefore, this work aimed to analyze the behavioral change and the alteration to the environment that occurs when exposed by electromagnetic antennas installed throughout the city of Manizales and also by electromagnetic waves generated by electric apparatuses devices recurrent electricity in households.

Scientific information is available, showing the alteration and the risk that influences the human being caused by electromagnetic radiation; these studies have revealed results within which it is observed that people who are closer to these points, suffer from different types of cancer, so if people are at risk for their health, the ecosystems present in the areas with the highest incidence also present risks.

This project took into account the state of the art of electromagnetic pollution, being focused on the existing regulations of the limits and distances of installation and incidence to be presented from tower to tower; the radiation field was measured with technical equipment, which enabled data capture and subsequent heat mapping with Qgis software, which recognizes data with tonalities, with the least affected green area and the most affected red area, so it was possible to identify which areas in the city of Manizales have the most electromagnetic radiation and which of these areas are affected, changes and effects in a biological model like ants.

As a second measure, considering which are the most common electronic devices in homes, a field study was carried out, where ants were our biological model, taking samples with each of them in different electronic devices, exposing them to radiation and identifying the changes they suffer from different levels of radiation at different exposure times, thus identifying the most vulnerable electronic equipment and frequency type for ecosystems, affecting health and weakening the quality of our biological model.

**Keywords:** Alteration to the environment, electromagnetic antennas, radiation, state of the art, heat maps, biological model, electromagnetic regulations.



### 1.3 Introducción

A medida que el hombre busca su evolución, implementa nuevas medidas para tener una vida más amena, sin embargo, toda esta evolución ha dejado a un lado los riesgos que puede causar para su salud humana y para el medio ambiente. La creación de electrodomésticos y equipos móviles, han generado una gran controversia, ya que las tecnologías implementadas en las antenas de señal móvil causan grandes riesgos para la salud humana, a partir de los estudios generados, se ha podido comprobar que dichas antenas, causan o estimulan la generación de cáncer en los seres humanos. A partir de dichos, que crean las incógnitas de cuáles serán las alteraciones que estas pueden representar al medio ambiente, teniendo en cuenta, que, si las personas se pueden enfermar, el medio ambiente puede sufrir grandes cambios o representar alteración.

El estudio realizado, evidencia que las antenas de señal móvil ubicadas en la ciudad de Manizales pueden generar riesgos al medio ambiente, en este caso, para las hormigas, fuente de estudio, se identificó que, al ser expuestas a diferentes ondas electromagnéticas, su comportamiento cambio notoriamente a tal punto de no volver a comer y por tal razón, empezar a atacarse entre ellas. Al final del estudio realizado, aproximadamente de 7 meses identificando y visualizando el comportamiento de las hormigas, solo quedo la reina en el hormiguero, el resto, se fue muriendo y así se logró identificar que después del mes de mayo que se expusieron que su cambio de comportamiento fue notorio, dejando la comida y cambiando sus movimientos en el hormiguero.

Se puede concluir que los avances de tecnologías son de gran importancia en la vida del ser humano pero el medio ambiente es vital para este, por tal razón, cada implementación de nuevas tecnologías deben enfocarse en reducir y minimizar al máximo la contaminación que pueden generar, así se lograra tener un equilibrio en el medio ambiente y en la evolución del ser humano, cabe destacar que las hormigas son individuos muy pequeños y que a partir de esto pueden tener mayor alteración, pero la gran pregunta es, si al ser humano, estimula la generación de cáncer, que enfermedades o que alteración pueden sufrir los animales de un tamaño mayor.

## 1.4 Planteamiento del Problema

La problemática que se presenta hoy en día frente a la radiación electromagnética, es un tema al cual no se le presta la suficiente atención a con la comparación con los demás problemas ambientales que existen en el ambiente, por ejemplo, con la problemática que hay frente a las fuentes hídricas, contaminación atmosférica, contaminación acústica y entre otras. La radiación electromagnética es un tema al cual no se le han realizado los suficientes estudios para conocer que comportamiento o que alteraciones sufren los seres vivos al estar expuestos al tipo de ondas que se emiten por la radiación que cada día es más grande y causa grandes problemas al ambiente.

Las energías electromagnéticas que cubren las amplias áreas de las ciudades y territorios son uno de los principales factores por lo que se están extinguiendo animales, en especial insectos que son imprescindibles en la cadena de alimentación y cuya desaparición podría ocasionar una catástrofe medioambiental.

El problema surge, a partir de la actividad humana, “la infraestructura de las telecomunicaciones introduce unos campos electromagnéticos artificiales con una potencia superior y que cambian con el tiempo, lo que provoca enfermedades.

La transformación de las tecnologías ha presentado un incremento tecnológico irresponsable en la sociedad, ya que esto no afecta solo a los seres humanos sino también al resto de los seres vivos del entorno natural, plantas y animales. Existen diferentes experimentos y equipos para medir esta contaminación en lugares específicos donde las fuentes de radiación son muy altas, por ejemplo, antenas Wifi, Bluetooth y celulares móviles, por el momento no se ha desarrollado un modelo biológico que permite estudiar el impacto que las radiaciones electromagnéticas tienen en unos los insectos, ya que estos son los más propensos a verse afectados ya que pierden su orientación. Por esto se decide realizar la investigación del proyecto en una especie animal, y en qué zonas se tiene más incidencia esta contaminación en la ciudad de Manizales por medio de un mapa de riesgo.

### PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Qué niveles de contaminación electromagnética hay en la ciudad de Manizales?

¿Qué incidencia tiene la contaminación electromagnética en el comportamiento de las hormigas?

## 1.5 Justificación

La exposición a campos electromagnéticos es relativa y universal ya que en el medio que vivimos abundan de una manera natural. Los campos eléctricos que se producen por la acumulación de cargas en zonas de la atmosfera por efecto de diversas tormentas y el campo magnética que se crea en la tierra son ejemplos claro de origen natural. Los campos electromagnéticos creados de forma artificial también son muy comunes y abundantes, los electrodomésticos en los hogares, sistemas de transmisión y distribución eléctrica.

Los últimos años, el grande y rápido desarrollo de tecnologías de telecomunicación por radiofrecuencia y microondas han generado en la comunidad científica grandes debates sobre los impactos en la salud de las personas estando expuestas a estos campos electromagnéticos, desde esto se han desarrollado múltiples estudios sobre campos electromagnéticos de muy baja frecuencia y su asociación con distintos efectos en la salud.

La preocupación social sobre los efectos en la salud derivados de la exposición a campos electromagnéticos es cada vez mayor, no solo para los seres humanos, sino también para diferentes especies animales que resultan propensos a sufrir alteraciones en su organismo por culpa de estas ondas electromagnéticas. Existen varias razones que pueden explicar esta preocupación, una de ellas son los riesgos intangibles, estos campos no se pueden ver, ni oler, ni sentir. La exposición a ondas electromagnéticas se percibe como un riesgo invisible que debe ser controlado por autoridades sanitarias y departamentales.

Esta preocupación genera una alta demanda de información en la población. Las informaciones alarmistas crean rechazo y desconfianza. Esta desconfianza es mayor en lo que se refiere a especies animales, especialmente insectos y su exposición a campos electromagnéticos procedentes de móviles y dispositivos wifi que se encuentran instalados en cualquier parte del mundo.

En este proyecto se ha recopilado el conocimiento sobre los campos electromagnéticos y las ondas que estos generan, los efectos que esto tiene en la especie de insectos con el objetivo de generar respuestas a las dudas que se plantean desde el punto de vista ingenieril, ya que el avance de las tecnologías tiene una afectación indirecta hacia el medio ambiente.

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo General

Medir los niveles de contaminación de la radiación electromagnética que se genera en el municipio de Manizales y su incidencia en las especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae), y su aplicación en un modelo biológico.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el estado del arte de la contaminación electromagnética (Normativa – estudios previos)
- ✓ Elaborar mapas de calor de las zonas de Manizales de mayor incidencia electromagnética
- ✓ Evaluar el efecto del electromagnetismo en un modelo biológico.

## 1.7 Marco Teórico

### 1.7.1 Antecedentes

Según Johnsen y Lohmann (2008), varios experimentos han demostrado que diversos animales pueden detectar el campo magnético desde abejas, tortugas marinas y aves, tienen brújulas internas. Estas brújulas las utilizan para poder ubicar su posición. Ciertas especies son migratorias, las fuerzas de inclinación del campo de la tierra las ayuda a determinar su posición.

Gracias a los tres mecanismos principales que se han propuesto que son inducción electromagnética, ferromagnetismo y reacciones químicas que implican pares de radicales, se puede basar en estudios por ejemplo en la inducción electromagnética tiene las capacidades electro receptoras para especies marinas, los ferromagnético en la interacción de los materiales de campos magnéticos y el mecanismo de radical libre el aislamiento relativo eficiente de los giros electrónicos y nucleares. (Johnsen, Lohman, 2008).

Los pocos experimentos que se han desarrollado se han basado en capacitar a los animales para que den unas respuestas a la presencia de diferentes gradientes de campos electromagnéticos locales generados por electroimanes. Además, según Michael Walker los comportamientos magnéticos son la inducción electromagnética responsable. Es posible que los animales de agua dulce y terrestres tengan mecanismos de inducción que están basados en barras o conductores internos, como los circuitos neutrales. Los animales usan la magnetorecepción para sentir a que dirección van y saber que es “hacia abajo” y poderse mover por lo más profundo y con menos

oxígeno. Salvatore Bellini en el 1963 descubrió la magnetotaxis en ciertas bacterias que llevo a la detección de magnética en diferentes especies magnetoreceptoras como las abejas, aves, salmones y tortugas marinas.

La biología y la ecología por la expansión que ha tenido los últimos 20 años, Indican según las pruebas que la exposición de los niveles de radiación electromagnética que se encuentra el medio ambiente cerca de estaciones bases, alteran los órganos receptores que permiten que se orienten en el campo magnético de la tierra. Estos resultados tienen grandes consecuencias para las aves e insectos migratorios, especialmente en zonas urbanas. (Balmori, 2015).

Diferentes grupos de animales son sensibles a los campos electromagnéticos de baja frecuencia, y muchas especies con órganos receptores están provistos de importantes señales de orientación de los campos eléctricos naturales (Kalmijn, 1988). Los abejorros pueden interactúan con los campos eléctricos y la detección de campos eléctricos que constituye un potencial importante en su sensorialidad. La percepción de los campos eléctricos débiles por abejas en la naturaleza, lo que debe considerarse junto con la visión y olfato, puede tener un valor adaptativo (Clarke et al., 2013). Una el campo magnético estático afecta los ritmos circadianos, el magneto sensibilidad y la orientación de los insectos a través de cripturas, y un prolongado debilitamiento. La aplicación del campo geomagnético afecta al sistema inmunológico de las ratas (Romano y Tombarkiewicz, 2009; Yoshii y otros, 2009).

Una brújula magnética parece estar presente entre los animales. Esto se demostró por primera vez en la migración de aves, aprovechando el comportamiento espontaneo, durante esta temporada el impulso de los migrantes para moverse en dirección migratoria fue tan fuerte que incluso en el cautiverio los pájaros se dirigieron a sus jaulas en la dirección respectiva. Cuando se prueba el campo geomagnético las especies migrantes mostraron fuerte preferencias por su dirección migratoria apropiada. Probado en el campo experimental de igual intensidad las aves alteraron sus cabezas y preferían la dirección que les correspondía el mismo curso magnético (izquierda, centro). (Wiltschko, 1995).

Todas las especies mencionadas usan una inclinación “brújula”. Sin embargo, este no es el único tipo de brújula magnética que se encuentra en los animales. Las tortugas marinas poseen una brújula de inclinación como los pájaros (Lohmann, 1993), mientras que el salmón y roedores tienen una “brújula de polaridad” basada en la polaridad de las líneas de campo que apuntan al suelo y hacia el ecuador. Las salamandras utilizan ambos tipos de mecanismos, una brújula de inclinación para la orientación hacia la costa y una brújula de polaridad para la orientación hacia el hogar (Phillips, 1986).

Los estudios frente a la comprensión de los mecanismos de navegación direccional en los insectos migratorios han avanzado, la brújula magnética no ha sido aclarada en diferentes especies, sin embargo, en el año 2017 diferentes científicos desarrollaron un sistema de simulación de vuelo para estudiar la direccionalidad de vuelo en una especie como el gusano cogollero migratorio en respuesta a los campos electromagnéticos. Las polillas del gusano fueron expuestas a un extremo

de 500nT de un campo magnético débil y sometido a pruebas de vuelo. Las polillas del gusano respondieron al cambio de la intensidad y dirección de los campos magnéticos, esto proporciono una dependencia de la brújula que estas especies presentan. Estas polillas se encontraban desorientadas, con vectores de vuelo con una varianza de 0,60 que en un campo geomagnético es de 0,32. En la exposición a 1,8T, los vectores del vuelo se desplazaron  $105^\circ$  comparados con los del campo geomagnético, estas direcciones variaban con la dirección del campo magnético. En el campo magnético sur-norte y este-oeste se determinaron ángulos de vuelo de  $98,9^\circ$  y  $166,3^\circ$ , y los ángulos producidos fueron  $12,66^\circ$  y  $6,10^\circ$ . (J. Xu, W. Pain, Y. Zhang, Y.Li, G. Wan, F. Chen, G. Sword & B. Weidong. 2017).

Los campos electromagnéticos están aumentando y han dado lugar a un debate considerable sobre sus efectos adversos a la salud humana y animal. Estudios han demostrado que la exposición crónica a los campos electromagnéticos actúa como un factor de estrés para especies como los mamíferos que pueden presentar una pérdida de memoria, estrés, comportamiento de ansiedad y comportamiento similar a la depresión. Sin embargo, muy pocos estudios han dado respuesta clara si los campos electromagnéticos a intensidades más altas que son emitidos por las líneas eléctricas, pueden afectar a los insectos (S. Shepherd, MAP lima, EE Oliveira, SM Sharkh, CW Jackson & PL Newland, 2018).

Recientes estudios realizados en Brasil por la Universidad Southampton se pudo demostrar especies que como las abejas son grandes e importantes polinizadores y que diariamente se encuentran expuestas a campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja de 50Hz, causa efectos biológicos, pero estos son pocos conocidos. Estos efectos biológicos en esta especie de invertebrados afectan el aprendizaje olfativo de las abejas, el vuelo, la actividad de forrajeo y la alimentación. Se descubrió que la exposición a ELF EMF reduce el aprendizaje, altera la dinámica de vuelo, reduce el éxito de vuelos de forrajeo hasta fuentes de alimento y alimentación (S. Shepherd, MAP lima, EE Oliveira, SM Sharkh, CW Jackson & PL Newland, 2018).

En el año 2013 Dilek Pandir decidió exponer larvas a campos electromagnéticos bajos de 50Hz en diferentes periodos de tiempo (3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Las ondas electromagnéticas que se emiten por estos campos causando un aumento de daño en el ADN, edad y demostrando esto usaron el ensayo cometa con su parámetro que incluyen el porcentaje de ADN de la cola, la longitud de la cola y la colacincha de la larva (D. Pandir, 2013).

Se sabe que los campos magnéticos afectan el comportamiento de las hormigas. Se ha demostrado según estudios que las hormigas del género *Solenopsis* son sensibles a los campos magnéticos. En el artículo publicado por Springer Science del año 2012 se estudió la orientación espontanea de las hormigas en forma circular, se estudió en condiciones magnéticas diferentes: en el campo geomagnético natural y bajo un campo magnético alterado, con el eje geomagnético horizontal desplazado en  $90^\circ$ . Los resultados mostraron que las hormigas cambian constantemente su dirección cuando el campo magnético se altera (Lopez. E, Wajnberg. E, Esquivel. D, Barros. E & Acosta., D, 2012).

Es interesante la existencia de material magnético en el cuerpo de las hormigas del género *solenopsis*, cuando se considera la hipótesis ferromagnética de la magnetorecepción. Esta establece que los campos magnéticos pueden ser transducidos por seres vivos utilizando la interacción entre los sensores de campo magnético y nanopartículas magnéticas. (Lohmann & Johnsen, 200).

En el año 1997 se realizó un experimento con diferentes colonias de laboratorio de hormigas del género *Solenopsis*, aplicando campos electromagnéticos (Slowik, 1997). Se pudo observar que las hormigas obreras depositaban larvas cerca de la fuente del campo, pero este comportamiento no se pudo observar cuando se usó un campo magnético estático. Los experimentos de Anderson y Vander Meer en el 1993 y Slowik en el año 1997 mostraron que esta especie de hormigas son sensibles a cambios locales del campo geomagnético.

### 1.7.2 Marco Conceptual

En el planteamiento del problema, se hace referencia a diversos estudios enfocados a la alteración que se presentan en las personas por encontrarse cerca o en contacto directo con las fuentes de radiación electromagnética; en este caso las antenas de señal móvil. Estos estudios han demostrado que los riesgos en la salud son bastante altos como lo es llegar a producir o estimular el cáncer en una persona, sin embargo, los estudios se enfocan directamente en el riesgo humano, dejando a un lado nuestro ecosistema.

Uno de nuestro sostén de vida, es el ecosistema, fuente que nos permite adquirir servicios para nuestra comodidad, por lo tanto, este debe ser una fuente de estudio permitiendo conocer así los riesgos que puede presentar si se encuentra expuesto a la radiación. Pocos estudios demuestran la alteración que sufren ciertos modelos biológicos que se guían por medio de transferencia de información, viéndose afectada o alterada por las radiaciones electromagnéticas que son provenientes de las antenas de las fuentes móviles.

La contaminación electromagnética se genera por emisiones de ondas electromagnéticas de equipos electrónicos, por esto el uso de estos equipos y las radiaciones han incrementado la contaminación de acuerdo a los rangos de frecuencia que expongan los equipos. Esta contaminación electromagnética es la suma de todas las emisiones de ondas del entorno, convirtiéndose en una sola onda electromagnética la que afecta el ecosistema.

Nuestro ecosistema se encuentra conformado por poblaciones y comunidades de diferentes especies, para este caso es importante identificar nuestro modelo de estudio como una población ya que solo se va a trabajar con hormigas con los mismos factores ambientales y la mezcla de alguna de ellas, el estudio de esta población se llevará a cabo por medio de un modelo biológico el cual permitirá tener una explicación de los fenómenos que representan a las hormigas y como



se usara como una herramienta explicativa de acuerdo a los comportamientos que presenten las hormigas al estar expuestas a las ondas electromagnéticas.

Las poblaciones de las hormigas son sensibles a los campos electromagnéticos de baja frecuencia y sus órganos receptores están provistos a señales de orientación por los campos eléctricos naturales (Kalmiji,1988). Los animales usan la dirección del campo magnético como una brújula y la intensidad de este campo la utilizan como un componente de navegación con reacciones dependientes de la luz.

El campo geomagnético representa una fuente fiable de información de navegación. Esta información es de dos tipos: el vector magnético que proporciona información a los animales de la dirección que se puede utilizar como brújula y la intensidad total o inclinación que puede brindar información que se utiliza como un componente del “mapa” que indica la posición. La orientación de la brújula magnética significa las direcciones que pueden determinar con ayuda del campo magnético, las direcciones que pueden ser tomadas a la observación de un animal que responda al cambio en el norte magnético y su rumbo.

En este proyecto se busca identificar que áreas de la ciudad de Manizales presenten mayor afectación por la radiación electromagnética procedente de las antenas móviles, este análisis será realizado por medio de mapas de calor; tomando una serie de datos con las herramientas que suministran los niveles de radiación, estos datos serán transformados en la herramienta de QGIS, donde se podrán visualizar los mapas de calor y los puntos que tienen mayor intensidad en Manizales.

QGIS permite realizar una interpolación, la cual se identificará por medio de diferentes tonalidades, visualizando cual zona presenta más radiación con una tonalidad de color rojo, así mismo se presentará tonalidad de color naranja para las zonas con radiaciones media y tonalidad verde para las zonas que no presentan riesgos, ni alteraciones. Esta herramienta permite transformar los datos obtenidos durante el proceso de monitoreo transformarlos en los mapas de calor correspondientes.

Posterior a esto, se añaden los datos, transformados en puntos y se carga el mapa de Manizales, así se analiza como primera medida, la cantidad de datos tomando durante el proceso y la cantidad de zonas que pueden sufrir alteraciones en el ecosistema a causa de la radiación, se organizan por medio de los colores dependiendo de los valores obtenidos. Estos se clasifican por intervalos geométricos, se clasifican rampa de colores (de verde a rojo); así mismo se obtendrán las marcas de las zonas que presentan más radiaciones y las zonas que presentan menos radiación.

### 1.7.3 Marco Normativo

Aunque existe normativa relacionada con la instalación y la seguridad humana frente a la radiación electromagnética presentada por diferentes antenas, no deja de presentar riesgo para la salud, pues diversos estudios han identificado que esta radiación electromagnética procedente de diferentes campos, afecta notoriamente la salud ocasionando cancer en las personas, sin embargo no hay demasiadas fuentes en las cuales se identifique la afectación que presentan estas torres que generan radiación electromagnética al ecosistema; por esto se lleva a cabo el siguiente proyecto.

Se identificará la normativa vigente de límites de instalación de las torres de comunicación en la ciudad de Manizales y sus alteradores:

- El Decreto 195 de 2005 Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones. (República de Colombia, Ministerio de Comunicaciones 2005).
- Decreto 1469 DE 2010 (abril 30) Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones. (Compilado por el Decreto 1077 de 2015). (Gestor Normativo- Presidente de la Republica de Colombia 2010).
- PROYECTO DE LEY No. 102 DE 2013 “Por medio de la cual se dictan lineamientos básicos para prevenir la contaminación electromagnética y se dictan otras disposiciones”. (Congreso de Colombia 2013)

## CAPITULO 2

### METODOLOGIA



## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Materiales Y Métodos

#### Materiales

- Fase I, Análisis Bibliométrico, los materiales empleados para la investigación fueron: La base de datos Scopus, El software Bibliometrix con R Studio y el software de Word para realizar el análisis.
- Para la fase II, la investigación de las zonas con más incidencia electromagnética en la ciudad de Manizales, se empleó la información recolectada por el profesor Vladimir Henao Céspedes, en la cual suministraba localización de las antenas de comunicación en la ciudad de Manizales, analizador de espectro de tiempo real portátil, para esto se debe instalar Tektronix RSAmap y el software de QGIS para la elaboración de los mapas de calor.
- Fase III, La evaluación en un modelo biológico, los materiales implementados son: Hormigas del género *Solenopsis*, Pinzas y Hormiguero, Alimentación para las hormigas (larvas), para el análisis de las hormigas se implementaron, Microondas, Router y Televisión.

#### Tipo de investigación

Esta investigación es de índole cuantitativo y cualitativa caracterizada por ser investigación aplicada científica y tecnológica, dado que ésta: tiene fines predictivos, encargándose de estimar comportamientos de las variables de interés (Comportamiento de las hormigas) y generar conocimientos útiles y pertinentes con respecto a las mismas, con el fin de impulsar un impacto positivo en el sector ambiental y en el departamento, a través de la apropiación del conocimiento generado.

#### El proyecto se desarrolló en tres fases:

Fase I: Análisis Bibliométrico.

Fase II: identificación de las zonas con más incidencia para análisis por medio de mapas de calor.

Fase III: Evaluación en un modelo biológico vivo (hormigas).

## Métodos

Para llevar a cabo el presente trabajo de grado, fue necesario diseñar una metodología, la cual consiste en tres fases principales:

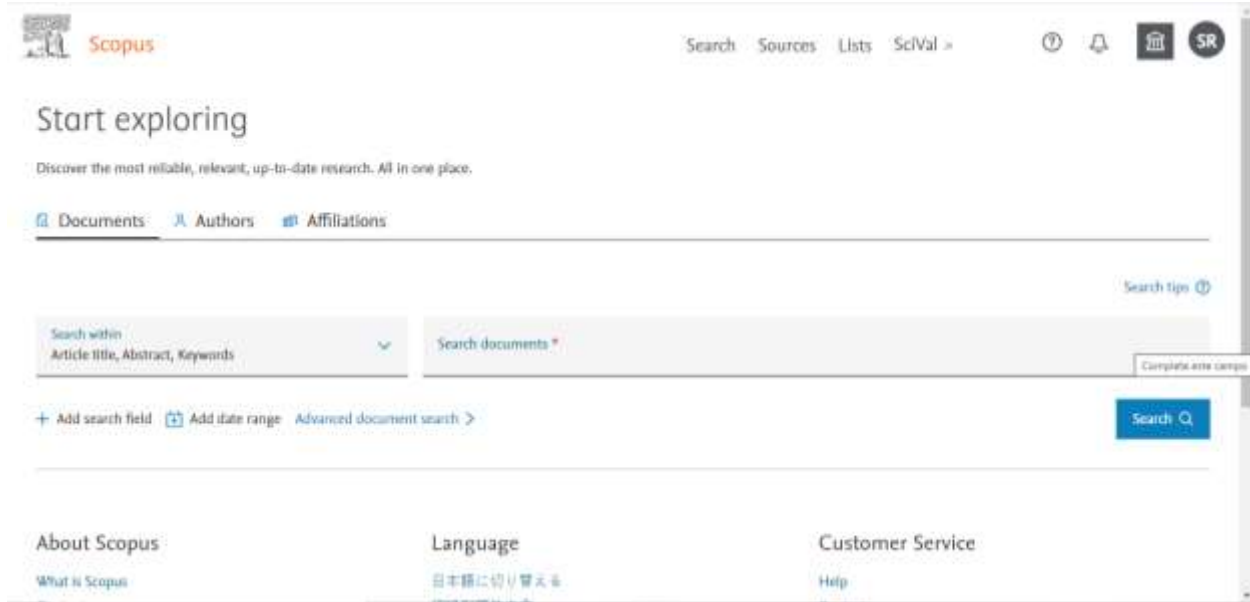


**Ilustración 1 Fase de Metodología**

### 2.2. Fase 1. Análisis Bibliométrico

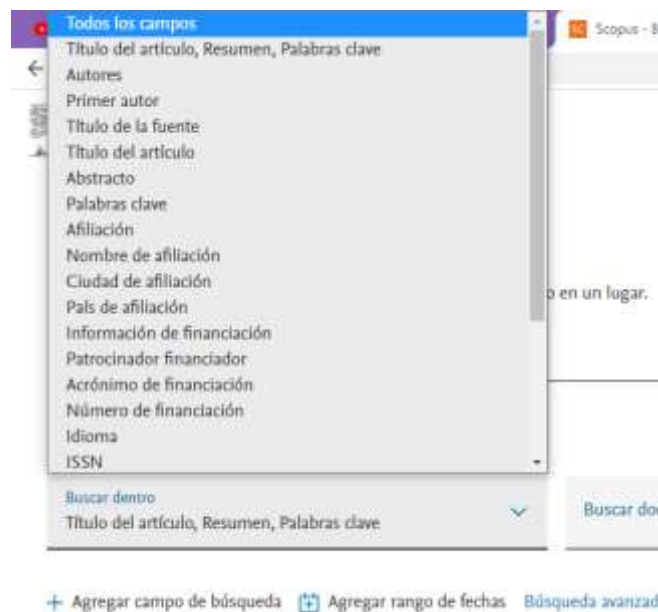
Para la realización de la fase I, se implementó la plataforma Scopus, la cual permite la búsqueda de documentación relacionada con el tema de interés, en este caso la contaminación electromagnética; esta plataforma, permite buscar documentos como revistas, artículos, ensayos, revisiones, capítulos de libros, notas, entre otras, lo cual complementa en gran medida la búsqueda, a partir de los documentos obtenidos, se realiza una filtración, la cual permite tener documentación exacta de la contaminación electromagnética y los experimentos realizados a través del tiempo.

La primera acción a realizar en la base de datos de Scopus, es crear una cuenta para poder usar sus diferentes herramientas.



**Ilustración 2** Página principal de Scopus.

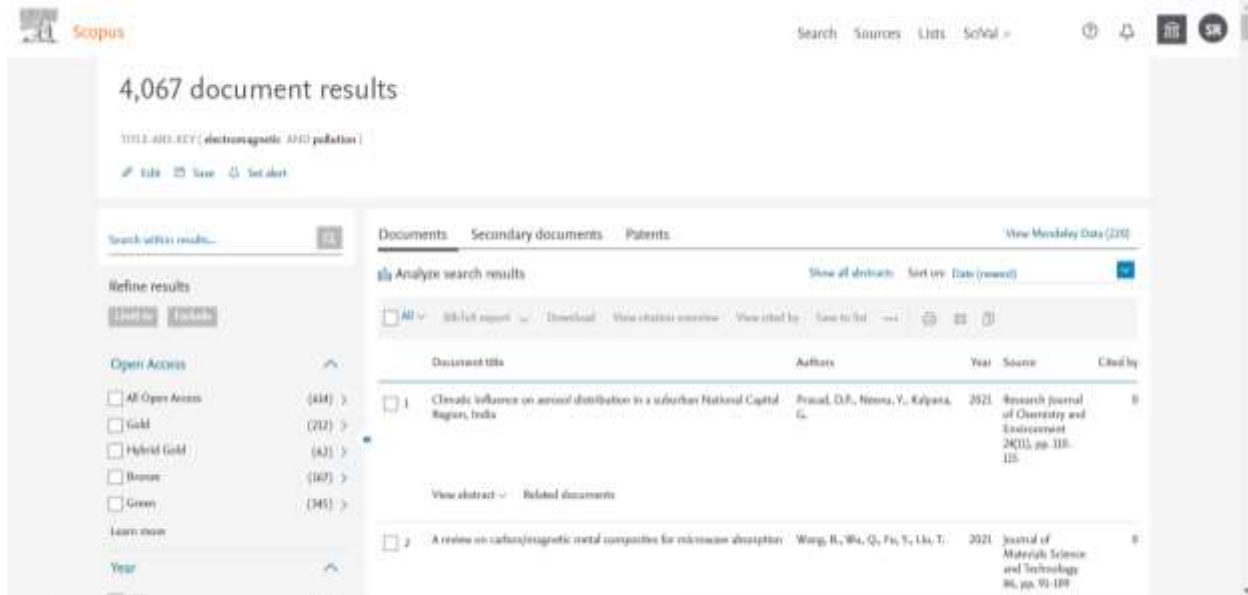
En la ilustración se puede ver la página principal que arroja Scopus, después de ingresar con el usuario, en esta parte se ingresa la ecuación de búsqueda, se puede seleccionar en Buscar Dentro, allí se encuentran diversas opciones de búsqueda como



**Ilustración 3** Campos de Búsqueda.

De acuerdo a los filtros que se deseen poner, la búsqueda será limitada o abierta, en la parte de la ecuación de búsqueda, se pueden usar operadores booleanos, los cuales permiten limitar la busca o restringir que se desea que se obtengan como resultados. La ecuación que se implementa debe

estar en inglés, para obtener resultados, al introducir palabras en español automáticamente el resultado obtenido será error.



Scopus

4,067 document results

TITLE AND KEY (electromagnetic AND pollution)

Search Sources Lists Select

Search within results

Refine results

Open Access

All Open Access (314) >

Gold (202) >

Hybrid Gold (62) >

Bronze (167) >

Green (145) >

Learn more

Year

Documents Secondary documents Patents View Metadata Data (210)

Analyze search results Show all abstracts Sort by Date (newest)

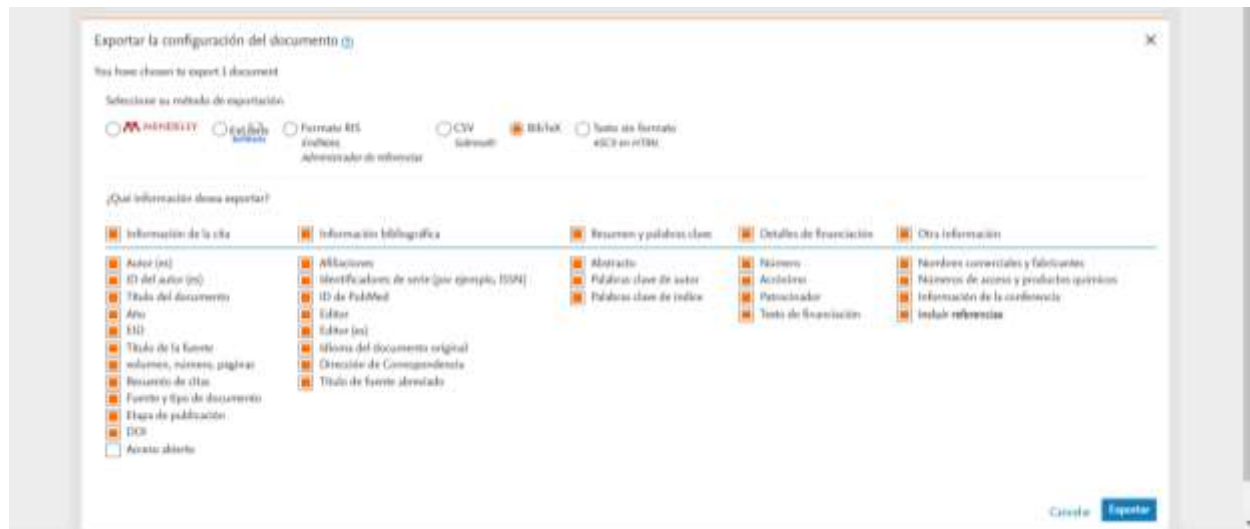
All Full text export Download View citation overview View cited by Save to list

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Climate influence on aerosol distribution in a suburban National Capital Region, India	Prasad, D.P., Nimesh, Y., Kalpana, G.	2021	Research Journal of Chemistry and Environment 24(1), pp. 118-119	0
View abstract > Related documents				
2 A review on carbon/graphitic metal composites for microwave absorption	Wang, B., Wu, Q., Fu, Y., Liu, T.	2021	Journal of Materials Science and Technology 86, pp. 93-101	0

**Ilustración 4 Resultados obtenidos.**

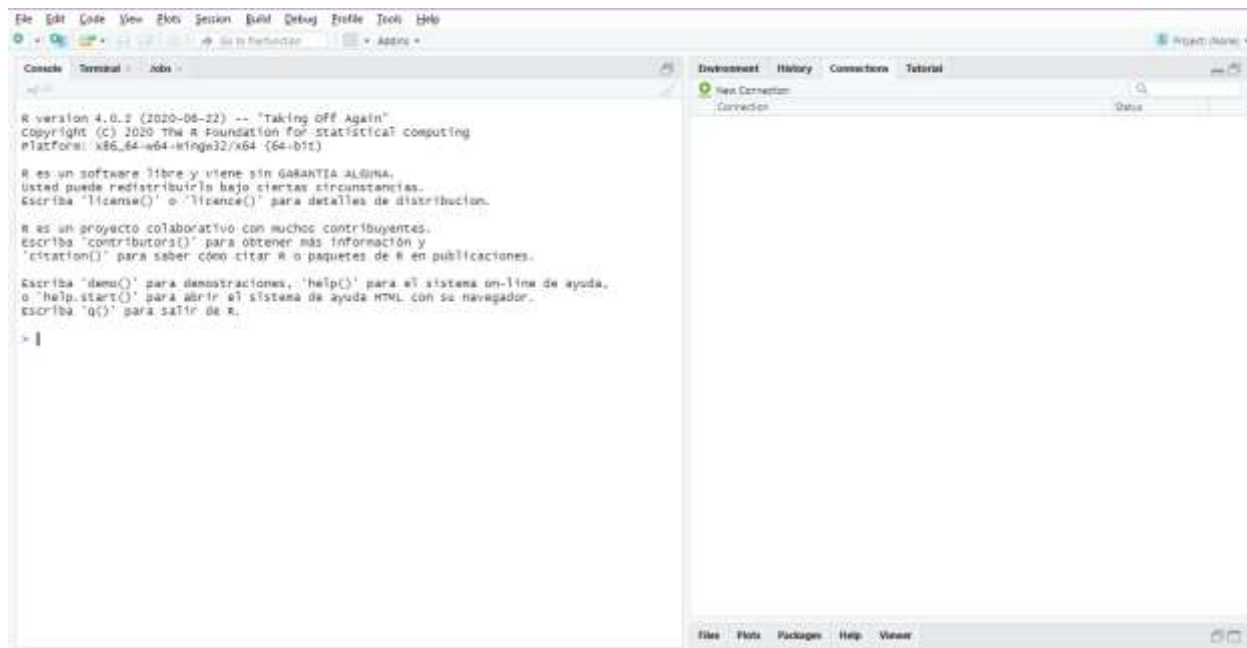
En la parte superior izquierda, se muestran los resultados que se obtienen con la ecuación de búsqueda suministrada, al escribir Electromagnetic pollution se obtienen 4067 resultados, sin embargo, en esta parte es donde se puede implementar completamente Scopus; en el lado izquierdo se muestran las diferentes opciones que tienen esta base de datos, allí se pueden filtrar por acceso abierto, año, nombre del autor, área temática, tipo de documento, título de la fuente, etapa de publicación, palabra clave, afiliación entre otras opciones. Al realizar los filtros necesarios para la búsqueda, se obtendrán resultados específicos, a partir de esto se realiza la descarga de los documentos seleccionados para llevarlos a R studio para terminar con el análisis.





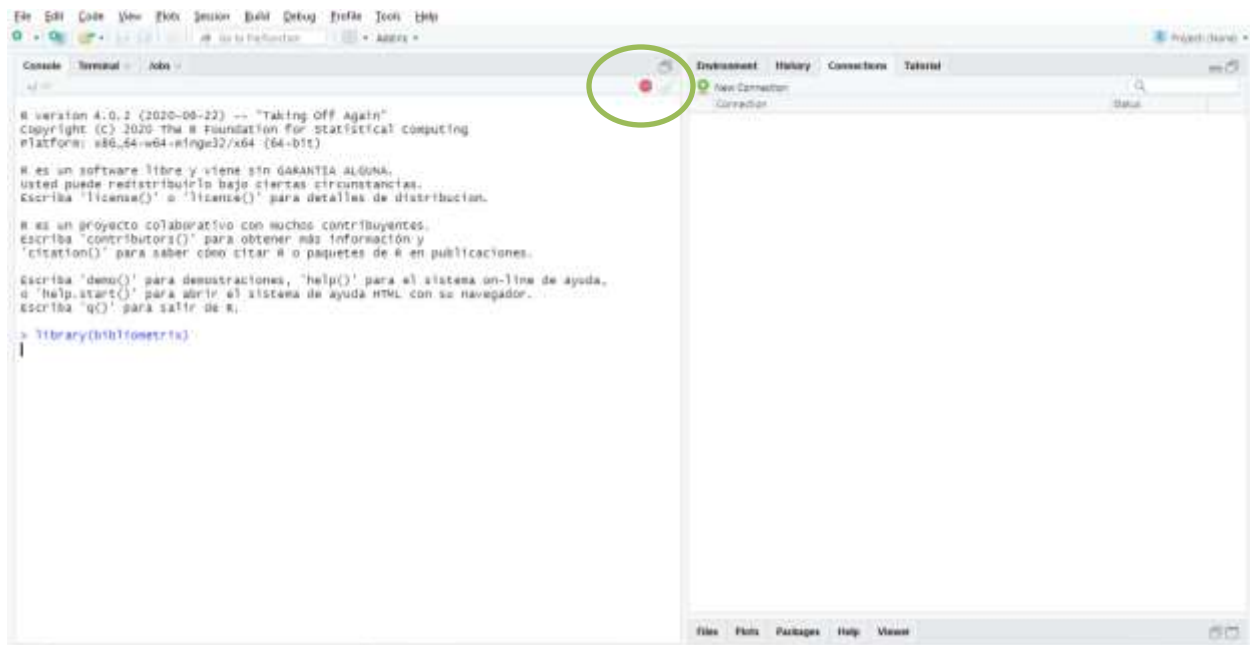
**Ilustración 5 Descarga documentos**

Al realizar la descarga, se da clic en Bitex esta extensión permite que Bibliometrix reconozca los artículos descargados. Al realizar la descarga quedan documentos con la extensión (. bib), posterior a la búsqueda y descarga de documentos, se ingresa al software de Rstudio; en la parte de la consola se ingresan los comandos, los cuales se encargan del llamado a las funciones a realizar.



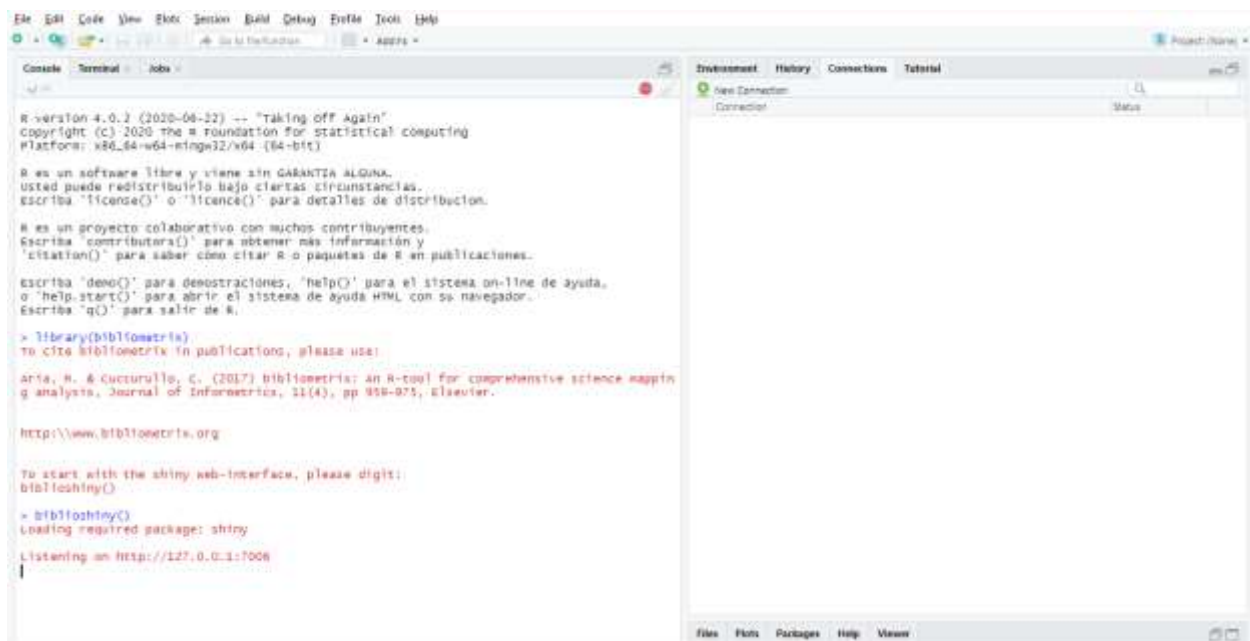
**Ilustración 6 Rstudio - Consola.**

Al tener la consola lista para la vinculación de los comandos, se ingresan `< library (bibliometrix)>`, posterior a eso el comando suministrado empieza hacer el llamado de la función especificada



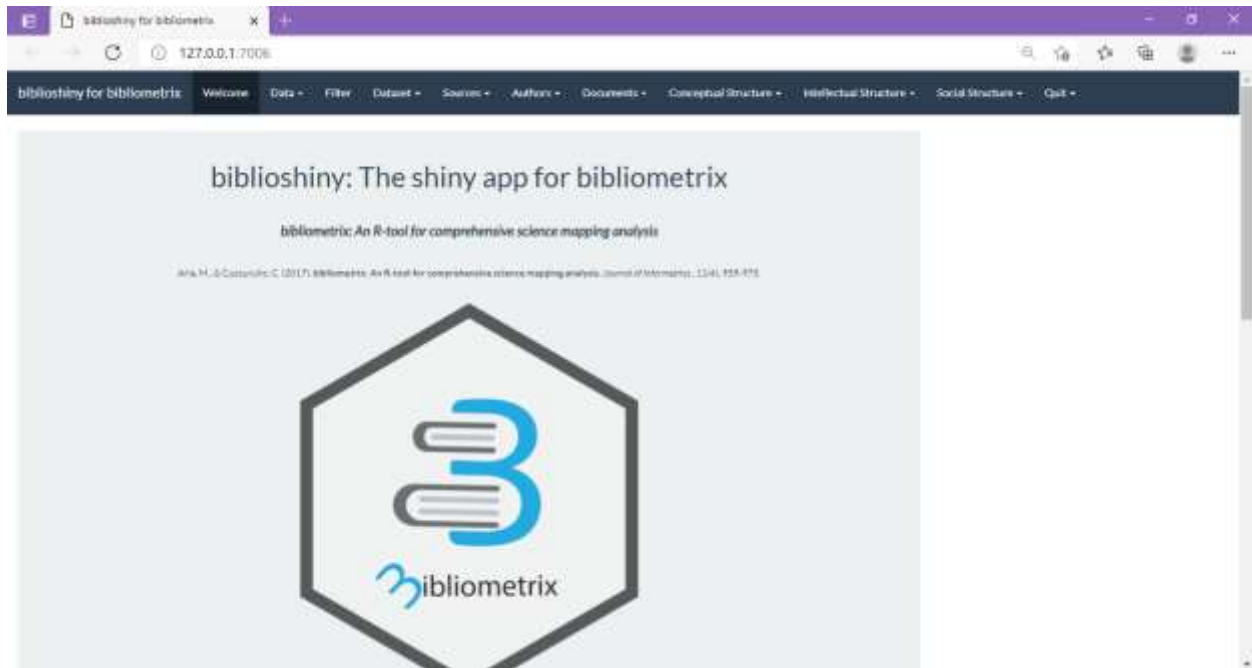
**Ilustración 7 Comando 1**

En la parte seleccionada con el círculo, se puede evidenciar que al hacer el llamado del comando < library (bibliometrix) > empieza en a responder las funciones, posterior a esto, se obtiene en la consola la respuesta y se procede hacer el llamado de < biblioshiny ()> el cual dará un código con el cual se ingresa a bibliometrix, cada vez que se ingrese a bibliometrix, se deben hacer los llamados de los comandos, con el fin de que el código de ingreso este vigente.



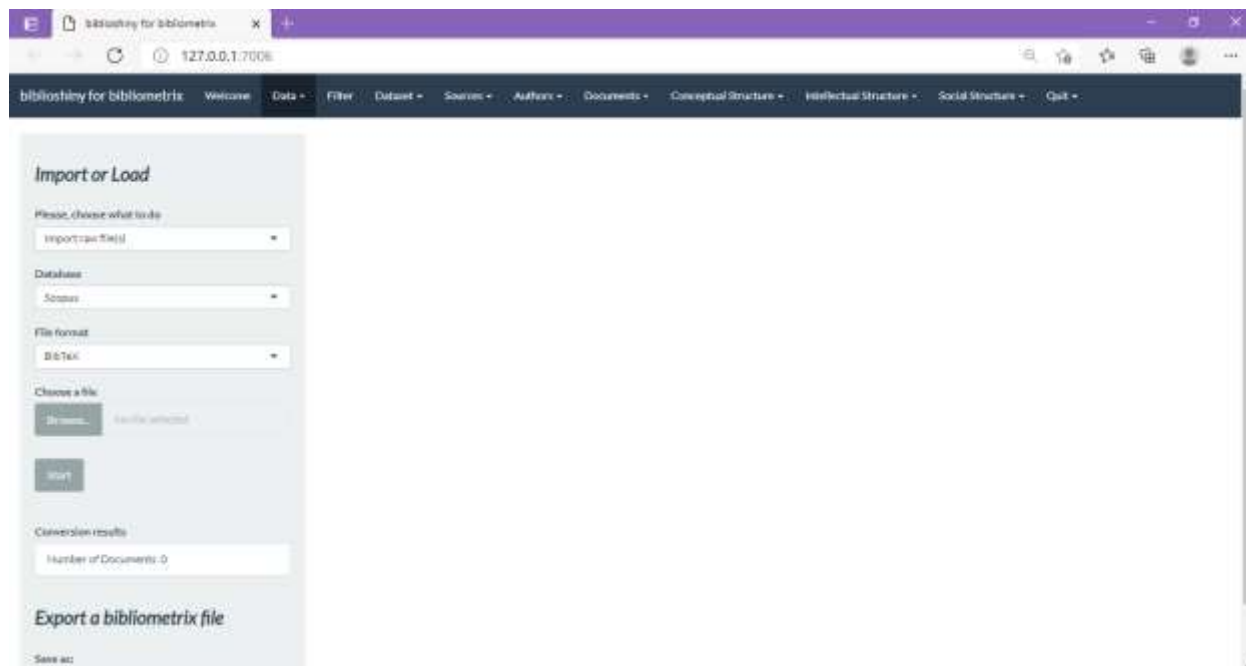
**Ilustración 8 Comandos**

En la parte inferior, se puede evidenciar el código obtenido para el ingreso a bibliometrix, posterior a esto se abre una ventana en la cual se cargarán los documentos y se podrá realizar el análisis con las diferentes opciones que ofrece bibliometrix



**Ilustración 9 Bibliometrix**

En la parte del buscador, se puede evidenciar el código que arrojo Rstudio, allí se abre la ventana principal de bibliometrix, se procede a cargar los documentos descargados de Scopus en la opción de DATA - Import or Load.



**Ilustración 10 Data**

Al dar clic en la parte de DATA, se obtiene una ventana con diferentes filtros, en esta parte se seleccionan los filtros de acuerdo a la página donde se realizó la búsqueda y la extensión con la que se guardó los documentos, en la primera ventana se selecciona la opción que indica que se subieran los documentos, en Database se selecciona la base de datos de búsqueda empleada en este caso Scopus y File format se selecciona la extensión de descarga de los archivos, en este caso (.bib), después de cargar los archivos, se da clic en start y en la parte de abajo se mostrara la cantidad de documentos obtenidos.

En la parte superior se puede observar una barra en la cual se muestra las diferentes opciones que presentan bibliometrix, a partir de eso se buscan las gráficas dependiendo del análisis a realizar, en este caso se usaran las opciones de autores más relevantes, documentos más citados, red histórica, países con más estudios realizados y países con más citas, posterior a la búsqueda y descarga de graficas se procede a realizar el análisis bibliométrico identificando la evolución y la actividad que ha tenido la contaminación electromagnética en los diferentes países del mundo.

### 2.3. Fase 2. identificación de las zonas con más incidencia para análisis por medio de mapas de calor.

En esta fase se realizaron los mapas de calores en la plataforma de QGIS, identificando así que zonas de la ciudad de Manizales presentan más alteración al medio ambiente, esto se puede identificar por medio de la radiación que emite cada antena de señal móvil.

Como primera medida, se obtuvieron la localización de las antenas en la ciudad por medio de la información suministrada por el profesor Vladimir, en la cual se obtuvieron la localización de las antenas por medio de las latitudes y longitudes, a partir de esta información, se procede a ubicarlas por medio de google maps para así encontrar el punto de exacto de la localización de las antenas.

lat	long		
		5.06348	-75.52521
5.03203	-75.46033	5.064127	-75.4984
5.03306	-75.45624	5.06472	-75.50775
5.045969	-75.494363	5.0649	-75.50026
5.047996	-75.47753	5.06612	-75.50622
5.05076	-75.48385	5.0663	-75.50196
5.05644	-75.48659	5.066955	-75.518923
5.05818	-75.48681	5.066982	-75.518902
5.06073	-75.48784	5.067327	-75.511511
5.06083	-75.47414	5.06789	-75.5172
5.06174	-75.52443	5.06845	-75.51293
5.06218	-75.49477	5.07082	-75.53015
		5.07441	-75.52734
		5.07605	-75.52849

Ilustración 11 Tablas ubicación antenas

A partir de esta información, se procede a buscar la ubicación de las antenas en Google Maps

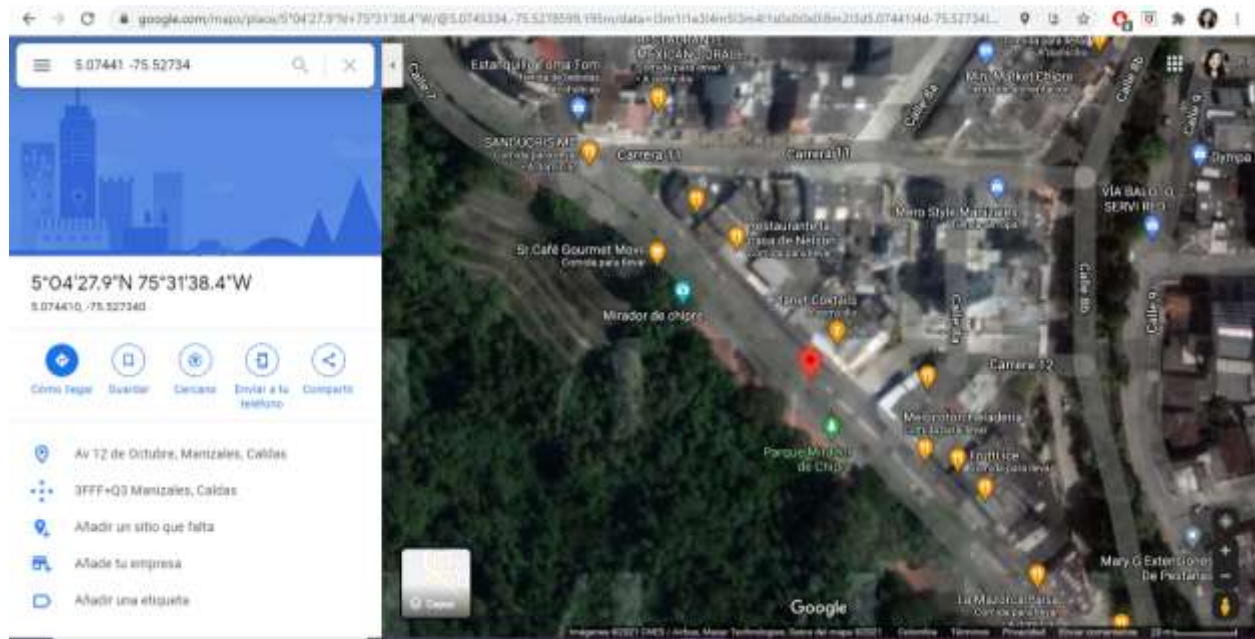


Ilustración 12 Localización de antenas

En Google Maps, se pone en el buscador la Latitud y la Longitud de cada punto para identificar en que zona de Manizales se encuentran las antenas, a partir de esto, se realizó una lista trazando una ruta y así tomar los datos con mayor precisión.

#### CORDENADAS EN GRADOS DECIMINALES

Barrio	Dirección	Latitud	Longitud
<b>Chipre</b> Colonizadores	Avenida 12 octubre 9C – 71	5.075775	-75.52838
Chipre bellas artes	Avenida 12 de octubre 19 -55	5.068917	-75.523726
<b>Plaza de toros</b> curva	Calle 11 11-1-99	5.061747	-75.524506
Plaza de toros peñol	Calle 10 A 28-71	5.062685	-75.525273
Plaza de toros M	Calle 11 25-30	5.065190	-75.524543
<b>Centro</b> carrera 23	Carrera 23 19-55	5.067008	-75.519063
<b>Plaza 51</b> olímpica	Avenida Santander	5.064229	-75.498313
<b>Triangulo</b>	Avenida Santander 53 A- 18	5.062434	-75.495053

Triangulo	Calle 59 23-100 – 24 A-70	5.060545	-75.489476
<b>Zona refrescante</b>	Calle 64 A	5.057060	-75.486362
<b>Redentoristas</b>	Calle 75 a 19 A -18	5.048960	-75.479338

**Tabla 1 Ubicación de las antenas.**

En la ciudad de Manizales, la tecnología más empleada es la 4G, esta tecnología emite una radiación entre 700 y 2.500 MHz, según el estudio migratorio de la tecnología 3G a LTE 4G por (Fabio Nelson Rodríguez Duran, 2008).

La tecnología 4G ha tenido gran controversia por la intensidad de radiación que emite, al realizar el análisis bibliométrico, se obtuvieron resultados muy altos en el campo de salud, debido a la contaminación electromagnética y las alteraciones que presenta a la salud humana.

Por tal razón es la decisión de identificar como las antenas de telecomunicación pueden alterar al ecosistema.

Posterior a esto, se toma las direcciones y la ubicación de cada antena y se procede a la toma de datos con el analizador de espectro de tiempo real portátil, para esto se debe instalar Tektronix RSAmapping, programa con el cual se puede visualizar los cambios de comportamiento que presentan el analizador al tener contacto cercano con las antenas, se evidencia que las antenas de señal móvil en la ciudad de Manizales, representan picos muy altos entre 800 MHz los cuales pueden presentar alteraciones para la salud humana y mucho más para el ecosistema.



**Ilustración 13 Programa para la toma de datos**

A partir de la información recolectada, se ingresan los datos a QGIS, el software que permite crear los mapas de los calores, en los cuales se podrán identificar los puntos con mayor incidencia electromagnética, representando alteraciones al medio ambiente.

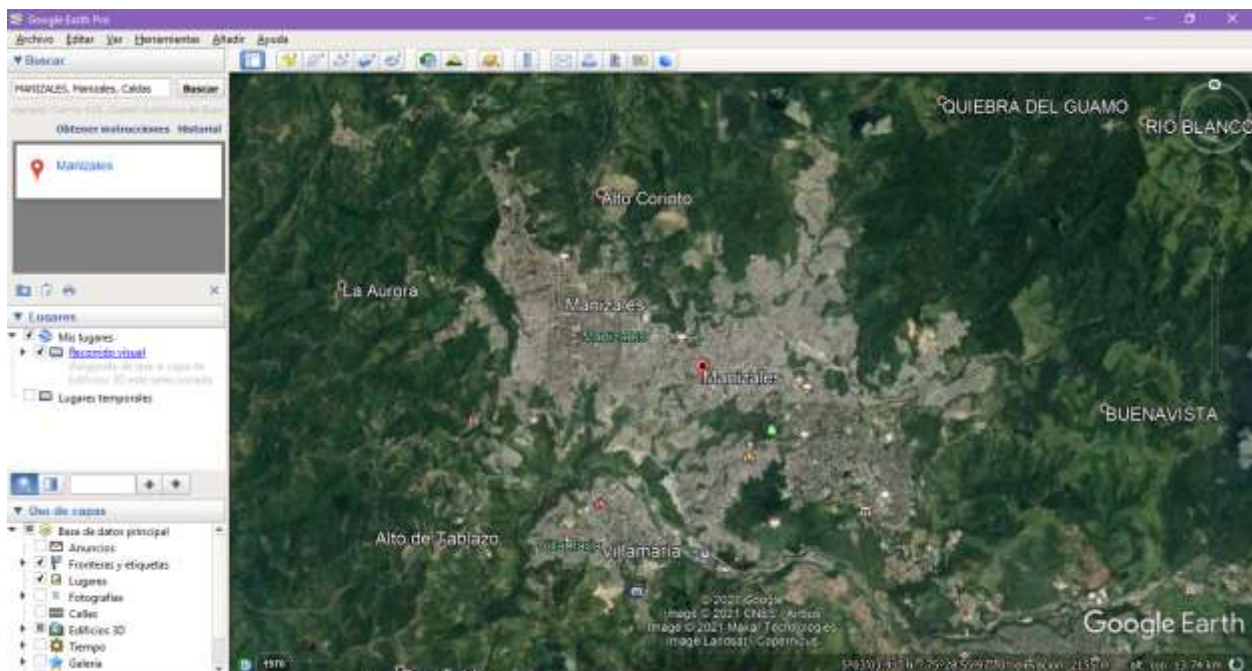




**Ilustración 14 Software para los mapas de calor.**

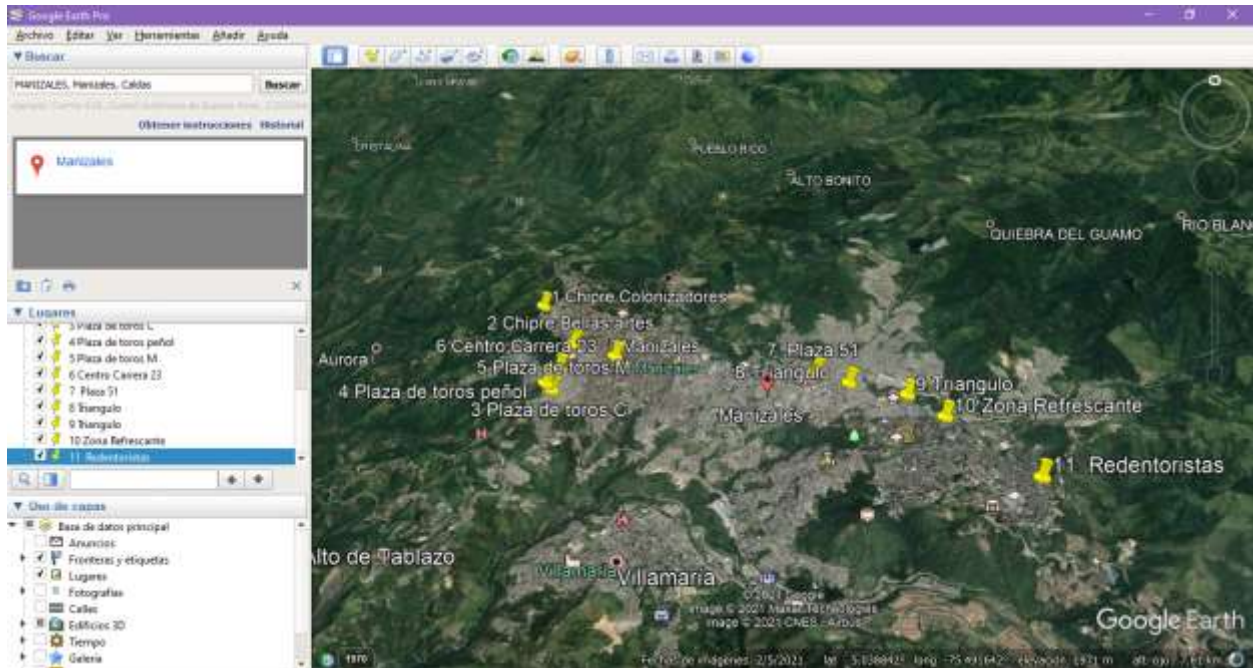
A partir de esto, los datos obtenidos se ingresan a Google Earth Pro donde se ubican los puntos encontrados en Manizales con las latitudes y longitudes.

En primero lugar se ingresa a Google para descargar Google Earth Pro, donde se ingresarán las coordenadas, para la ubicación de los puntos en Manizales

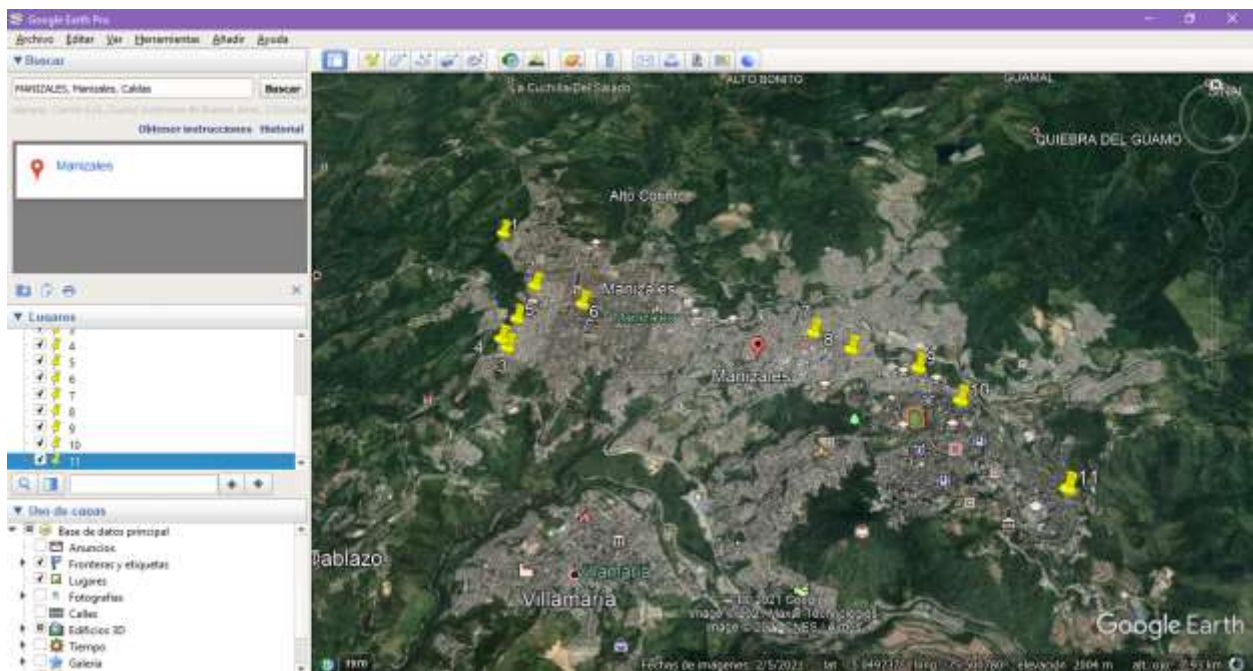


**Ilustración 15 Google Earth Pro mapa Manizales.**

Se cambian las coordenadas a grados decimales para empezar a ingresar los datos



**Ilustración 16** Ubicación de datos.



**Ilustración 17** Localización de los puntos obtenidos.

Posterior a esto, se proceden a ingresar al software de QGIS para empezar a realizar los mapas de calor con la ubicación de los puntos. Se guardan los puntos localizados en una carpeta y se arrastran

para empezar a cargar los puntos y el mapa de Manizales, adicional a esto, se ingresan por medio de la tabla de atributos las frecuencias obtenidas.

	Name ▲	Frecuencia
1	1	868,007740
2	10	883,507717
3	11	875,757729
4	2	635,508077
5	3	550,258201
6	4	635,508077
7	5	635,508077
8	6	1929,756199
9	7	2658,255141
10	8	100,758854
11	9	883,507717

**Ilustración 18** Tabla de atributos en MHz

Así se podrán identificar las zonas con mayor incidencia representando así una alteración al medio ambiente.

#### **2.4. Fase 3: Evaluación en un modelo biológico vivo**

En esta fase, se visualizó el comportamiento de las hormigas, como primera medida, se inició con la compra y la adecuación del hormiguero para la Reina y las obreras, las hormigas del Genero *Solepnosis* se les conoce como hormigas de fuego o hormigas coloradas, son consideradas como hormigas picadoras, sin embargo, existen alrededor de doscientas ochenta especies, pero no todas son consideradas como rojas, como todo insecto, su cuerpo está separado en tres secciones, cabeza, tórax, abdomen, patas y antenas.

La reina cumple su función de reproducción, esta puede vivir de 6 a 7 años y producir alrededor de 1600 huevos por día y llega a tener aproximadamente 250.000 obreras. El macho tiene como función de aparearse con la reina y las obreras cumplen como función construir y reparar el nido y ayudan a defender el nido, son estéril y por esta razón cumplen otras funciones.





**Ilustración 19 Hormiguero.**

Al tener una gran colonia se procede a realizar la cámara de forrajeo, esto permite que las hormigas expandan su búsqueda de alimentación, permitiendo que tengan otro espacio.



**Ilustración 20 Cámara de Forrajeo.**



**Ilustración 21** Hormiguero conexión a la Cámara de forrajeo.

En primer lugar, se tenía como pruebas iniciales, exponer la cámara de forrajeo a las ondas electromagnéticas, a partir de los cambios presentados durante la elaboración del proyecto, por practica y por mejor percepción del cambio de comportamiento, se utilizaron tubos de ensayos, donde se introdujeron aproximadamente de 3 a 5 hormigas. A partir de esto, se midieron los puntos con mayor incidencia en el hogar; obteniendo con mayor incidencia, el codificador del televisor, el router de internet y el microondas.

Al tener las ondas producidas por los tres equipos seleccionados, se procede a exponer a las hormigas por diferentes tiempos para analizar cuál es su comportamiento y que alteración presentan durante el tiempo de exposición.



**Ilustración 22 Tubo Router**



**Ilustración 23 Tubo Microondas**

A partir de esto se expusieron las hormigas, por tiempos considerables ya que su cambio de comportamiento se evidencio rápidamente. Al terminar con el tiempo de exposición, se devolvieron las hormigas a el hormiguero y se analiza su comportamiento con las compañeras y el alimento.

La intensidad a la cual el modelo biológico fue expuesta, fue tomada por un Analizador de espectro en tiempo real portátil (Espectrómetro) modelo **Tektronix RSA306**, este equipo fue facilitado por la universidad.

Este equipo viene con un analizador de Espectro Portátil 6.2 GHz, USH (software) de análisis SignalVu-PC y sus respectivos manuales.

Primero que todo para el equipo poder funcionar correctamente debe ser instalado su software y configurado en el computador que se usó para la toma de la intensidad de las ondas electromagnéticas a las cuales fue expuesto el modelo biológico; siempre que el equipo se usó, fue necesario que la USB estuviera conectada al computador y el software estuviera conectado con el espectrómetro y el software.

Primero que todo se instala el software Tektronix SignalVu-PC el cual viene en la USB del equipo.



Después de instalado el equipo se procedió a configurar el software con el equipo.

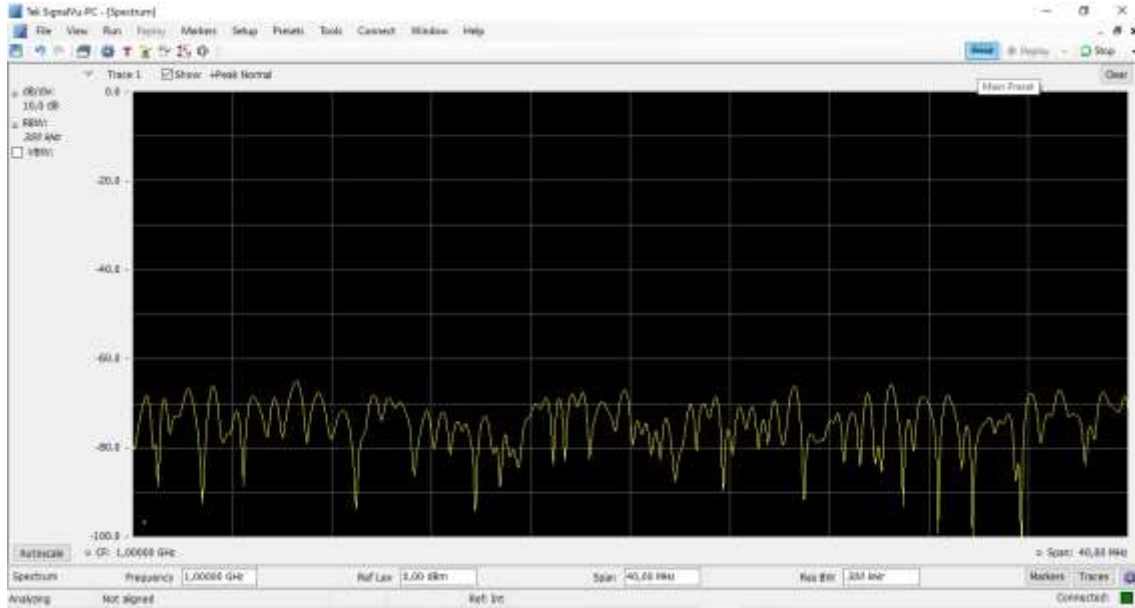
- Se verifico que el equipo estuviera conectado al software. Se procede a conectar.

Connected: 

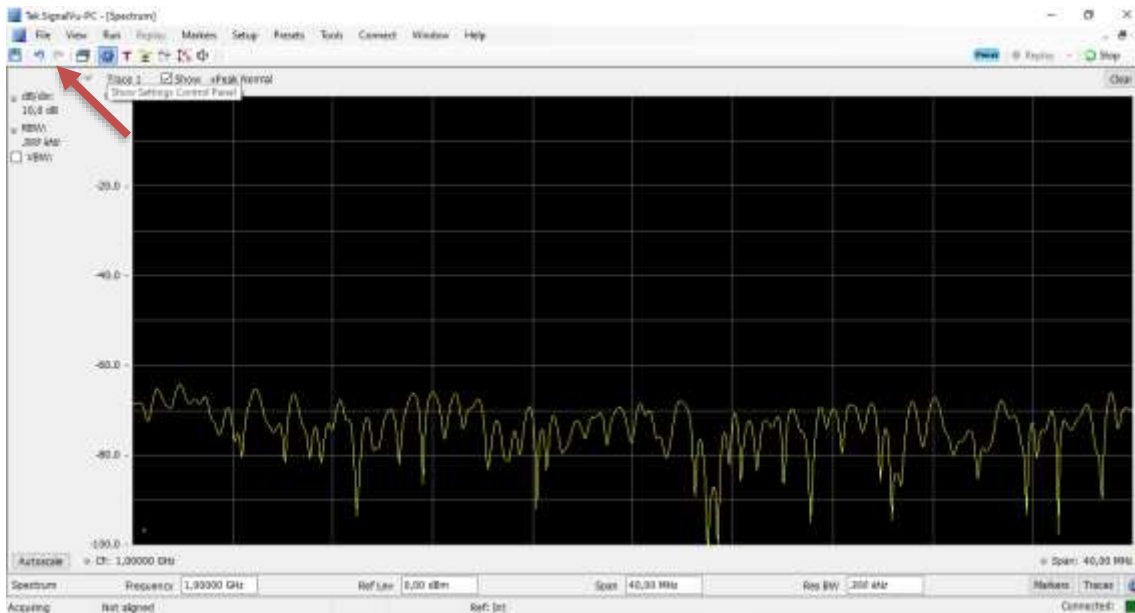
- Para poder visualizar los picos se le da clic en el preajuste.

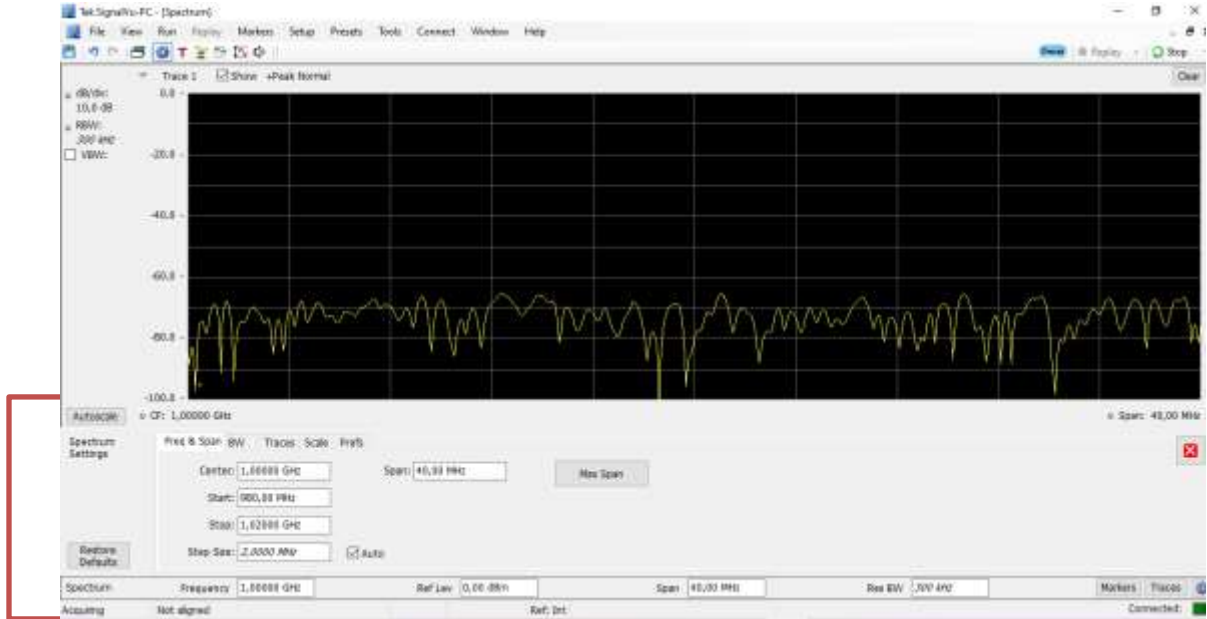






- Para mostrar el panel de control de le dio click a la barra de ajuste.

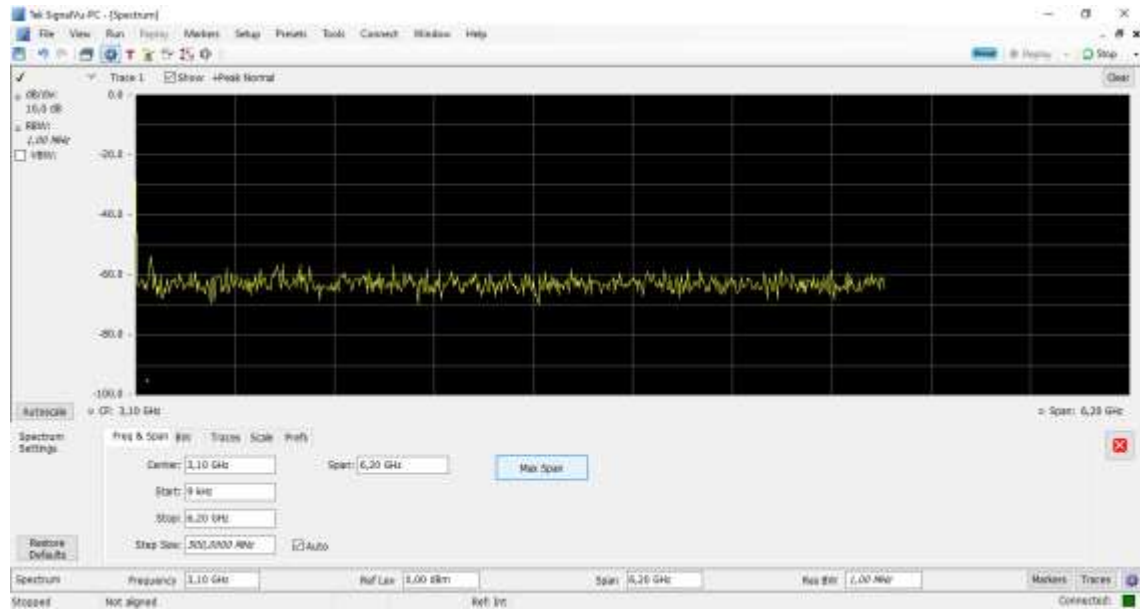




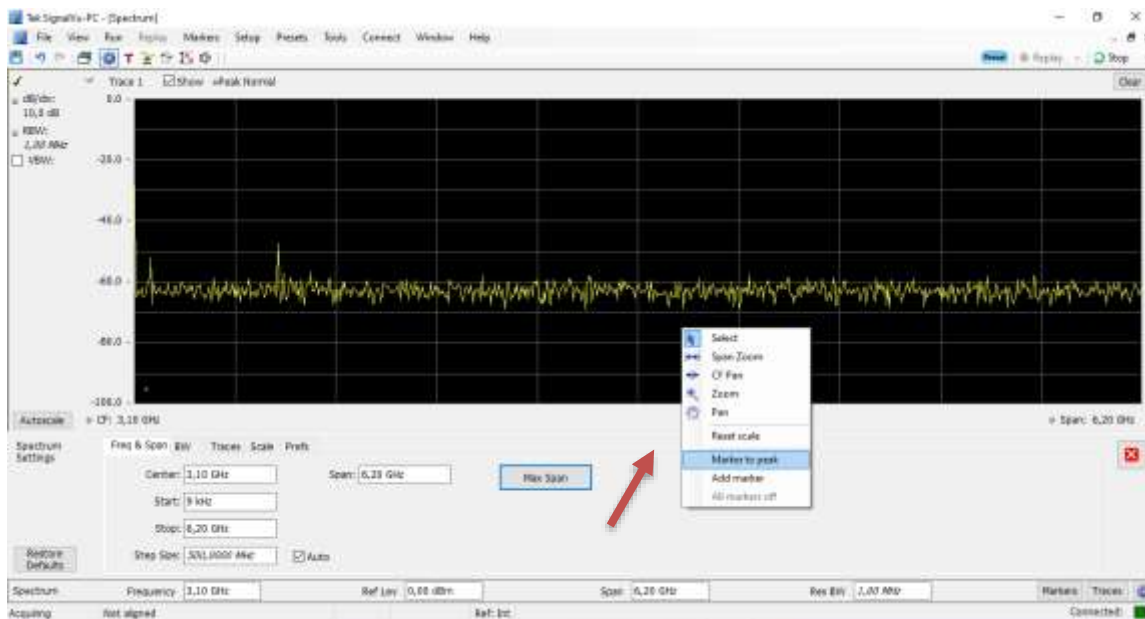
- Para establecer los valores maximos se le dio click en Max Span.



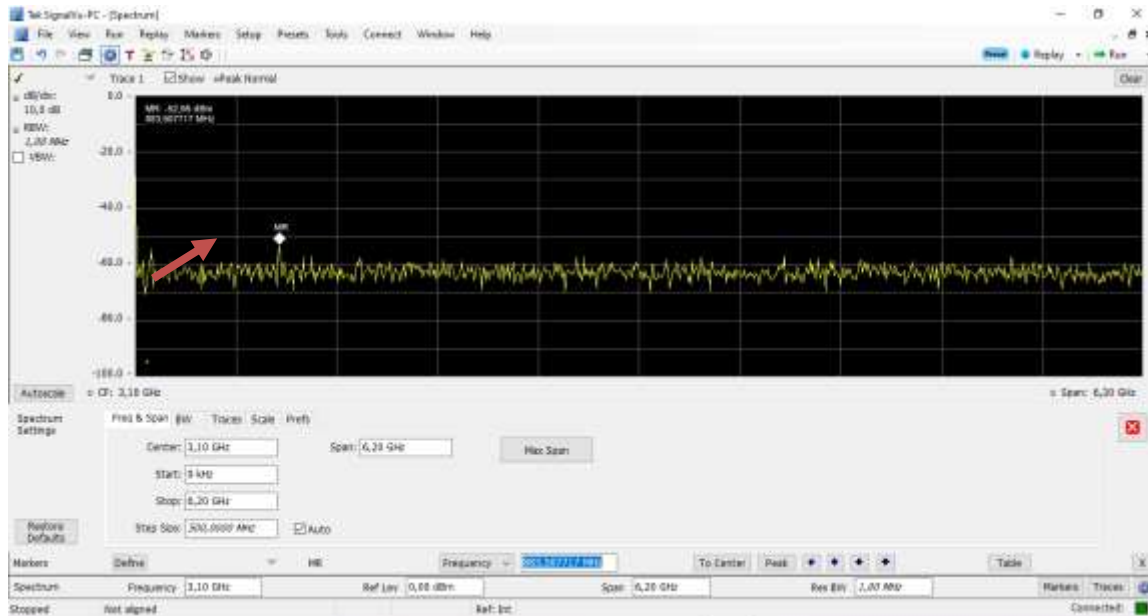
- Se pudo observar como inmediatamente el equipo empezó a medir las ondas electromagnéticas.



- Se le dio clic derecho en marker to peak, para alcanzar el pico más alto.



- Se arrastró el marcador hasta el pico más alto para así poder obtener la información de la frecuencia que emite la onda.



La información recolectada fue suministrada por el software Tektronix SignalVu-PC; en este caso se necesitaba solamente conocer la frecuencia de la onda electromagnética y los dBm a los cuales estaba siendo sometido el modelo biológico vivo, con el fin de que la información fuera necesaria para saber con más claridad a que frecuencia es que el modelo biológico sufre alteraciones, con el objetivo de poder presentar conclusiones acertadas y evidenciar si este tipo ondas no ionizantes afecta el modelo.

## CAPITULO 3

### RESULTADOS



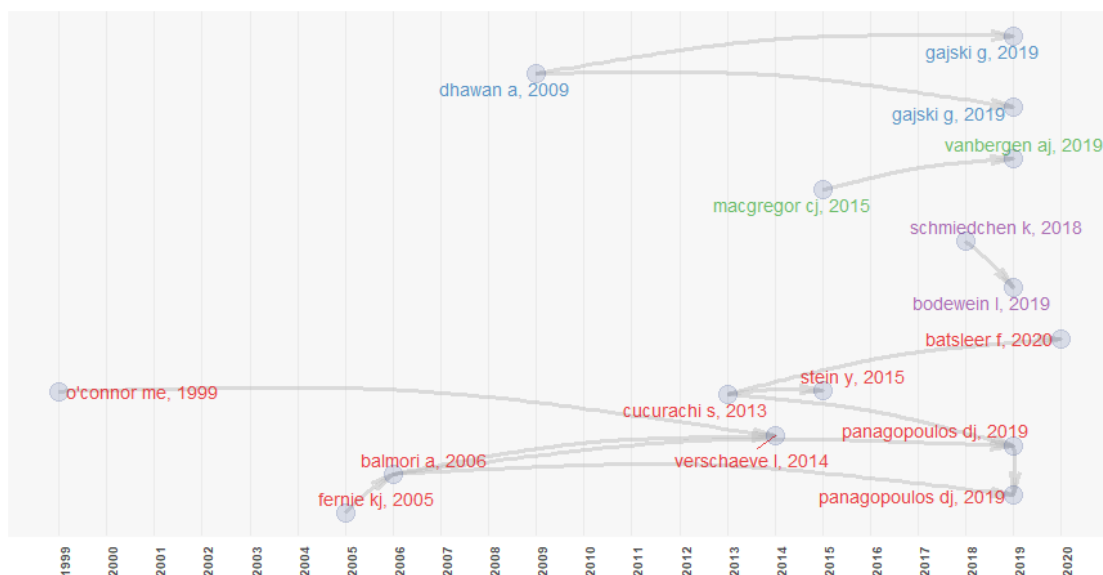
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fase 1. Análisis bibliométrico

La ecuación de búsqueda especificada en la propuesta de grado, no se pudo implementar, ya que la ecuación arrojaba una búsqueda en general del tema, por tal razón se empezaron a implementar otras ecuaciones para minimizar la búsqueda y así poder obtener resultados más eficientes.

1. La ecuación usada para la búsqueda fue ARTICLE TITLE- ABSTRACT -KEYWORDS Electromagnetic pollution OR radiation electromagnetic AND (Biodiversity OR isects OR invertebrate) el operador voleano OR ayuda a limitar la búsqueda, esto hace que sean más reducidos los resultados, en cambio el operador voleano AND nos ayuda a generalizar más la búsqueda; La ecuación usada arroja en total 1,157 resultados en los cuales se encuentran revistas, artículos, ensayos, revisiones, capítulos de libros, notas, entre otras; las cuales también se encuentran divididas en áreas temáticas como ciencias del medio ambiente, ciencia agrícolas y biológicas, bioquímica, genética y biología molecular, ingeniería, farmacología, energía, química, medicamentos y ciencias de la computación. La búsqueda se limitó para 3 áreas en específico y solamente artículos de interés las cuales fueron: ciencias del medio ambiente, ciencias agrícolas, biológicas e ingeniería para obtener un resultado de 37 artículos relacionados con el tema de interés; dentro de los resultados obtenidos del software Biblioshiny para Bibliometrix tenemos:

#### RED HISTORICA





Al agrupar los artículos, se obtiene un gráfico donde se evidencia los años desde los cuales se vienen analizando y experimentando el tema de interés, adicional a esto se puede determinar el año en el cual fue el último estudio; la radiación electromagnética, es un tema que afecta notoriamente al ser humano, según los resultados obtenidos con la ecuación de búsqueda, desde el año 1999 el señor O'Connor realizó un estudio en el cual indicaba los Efectos intrauterinos en animales expuestos a campos de radiofrecuencia y microondas, en el cual habla sobre la alteración que puede presentar la masa fetal si es expuesta a radiación electromagnética superando los niveles permitidos; indica además, que si la exposición está dentro de los rangos permitidos las alteración a la salud humana y ambiental no son de gran magnitud, sin embargo solo fue hasta el 2005 que reanudaron las investigaciones y experimentos sobre la alteración que se puede presentar en la salud ambiental según los niveles de radiación electromagnética. En el año 2020, se realizó el último estudio de acuerdo a nuestro tema de interés, el señor Batsler fue el último en estudiar los animales, identificando que alteración sufren sus organismos al verse expuestos a sistemas de rastreo.

En general los autores agrupados tienen en común las investigaciones referentes a radiación electromagnética y análisis de los comportamientos de los animales después de ser sometidos algunos niveles de radiación superiores a los niveles permitidos.

### AUTORES MAS REVELEVANTES.



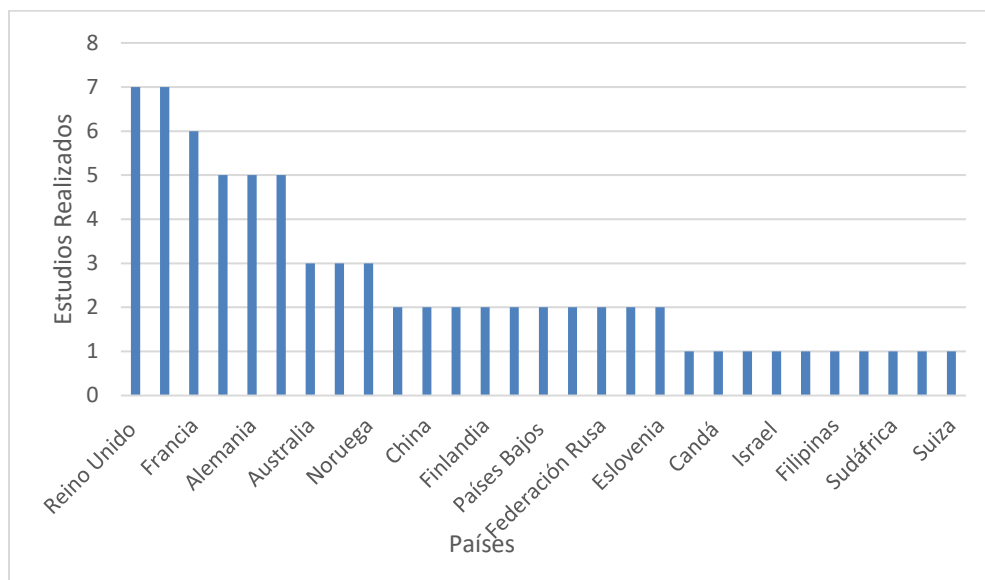
Según el análisis realizado de las dos gráficas más relevantes, en las cuales se observa el recorrido que tiene la investigación relacionada con los temas propuestos en la ecuación de búsqueda; se



pudo hallar para la gráfica de historia, que se han realizado estudios desde el año 1999, a partir de este año, se empiezan a realizar experimentos enfocados en la radiación electromagnética y la afectación que tienen estas ondas en el medio ambiente, hoy en día se siguen realizando estudios en todos los temas enfocados a la contaminación, afectación y daños a la salud del medio ambiente.

En la segunda gráfica se analiza el comportamiento de los artículos frente a los autores con más trayectoria en los temas, cabe destacar que el último autor que ha realizado trabajos sobre el impacto al medio ambiente, fue el señor Batseeler en el 2020 con el artículo “El impacto descubierto de los dispositivos de seguimiento en artrópodos terrestres”, sin embargo, no está presente en la gráfica ya que ha sido la primera propuesta que se ha realizado y la más actual; dentro de ésta, Batseeler asegura que los efectos de los dispositivos de seguimiento generan una alteración en los artrópodos terrestres, lo que nos lleva deducir que si un dispositivo afecta a los artrópodos, una torre de radiación electromagnética puede alterar significativamente los invertebrados, así, tomando como referencia éste artículo, decidimos realizar el experimento de exponer a los invertebrados a diversas ondas electromagnéticas, para determinar si existe una afectación significativa en el sistema de los receptores, por tal razón se realizará el experimento en el cual se analice si los cuerpos receptores pueden presentar alteraciones de ubicación, locomoción y cambio de comportamiento.

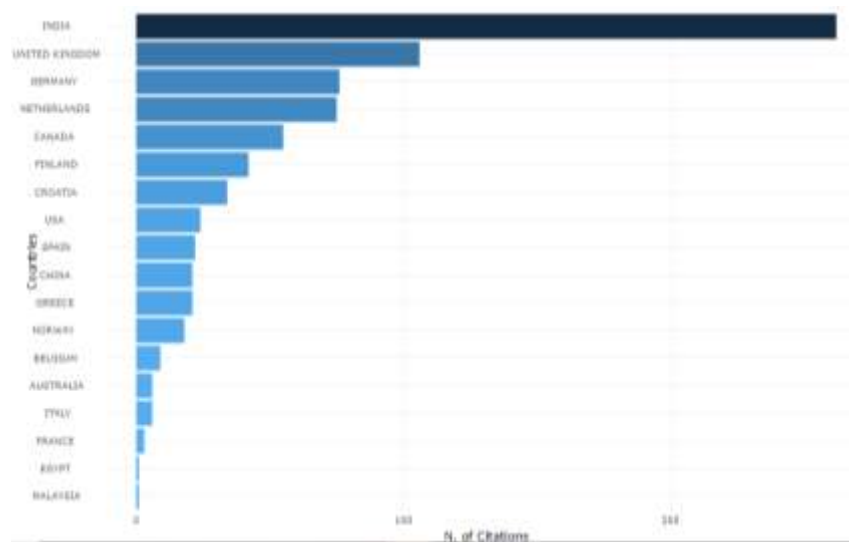
### PAISES CON MAS ESTUDIOS.



De acuerdo a los artículos seleccionados se puede evidenciar que los países con más estudios realizados a esta problemática son algunos países del primer mundo, países desarrollados donde las ondas electromagnéticas cada vez impactan más, no solo a las personas sino también el medio ambiente (la flora y la fauna). Esto se debe a que su tecnología cada día avanza notoriamente, pues están implementando tecnologías ( 5G) que utilizan ondas más eficientes para la comunicación pero más agresivas para la salud ambiental; por ejemplo en el caso de El Reino Unido, su

comunidad ha dado a conocer las problemáticas de salud que presentan cada día por estar expuestos a las ondas electromagnéticas que emite esta tecnología, adicionalmente las “conspiraciones” que ha traído el covid-19 con la tecnología 5G, ha generado un mayor rechazo por parte de lo científicos y de la comunidad en general. Ya que es una problemática que genera un gran impacto en la salud ambiental, se le debe prestar la mayor atención posible, por esta razón, El Reino Unido está a la par de Estados Unidos, en cuanto experimentos e investigaciones sobre el tema.

### PAISES CON MAS CITAS.



De acuerdo a la revisión de documentos, La India es el país que ha realizado más citaciones, se identifica que han sido más de 200, pero solo han realizado 2 estudios enfocados a la contaminación electromagnética, lo cual indica que es un país en el cual se fomenta la investigación y tienen presente las problemáticas ambientales y las alteraciones a los ecosistemas, pero posiblemente no cuenta con los suficientes recursos económicos por lo cual, deben basarse en estudios de otros países, cabe destacar que es un país en el cual se está implementado el cuidado ambiental debido a la baja calidad de vida que llevan sus habitantes.

El tema de ondas electromagnéticas no es un tema común, por lo cual no se realizan muchos estudios ni experimentos enfocados en animales, específicamente en insectos. Es un tema al cual no se le ha dado la suficiente importancia al momento de analizar impactos ambientales, la mayoría de estudios se realizan sobre los impactos a la salud humana, es por esto, que la mayoría de experimentos se realizan con ratas, ya que permiten simular el comportamiento humano frente a la exposición de ondas electromagnéticas y también la reacción a tratamientos médicos que generen un bienestar al ser humano. Sin embargo, en la última década las investigaciones han tenido un incremento significativo, ya que se analiza de acuerdo a los artículos encontrados que los invertebrados son las especies más propensas a sufrir alteraciones en su organismo por el

incremento irresponsable de las tecnologías que generan ondas electromagnéticas y los estudios realizados anteriormente dejaban al margen los efectos que las ondas pueden tener sobre los éstos.

De acuerdo a las búsquedas realizadas y encontradas, se puede identificar que el deterioro ambiental y por ende la salud ambiental no es un tema al cual se le ha dado la mayor importancia, ya que se ha buscado más brindar un bienestar a la salud humana, sin tener en cuenta que ésta depende en gran medida del medio ambiente y del ecosistema.

Las búsquedas sobre los efectos de la radiación electromagnética, arrojan resultados en su mayoría enfocados a la salud, esto se debe a la gran cantidad de enfermedades relacionadas con éstas, como el cáncer, tumores, mutación del ADN, etc, ya que, la comunidad científica está más interesada en solucionar los efectos y no en regular las causas, puesto que las farmacéuticas ejercen un gran control económico a nivel mundial y es para ellos mucho más rentable fabricar medicamentos que combatan las enfermedades que encontrar soluciones al foco del problema que sería la regularización de las tecnologías que emiten dichas ondas.

Por esto es importante fomentar una conciencia ambiental en cada una de las personas para poner mitigar los impactos que traen las nuevas tecnologías; así, como se ha logrado conciencia frente a la contaminación acústica o visual, se debe generar conciencia frente a la contaminación que generan las ondas electromagnéticas en el territorio, ya que son las responsables de varias enfermedades tanto humanas como animales.

Los estudios no se encuentran enfocados a insectos, ya que, esta especie no está en evolución constante como el ser humano, es grupo de organismos que así se vea afectado por las ondas electromagnéticas, no se puede evidenciar tan fácilmente las alteraciones en su locomoción, ignorando que éstas tienen funciones importantes en el ecosistema. Sin embargo, estos pequeños seres vivos pueden ser un pequeño referente para estudiar y entender el comportamiento y las alteraciones que se sufren por las ondas electromagnéticas otros animales y en general el medio ambiente.

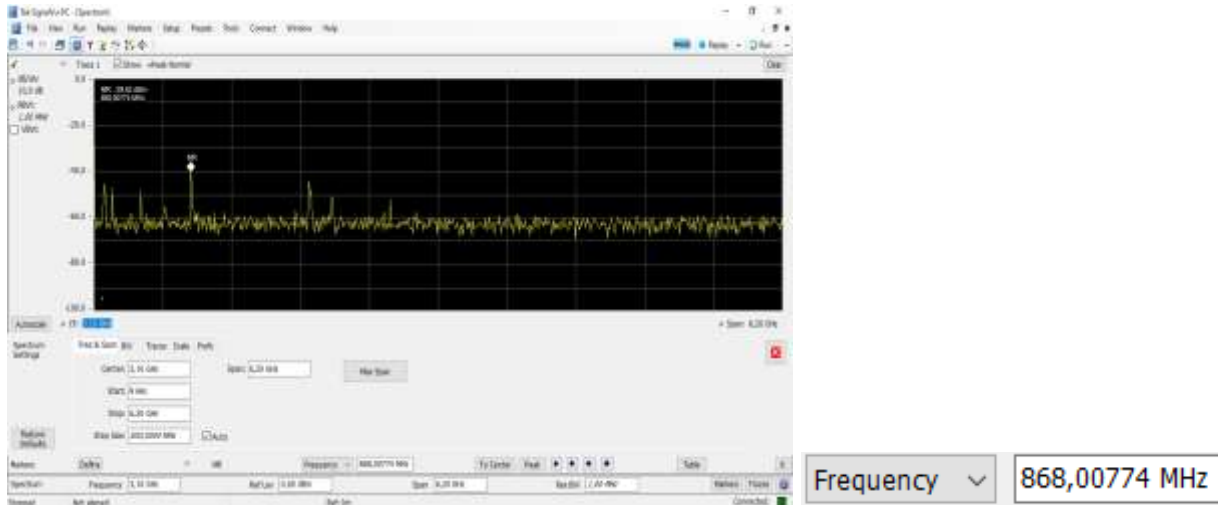
### 3.2. Fase 2. identificación de las zonas con más incidencia para análisis por medio de mapas de calor.

A partir de la ubicación de las antenas, se procede a tomar la radiación que emite cada antena localizada.

#### TORRE CHIPRE COLONIZADORES.



Ilustración 24 Antena Chipre Colonizadores



**Ilustración 25 Frecuencia Antena Chipre Colonizadores**

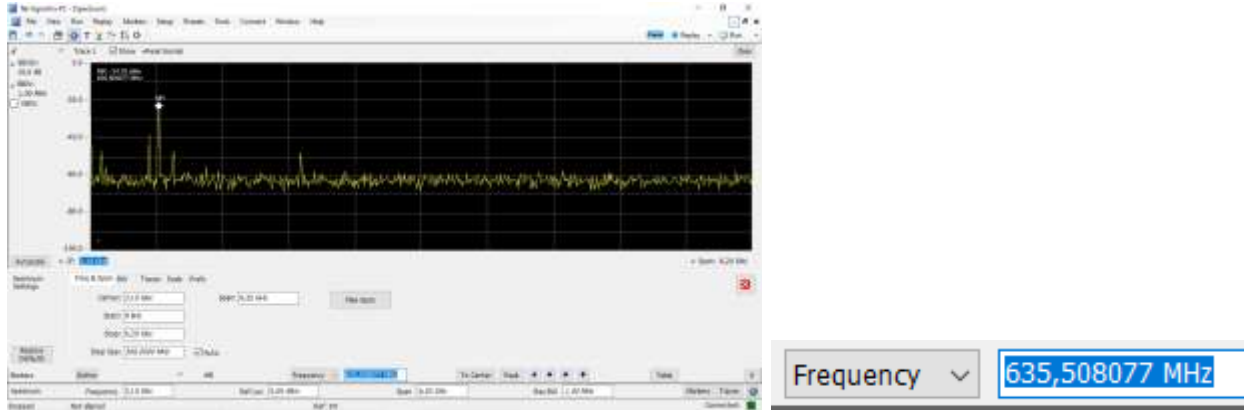
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>868.00774 MHz</b>
-----------------------------	----------------------

**Tabla 2 Frecuencia Total Antena Chipre Colonizadores**

## **TORRE CHIPRE BELLAS ARTES**



**Ilustración 26 Antena Chipre Bellas artes**



**Ilustración 27 Frecuencia Antena Chipre Bellas artes**

<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>635.508077 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

**Tabla 3 Frecuencia Total Antena Chipre Bellas artes**

### **TORRE PLAZA DE TOROS C**



**Ilustración 28 Antena Plaza de toros C**

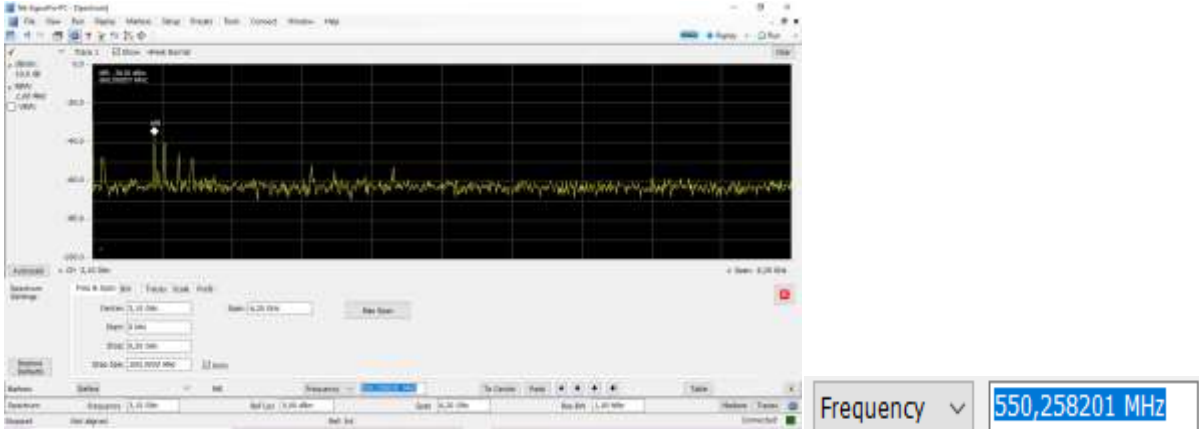


Ilustración 29 Frecuencia Antena Plaza de Toros C

<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>550.258201 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

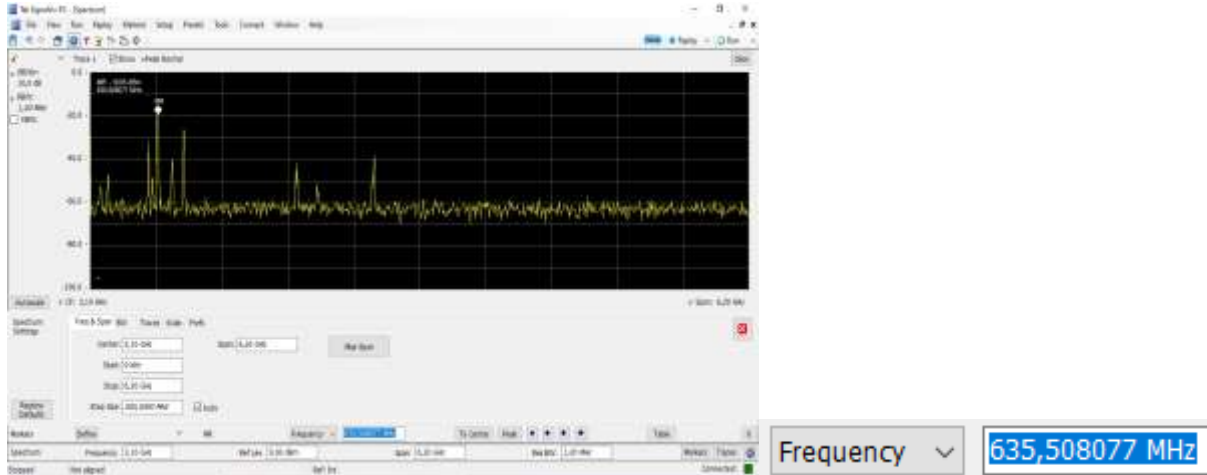
Tabla 4 Frecuencia Total Antena Plaza de toros C

### TORRE PLAZA DE TOROS M



Ilustración 30 Antena Plaza de toros M



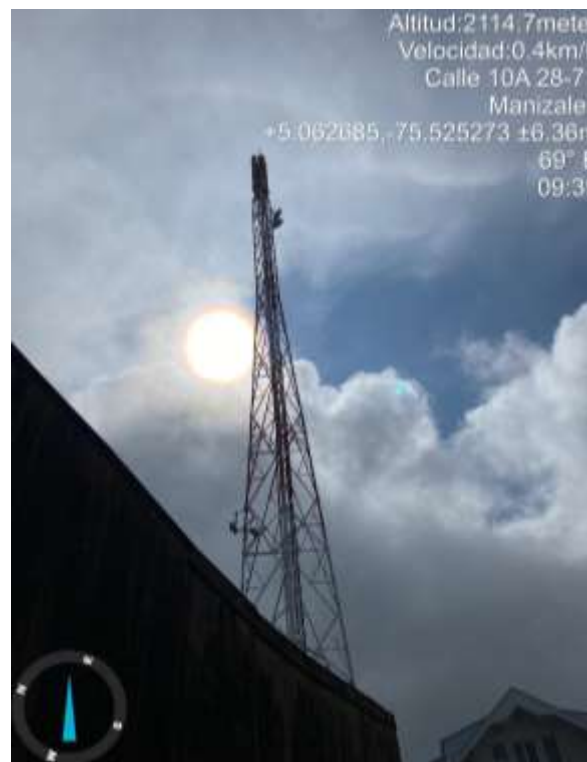


**Ilustración 31 Frecuencia Antena Plaza de Toros C**

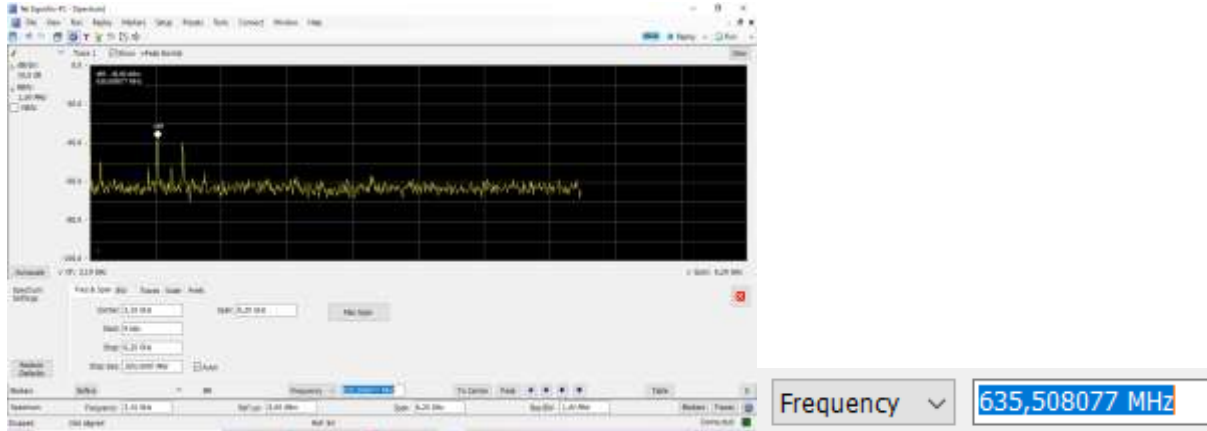
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>635.508077 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

**Tabla 5 Frecuencia Total Antena Plaza de toros C**

## **TORRE PLAZA DE TOROS PEÑOL**



**Ilustración 32 Antena Plaza de toros Peñol**



**Ilustración 33 Frecuencia Antena Plaza de toros Peñol**

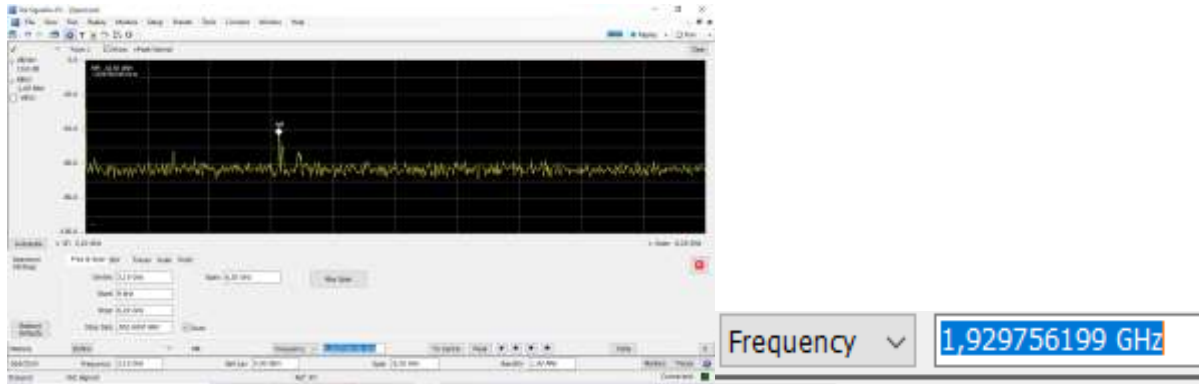
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>635.508077 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

**Tabla 6 Frecuencia Total Antena Plaza de toros Peñol**

## TORRE CENTRO 23



**Ilustración 34 Antena Centro Carrera 23**



**Ilustración 35 Frecuencia Antena Centro Carrera 23**

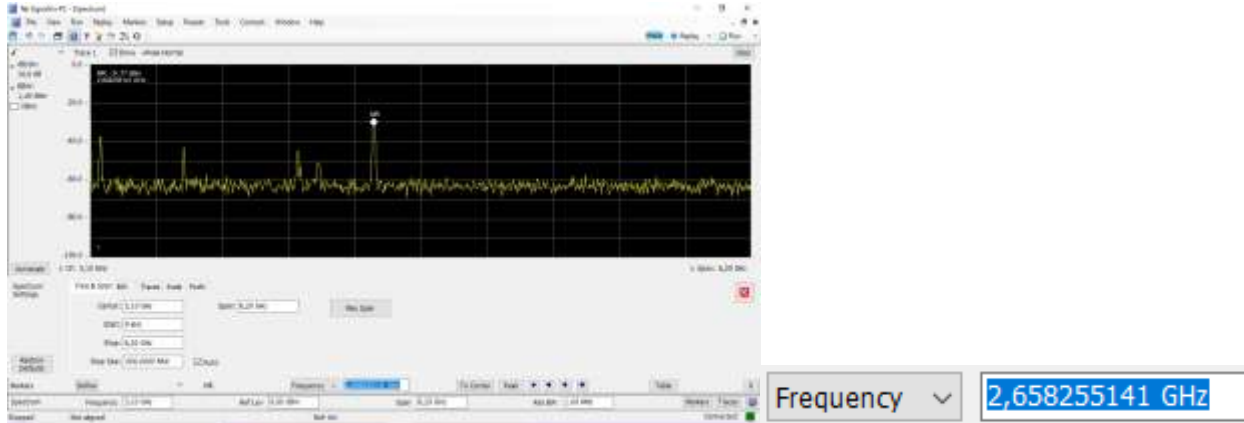
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>1.929756199 MHz 1929.756199</b>
-----------------------------	--

**Tabla 7 Frecuencia Total Antena Centro Carrera 23**

## **TORRE PLAZA 51**



**Ilustración 36 Antena Plaza 51**



**Ilustración 37 Frecuencia Antena Plaza 51**

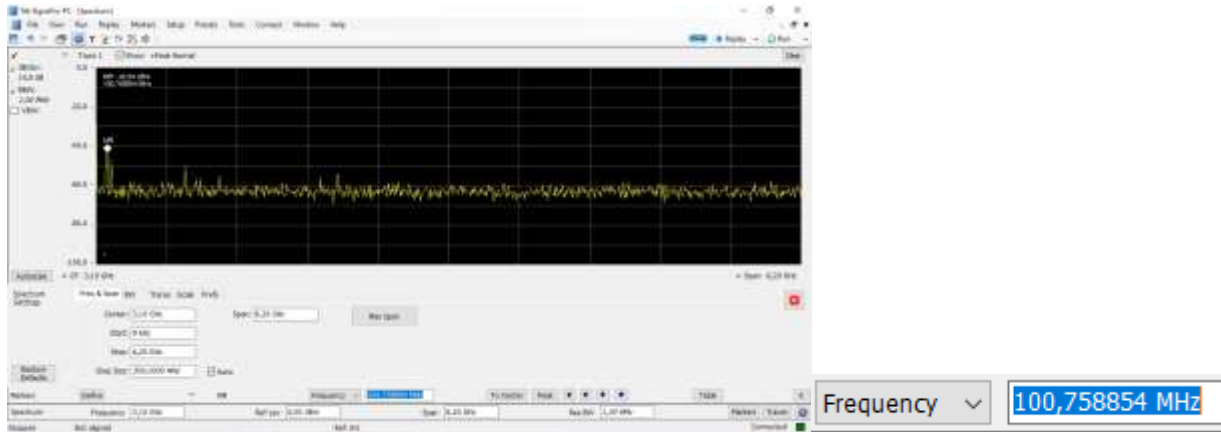
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>2.658255141 MHZ</b>
-----------------------------	------------------------

**Tabla 8 Frecuencia Total Antena Plaza 51**

### **TORRE TRIANGULO 1**



**Ilustración 38 Antena Triangulo**



**Ilustración 39 Frecuencia Antena Triangulo 1**

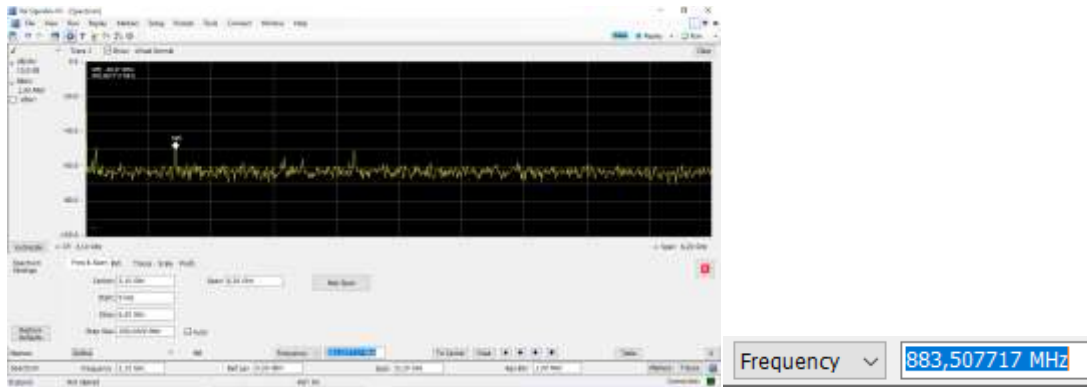
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>100.758854 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

**Tabla 9 Frecuencia Total Antena Triangulo 1.**

## **TORRE TRIANGULO MULTICENTRO**



**Ilustración 40 Antena Triangulo M**

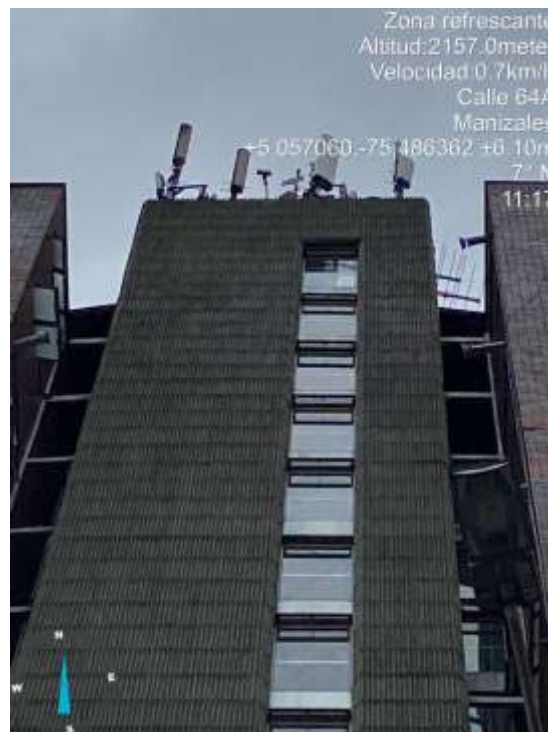


**Ilustración 41 Frecuencia Antena Triangulo M**

<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>883.507717 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

**Tabla 10 Frecuencia Total Antena Triangulo M**

## **TORRE ZONA REFRESCANTE**



**Ilustración 42 Antena Zona Refrescante**



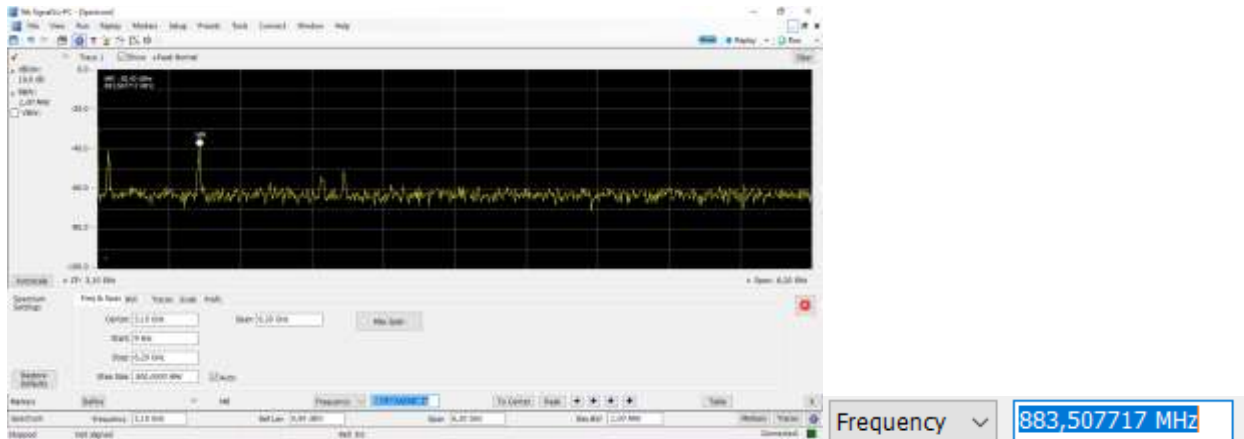


Ilustración 43 Frecuencia Antena Zona Refrescante

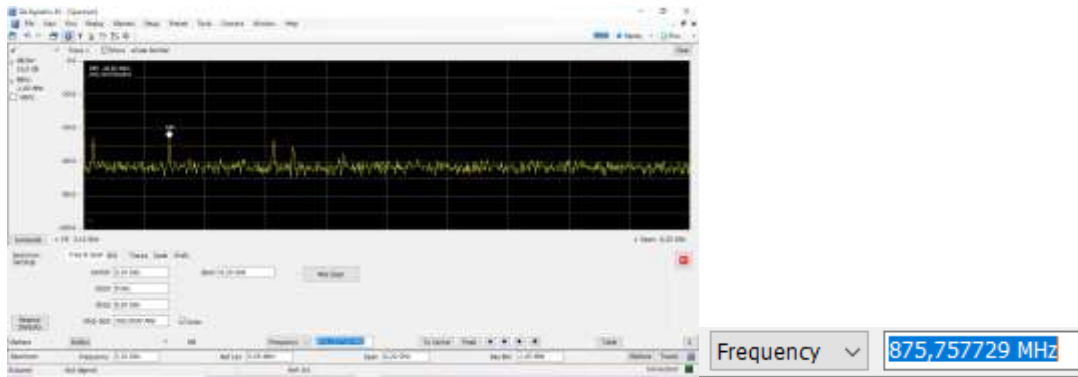
<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>883.507717 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

Tabla 11 Frecuencia Total Antena Zona refrescante

## TORRE REDENTORISTAS



Ilustración 44 Antena Redentoristas



**Ilustración 45 Frecuencia Antena Redentoristas**

<b>FRECUENCIA TOTAL</b>	<b>875.757729 MHz</b>
-----------------------------	-----------------------

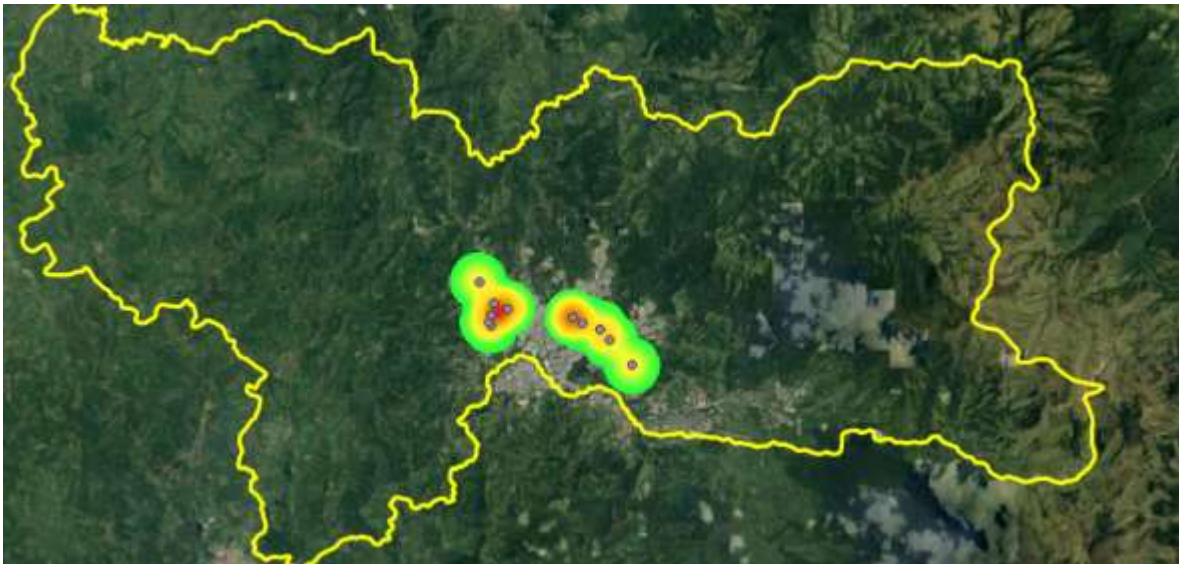
**Tabla 12 Frecuencia Total Antena Redentoristas**

A partir de las mediciones de las antenas se proceden hacer los mapas de calor

<b>Barrio</b>	<b>Dirección</b>	<b>Intensidad MHz</b>
Chipre Colonizadores	Avenida 12 octubre 9C – 71	868.00774
Chipre bellas artes	Avenida 12 de octubre 19 -55	635.508077
Plaza de toros curva	Calle 11 11-1-99	550.258201
Plaza de toros peñol	Calle 10 A 28-71	635.508077
Plaza de toros M	Calle 11 25-30	635.508077
Centro carrera 23	Carrera 23 19-55	1929,756199
Plaza 51 olímpica	Avenida Santander	2658.255141
Triangulo	Avenida Santander 53 A- 18	100,758854
Triangulo	Calle 59 23-100 – 24 A-70	883.507717
Zona refrescante	Calle 64 A	883.507717
Redentoristas	Calle 75 a 19 A -18	875.757729

Después de tener los datos cargados en QGIS se procede a la elaboración de los mapas de calor, obteniendo así las zonas con mayor incidencia con color rojo. Según los datos obtenidos por medio

de las mediciones, se identifica que las zonas centro y Chipre representan mayor riesgo, esto se debe al alto flujo de personas que transitan, los equipos presentados en la zona como cajeros, router de internet en los almacenes entre otros equipos, por tal razón estas zonas representan mayor coloración. A medida que los tonos van disminuyendo, las antenas se van ubicando en zonas donde no se encuentra tanto flujo de equipos eléctricos.



**Ilustración 46** Mapa de Calor Manizales.



Ilustración 47 Mapa de Calor tonalidades.

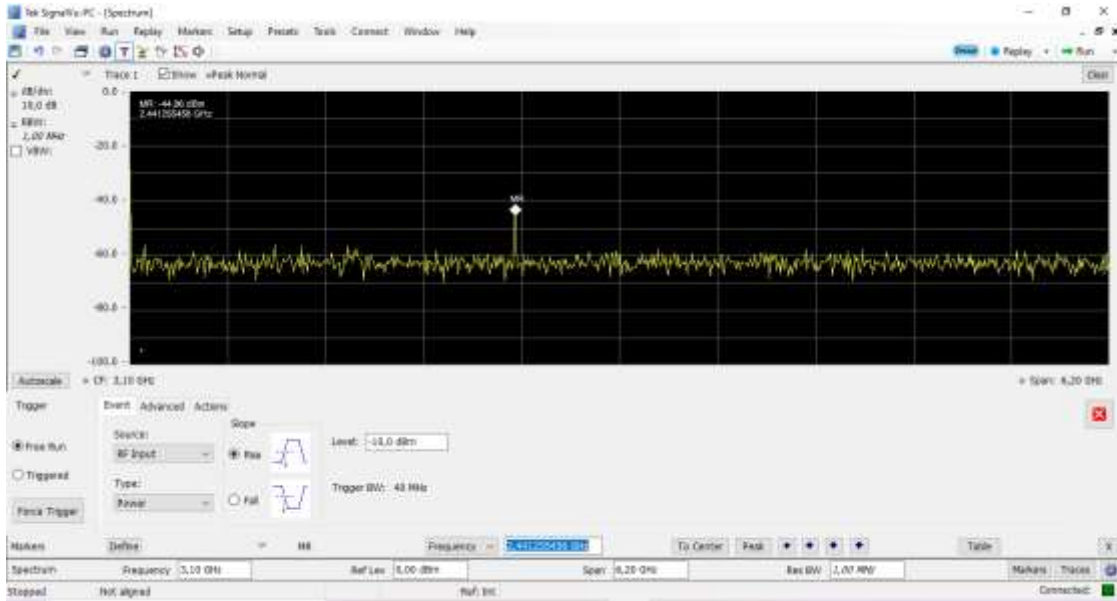
### 3.3. Fase 3: Evaluación en un modelo biológico vivo

En principio las hormigas se expondrían a las ondas electromagnéticas en la cámara de forrajeo produciendo las ondas por medio de imanes, sin embargo, por diferentes análisis realizados en el proceso, se optó por tomar diferentes grupos de hormigas y ponerlas en tubos de ensayos y así exponerlas ya que las ondas que producen los imanes son estáticas y por ende no se presentarían picos los cuales contribuyen a las alteraciones de su comportamiento.

A raíz de la pandemia diferentes procesos de elaboración de proyectos debieron cambiar, por lo tanto, la planeación inicial tuvo cambios, adicional a esto, se presentó un paro en Colombia, dejando afectado ciertos componentes del proyecto, por tal razón, se implementaron los campos de ondas electromagnéticas de una manera casera, usando así el microondas que produce ondas de 2,45 GHz, el Router del internet y el televisor emiten ondas aproximadamente de 800 GHz, los equipos implementados tuvieron ondas electromagnéticas, relativamente altas en el hogar.

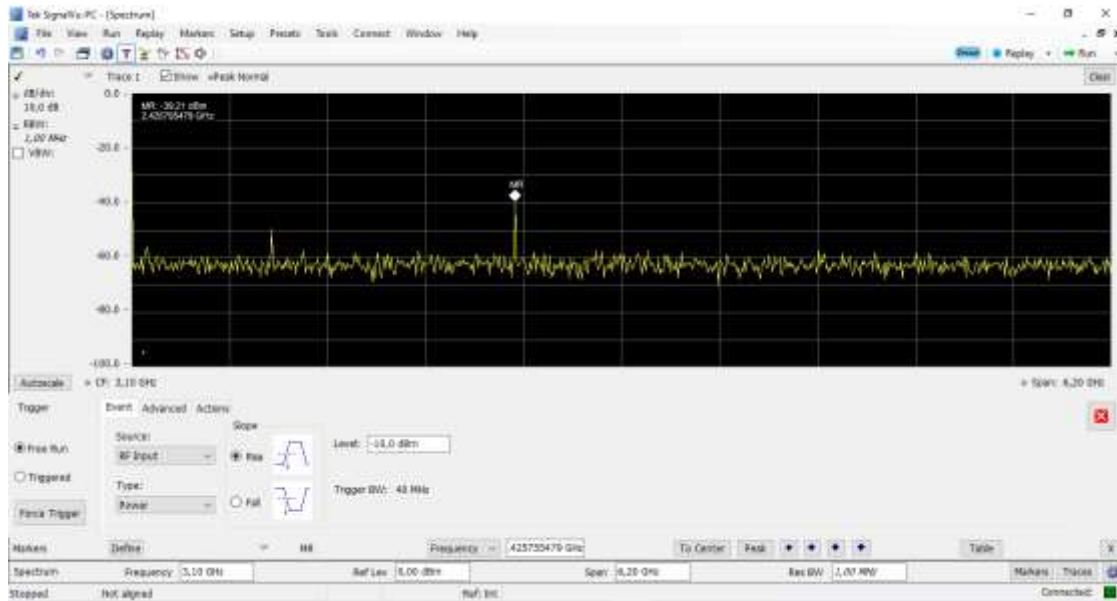
Para iniciar con la evaluación en las hormigas, se tomaron 3 tubos de ensayos cada uno con 3 a 5 hormigas, con algodones húmedos, posterior a esto, se tomó una medición inicial de cada equipo y se procedió a dejar las hormigas en los tubos de ensayos por el tiempo establecido. Se obtuvieron los siguientes datos:

## Wifi



Frecuencia: 2,441255456 GHz

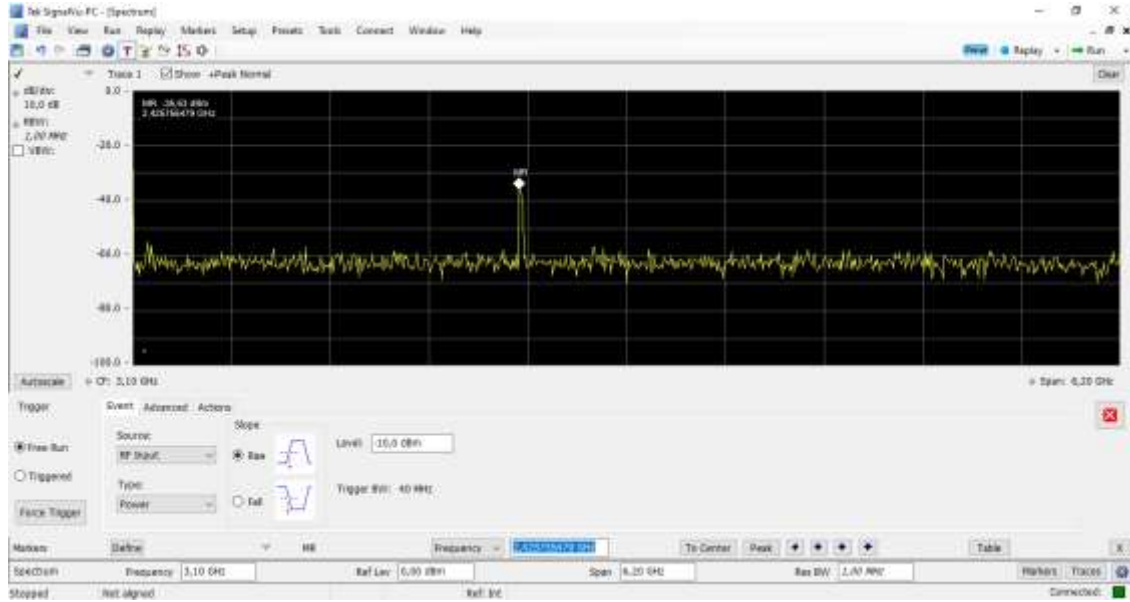
dBm -44,96



Frecuencia: 2,425755479 GHz

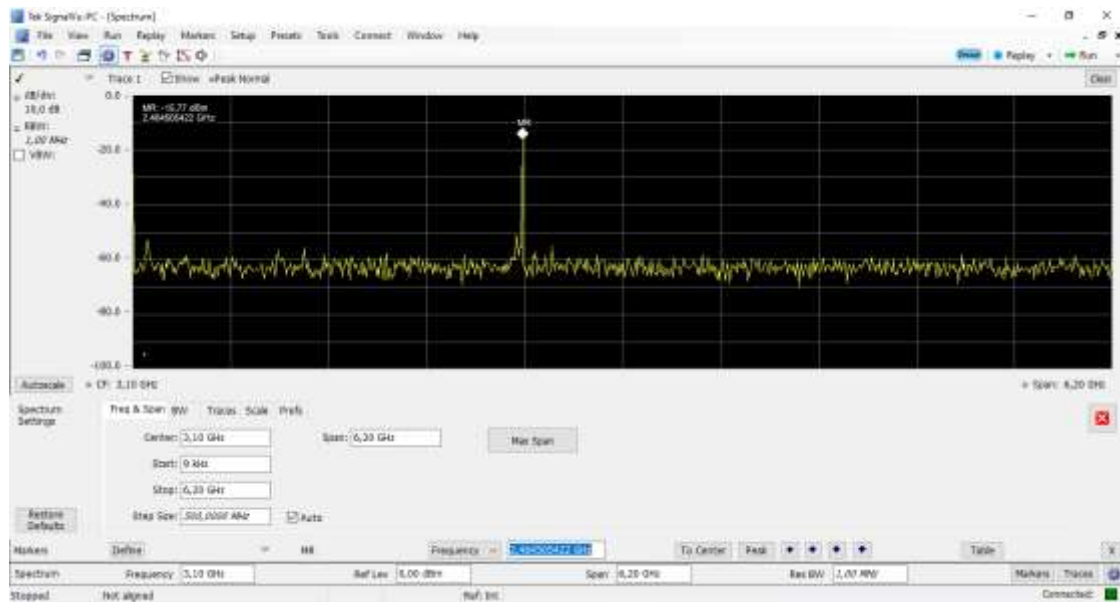
dBm -39,21





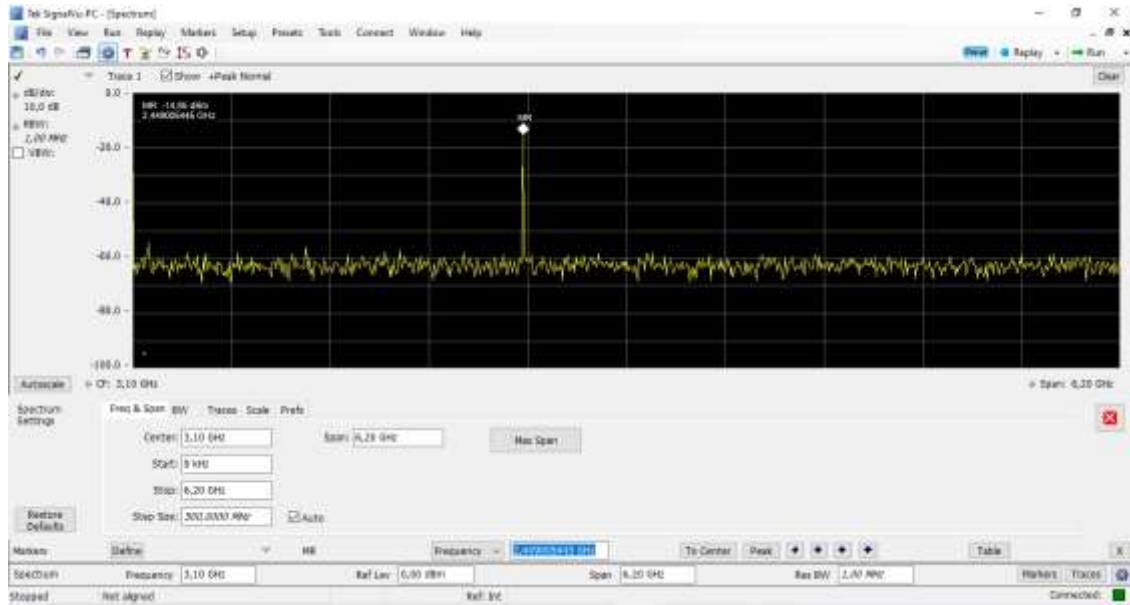
Frecuencia: 2,425755479 GHz	dBm -35,53dbm
-----------------------------	---------------

### Microondas

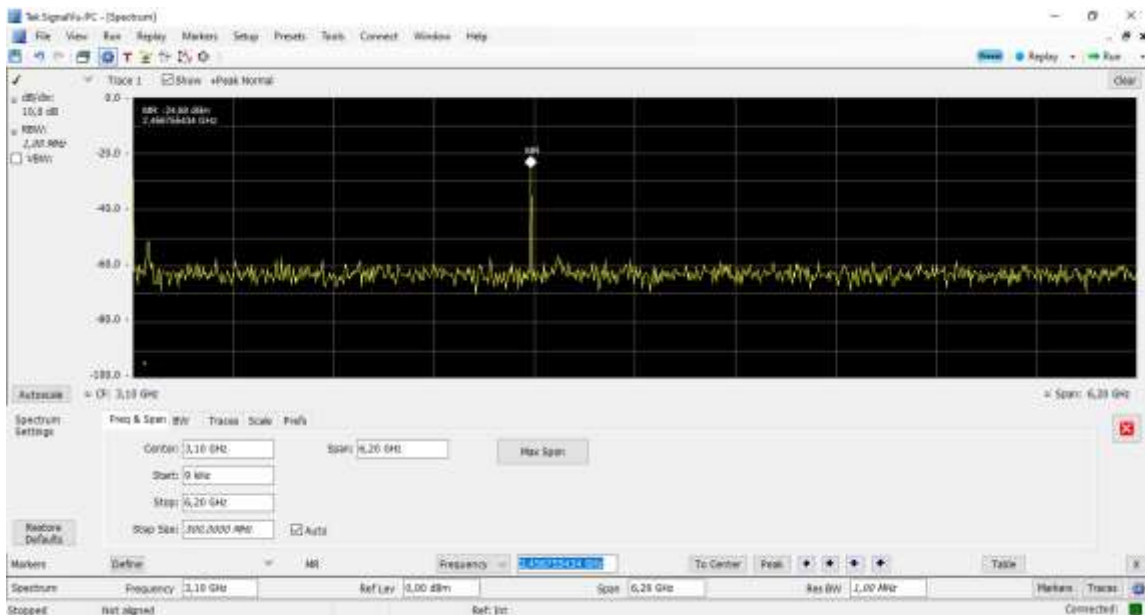


Frecuencia: 2,464505422 GHz	dBm -15,77
-----------------------------	------------



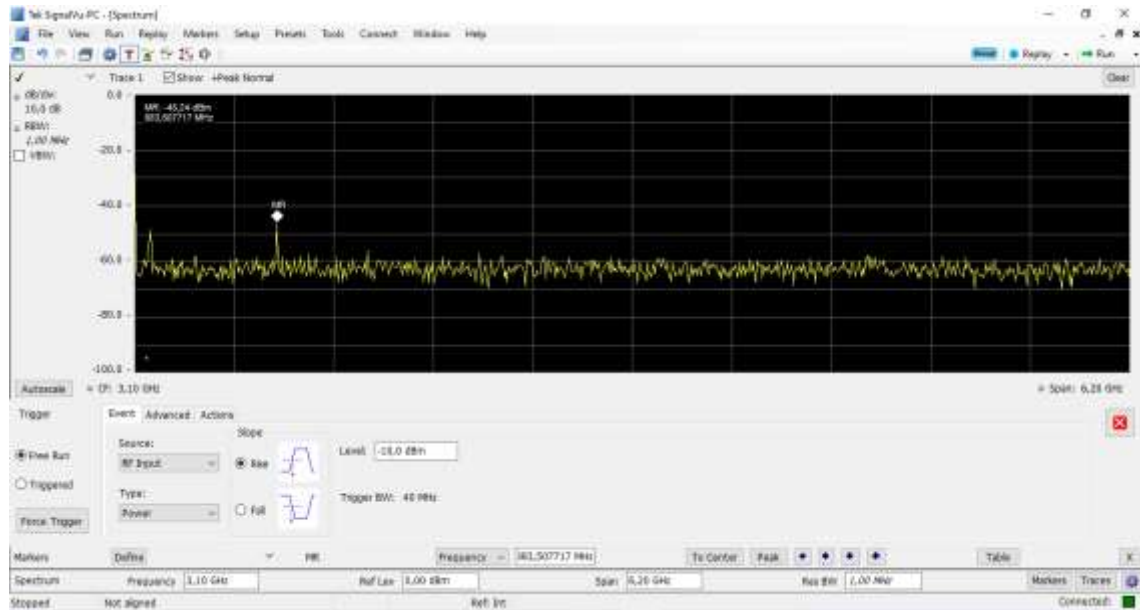


Frecuencia: 2,449005445 GHz	dBm -14,85
-----------------------------	------------

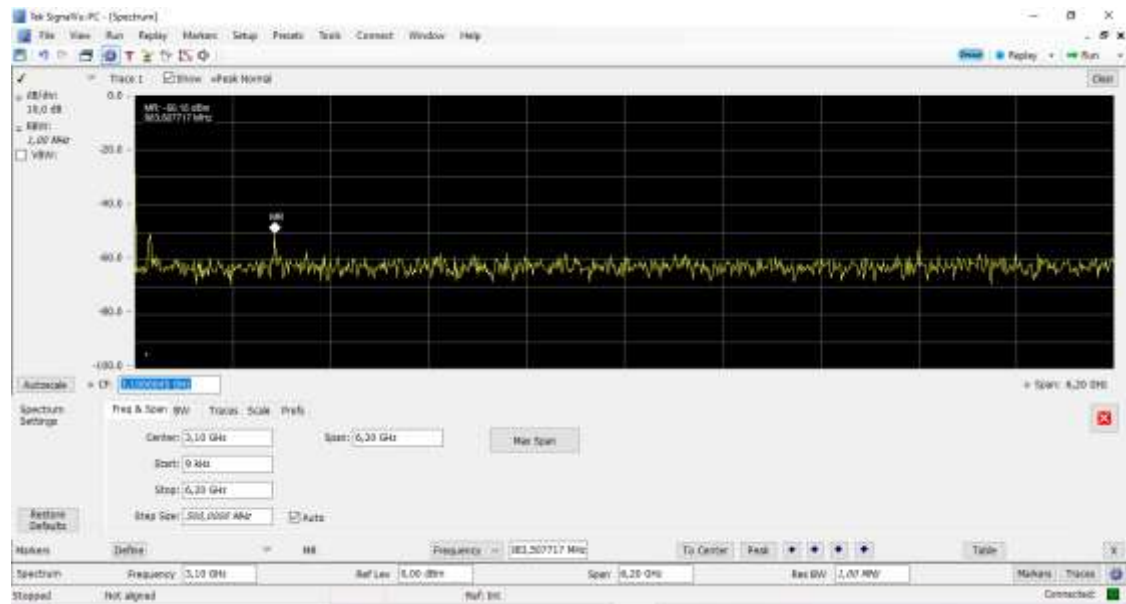


Frecuencia: 2,456755434 GHz	dBm -24,86
-----------------------------	------------

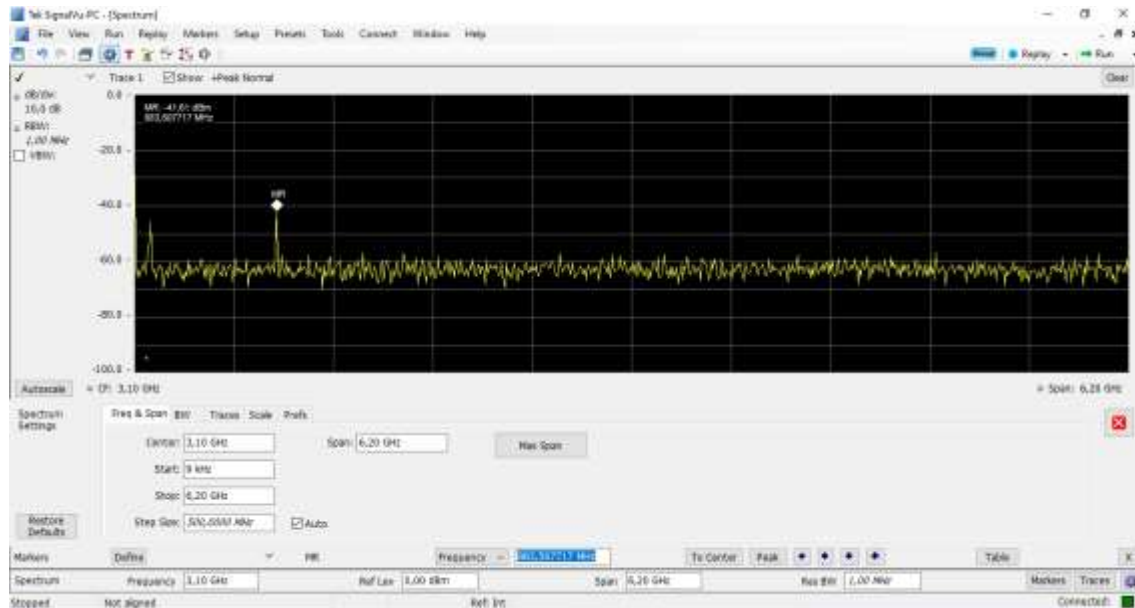
## Televisor y router



Frecuencia: 883,507717 MHz	dBm -45,25
----------------------------	------------



Frecuencia: 883,507717 MHz	dBm -50,15
----------------------------	------------



Frecuencia: 883,507717 MHz	dBm -41,61
----------------------------	------------

El paso a seguir, fue promediar la información obtenida por el espectrómetro, como se pudo observar anteriormente se tomaron tres veces la intensidad de onda con el fin de obtener un promedio de lo que el equipo seleccionado emite.

Aparato electrónico	Frecuencia 1 (Ghz)	Frecuencia 2 (GHz)	Frecuencia 3 (GHz)	Promedio
Wifi	2,441255456	2,425755479	2,425755479	2,430922138
Microondas	2,464505422	2,449005445	2,456755434	2,456755434
Televisor y Router	0,883507717	0,883507717	0,883507717	0,883507717

Luego de tener cada promedio, se expuso el modelo biológico en tres tiempos; El primer tiempo fue durante 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos el ultimo. Estos tiempos se variaron en todos los modelos para tener más claro si lo que lo afecta es el tiempo de exposición o las ondas que los equipos emiten.

Los modelos biológicos fueron evaluados en escala de 1 a 5 siendo 1 la escala más baja y 5 la escala más alta.

ESCALA	
1	MUY BAJA
2	BAJA
3	ESTANDAR
4	ALTA
5	MUY ALTA

**Tabla 13 Escala evaluación**

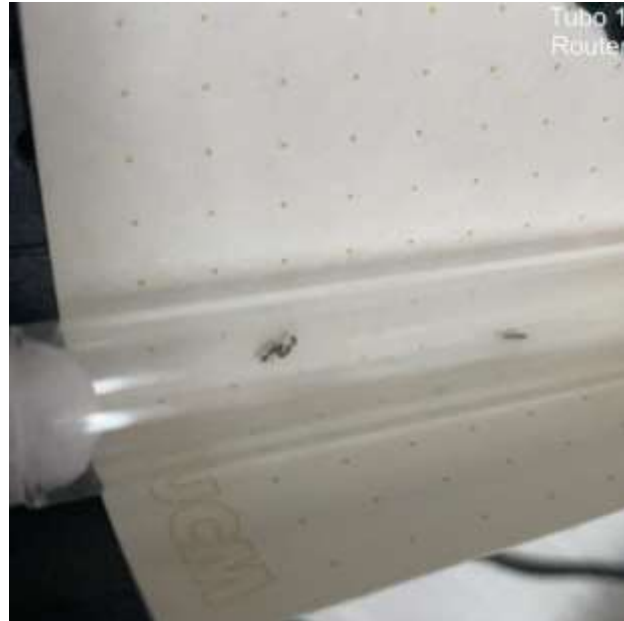
### ROUTER

LUGAR	TIEMPO	MOVIMIENTO
WIFI	10	2
	20	1
	30	1

**Tabla 14 Tiempo vs Movimiento Router**



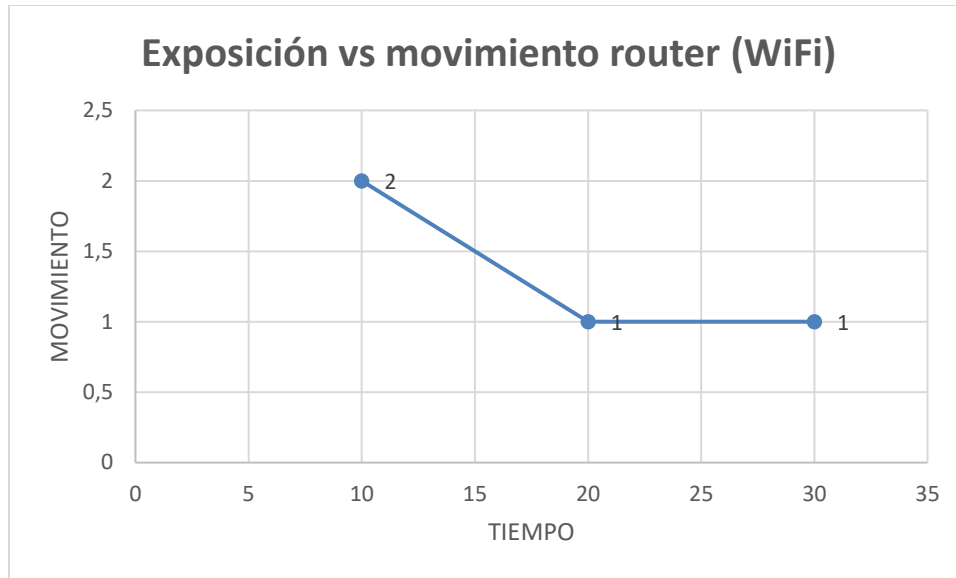
**Ilustración 48 Tubo 1 Router 10 minutos**



**Ilustración 49 Tubo 1 Router 20 minutos**



**Ilustración 50 Tubo 1 Router 30 minutos**



**Ilustración 51 Exposición vs movimiento Router**

### MICROONDAS

LUGAR	TIEMPO	MOVIMIENTO
Microondas	10	1
	20	1
	30	1

**Tabla 15 Tiempo vs movimiento microondas**



**Ilustración 52 Tubo 2 Microondas 10 minutos**

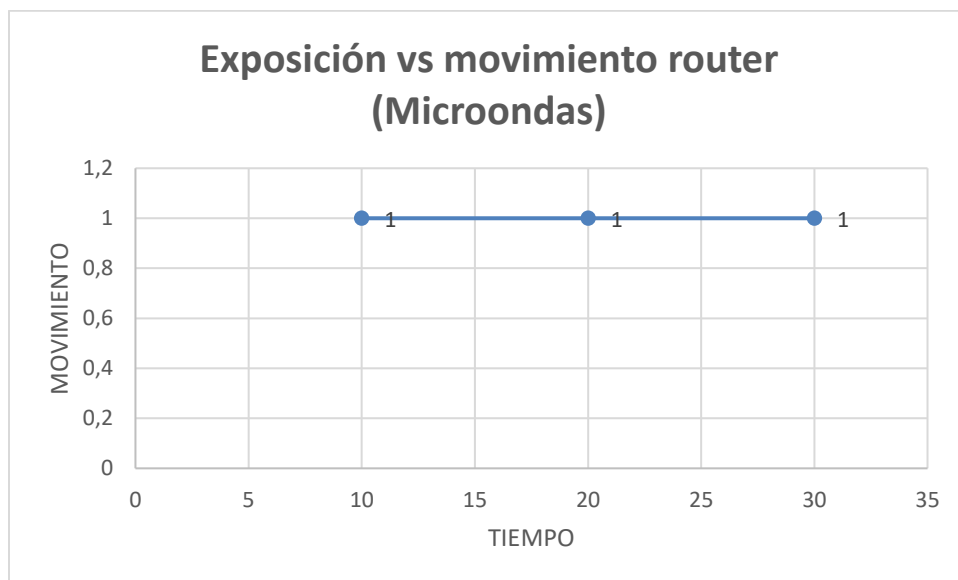




**Ilustración 53 Tubo 2 Microondas 20 minutos**



**Ilustración 54 Tubo 2 Microondas 30 minutos**



**Ilustración 55 Exposición vs movimiento microondas**

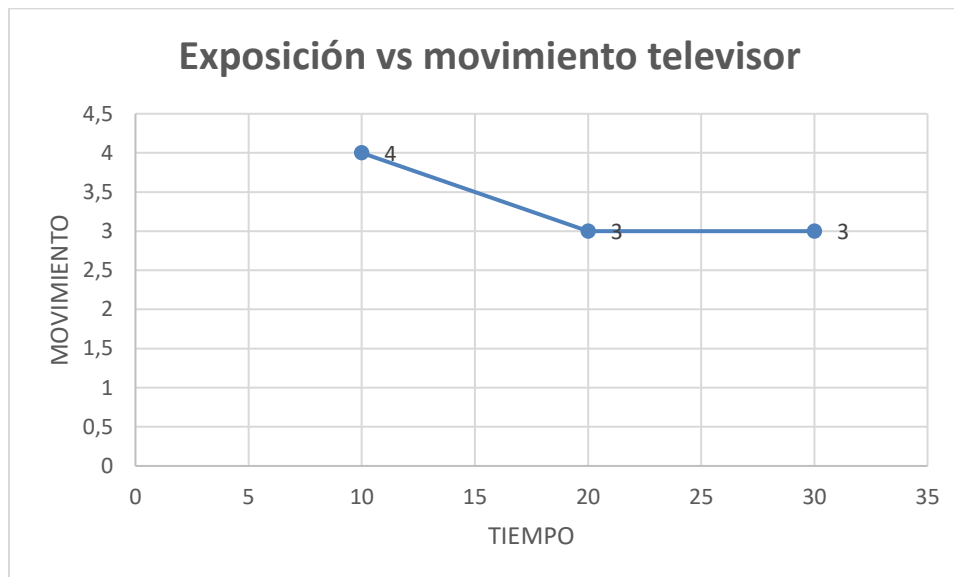
## TELEVISOR



**Ilustración 56 Tubo 3 Televisor 10 min**

LUGAR	TIEMPO	MOVIMIENTO
Televisor	10	4
	20	3
	30	3

**Tabla 16 Tiempo vs movimiento televisor**

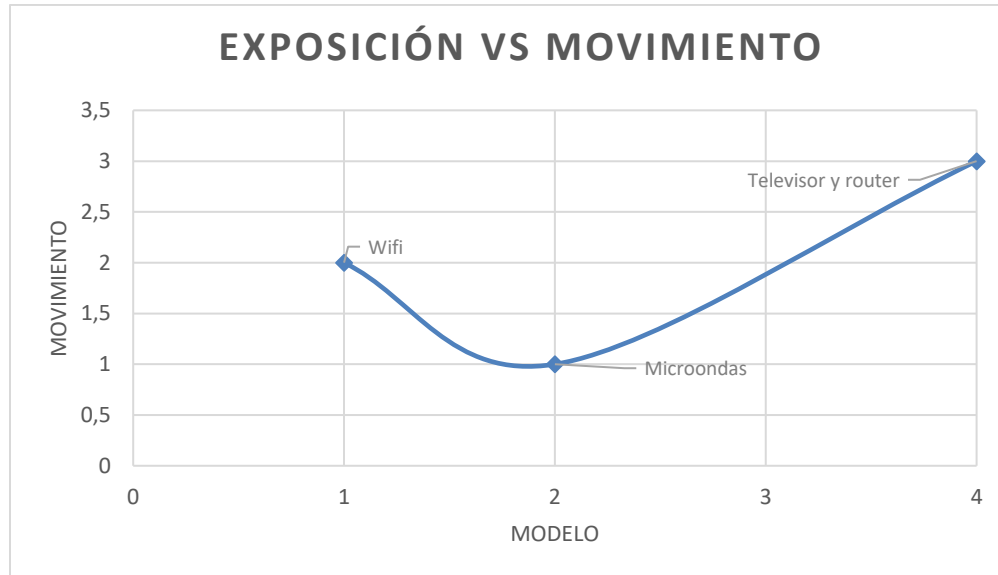


**Ilustración 57 Exposición vs movimiento televisor**

Al evaluar cada uno de los modelos en su lugar de exposición y sus tiempos de exposición, se realiza un promedio en general para poder verificar el movimiento de cada modelo, y así poder evidenciar si se presentaron afectaciones. En la tabla 17 e ilustración 58 puede observar el lugar al que fue sometido el modelo biológico y la escala de movimiento.

LUGAR	MODELO	MOVIMIENTO PROMEDIO
Wifi	1	2
Microondas	2	1
Televisor y router	4	3

**Tabla 17 Promedio de movimiento en los modelos biológicos**



**Ilustración 58 Promedio exposición vs movimiento**

Al observar cada uno de los anteriores comportamientos de cada modelo biológico vivo se pudo evidenciar que el modelo biológico vivo con más incidencia de contaminación electromagnética fue el microondas siendo este aparato electrónico el que más ondas electromagnéticas emite con una frecuencia de 2,430922139 GHz, en segundo lugar, el Wifi con una frecuencia de 2,456755434 y finalmente el televisor con una frecuencia de 0,883507717.

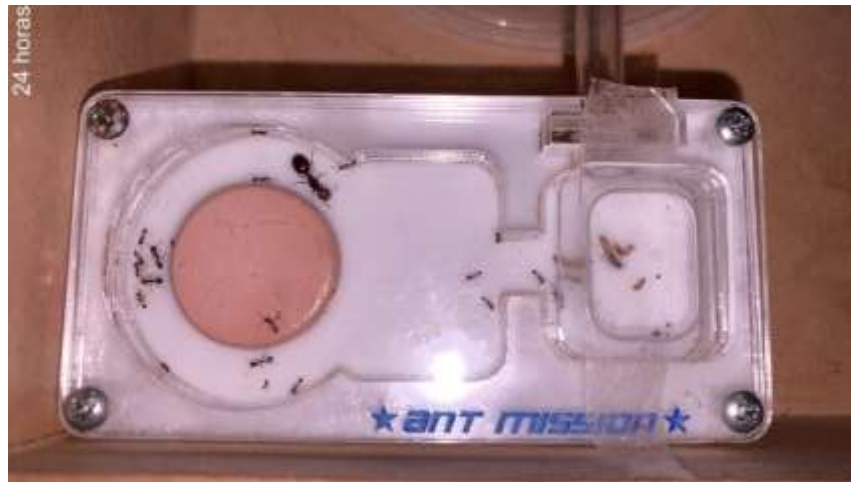
Después de ser expuestas a las ondas, las hormigas vuelven a su hormiguero, donde se evidencia que su cambio de comportamiento sigue afectado sus labores y su alimentación.

TIEMPO	ALIMENTACIÓN DESPUÉS DE LA EXPOSICIÓN
1 SEMANA	3
2 SEMANA	2
3 SEMANA	1
4 SEMANA	0

**Tabla 18 Tiempo de alimentación**

La reina solía estar en una zona específica, quieta cuidando de sus huevos, sin embargo, después de ser expuesta, su comportamiento cambia bastante, empieza andar por todo el hormiguero sin importar porque espacios camine y sin tener cuidado con sus obreras.

Las hormigas anteriormente comían todos los días, usualmente cada 4 días se volvían a introducir las lavar, sin embargo, después de ser expuestas, no comieron alrededor de 3 días, apenas empezaron sus comportamientos habituales.



**Ilustración 59** Hormiguero 24 Horas despues



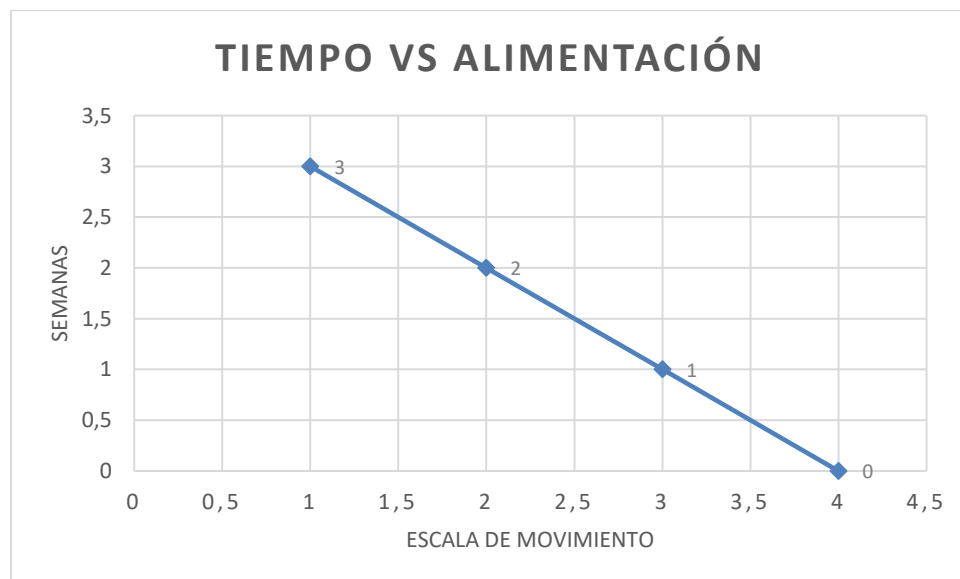
**Ilustración 60** Hormiguero 48 horas después



Ilustración 61 Hormiguero 72 horas después



Ilustración 62 Hormiguero 96 horas después



Como se observa en la tabla anterior, durante las 72 horas siguientes, las hormigas empiezan a comer y a tener comportamientos usuales, la reina ya se queda en un lugar quieta cuidando de los huevos mientras las obreras empiezan a tomar la comida. A las 2 siguientes semanas aproximadamente, las hormigas se empiezan atacar entre ellas, aun teniendo la comida que usualmente se les daba, no comían y empezaron aparecer muertas, al final quedo la reina y una hormiga obrera. El comportamiento que presentaron después de ser expuestas a la radiación electromagnética, causo cambios drásticos en su comportamiento. Se puede deducir que las ondas causan alteración y puede ser perjudicial para la salud de las hormigas.



## **CAPITULO 4**

### CONCLUSIONES

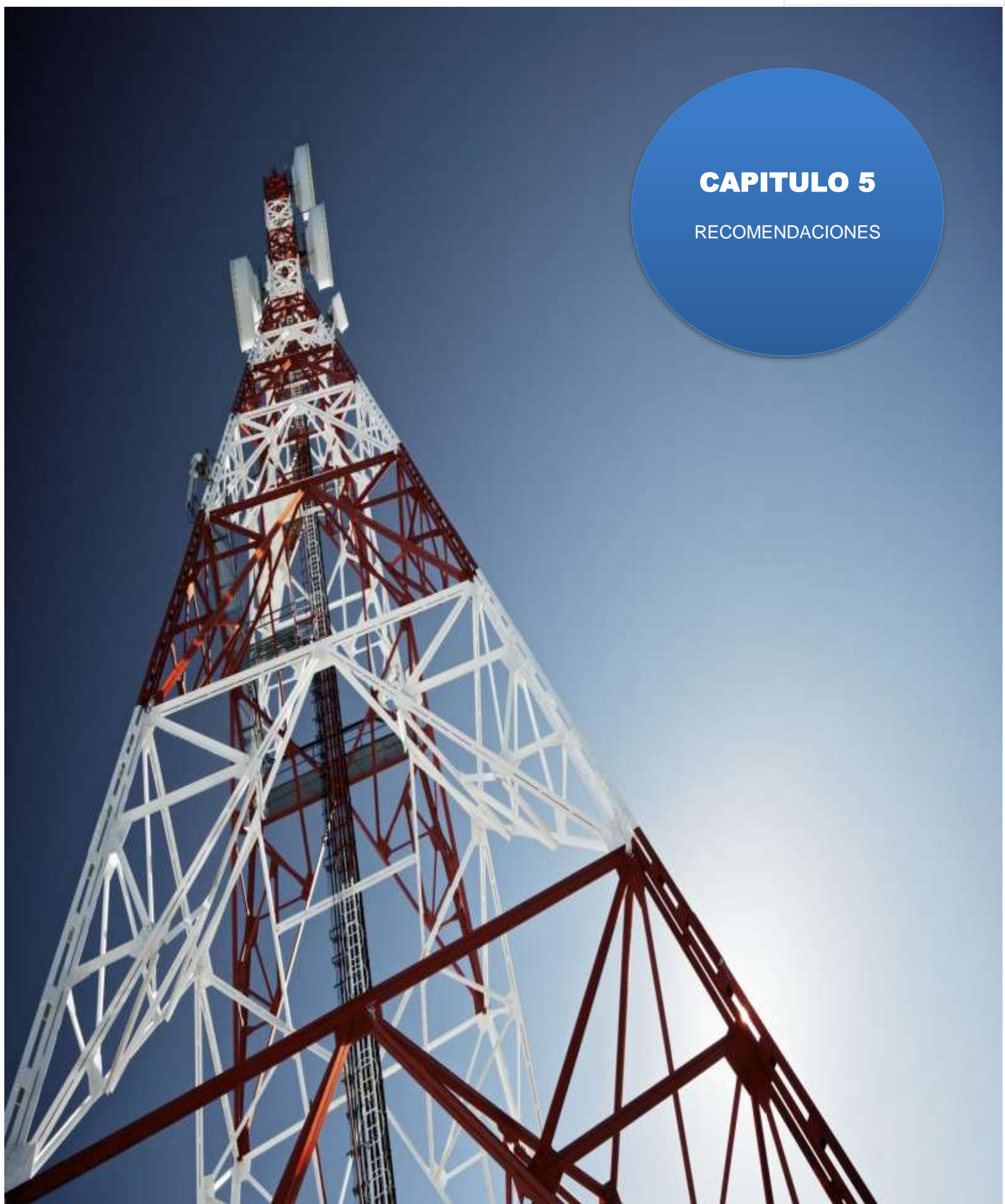


#### 4. CONCLUSIONES

- Los niveles de contaminación electromagnética en la ciudad de Manizales son medios, ya que de acuerdo a las frecuencias tomadas durante el trabajo de campo van de 550,258201 Mhz a 2658,255141 Mhz aproximadamente, estando presente en torres de señal móvil ubicados en diferentes zonas de la ciudad las cuales son recorridas por los habitantes constantemente, siendo estas una grave amenaza para la salud humana y animal.
- Los niveles de contaminación por las ondas electromagnéticas pueden variar dependiendo de la distancia donde se encuentren, entre más cerca se encuentre de la zona de exposición se presenta más afectación a diferencia de una exposición más alejada.
- Las ondas electromagnéticas pueden variar por diversas razones como por ejemplo aparatos eléctricos, esto se evidencio en la zona del centro por lo que presento una frecuencia más alta al haber presencia de cajeros automáticos y diversos equipos electrónicos que se encuentren cerca del lugar, no solamente por las antenas de señal móvil.
- Al buscar información de la ubicación de las antenas presentes en la ciudad de Manizales, se presentaron limitaciones frente a la información suministrada por parte de los entes municipales, por lo que estas antenas representan alteración y afectación a la salud humana; el personal que acceden a este tipo de antenas es capacitado y porta uniformes especiales para estas áreas de alta radiación electromagnética, por tal razón, dicha información no es suministrada a la comunidad, por lo que se pudo acceder a pocas antenas ubicadas en diferentes zonas de la ciudad.
- El comportamiento de las hormigas cambio bruscamente durante el experimento, cabe destacar que su proceso de “recuperación” fue de aproximadamente de 4 días, sin embargo, estas volvieron a su estado de “descompensación”, por lo que no se alimentaron correctamente y se atacaron entre ellas, causando su muerte.
- Las hormigas presentaron un alto grado de afectación al estar expuestas por las ondas que emiten los aparatos electrónicos del hogar, por lo que se puede concluir que, si al estar expuestas a tan bajas frecuencias se afectaron, entonces a altas frecuencias estas morirían inmediatamente.
- Una de las alteraciones que se pudo evidenciar después de exponer las hormigas a campos de radiación electromagnética fue el cambio en su ciclo reproductor, el macho pasado unos días murió por lo que la hormiga reina no tenía con quien aparearse y por ende no poder colocar más huevos.

## **CAPITULO 5**

RECOMENDACIONES



## 5. RECOMENDACIONES

- Tener un equipo de trabajo capacitado para la elaboración del proyecto.
- Planear las estrategias de elaboración de acuerdo al proyecto y la información obtenida.
- Realizar el proyecto de acuerdo con la disponibilidad de información y contando con las contingencias relacionadas.
- Plantear proyectos viables para su desarrollo sin presentar afectaciones a sus desarrolladores.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso Balmori. (2015). Anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields as an emerging threat to wildlife orientation. 16 Abril 2020, de Science of the Total Environment Sitio web: <https://drive.google.com/drive/folders/1hmomLryFGO2iMSx6nGrrPfd5wnXlwJye>
- Antonio Diéguez. (2013). La función explicativa de los modelos en biología. 16 abril 2020, de universidad Málaga Sitio web: <file:///C:/Users/PC/Downloads/1157-4414-1-PB.pdf>
- El Congreso de Colombia (2013). PROYECTO DE LEY No. 102 DE 2013 “Por medio de la cual se dictan lineamientos básicos para prevenir la contaminación electromagnética y se dictan otras disposiciones”. recuperado de <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2013%20-%202014/PL%20102-13%20Contaminacion%20Electromagnetica.pdf>
- El Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Gestor Normativo (2010). Decreto 1469 DE 2010 (Abril 30) Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones. (Compilado por el Decreto 1077 de 2015). Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39477#138>
- Fabio N. Rodríguez Duran. (2018). Estudio migratorio de la tecnología 3G a LTE 4G. Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Telecomunicaciones. Sitio web: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004481.pdf>
- Martin Vacha. (2019). Magnetoreception of Invertebrates. 16 abril 2020, de The Oxford Handbook of Invertebrate Neurobiology Sitio web: <https://drive.google.com/drive/folders/1hmomLryFGO2iMSx6nGrrPfd5wnXlwJye>
- República de Colombia, Ministerio de Comunicaciones (2005). Decreto 195 de 31 de enero del 2005 "Por el cual se adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones". Recuperado de [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3569\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3569_documento.pdf)
- Shaw J, Boyd A, House M, Woodward R, Mathes F, Cowin G, Saunders M, Baer B.. (2015). Magnetic particle-mediated magnetoreception. 16 abril 2020, de interface Sitio web: <https://drive.google.com/drive/folders/1hmomLryFGO2iMSx6nGrrPfd5wnXlwJye>
- Sönke Johnsen, and Kenneth J. Lohmann. (2008). Magnetoreception in animals. 16 Abril 2020, de American Institute of Physics Sitio web: <https://drive.google.com/drive/folders/1hmomLryFGO2iMSx6nGrrPfd5wnXlwJye>
- Vladimir Henao. (2015). propuesta metodológica para medición de la contaminación electromagnética y su aplicación en la elaboración de un mapa de riesgo de la ciudad de manizales. 16 abril 2020, de universidad nacional de Colombia Sitio web:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11014/7109504.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Wolfgang Wiltschko & Rosita Wiltschko. (2005). Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. 16 abril 2020, de researchgate Sitio web: <https://drive.google.com/drive/folders/1hmomLryFGO2iMSx6nGrrPFD5wnXlwJye>