

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LOS NIVELES DE  
PRESIÓN SONORA DEL MUNICIPIO DE FUNZA, CUNDINAMARCA**

viii

María Camila Acosta Santos

Judith Andrea Vargas Cediél

Universidad de Cundinamarca.

Programa de Ingeniería Ambiental

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Abril 2019.

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LOS NIVELES DE  
PRESIÓN DE SONORA DEL MUNICIPIO DE FUNZA, CUNDINAMARCA**

ix

**María Camila Acosta Santos**

**Judith Andrea Vargas Cediel.**

**Trabajo como requisito para optar por el título de ingeniero ambiental**

**Director**

**Miguel Antonio De Luque Villa**

**Ingeniero Ambiental;**

**Codirector:**

**Daniel Armando Robledo Buitrago**

**Ingeniero Ambiental;**

**Universidad de Cundinamarca.**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

**Abril 2019.**

En primer lugar, queremos agradecer a los profesores de la Universidad de Cundinamarca, dejaron en nosotras conocimientos necesarios durante todo nuestro proceso de formación que aportaron a la realización de este proyecto, y también fueron un pilar fundamental para nuestro crecimiento en la vida profesional y personal.

A nuestro director y tutor Miguel De Luque Villa, por depositar su confianza en nosotras para la ejecución de este proyecto, por su constancia y acompañamiento en cada uno de los pasos de este. Sin él no se hubiese podido finalizar con éxito este proyecto, el cual nos permitió culminar esta gran etapa de nuestras vidas.

Al ingeniero Daniel Robledo, por habernos orientando con sus conocimientos en los momentos que lo necesitamos para dar respuesta a cada una de nuestras dudas, inquietudes y conflictos.

A nuestros familiares, amigos y colegas:

*A mis padres: Gilma y José, esos seres que con sus palabras, gestos y consejos permitieron que culminará este proceso tan representativo para mi vida, sin ellos nada de esto sería posible. A mis hermanos, Felipe y Daniel por apoyarme en todas las decisiones que tomé en el transcurso de mi carrera.*

*También agradezco enormemente a cada una de las personas que me acompañaron durante toda mi preparación profesional: profesores, amigos y colegas.*

*Finalmente, a Andrea Vargas mi compañera incondicional en mi carrera y de trabajo de grado. Infinitas gracias por apoyarme, acompañarme y ayudarme en este camino.*

***María Camila Acosta Santos***

*A mis padres y hermanos por ser ese apoyo incondicional en cada momento de mi vida, por ser esa fuerza cuando lo necesite en los momentos más difíciles y por no permitir que renunciara a la elaboración de este proyecto.*

*A mis compañeras de estudio por haber hecho mi paso por la Universidad una gran experiencia y que me hicieron mejorar como persona.*

*Por último, quiero agradecer a mi compañera de tesis, que con su apoyo, acompañamiento y paciencia pude culminar este proyecto.*

***Judith Andrea Vargas Cediél***

Se investigó la distribución espacial de los niveles de presión sonora en el Municipio de Funza, con el fin de identificar las fuentes de emisión de ruido de las diferentes actividades antrópicas, para esto se monitorearon 52 puntos en todo el municipio tanto en el horario diurno como nocturno, los niveles de presión sonora obtenidos estuvieron entre 40 y 85 decibeles (dB(A)), para el horario diurno los puntos con menor nivel se encontraron alejados del casco urbano y en algunas zonas residenciales, estos variaron entre 50 y 55 dB(A), mientras que los niveles más altos oscilaron entre 60 y 75 dB(A), los cuales se encontraban en las vías principales y las zonas con gran actividad comercial. Para el horario nocturno los niveles de presión sonora se encontraron valores entre 40 y 50 dB(A) por fuera del área urbana y los niveles más altos (80 -85 dB(A)) debido al alto flujo vehicular en las vías principales que conectan al municipio con la Capital colombiana y a la cercanía con el aeropuerto El Dorado. Una vez obtenidos los niveles de presión sonora de cada punto, se generó el mapa de ruido ambiental para el municipio de Funza, tanto diurno como nocturno, utilizando la herramienta Geostatistical Analyst del software ArcGIS versión 10.5, a partir de este mapa se compararon los niveles de presión sonora con los sectores establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en el municipio. Finalmente, los resultados arrojaron para el horario diurno que el 19,5% de la extensión del municipio cumple con la norma, mientras que 80,5% no cumple, para el horario nocturno el 15,7% cumple y el 84,3% no cumple con la norma. Estos valores se presentaron principalmente debido al alto flujo vehicular en las vías principales que conectan al municipio con la Capital colombiana y a la cercanía con el aeropuerto El Dorado debido a que en el suroeste del municipio se encuentra la cabecera de la pista de aterrizaje.

The spatial distribution of the sound pressure levels on Funza City was investigated, in order to identify the of noise emission sources from the different anthropic activities, for this 52 points were monitored throughout the city, both during the daytime and at night. The sound pressure levels obtained were between 40 and 85 decibels (dB (A)), for the daytime the points with the lowest level were far from the urban area and residential areas, these varied between 50 and 55 dB (A), while the highest levels oscillated between 60 and 75 dB (A), which were in the main roads and areas with great commercial activity. For night time, sound pressure levels were found between 40 and 50 dB (A) outside the urban area and higher levels (80-85 dB (A)) due to the high traffic flow in the main roads that connect the city with the Colombian Capital and to the proximity with the El Dorado airport. Once the sound pressure levels of each point were obtained, the noise map was generated for the Funza city, both day and night, using the Geostatistical Analyst tool of ArcGIS software version 10.5, from this map the sound pressure levels were compared with the sectors established in Resolution 0627 of 2006 of the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development in order to assess compliance with the maximum permissible standards of environmental noise levels in the city. Finally, the results showed that 19.5% of the municipality's extension complies with the law, while 80.5% does not comply, for the night schedule 15.7% complies and 84.3% does not comply the standards. these values were mainly due to the high traffic flow in the main roads that connect the city with Bogotá and the proximity to the El Dorado airport because the head of the runway is located in the southwest of the city.

## Tabla de Contenidos

xiv

Introducción .....	1
1. Justificación .....	3
2. Objetivos .....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
3. Marco normativo.....	6
4. Marco geográfico .....	8
4.1. Localización.....	8
5. Marco teórico .....	9
5.1. Cobertura de la tierra según Corine Land Cover .....	9
5.2. Ruido.....	9
5.2.1. Características del ruido.....	10
5.2.2. Nivel de presión sonora .....	10
5.2.3. Ruido ambiental:.....	11
5.2.4. Ruido ambiental a nivel internacional .....	11
5.2.5. Ruido ambiental a nivel nacional.....	12
5.2.6. Propagación de ruido en el ambiente .....	13
5.3. Medición de ruido ambiental .....	14
5.4. Mapa de ruido .....	15
5.5. Efectos del ruido sobre la salud y medio ambiente.....	15
5.5.1. Riesgos a la salud.....	15
5.5.2. Riesgos al ambiente .....	17

6. Metodología .....	19	xv
6.1. Técnicas e instrumentos .....	19	
6.2. Análisis de la información .....	21	
6.3. Diseño procedimental .....	21	
6.3.1. Identificación de la cobertura de la tierra para el municipio de Funza .....	21	
6.3.2. Caracterización de la distribución espacial de los niveles de presión sonora para el municipio de Funza .....	23	
6.3.3. Evaluación del comportamiento espacial de niveles de presión sonora con la cobertura de la tierra en el municipio de Funza, Cundinamarca.....	28	
7. Resultados y análisis .....	30	
7.1. Identificación de la cobertura de la tierra en el municipio de Funza .....	30	
7.1.1. Mapa de cobertura de Funza según el Tipo .....	30	
7.1.2. Mapa de cobertura de Funza según la cobertura.....	32	
7.1.3. Mapa de cobertura de Funza según la Clase .....	34	
7.2. Cálculo de los niveles de presión sonora continua equivalente generados en el municipio de Funza.....	37	
7.2.1. Cumplimiento de la resolución 0627 de 2006 .....	43	
7.3. Distribución del ruido ambiental en Funza, Cundinamarca.....	48	
7.3.1. Mapa de ruido ambiental diurno .....	48	
7.3.2. Mapa de ruido ambiental nocturno .....	50	
7.4. Relación entre de niveles de presión sonora con la cobertura de la tierra en el municipio de Funza .....	52	
7.4.1. Isófonas diurnas y cobertura .....	52	

7.4.2.	Isófonas nocturnas y cobertura .....	54	xvi
7.4.3.	Cumplimiento de los niveles de presión sonora diurno .....	55	
7.4.4.	Cumplimiento de los niveles de presión sonora nocturno .....	57	
8.	Conclusiones y recomendaciones .....	60	
9.	Referencias.....	62	
10.	Anexos .....	67	

Tabla 1. Efectos sobre la salud según el nivel de sonido..... 16

Tabla 2. Instrumentos utilizados ..... 19

Tabla 3. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles  
dB (A). ..... 26

Tabla 4. Combinación de colores para representación gráfica de los niveles de ruido cada 5dB (A).  
..... 28

Tabla 5. Niveles de presión sonora continua equivalente diurnos..... 39

Tabla 6. Niveles de presión sonora continua equivalente nocturno..... 41

## Lista de las figuras

xviii

Figura 1. Normatividad de Ruido en Colombia.....	7
Figura 2. Ubicación del Municipio de Funza.....	8
Figura 3. Imagen Satelital Sentinel.....	22
Figura 4. Ubicación del micrófono a una altura de 4 metros.....	25
Figura 5. Mapa de Cobertura de Funza según el Tipo.....	30
Figura 6. Porcentajes cobertura nivel 1(Tipo). ....	32
Figura 7. Mapa de Coberturas de Funza. ....	32
Figura 8. Porcentajes cobertura nivel 2 (Cobertura).....	34
Figura 9. Mapa de Cobertura de Funza según la clase. ....	35
Figura 10. Porcentajes cobertura nivel 3 (Clase).....	37
Figura 11. Mapa de puntos de monitoreo de ruido ambiental. ....	38
Figura 12. Mapa cumplimiento de la Resolución 0627 de 2006 de los puntos de monitoreo DIURNOS.....	44
Figura 13. Cumplimiento de los puntos diurnos con la resolución 0627/2006. ....	45
Figura 14. Mapa cumplimiento de la Resolución 0627 de 2006 de los puntos de monitoreo NOCTURNOS .....	47
Figura 15. Cumplimiento de los puntos nocturnos con la resolución 0627/2006.....	47
Figura 16. Mapa diurno de ruido ambiental de Funza. ....	50
Figura 17. Mapa nocturno de ruido ambiental de Funza .....	52
Figura 18. Isófonas diurnas y cobertura de la Tierra, Funza. ....	53
Figura 19. Isófonas Nocturnas y cobertura de la tierra, Funza .....	55

Figura 20. Porcentaje de cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 diurno con respecto a la cobertura nivel 3.....	xix 56
Figura 21. Mapa de cumplimiento de la resolución 0627 de 2006 con respecto a la cobertura nivel 3, diurno .....	57
Figura 22. Porcentaje de cumplimiento de la resolución 0627 de 2006 nocturno con respecto a la cobertura nivel 3 .....	58
Figura 23. Mapa cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 nocturno con respecto a las coberturas nivel 3.....	59

## **Introducción**

El ruido es una problemática ambiental que en los últimos años ha está afectando a los seres humanos y que La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha abordado desde 1980 (OMS, 1999). Sin embargo, según Barrigón, Gómez, Méndez, Vílchez & Trujillo (2002) y Kim et al (2012) citados en (Zamorano González, Peña Cárdenas, Parra Sierra, Velázquez Narváez, & Vargas Martínez, 2015) es un problema que pocas veces se considera un riesgo ambiental, puesto que normalmente la contaminación se asocia a los daños provocados al aire, agua y suelo. En comparación con otros contaminantes, el control de ruido ambiental se ha limitado por la falta de conocimiento de sus efectos sobre los seres humanos.

La contaminación acústica sigue aumentando y produce un número cada vez mayor de reclamos por parte de la población, este incremento tiene consecuencias adversas, ya sean directas como acumulativas sobre la salud. Además, puede llegar afectar a las generaciones futuras, y también tener repercusiones socioculturales, económicas y ambientales (OMS, 1999).

No obstante, a partir de las guías para el ruido ambiental de la OMS se consolidó el conocimiento científico sobre las consecuencias del ruido urbano en la salud (WHO & JRC European Commission, 2011). Así se ha podido estudiar esta problemática más a fondo y ya existe una amplia investigación sobre este tema, así como también sus métodos de medición e interpretación cartográfica para poder idear estrategias que ayuden a mitigar los impactos generados por esta.

El ruido ambiental normalmente es emitido por muchas fuentes, entre las principales se encuentran el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción de obras públicas y el

vecindario (OMS, 1999). Es por esto que los seres humanos se encuentran inmersos en este contaminante todo el tiempo y son afectados según su nivel de exposición dado las actividades que realizan diariamente.

Para poder generar estrategias que ayuden a mitigar los efectos adversos que puede llegar a producir este contaminante, es fundamental entender como es el comportamiento del ruido en una zona determinada, para esto la herramienta más utilizada son los mapas de ruido, puesto que permiten evaluar la eficacia de acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo antes de ser implementadas. Estos mapas, son importantes para el planeamiento urbanístico, usos del suelo y ayudan a determinar las áreas sensibles al ruido que puede causar una actividad y/o infraestructura (CAEND, 2011).

Este proyecto tuvo como fin analizar el comportamiento espacial de los niveles de presión sonora en el municipio de Funza, Cundinamarca como área de estudio, por medio de mapas de ruido ambiental diurnos y nocturnos, además de la identificación de la cobertura de la tierra para comprender la dinámica del ruido a través de las diferentes coberturas del municipio y así poder determinar qué zonas están dando cumplimiento o no a los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental establecidos por la Resolución 0627 de 2006 promulgada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy día Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## 1. Justificación

El municipio de Funza, Cundinamarca se encuentra ubicado a 15 kilómetros de la capital colombiana, a pesar de tener 79.000 habitantes aproximadamente (DNP, 2018), tiene una conexión importante con la ciudad de Bogotá, su ubicación geográfica es un punto estratégico para el desarrollo de la periferia de la capital, esto conlleva a la aparición de industrias, zonas francas, conexiones vehiculares y por supuesto mayores asentamientos humanos. De acuerdo con el Departamento Nacional de Estadística Funza hace parte del área metropolitana de Bogotá incluyendo a municipios como Mosquera, Madrid, Facatativá y entre otros. Los municipios cercanos a Bogotá tienen diferentes niveles de integración con la ciudad, Funza, Mosquera, Chía y Cota tienen distintos grados de integración urbana o suburbana con una importante actividad industrial (Guzman, Oviedo, & Bocarejo, 2017).

Funza cuenta con 12,8% de industrias manufactureras y 87,3% en comercio y servicios (Alcaldía de Funza, 2018). Debido a que el municipio está situado en el área metropolitana de Bogotá y que en los alrededores de la cabecera municipal está una de las zonas francas más representativas del centro del país se presenta una alta confluencia vehicular, también el hecho de la presencia de industrias de alta producción, se encuentra una alta tasa de fuentes generadoras de emisiones de ruido que pueden llegar a ser molestos para la comunidad.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) existen consecuencias de la contaminación acústica sobre la salud, algunos de sus efectos específicos son: deficiencia auditiva causada por el ruido, interferencia en la comunicación oral, trastorno del sueño y reposo, efectos psicofisiológicos, efectos sobre el comportamiento e interferencia en las actividades diarias (OMS, 1999). Además, en los últimos años han aumentado los estudios

sobre los efectos en la salud del ruido ambiental. Por ejemplo, estudios epidemiológicos han encontrado que las enfermedades cardiovasculares se asocian constantemente con la exposición al ruido ambiental (WHO & JRC European Commission, 2011).

A partir de lo anterior, ha surgido la necesidad de la creación de un mapa estratégico de ruido en el municipio, entendido como un documento diseñado para poder evaluar la exposición al ruido en una zona determinada, y también como una oportunidad para poder realizar predicciones globales para dicha zona por su gran cantidad de fuentes generadoras del mismo. (Consejo Europeo, 2002)

El municipio cuenta con 66 km<sup>2</sup> en área rural y 4 km<sup>2</sup> en la zona urbana, sus principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería, el comercio y la industria ((DNP), 2018). Dado a estas características es necesario realizar el mapa estratégico de ruido según la cobertura de la zona y determinar cómo se comporta el ruido en el área rural y urbana del municipio

El análisis del comportamiento espacial de los niveles de presión sonora en el municipio de Funza permite determinar los focos de generación de la problemática ocasionada por el ruido, y así implementar estrategias para el control del transporte e industria sostenible, obteniendo como resultado una mejor calidad de vida para las personas que hacen parte de este entorno. Estas estrategias darían cumplimiento con el objetivo nueve "Industria, Innovación e Infraestructura", el cual pretende la promoción de industrias sostenibles y la inversión en investigación e innovación científicas, además del control del transporte masivo, de los objetivos de desarrollo sostenible, establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en el 2015.

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objetivo general**

Analizar el comportamiento espacial de los niveles de presión sonora teniendo en cuenta la cobertura de la tierra del municipio de Funza-Cundinamarca.

### **2.2.Objetivos específicos**

- Identificar la cobertura de la tierra para el municipio de Funza.
- Caracterizar la distribución espacial de los niveles de presión sonora para el municipio de Funza.
- Evaluar el comportamiento espacial de los niveles de presión sonora con la cobertura de la tierra del municipio de Funza, Cundinamarca.

### **3. Marco normativo**

Con respecto a la contaminación por ruido en Colombia, a pesar de no ser uno de los tipos de contaminación con mayores impactos en el territorio nacional, se ha buscado contrarrestar los efectos que este puede causar a partir de la normatividad. Según Casas García, Betancur Vargas, & MontañaErazo (2015) en la nortimatividad se encuentran adjuntos los valores mínimos de control de emisión de ruido y ruido ambiental, que nacen a partir de la necesidad de caracterizar la problemática en un asunto serio y de orden público.

#### **Decreto Ley 2811 de 1974**

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección al Medio Ambiente. A partir de este decreto inicia el proceso de conciencia y acción de protección ambiental para prevenir y controlar la contaminación (MAVDT, 2014)

#### **Resolución 8321 de 1983**

El Ministerio de Salud promulgó la Resolución 8321 del 4 de agosto 1983 por la se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción de emisión de ruidos. (Ministerio de Salud, 1983). Fue la primera norma en Colombia que estableció el ruido como una problemática y definió la Contaminación acústica en Colombia.

#### **Constitución política de Colombia de 1991**

La Constitución política de Colombia es la carta magna, de la cual se fundamente todas las leyes, decretos y resoluciones del país. La cual en su capítulo III *De los derechos colectivos y del ambiente* declara principalmente la importancia y responsabilidad del estado frente a la protección de los recursos naturales y el derecho a un ambiente sano.

### **Decreto 948 de 1995**

El Ministerio de Medio Ambiente promulgó el Decreto 948 de 1995, por el cual se reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Este decreto posee un capítulo que trata específicamente del Ruido (Capítulo V) “*de la Generación y emisión de Ruido*” se encuentran 22 artículos que se refieren solo al tema (del 42 al 64). También, en el Capítulo II de dicha resolución se estipulan el Artículo 14, el Ministerio de Medio Ambiente fijará mediante una Resolución los estándares máximos permisibles de emisión de ruido y ruido ambiental, para todo el territorio nacional, y el artículo 15 establece los sectores clasificados donde se determinarán los niveles admisibles de presión sonora (MAVDT, 1995).

### **Resolución 0627 de 2006**

En el 2006 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, publicó la Resolución 0627 de 2006, por el cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. En esta resolución se encuentra la metodología de medición tanto de emisión de ruido como ruido ambiental.



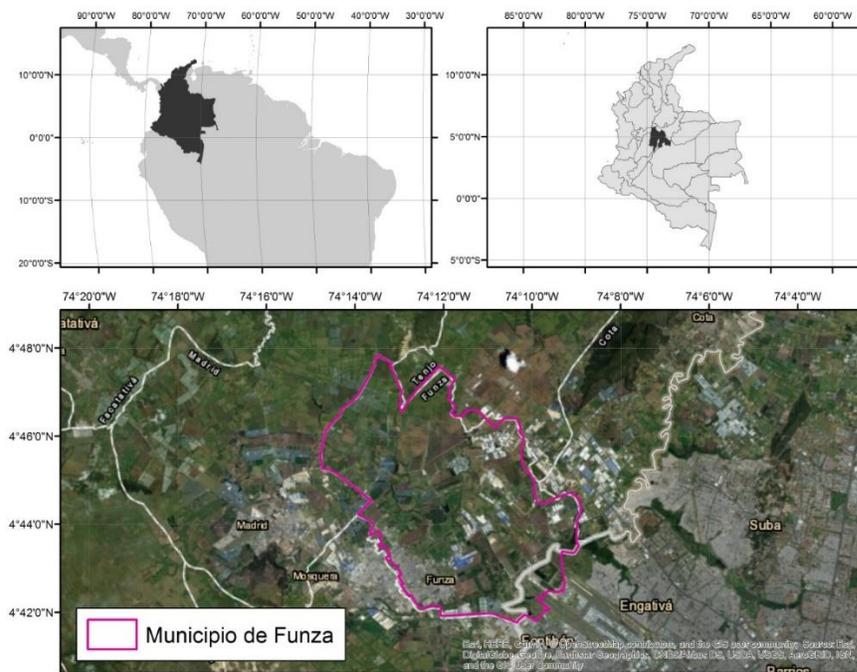
*Figura 1. Normatividad de Ruido en Colombia.*

*Fuente: Autores, 2019.*

## 4. Marco geográfico

### 4.1. Localización

El municipio de Funza se encuentra en el departamento de Cundinamarca, ubicado en la provincia Sábana Occidente a 15 kilómetros de la ciudad de Bogotá. Limita al norte con Madrid y Tenjo, al Oriente con Cota y Bogotá, al Sur con Mosquera y al Occidente con Madrid. Cuenta con una extensión de 66 km<sup>2</sup> de área rural, 4 km<sup>2</sup> de área urbana para un total de 70 km<sup>2</sup> de superficie. El municipio se caracteriza por poseer, en su cabecera, una economía base conformada por el comercio, los servicios y la industria manufacturera. Mientras que la economía rural se fundamenta en la producción agrícola y pecuaria constituida por pequeños, medianos y grandes productores (Alcaldía de Funza, 2018).



Fuente: Google Earth, y autores, 2019

Figura 2. Ubicación del Municipio de Funza.

## **5. Marco teórico**

### **5.1. Cobertura de la tierra según Corine Land Cover**

La cobertura de la tierra es la cobertura biofísica que se ve en la superficie de la tierra, donde describe la vegetación, los elementos antrópicos, afloramientos rocosos y los cuerpos de agua. Según el IDEAM la delimitación de las coberturas de la tierra es el resultado de la determinación de las características fisionómicas y ambientales de la tierra.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi implementó la metodología francesa Corine Land Cover, la cual realiza un inventario de la cobertura de la tierra donde permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura. Esta metodología tiene varias etapas, las cuales son: adquisición y preparación de la información, análisis e interpretación de las coberturas, verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática.

### **5.2. Ruido**

En 1951 la American Standard Association definió el ruido como un sonido no deseado (1951), sin embargo, en 1964 René Chocholle amplió el concepto:

*“el ruido es un fenómeno acústico productor de una sensación auditiva desagradable, y en su aspecto físico es un sonido, y son las circunstancias subjetivas de los receptores quienes determinan la clasificación de un sonido como ruido (Benasayag, 2000).*

Acústicamente el ruido es la emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por oído de una persona generando una sensación de molestia (N. Linares, 2017). El sonido es transmitido por ondas sonoras a través de un canal, luego estas ondas se transforman en ondas mecánicas, las cuales no son asimiladas de forma apacible en el oído y

en el cerebro del receptor, puesto a que presentan frecuencias altas e intensidades que con el tiempo pueden llegar hacer nocivas para la salud. (C. Linares, 2017).

#### 5.2.1. Características del ruido

El nivel de intensidad del sonido es el decibel (dB), este nivel puede ser máximo de 85 dB(A) de aquí en adelante la persona expuesta debe utilizar elementos de protección personal para mitigar su impacto. Con base en lo anterior las personas afectadas pueden estar expuestas a horas/día u horas/semana esto es comprendido como el tiempo de exposición. El oído humano percibe frecuencias entre 20Hz a 20000Hz, donde las frecuencias más altas llegan a ser nocivas para la salud. El sujeto no percibe la magnitud de molestia generada por el ruido hasta que ve los afectos a largo plazo, convirtiéndose en un sujeto pasivo receptor (Pérez, 2009).

#### 5.2.2. Nivel de presión sonora

La presión acústica es una perturbación de presión, por lo cual su unidad de medida es el pascal (Pa), la menor sensación auditiva del ser humano es de  $2 \times 10^{-5}$  Pa, y el nivel más alto es de 20 Pa, por lo tanto, el intervalo de sonido al cual es sensible el oído humano es amplio (Ac, Ingenier, Se, Grecia, & Railegh, n.d.). Es por esto que se hace necesario manejar una escala logarítmica la cual se refiere a la amplitud de presión sonora para poder medir esta presión sonora se define el nivel de presión sonora, el cual está dado por la ecuación 1 (Kadilar, 2017)

$$SPL = 10 * \text{Log} \left( \frac{P^2}{P_{ref}^2} \right) = 20 * \text{Log} \left( \frac{P}{P_{ref}} \right)$$

*Fuente:* (Kadilar, 2017)

*Ecuación 1: Nivel de presión sonora.*

SPL: Nivel de presión sonora

P: presión sonora en  $N/m^2$  o pascal

$P_{ref}$ : Presión de referencia  $2 \times 10^{-5}$  Pa es el umbral mínimo audible en  $N/m^2$  o pascal

### 5.2.3. Ruido ambiental:

Según el Consejo Europeo (2002), el ruido ambiental se define como el sonido no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, esto incluye el ruido emitido por el parque automotor, zonas industriales y/o comerciales. El ruido urbano, hace referencia al ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas (LABEIN, 2001), este ruido incluye todas las fuentes de ruido excepto el ruido al interior de los lugares industriales de trabajo. (Reyes, 2012). Las principales fuentes del ruido ambiental son el tránsito de vehículos, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas, estas últimas consideradas como ruido de tráfico que poseen un carácter mucho menos permanente que el producido por otras fuentes, este ruido es causado por el empleo de maquinaria y carga pesada que producen niveles de ruido elevados. (Pérez, 2009).

### 5.2.4. Ruido ambiental a nivel internacional

En la Unión Europea, aproximadamente el 40% de la población se encuentra expuesta al ruido vehicular con un nivel equivalente de presión sonora que excede 55dB (A). En el día alrededor del 20% están expuestos a más de 65 dB(A), si se habla de la exposición al ruido del tránsito, lo que significaría que aproximadamente la mitad de los europeos vive en zonas de contaminación sonora (OMS, 1999) & (Berglund et al., 1999). En norte américa en 1982 se consideró que el 87 % de la población estaba expuesta a niveles de ruido superiores a 65 dB (A) en un periodo de 24 horas. En Inglaterra se realizó un estudio en el 2001 en donde el 54% de la población se encontraba expuesta a niveles mayores a 55 dB(A) (German & Santillán, 2006).

### 5.2.5. Ruido ambiental a nivel nacional

A nivel Nacional existen entidades delegadas para el control de la calidad ambiental, y así mismo realizar estudios y actividades necesarias para el cumplimiento de la Ley 99 de 1993, es por esto que a nivel de ruido se realizaron inversiones que ayudan a entender y comprender el comportamiento de este contaminante, dado a las denuncias presentadas en los últimos años por esta problemática. (CAR, 2007). Estas entidades encaminan sus programas de gestión en ruido, para:

*“prevenir y mitigar la generación de ruido excesivo, específicamente en temas como control de las fuentes de emisión a través del monitorio de ruido en los puntos críticos identificados, también desarrollan programas de sensibilización y educación a la población en general y/o a los generadores, en ocasiones se modifican los planes de ordenamiento, especialmente en el flujo vehicular (IDEAM, 2016)”.*

El crecimiento poblacional exponencial ha acrecentado los problemas de transporte, tráfico y movilidad ocasionando frecuentemente condiciones de represión vehicular (Ramírez, 2012). En Colombia se han realizado diferentes evaluaciones de ruido ambiental.

En Bogotá se registraron niveles de presión sonora entre 70,8 y 82,3 dB(A) en el sector de Chapinero. En Puente Aranda los registros varían entre 76,3 y 84,3 dB(A) (Ramírez González & Domínguez Calle, 2011).

En Cali, el ruido es uno de los principales problemas de contaminación ambiental, dado que más del 60% de los establecimientos superan los decibeles permitidos, uno de los factores que causan este problema son los pitos de los automotores.

En Riohacha, La Corporación Autónoma Regional de La Guajira realizó mediciones y evaluaciones de los niveles de ruido específicamente en el área urbana, donde se estableció

que el 25% de la población se queja por los altos niveles sonoros, causándoles molestias constantes. (CAR, 2007).

En Medellín, la evaluación de los niveles de ruido hace parte del Plan Integral de Desarrollo Metropolitano del Valle de Aburrá, los niveles de ruido diurnos oscilan entre 65 y 80dB(A) y en los nocturnos entre 65 y 76 dB(A); por otro lado, en otros sectores del área metropolitana alcanzan niveles hasta de 80 dB(A) en horas de la noche (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

Un estudio realizado en Funza Cundinamarca por la universidad de La Salle en el año 2009, encontró que las zonas residenciales presentan focos de contaminación auditiva, debido a que dentro del área urbana se encuentran subsectores, como zonas francas, industriales y de comercio que presentan niveles de ruido ambiental excediendo los límites permisibles de presión sonora estipulados por la Resolución 627 de 2006.

#### 5.2.6. Propagación de ruido en el ambiente

Crocker (como se citó en (Oyarzábal, 2013) afirma que la propagación del ruido se ve afectada por la atenuación del sonido al aire libre, dado a la divergencia geométrica, absorción del aire, interacción con el suelo, barreras, vegetación y/o refracción atmosférica.

Los obstáculos, tanto objetos como cambios en la topografía del terreno que se encuentran en la trayectoria del sonido, pueden transformar la energía que transporta la onda sonido (Ana Tarrero, 2002)

Hoy en día existen investigaciones científicas relacionadas con la propagación del sonido en el interior de bosques y praderas, sin embargo, algunos de los modelos propuestos no tienen

en cuenta la forma en cómo se comporta el sonido a través del espacio, por su facilidad de dispersión (A Tarrero, González, & González, 2001).

### 5.3. Medición de ruido ambiental

Para la determinación del ruido ambiental es necesario realizar cinco mediciones según la orientación del micrófono, las cuales son: el norte, sur, este, oeste y vertical hacia arriba, así determinar el nivel equivalente resultante de la medición ( $L_{Aeq}$ ). Para esto es necesario aplicar la ecuación 2 (MAVDT, 2006)

$$L_{Aeq} = 10 * \text{Log} \left( \left( \frac{1}{5} \right) * \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right) \right)$$

*Fuente:* (MAVDT, 2006)

*Ecuación 2: Determinación del nivel equivalente resultante de la medición*

Donde:

$L_{Aeq}$  = Nivel equivalente resultante de la medición.

$L_N$  = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte.

$L_O$  = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste.

$L_S$  = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur.

$L_E$  = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este.

$L_V$  = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical.

En la medición de ruido ambiental es necesario realizar una ponderación de escala de frecuencias, estas ponderaciones están clasificadas en A B y C. La ponderación A es la que

protege al humano contra la agresión del ruido, es por esto que es la más utilizada (Ramos, 2005).

#### **5.4. Mapa de ruido**

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca define los mapas de ruido como:

*“Instrumentos en la medición, evaluación y definición de las acciones para la prevención y control del ruido. Se constituyen en una representación gráfica de los niveles de exposición de las fuentes de ruido como el tráfico vehicular, los aviones, las vías férreas, las industrias, la construcción, las fiestas y las actividades humanas en general. Estos mapas son un método efectivo y relativamente económico de manejo, administración y manipulación de datos referidos al ruido y constituye una herramienta fundamental de gestión, planificación y control de ruido. (CAR, 2007).”*

Esta herramienta puede permitir evaluar la eficacia de acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo antes de ser implementadas. Estos mapas, son importantes para el planeamiento urbanístico, usos del suelo y ayudan a determinar las áreas sensibles al ruido que puede causar una actividad y/o infraestructura (CAEND, 2011).

#### **5.5. Efectos del ruido sobre la salud y medio ambiente**

La contaminación acústica sigue aumentando y produce un número cada vez mayor de reclamos por parte de la población, este incremento tiene consecuencias adversas, ya sean directas como acumulativas sobre la salud. Además, puede llegar a afectar a las generaciones futuras, y también tener repercusiones socioculturales, económicas y ambientales (OMS, 1999).

##### **5.5.1. Riesgos a la salud**

La exposición constante al ruido, causa diferentes efectos a la salud como: enfermedades respiratorias, cardiovasculares, digestivas, visuales, endocrinas (WHO & JRC European

Commission, 2011). También puede repercutir en algunos sistemas como el sistema nervioso además el ruido puede afectar la lectura, la atención, la solución de problemas y la memoria. (González Sánchez & Fernández Díaz, 2014).

Según la Comisión Europea, la exposición constante al ruido altera el sueño, afecta al desarrollo cognitivo infantil y provoca enfermedades psicosomáticas (WHO & JRC European Commission, 2011). Los sonidos fuertes, sin importar su duración, generan cansancio en las células sensoriales auditivas, provocando una pérdida temporal de audición. Algunas personas pueden ser propensas a la pérdida de audición provocada por el ruido, se conoce que la predisposición genética, las enfermedades crónicas como la diabetes y la exposición al humo del tabaco provoca esta pérdida (OMS, 2015).

En la Tabla 1, se relaciona los efectos de la salud y un nivel orientativo a partir del cual se pueden producir, además de presentar un tiempo aproximado en el cual se está expuesto al nivel de sonido en decibeles (dB(A)), según la Organización Mundial de la Salud. (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía OSMAN, 2009).

*Tabla 1. Efectos sobre la salud según el nivel de sonido.*

<b>Entorno</b>	<b>Nivel de sonido dB(A)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Efecto sobre la salud</b>
Exterior de viviendas	50-55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	Duración de la clase	Perturbación de la comunicación

<b>Entorno</b>	<b>Nivel de sonido dB(A)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Efecto sobre la salud</b>
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

*Fuente: OSMAN, 2009.*

### 5.5.2. Riesgos al ambiente

De acuerdo con investigadores de la Universidad del Estado de Colorado, la contaminación acústica tiene efectos perjudiciales para numerosas especies y perturba los ecosistemas en áreas protegidas.(Corbella, 2017). Según resultados, el 63% de las áreas naturales protegidas de EE.UU. registra ruidos de origen humano que duplican el volumen de los sonidos de la naturaleza. Y en un 21% de estas áreas el nivel del ruido multiplica por diez los niveles naturales. (Corbella, 2017).

Hasta la fecha, el ruido se ha asociado con la disminución de las densidades de aves, lo que ha llevado a la preocupación por la conservación de que muchas especies pueden ser excluidas de hábitats como resultado de la sensibilidad ecológica o la intolerancia al ruido (Francis, Ortega, & Cruz, 2009).

El ruido perturba los patrones de alimentación y cría de algunos animales, pueden llevar a las aves a sufrir elevados niveles de estrés, alteraciones del metabolismo, del ritmo cardiaco, así como a abandonar sus nidos o complicar su apareamiento ante la dificultad de comunicarse a distancia, afectando todo ello a la tasa de reproducción. De la misma manera, puede interferir en su capacidad de escucha a la hora de localizar a sus presas o depredadores. Este tipo de incidencias en las especies que perciben los sonidos repercute también en los ciclos de vida y

reproducción de las plantas que los rodean porque dependen de determinados pájaros o mamíferos para dispersar sus semillas. (Ecologistas en acción, 2018).

## 6. Metodología

### 6.1. Técnicas e instrumentos

Para el análisis del comportamiento espacial de los niveles de presión sonora se utilizaron diferentes técnicas e instrumentos que apoyaron todo el desarrollo del proyecto; dentro de las primeras se encuentran los procedimientos descritos en la Resolución 0627 del 09 de abril de 2006 (MAVDT, 2006) para la medición de ruido ambiental. También se hizo uso de la Metodología CORINE Land Cover, a partir del documento Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), como guía para la realización del mapa de coberturas del municipio.

Finalmente, los instrumentos utilizados en el proyecto fueron un Sonómetro PCE – 428 clase II con filtros de banda de Octava con su respectivo calibrador y trípode, un Anemómetro digital Topker GM8908, un GPS Garmin eTrex 10.

*Tabla 2. Instrumentos utilizados*

Descripción	Instrumento	Medición
<p><b>Sonómetro PCE – 428</b></p> <p>Clase II con banda de octavas o tercio de octavas</p>		<p>Niveles de presión sonora en un lapso de 15 minutos</p>

Descripción	Instrumento	Medición
<p><b>Calibrador</b></p> <p>Permite calibrar el sonómetro y garantizar mediciones más precisas, con certificado de calibración ISO</p>		<p>Calibración del equipo a 94dB en cada punto de medición</p>
<p><b>Trípode</b></p> <p>En aluminio con alcance de 4 metros desde el suelo</p>		<p>Sostiene el micrófono a una altura de 4 metros del suelo</p>
<p><b>Anemómetro Topker GM8908</b></p> <p>Anemómetro de enfriamiento por viento</p>		<p>Velocidad del viento en km/h, temperatura del viento.</p>

Descripción	Instrumento	Medición
<p><b>GPS Garmin eTrex 10</b></p> <p>Mapa base mundial, satélites GPS y GLONASS</p>		<p>Coordenadas X y Y (Latitud y Longitud)</p>

*Fuente: Autores, 2019.*

## 6.2. Análisis de la información

Para establecer la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido se utilizó un GPS Garmin eTrex 10. La información recolectada en campo a partir del monitoreo fue procesada a través del Software del equipo: Post-Procesos de SLM file – PCE 1.6, este programa fue usado para procesar los archivos de las mediciones de los niveles de presión sonora del equipo PCE 428. Para organizar los datos de los niveles de presión sonora, variables climatológicas de los puntos de muestreo y georreferenciación de los mismos se utilizó el programa Excel 10.3 del paquete de Microsoft Office.

## 6.3. Diseño procedimental

Para el análisis del comportamiento espacial de los niveles de presión sonora se plantearon diferentes pasos que llevan al cumplimiento de los objetivos específicos estipulados en el proyecto.

### 6.3.1. Identificación de la cobertura de la tierra para el municipio de Funza

Para elaborar el mapa de coberturas del municipio de Funza, fue necesario la selección y adquisición de una imagen satelital, la cual se hizo por medio de la plataforma digital USGS Earth Explore, donde se buscó una imagen Sentinel-2 la cual tuviera baja cobertura de nubes, además de ser una imagen lo más actualizada posible del municipio.



*Fuente: USGS, 2015.*

*Figura 3. Imagen Satelital Sentinel.*

Esta imagen satelital, se cargó al software ArcGis para su procesamiento e interpretación, la cual se realizó a partir de la metodología de CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Esta metodología permitió describir, caracterizar, clasificar y comparar las diferentes coberturas de la tierra.

### 6.3.2. Caracterización de la distribución espacial de los niveles de presión sonora para el municipio de Funza

El monitoreo de los niveles de presión sonora se realizó siguiendo los procedimientos estipulados en los Capítulos II y III del Anexo 3 de la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la siguiente manera:

#### 6.3.2.1 Ubicación de los puntos de monitoreo y tiempos de medición

Se realizó una evaluación rápida del municipio de Funza a través de una visita de campo de un día completo, donde se identificaron las principales fuentes de emisión de ruido del municipio tales como, vías principales, el aeropuerto El Dorado, áreas de alta actividad comercial. Igualmente se identificaron los receptores sensibles de Funza como zonas residenciales, hospitales, colegios, centros de desarrollo, bibliotecas. En la zona rural se evidenció la ausencia de instalaciones y asentamientos humanos.

Con base a la visita se monitorearon 52 puntos desde el 1 al 31 de marzo de 2019 en el horario Diurno (7:01 a 21:00) y nocturno (21:01 a 7:00) establecido en la resolución 627 de 2006. La ubicación de los puntos se realizó teniendo en cuenta el capítulo III del Anexo III de la resolución 627 de 2006 de la siguiente manera:

- Las áreas determinadas para las mediciones cubrieran todos los sectores y subsectores de la tabla 2 de la resolución 627 de 2006 (Tabla 3).
- Se realizó una grilla en la zona urbana donde los puntos de monitoreo no estuvieran más de 250 m separados cuando se encontraban fuentes de ruido cercana y 1000 m en los demás sitios. Para la zona rural por ser uniforme y en su cobertura y no haber

presencia de asentamientos humanos las distancias entre los puntos oscilaron entre 3 y 5 km.

- Los puntos fueron inicialmente georreferenciados en Arcgis 10.5, sin embargo, en campo se ajustaba según las condiciones físicas del punto y se georreferenciaban nuevamente utilizando GPS.
- Las mediciones se realizaron todos los días del mes cumpliendo con lo exigido en la resolución 627 que deben ser mínimo dos días a la semana, donde uno de ellos tiene que ser un domingo.
- Para el presente estudio se tomó en cuenta para la ubicación de los puntos que todos estos cubrieran por lo menos una cobertura de la tierra presente en el municipio de Funza según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

#### 6.3.2.2 Monitoreo de los niveles de presión sonora en el municipio de Funza

Para el monitoreo, se realizó una calibración acústica del sonómetro antes de cada medición con el calibrador (El equipo se calibra a 94 dB puesto que ese es el nivel de presión sonora a la cual viene configurado el calibrado de fábrica), luego se ubicó el micrófono a una altura de 4,00 metros medidos a partir del suelo para realizar la medición de ruido ambiental. Cada medición se realizó durante quince (15) minutos, según lo estipula el Artículo 5 de la resolución 0627 del 2006, la cual estuvo compuesta de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales y con una posición orientada del micrófono así; Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba, se tomaron lecturas en intervalos unitarios de tiempo de medida de tres (3) minutos en cada una de las cinco (5) direcciones para un total de 15 minutos continuos; en cada medición el micrófono se protegió con la pantalla anti viento y se colocó sobre un trípode

para su montaje, a la altura definida (Figura 4). Durante cada medición se determinaron las condiciones climatológicas de la zona: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, verificando que esta no superará los 3 m/s. En los sitios de muestreo se diligenció un formato de campo donde se especificaban las variables espacio temporales del punto, nombre del punto, fecha, hora de inicio, hora de finalización, las coordenadas, y el nombre del archivo en el que quedaba guardado el nivel de presión sonora continuo equivalente (Anexo 1y Anexo 2).



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 4. Ubicación del micrófono a una altura de 4 metros.*

Finalmente, los resultados de las mediciones se compararon con los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental establecidos en la Tabla 2 del artículo 17 (Tabla 3) de la resolución 0627 del 2006 (MAVDT, 2006).

*Tabla 3. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB (A).*

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)		
		Día	Noche	
<b>Sector A.</b> Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	<b>A</b>	55	45
<b>Sector B.</b> Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	<b>B1</b>		
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación	<b>B2</b>	65	50
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre	<b>B3</b>		
<b>Sector C.</b> Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	<b>C1</b>	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	<b>C2</b>	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	<b>C3</b>		
	Zonas con usos institucionales.	<b>C4</b>	65	50
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	<b>C5</b>	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	<b>D1</b>		
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	<b>D2</b>		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.	<b>D3</b>	55	45

*Fuente: (MAVDT, 2006)*

### 6.3.2.3 Generación del mapa de ruido de Funza

Una vez obtenidos los niveles de presión sonora de cada punto, se generaron los mapas de ruido ambiental para el municipio de Funza, tanto diurno como nocturno, utilizando el software ArcGIS versión 10.5 el sistema de referencia utilizado en todos los mapas fue el WGS84. Los datos se adjuntaron al programa de modelamiento a partir de tablas de Excel, en donde se encontraban relacionados las coordenadas de los puntos con los niveles de presión sonora respectivos, esta se convirtió a una capa de puntos. De esta información se generó un Shapefile, que es un formato sencillo que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas y se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas) (Environmental Systems Research Institute, 2016). Para este caso en particular se representaron por medio de puntos y posteriormente se utilizó de la herramienta *Geostatistical Analyst*, el método determinístico *Inverse Distance Weighthing (IDW)*. El cual es un método de interpolación espacial que permite generar una superficie completa cuando los valores de atributo solo están disponibles en lugares muestreados, formalmente el método IDW estima el valor desconocido en la ubicación dados los valores muestreados anteriormente (Lu & Wong, 2008). De este modo, se interpolaron los datos de niveles de presión sonora tanto de las mediciones diurnas como nocturnas a los cuales se les realizó una reclasificación para ajustarlos a las zonas de ruido y combinación de colores establecidos en la Resolución 0627 de 2006 para representaciones gráficas cada cinco (5) dB(A) como se muestra en la Tabla 4 (MAVDT, 2006).

*Tabla 4. Combinación de colores para representación gráfica de los niveles de ruido cada 5dB (A).*

<b>Zona de Ruido dB(A)</b>	<b>Color</b>	<b>Sombreado</b>
Menor de 35	Verde claro	Puntos pequeños, baja densidad
35 a 40	Verde	Puntos medianos, media densidad
40 a 45	Verde oscuro	Puntos grandes, alta densidad
45 a 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
50 a 55	Ocre	Líneas verticales, media densidad
55 a 60	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
60 a 65	Cinabrio	Sombreado cruzado, baja densidad
65 a 70	Carmín	Sombreado cruzado, media densidad
70 a 75	Rojo lila	Sombreado cruzado, alta densidad
75 a 80	Azul	Franjas verticales anchas
80 a 85	Azul Oscuro	Completamente negro

*Fuente: (MAVDT, 2006)*

### 6.3.3. Evaluación del comportamiento espacial de niveles de presión sonora con la cobertura de la tierra en el municipio de Funza, Cundinamarca

A partir del mapa de ruido tanto diurno como nocturno del municipio, con ayuda del Software ArcGIS 10.5 haciendo uso de la herramienta Contorno del paquete Análisis 3D se

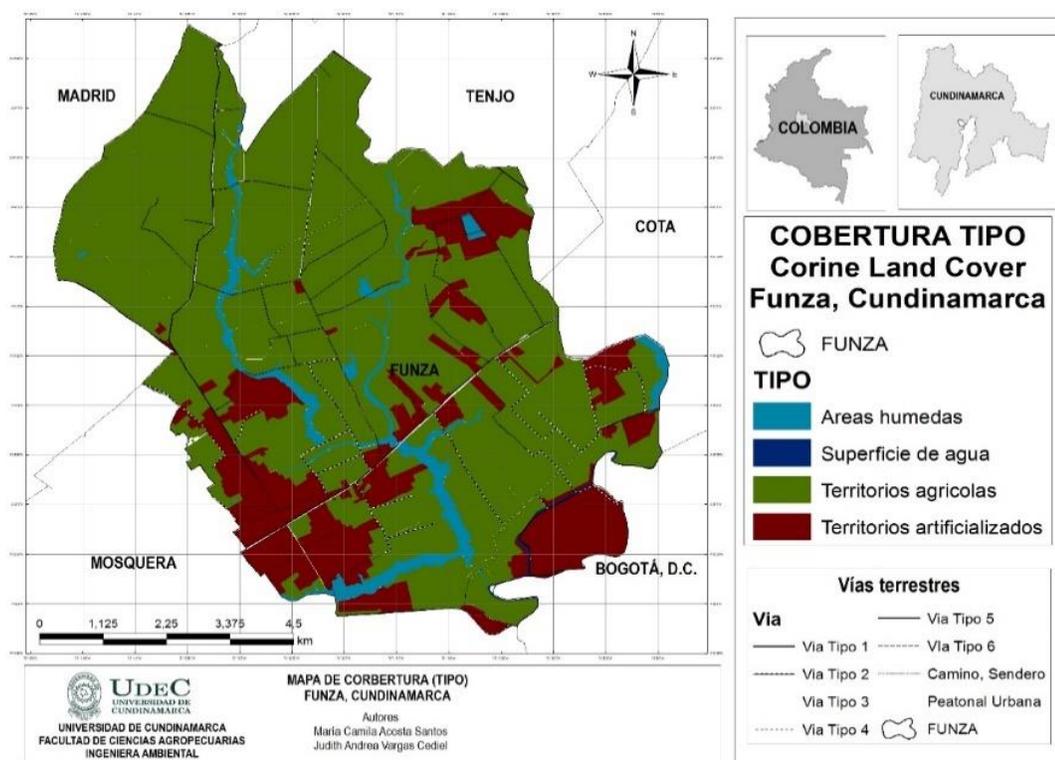
podieron extraer las líneas con igual nivel de presión sonora, o llamadas Isófonas. Este procedimiento se realizó tanto para la toma diurna como nocturna. Con uso del mapa de cobertura generado se crearon nuevas salidas gráficas con la superposición de las isófonas con las coberturas nivel 3 (clase) del municipio.

## 7. Resultados y análisis

### 7.1. Identificación de la cobertura de la tierra en el municipio de Funza

Una vez realizada la interpretación de la imagen satelital Sentinel-2, se identificaron diferentes coberturas de la tierra, las cuales se digitalizaron en tres mapas de cobertura de la tierra.

#### 7.1.1. Mapa de cobertura de Funza según el Tipo



Fuente: Autores, 2019.

Figura 5. Mapa de Cobertura de Funza según el Tipo.

El primer mapa generado se puede observar en la Figura 5. Mapa de Cobertura de Funza según el Tipo., donde se realizó una clasificación general de la cobertura de la tierra según la metodología de Corine Land Cover, esta clasificación representa el nivel 1 de la leyenda nacional de coberturas de la tierra para Colombia.

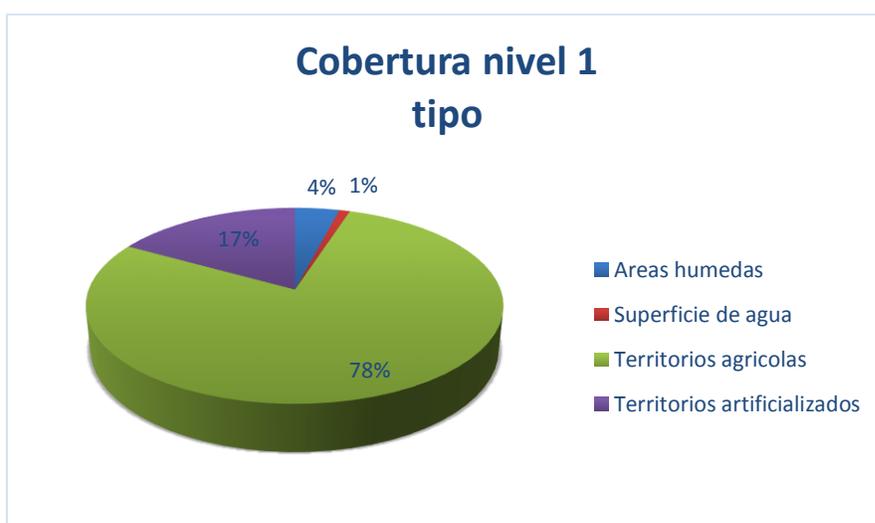
Este mapa presenta cuatro niveles: territorios artificializados, territorios agrícolas, áreas húmedas y superficies de agua.

Los *territorios artificializados* son los terrenos donde se encuentran las ciudades y las poblaciones, además contienen las áreas donde se está realizando un cambio del uso de suelo para fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

Los *territorios agrícolas* son aquellas áreas donde se hace la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales. Estas áreas ocupan cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

Las *áreas húmedas* son áreas que se inundan temporalmente y están cubiertos en parte por vegetación acuática, estas áreas pueden estar localizadas en los bordes marinos y al interior del continente. En esta cobertura se encuentra el humedal Gualí.

Las *superficies de agua* son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales. Además, se incluyen los fondos asociados con los mares cuya profundidad es máxima de 12 metros, el cual corresponde al río Bogotá.

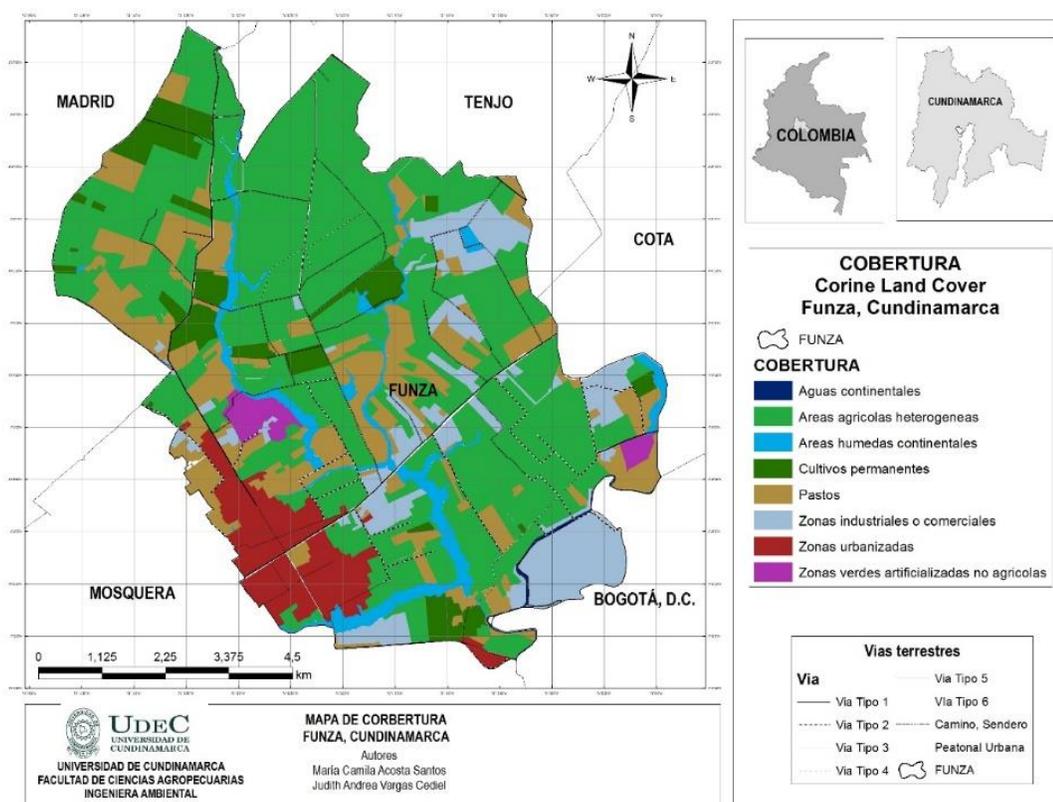


*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 6. Porcentajes cobertura nivel 1(Tipo).*

Como se puede observar en la Figura 6. Funza es un municipio en donde predominan los territorios agrícolas con 78% de la cobertura total de la tierra, y en donde le sigue los territorios artificializados con un 17%, y los cuerpos hídricos tienen una cobertura del 5%.

### 7.1.2. Mapa de cobertura de Funza según la cobertura



*Fuente: Autores, 2019.*

*Figura 7. Mapa de Coberturas de Funza.*

En la Figura 7, se observa el mapa, el cual corresponde al nivel 2 (cobertura) de la leyenda nacional de las coberturas para Colombia, este se encuentra clasificado por ocho, las cuales son: zonas urbanizadas, zonas industriales o comerciales, zonas verdes artificializados no

agrícolas, cultivos permanentes, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, áreas húmedas continentales y aguas continentales.

Las *zonas urbanizadas* son territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas. Por otro lado, las *zonas industriales o comerciales* son territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones.

Las *zonas verdes artificializados no agrícolas* son aquellas zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, donde se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación.

Los *cultivos permanentes* son zonas dedicadas a cultivos donde su ciclo es mayor a un año. Los *pastos* comprenden tierras cubiertas con hierba densa de composición florística, dedicadas a pastoreo permanente. Las *áreas agrícolas heterogéneas* son áreas que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales.

Dentro de las *áreas húmedas continentales* existen varios tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos de inundación frecuentemente, en las cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente. Por último las *aguas continentales* son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce, embalses y cuerpos de agua en movimientos como ríos y canales.

La cobertura con mayor predominancia son las áreas agrícolas heterogéneas con un 45%, seguida de los pastos con 28%, y en donde los cuerpos de agua cubren un 5% aproximadamente

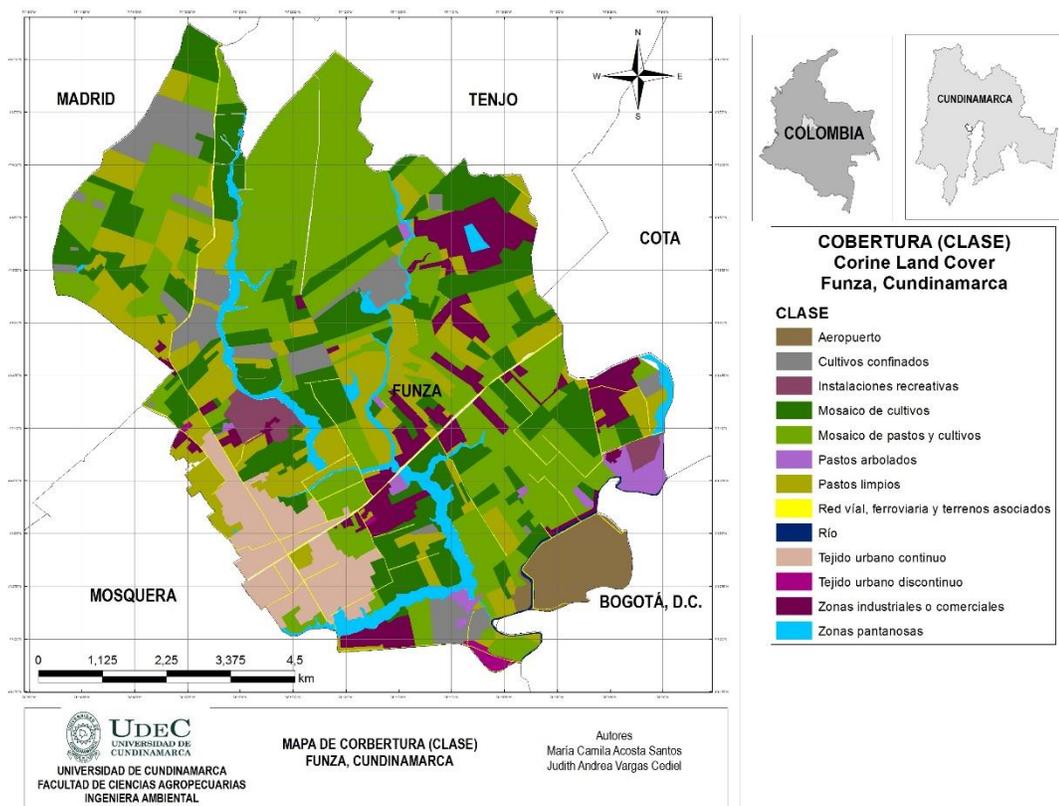
de la cobertura de la tierra en el municipio de Funza (Figura 8. Porcentajes cobertura nivel 2 (Cobertura)).



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 8. Porcentajes cobertura nivel 2 (Cobertura).*

### 7.1.3. Mapa de cobertura de Funza según la Clase



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 9. Mapa de Cobertura de Funza según la clase.*

El mapa mostrado en la Figura 9 muestra la clasificación del nivel 3 (clase) de la leyenda nacional de las coberturas para Colombia, este se encuentra dividido en 13 diferentes tipos de cobertura de la tierra: tejidos urbanos continuos, tejidos urbanos discontinuos, zonas industriales o comerciales, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, aeropuertos, instalaciones recreativas, cultivos confinados, pastos limpios, pastos arbolados, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, zonas pantanosas y ríos.

El *tejido urbano continuo* son áreas edificadas y espacios adyacentes a la infraestructura construida. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. El *tejido urbano discontinuo* son terrenos conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, puesto que el resto del área está cubierta por vegetación.

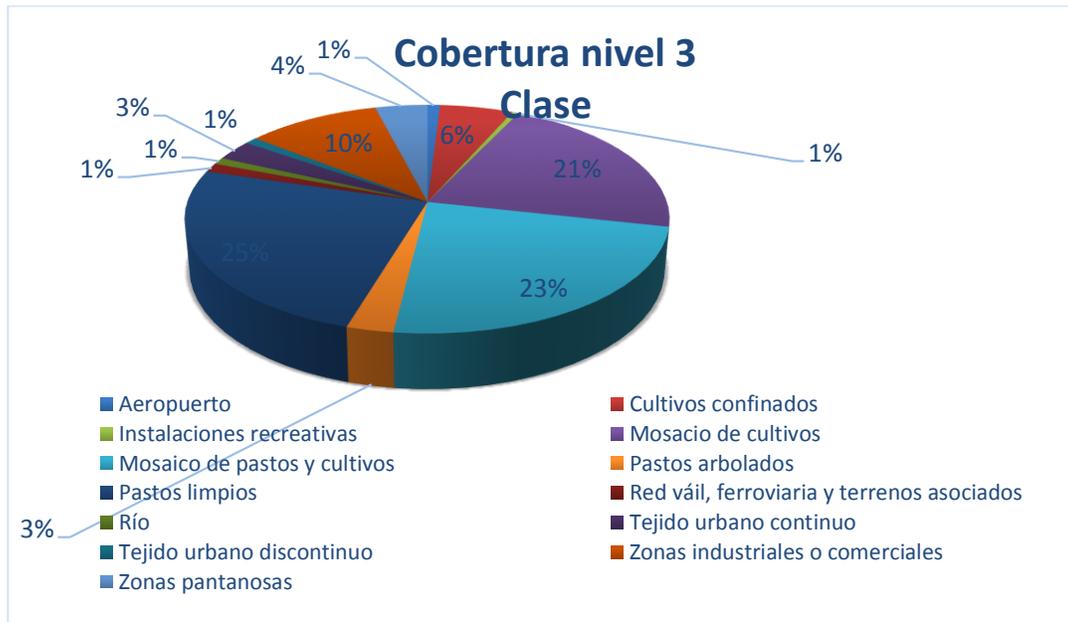
Las *zonas industriales o comerciales* son las áreas cubiertas por infraestructura artificial, sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan para actividades de comercio o industria.

La *red vial, ferroviaria y terrenos asociados* son espacios con infraestructura de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas.

Los *aeropuertos* son los espacios con infraestructuras donde funciona una terminal aérea. Incluye las pistas de aterrizaje y carreteo, los edificios, las superficies libres, las zonas de amortiguación y la vegetación asociada.

Las *instalaciones recreativas* son terrenos dedicados a las actividades de camping, deporte, parques de atracción, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento no incluidos dentro del tejido urbano.

Los *cultivos confinados* son las tierras ocupadas por cultivos bajo infraestructuras de invernaderos, especialmente cultivos de flores, frutales y hortalizas son zonas cubiertas por materiales transparentes, donde es posible tener condiciones artificiales de microclima.



*Fuente: Autores, 2019*

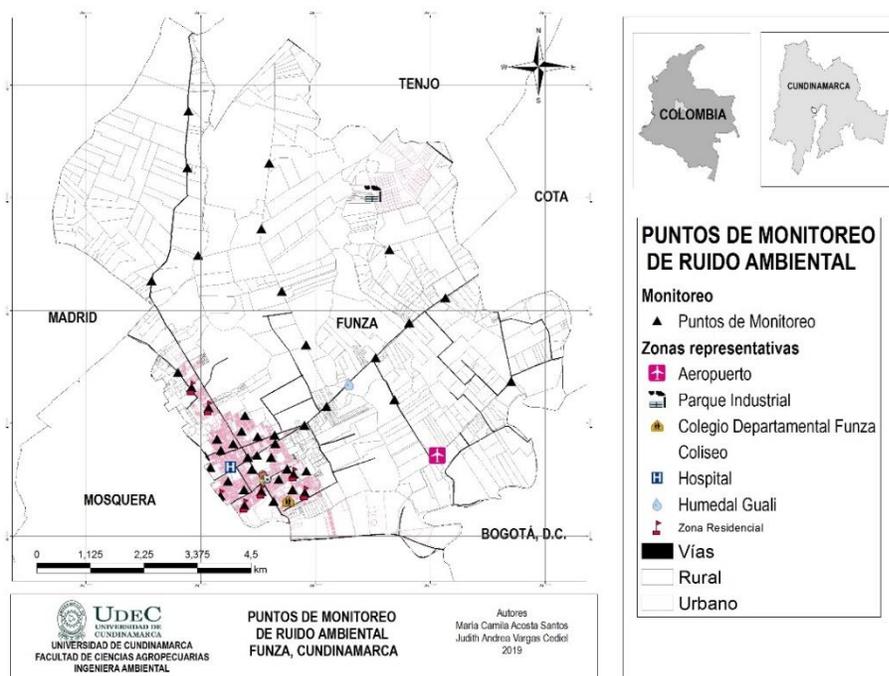
*Figura 10. Porcentajes cobertura nivel 3 (Clase).*

En la Figura 10, se evidencia los porcentajes de las coberturas de la tierra del municipio de Funza, donde predominan los pastos con un 25%, el mosaico de pastos y los cultivos con un 23% y los mosaicos de cultivos con un 21%, y las áreas con menor porcentaje son los cuerpos de aguas con un 2% aproximadamente; el aeropuerto, las instalaciones recreativas, la red vial cuentan con 1% cada una.

## **7.2. Cálculo de los niveles de presión sonora continua equivalente generados en el municipio de Funza**

En la Figura 11, se observa la localización de los puntos de monitoreo realizados en los horarios diurnos y nocturnos. Estos puntos donde se realizaron las mediciones de los niveles de presión sonora se relacionan en la Tabla 5 y Tabla 6, además se observa los valores obtenidos en dichas mediciones. Las tablas están divididas por nombre del punto, los sectores

y subsectores establecidos en la resolución 0627 de 2006. Las coordenadas de cada punto, los valores promedio en las posiciones de orientación del micrófono y por último se encuentran los niveles equivalentes resultantes de la medición, para este cálculo se aplicó la ecuación 2.



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 11. Mapa de puntos de monitoreo de ruido ambiental.*

La mayoría de los puntos de monitoreo se encontraban ubicados en el sector B de la resolución 0627 de 2006. En la Tabla 5, el punto con mayor nivel de presión sonora registrado fue en el aeropuerto, subsector C1 según la resolución, este valor corresponde a 84 dB(A). Y el punto con menor valor se encontraba ubicado en la parte rural del municipio con un valor de 48 dB(A). En la Tabla 6, el punto con mayor nivel de presión sonora fue el humedal Gualí, subsector C5, este valor corresponde a 81,3 dB(A). Y el punto con menor fue la hacienda Furatena subsector D2 con un valor de 42,31 dB(A).

Tabla 5. Niveles de presión sonora continua equivalente diurnos.

Fuente Autores 2019

NOMBRE DEL PUNTO	SECTOR SEGÚN RES 0627/2006	COORDENADAS MAGNA SIRGAS - ESTE CENTRAL		DIURNO					L <sub>Aeq</sub> dB
		ESTE	NORTE	Norte	Sur	Este	Oeste	Vertical Arriba	
				(LN)	(LS)	(LE)	(LO)		
parque principal	B3	- 74,2121666 7	4,71636111 1	58	57	62	60	59	60,31
la perla de Funza	C2	- 74,2145277 8	4,71513888 9	68	69	63	69	65	67,62
Liceo la Infantil Frontera Saber	B2	- 74,2174444 4	4,71405555 6	64	66	63	69	64	67,30
bodega El paraíso	C1	- 74,2175555 6	4,71066666 7	65	61	69	74	64	72,30
hospital	A	- 74,2126666 7	4,712	58	59	66	55	58	64,30
estación de gasolina	C2	- 74,2093888 9	4,71383333 3	68	69	69	63	64	67,62
parque celta	B3	- 74,2164444 4	4,71194444 4	68	57	77	60	58	75,30
Colegio San Jose y centro de salud	B2	- 74,2226111 1	4,72991666 7	63	69	64	64	62	67,30
Barrio Balcones de San Nicolás	B1	- 74,2200277 8	4,72702777 8	52	49	46	46	44	50,30
barrio prados de san andres	B1	- 74,2168055 6	4,72322222 2	52	54	66	67	51	65,34
centro de desarrollo la Chaguya. colegio Cano	B2	- 74,2152222 2	4,71725	55	58	53	66	60	64,30
CDI Compartir Funza	B2	- 74,2043055 6	4,71802777 8	67	66	57	63	64	65,34
Las Juanistas	B2	- 74,2075277 8	4,71772222 2	56	66	61	55	64	64,31
Parque Portales de Funza (acueducto)	B2	- 74,2105833 3	4,71875	55	56	59	57	55	57,31

<b>cultivos y residencial</b>	B1	- 74,2099444 4	4,72175	52	55	57	47	50	55,31
<b>Barrio porvenir</b>	B1	- 74,2100555 6	4,70469444 4	56	59	59	59	59	57,90
<b>Parque de los niños</b>	B3	-74,2045	4,7055	63	60	62	65	62	63,31
<b>Jardín infantil serrezuelita</b>	B2	- 74,2101111 1	4,70772222 2	55	49	50	59	56	57,30
<b>Coliseo</b>	C4	-74,20625	4,71005555 6	66	60	64	65	62	64,35
<b>Colegio técnico Industrial Corazón de María</b>	B2	- 74,2131111 1	4,70930555 6	65	65	62	61	58	63,60
<b>La sábana, Gerona CC</b>	B1	- 74,2086666 7	4,71152777 8	53	55	55	54	53	53,63
<b>Barrio</b>	B1	- 74,2145805 6	4,70651388 9	53	49	64	47	51	62,30
<b>barrio La fortuna</b>	B1	- 74,2068027 8	4,70739166 7	63	66	64	70	60	68,30
<b>Colegio, vía cerrada</b>	B2	- 74,2009166 7	4,70766666 7	70	63	56	78	63	76,30
<b>avenida Nissi Repuestos</b>	C5	- 74,2041944 4	4,71641666 7	79	66	75	66	71	77,30
<b>furatena</b>	B3	- 74,1983138 9	4,7112	51	54	57	57	58	56,38
<b>ptar</b>	B1	- 74,2019444 4	4,71161111 1	55	66	60	63	66	64,60
<b>Bio Construcciones sala de ventas</b>	C5	- 74,2076388 9	4,71416944 4	70	73	76	76	64	74,60
<b>Bodega 1</b>	C1	-74,205	4,71383333 3	48	48	53	51	52	51,35
<b>Esquina Conen</b>	B1	- 74,2035277 8	4,70966666 7	72	71	61	44	53	70,34
<b>Barrio Zuame 2</b>	B1	-74,20075	4,71066666 7	43	46	52	48	52	50,60
<b>Colegio Departamental Funza</b>	B2	- 74,2017777 8	4,70552777 8	55	64	61	61	64	62,60
<b>Barrio Madeiros Funza</b>	B1	- 74,1986361 1	4,70711111 1	55	61	55	58	61	59,60
<b>Bodega 2</b>	C1	- 74,1986944 4	4,71991666 7	73	76	72	66	75	74,34
<b>parque industrial Argelia</b>	C5	-74,1945	4,72347222 2	74	74	66	75	74	73,41

<b>humedal Guali</b>	C5	- 74,1902222 2	4,72772222 2	76	80	74	78	77	78,31
<b>BigCola</b>	C5	- 74,1852222 2	4,73269444 4	57	56	65	74	60	72,30
<b>Planta Pepsico</b>	C5	- 74,1788888 9	4,73927777 8	75	69	76	72	72	74,34
<b>hacienda restaurante caminito de piedra</b>	C5	- 74,1720555 6	4,74402777 8	62	68	74	68	71	72,30
<b>Finca</b>	D2	- 74,2206388 9	4,77941666 7	73	53	66	59	60	71,30
<b>Tienda Casanare</b>	B2	- 74,2208333 3	4,76869444 4	47	59	41	63	47	61,30
<b>Cultivo</b>	D2	- 74,2068055 6	4,75711111 1	50	54	54	69	54	67,30
<b>Humedal Gualí Rural</b>	D2	- 74,2187777 8	4,75208333 3	71	55	67	58	66	69,30
<b>Flora</b>	D2	- 74,2276111 1	4,74727777 8	45	50	42	44	42	48,30
<b>Hacienda Furatena</b>	D2	- 74,2053333 3	4,76958333 3	54	57	47	53	44	55,30
<b>Colegio Rural</b>	B2	- 74,2029722 2	4,74530555 6	61	58	71	71	49	69,60
<b>Polisombra verde mata de platano</b>	D2	- 74,1983611 1	4,73513888 9	45	52	60	58	50	58,31
<b>Celta</b>	C1	- 74,1857777 8	4,76372222 2	75	69	76	72	72	74,34
<b>Contenedores</b>	C1	- 74,1826111 1	4,75316666 7	54	54	62	50	57	60,30
<b>Vía Big Cola Aeropuerto</b>	C5	- 74,1816666 7	4,72475 7	57	66	55	74	60	72,30
<b>Aeropuerto</b>	C1	- 74,1735555 6	4,71416666 7	70	63	67	81	86	84,30
<b>V.la Florida Escuela</b>	B2	- 74,1595833 3	4,72822222 2	54	45	46	56	47	54,31

*Tabla 6. Niveles de presión sonora continua equivalente nocturno.*

NOMBRE DEL PUNTO	SECTOR SEGÚN RES 0627/2006	COORDENADAS MAGNA SIRGAS - ESTE CENTRAL		DIURNO					L <sub>Aeq</sub> dB
		ESTE	NORTE	Norte	Sur	Este	Oeste	Vertical Arriba	
				(LN)	(LS)	(LE)	(LO)		
parque principal	B3	-74,2121667	4,71636111	56	54	69	52	55	67,30
la perla de Funza	C2	-74,2145278	4,71513889	68	69	64	61	58	67,34
Liceo la Infantil Frontera Saber	B2	-74,2174444	4,71405556	57	55	59	59	63	61,30
bodega El paraíso	C1	-74,2175556	4,71066667	45	56	75	48	50	73,30
hospital	A	-74,2126667	4,712	59	58	49	57	53	57,35
estación de gasolina	C2	-74,2093889	4,71383333	71	60	61	66	66	69,30
parque celta	B3	-74,2164444	4,71194444	44	50	44	44	54	52,30
Colegio San Jose y centro de salud	B2	-74,2226111	4,72991667	66	54	49	65	44	64,34
Barrio Balcones de San Nicolás	B1	-74,2200278	4,72702778	47	45	51	43	41	49,30
barrio prados de san andres	B1	-74,2168056	4,72322222	54	54	53	59	80	78,30
centro de desarrollo la Chaguya. colegio Cano	B2	-74,2152222	4,71725	48	49	48	56	57	55,34
CDI Compartir Funza	B2	-74,2043056	4,71802778	55	68	56	58	53	66,30
Las Juanistas	B2	-74,2075278	4,71772222	48	56	52	53	52	54,30
Parque Portales de Funza (acueducto)	B2	-74,2105833	4,71875	73	67	63	57	57	71,30
cultivos y residencial	B1	-74,2099444	4,72175	44	54	51	60	63	61,30
Barrio porvenir	B1	-74,2100556	4,70469444	52	57	67	59	64	65,30
Parque de los niños	B3	-74,2045	4,7055	60	56	54	53	61	59,34
Jardín infantil serrezuelita	B2	-74,2101111	4,70772222	52	48	63	58	54	61,30
Coliseo	C4	-74,20625	4,71005556	60	49	62	49	57	60,31
Colegio técnico Industrial Corazón de María	B2	-74,2131111	4,70930556	58	63	55	55	59	61,30
La sábana, Gerona CC	B1	-74,2086667	4,71152778	49	47	50	53	49	51,30
Barrio	B1	-74,2145806	4,70651389	41	42	44	45	48	46,30
barrio La fortuna	B1	-74,2068028	4,70739167	49	54	67	58	52	65,30
Colegio, via cerrada avenida Nissi Repuestos	B2	-74,2009167	4,70766667	49	62	53	53	47	60,30
avenida Nissi Repuestos	C5	-74,2041944	4,71641667	65	64	71	80	73	78,30
furatena	B3	-74,1983139	4,7112	42	44	46	47	55	53,30
ptar	B1	-74,2019444	4,71161111	61	58	64	65	62	63,34

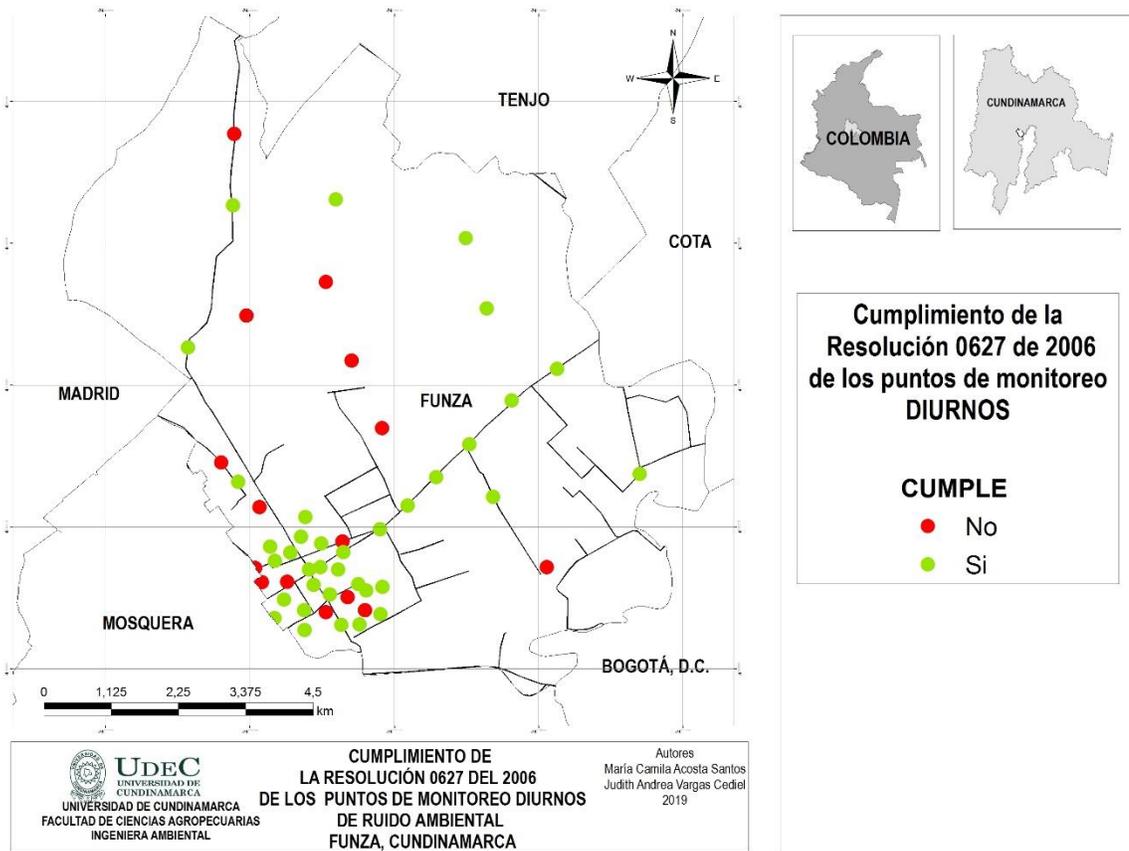
<b>Bio Construcciones sala de ventas</b>	C5	-74,2076389	4,71416944	74	74	67	66	63	72,60
<b>Bodega 1</b>	C1	-74,205	4,71383333	58	47	47	47	46	56,30
<b>Esquina Conen</b>	B1	-74,2035278	4,70966667	48	43	48	44	44	46,60
<b>Barrio Zuame 2</b>	B1	-74,20075	4,71066667	65	75	46	66	58	73,30
<b>Colegio Departamental Funza</b>	B2	-74,2017778	4,70552778	43	49	59	42	62	60,30
<b>Barrio Madeiros Funza</b>	B1	-74,1986361	4,70711111	60	62	61	59	59	60,35
<b>Bodega 2</b>	C1	-74,1986944	4,71991667	76	74	63	74	75	74,35
<b>parque industrial Argelia</b>	C5	-74,1945	4,72347222	70	63	62	63	62	68,30
<b>humedal Guali</b>	C5	-74,1902222	4,72772222	76	83	77	54	67	81,30
<b>BigCola</b>	C5	-74,1852222	4,73269444	72	70	77	73	74	75,30
<b>Planta Pepsico</b>	C5	-74,1788889	4,73927778	70	61	65	72	70	70,31
<b>hacienda restaurante caminito de piedra</b>	C5	-74,1720556	4,74402778	71	66	70	71	72	70,38
<b>Finca</b>	D2	-74,2206389	4,77941667	46	47	48	54	45	52,30
<b>Tienda Casanare</b>	B2	-74,2208333	4,76869444	50	45	49	54	51	52,30
<b>Cultivo</b>	D2	-74,2068056	4,75711111	38	38	40	38	52	50,30
<b>Humedal Gualí Rural</b>	D2	-74,2187778	4,75208333	54	40	46	60	40	58,30
<b>Flora</b>	D2	-74,2276111	4,74727778	34	47	35	33	37	45,30
<b>Hacienda Furatena</b>	D2	-74,2053333	4,76958333	41	42	37	40	44	42,31
<b>Colegio Rural</b>	B2	-74,2029722	4,74530556	51	60	46	62	46	60,31
<b>Polisombra verde mata de platano</b>	D2	-74,1983611	4,73513889	70	32	77	37	36	75,30
<b>Celta</b>	C1	-74,1857778	4,76372222	43	38	38	57	42	55,30
<b>Contenedores</b>	C1	-74,1826111	4,75316667	54	47	50	62	38	60,30
<b>Via Big Cola Aeropuerto</b>	C5	-74,1816667	4,72475	43	67	53	45	47	65,30
<b>Aeropuerto</b>	C1	-74,1735556	4,71416667	60	54	48	62	47	60,31
<b>V.la Florida Escuela</b>	B2	-74,1595833	4,72822222	53	54	54	54	53	52,81

*Fuente: Autores, 2019*

### 7.2.1. Cumplimiento de la resolución 0627 de 2006

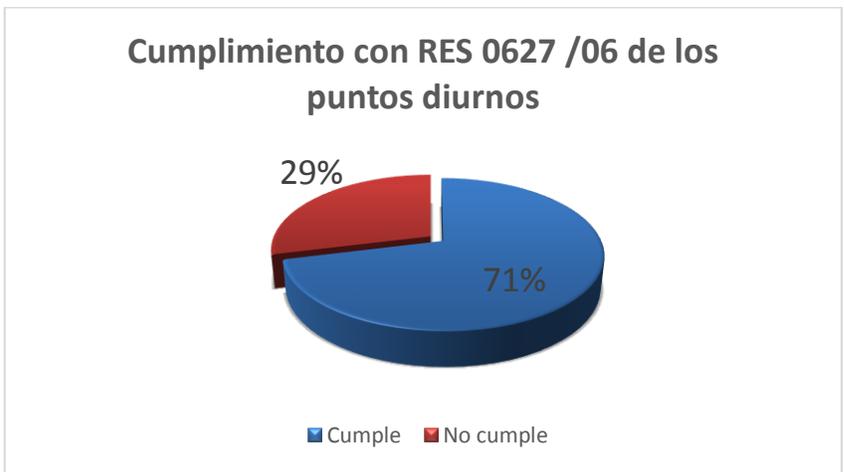
#### 7.2.1.1 Cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 horario diurno

El cumplimiento de los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental de los puntos de monitoreo se evidencia en la Figura 12.



Fuente: Autores, 2019

Figura 12. Mapa cumplimiento de la Resolución 0627 de 2006 de los puntos de monitoreo DIURNOS



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 13. Cumplimiento de los puntos diurnos con la resolución 0627/2006.*

Con base en la Figura 13, el 29% de los puntos muestreados durante día cumple con los estándares máximos permisibles, por otro lado, el 71% de estos puntos no cumple con lo establecido en la resolución 0627 de 2006. Esto también se ve reflejado en la Figura 12, donde la mayoría de los subsectores B cumplen con lo establecido con la resolución.

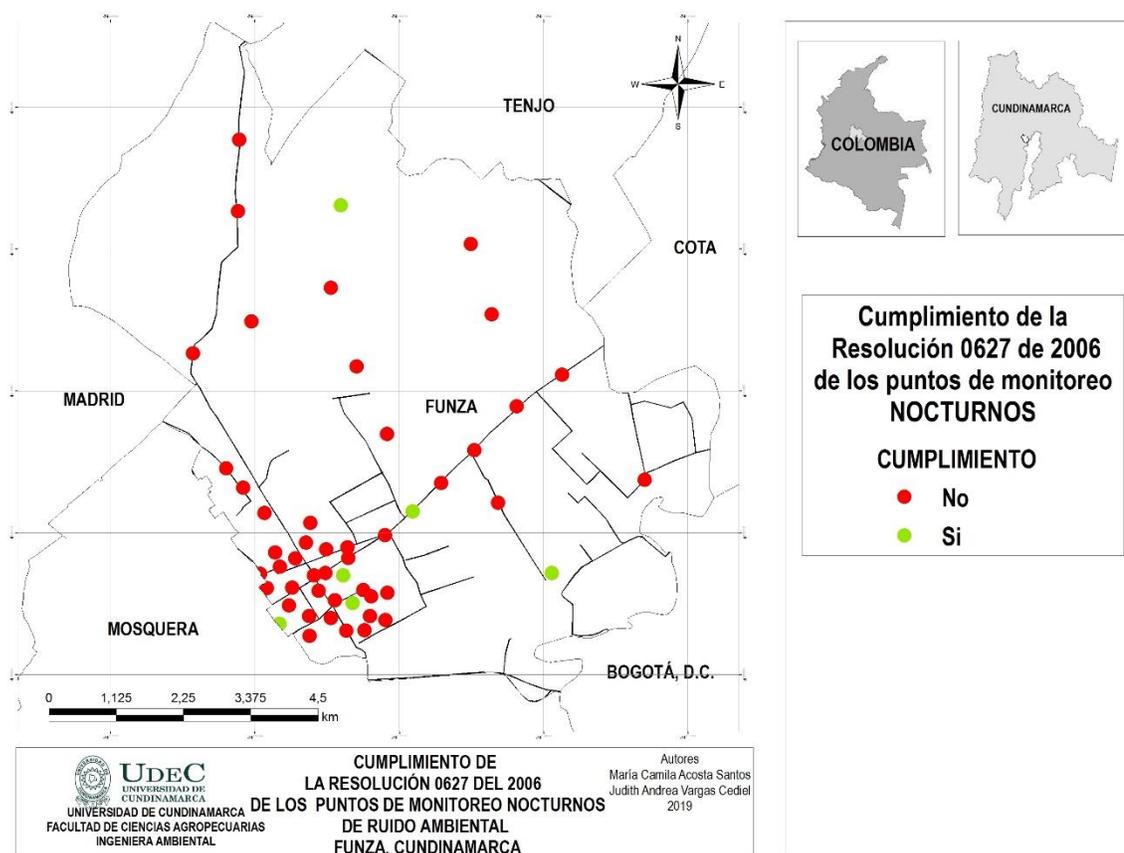
Es importante resaltar que el sector A que corresponde a un sector de tranquilidad y silencio, punto donde se encuentra el hospital del municipio no está cumpliendo con lo establecido en la resolución, puesto que se obtuvo un nivel de presión sonora de 64 dB(A), el cual según la norma no debería sobrepasar los 55 dB(A). Esto se ve afectado por la ubicación de este, pues se encuentra en una zona donde hay una alta confluencia vehicular, muy próximo a la vía Funza - Siberia.

Como ya se había mencionado uno de los puntos con mayor nivel de presión sonora es el aeropuerto, zona que tampoco está cumpliendo con lo estipulado en la norma de ruido, debido a que debería presentar un nivel máximo permisible de 80 dB(A), y este presenta un valor de 84 dB(A).

A pesar de que los parques industriales Big Cola y Planta Pepsico, entran dentro del área de zonas industriales y comerciales, sus niveles se compararon según el sector C5 de la resolución debido a que los puntos de monitoreo se realizaron en cercanía a una troncal y vía principal, conllevando a que el valor de la norma fuera menos restrictivo (80 dB(A)). Los valores obtenidos fueron de 72,3 y 74,3 dB(A) respectivamente.

En total se monitorearon 6 colegios en todo el municipio de los cuales 3 de estos cumplen con lo establecido para el sector B de la resolución, cabe resaltar que uno de estos seis colegios se encuentra ubicado en el área rural pero no cumple con los estándares máximos permisibles de la resolución, dado que presenta un valor de 69,6 dB(A) superando 4,6 décimas del valor permitido.

### 7.2.1.2 Cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 horario nocturno



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 14. Mapa cumplimiento de la Resolución 0627 de 2006 de los puntos de monitoreo NOCTURNOS*

En la Figura 14, se puede evidenciar que en este horario la mayoría de puntos monitoreados no cumplen con lo establecido en la Tabla 3, mientras que los puntos de verde son los puntos que cumplen con los estándares máximos permisibles en la norma.



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 15. Cumplimiento de los puntos nocturnos con la resolución 0627/2006.*

Según la Figura 15, el 12% de los puntos muestreados cumple con los estándares máximos permisibles, mientras que el 88% de estos puntos no cumple con lo establecido en la resolución.

La norma es más restrictiva en el horario nocturno por la tranquilidad que debe manejar el ser humano para poder descansar, sin embargo se evidenció que los niveles de presión sonora en horario nocturno no tuvieron un cambio significativo con respecto al horario diurno, antes

en algunos puntos los niveles fueron más altos, el ejemplo más claro fueron los dos puntos monitoreados sobre el humedal Gualí, el primer punto se tomó sobre la vía Funza- Siberia la cual es atravesada por el humedal, este tuvo un valor de 81,3 dB(A) en un zona que no puede sobrepasar los 70 dB(A). El segundo punto del humedal está ubicado en el área rural en donde obtuvo un valor de 58,3 dB(A) superando lo establecido para sectores rural Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado. Esto se dio porque durante el muestreo el punto se cruzó con el aterrizaje de algunos aviones. Este cumplimiento también se ve reflejado en la Figura 14.

Cabe resaltar que el muestreo realizado sobre la línea de aterrizaje y en inmediaciones del aeropuerto no se vio afectado por las aeronaves debido a que durante el monitoreo hubo un solo episodio de aterrizaje y este no fue representativo en las cinco mediciones realizadas por el sonómetro.

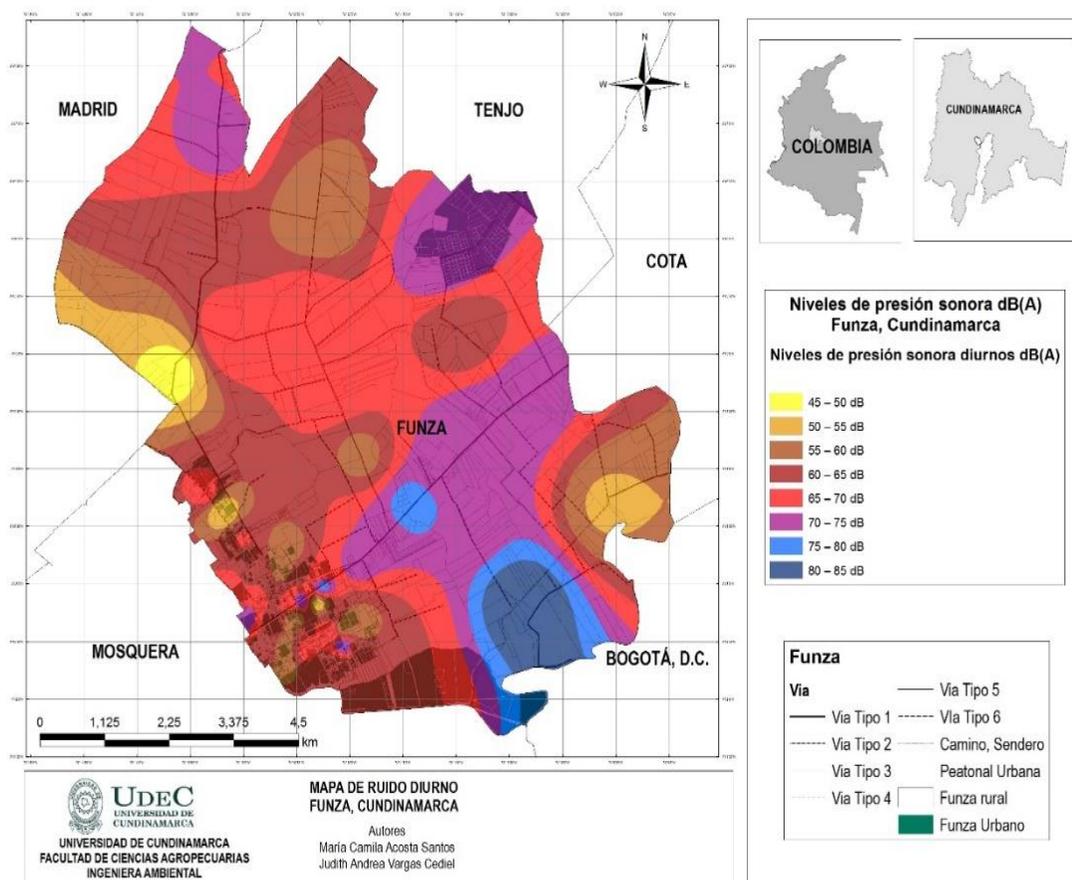
### **7.3. Distribución del ruido ambiental en Funza, Cundinamarca**

#### **7.3.1. Mapa de ruido ambiental diurno**

En la Figura 16, se muestra el mapa de ruido ambiental diurno del municipio de Funza, en donde se encuentra que el municipio tiene un rango de nivel de presión sonora entre 45 a 85 dB(A). Los puntos con menor nivel se encuentran en zonas alejadas al casco urbano donde no hay presencia de industria o cultivos confinados, mientras que en la zona urbana posee rangos entre 50 y 65 dB(A): los niveles más bajos (45dB(A) – 55 dB(A)) se encuentran en algunas zonas residenciales. En la vía Siberia Funza se encuentran los niveles de presión sonora más altos donde oscilan entre 70 a 80dB(A).

En el área rural los niveles de presión sonora varían entre 55 y 70dB(A), sin embargo, cabe aclarar que uno de los puntos en la zona rural (cultivo confinado – flora) presentó un nivel de 71,3 dB(A) este se dio por que durante el monitoreo había entrada y salida de vehículos. El parque industrial celta se encuentra en una zona rural, el cual presentó un nivel de 74,34 dB (A). Esto dado por la alta confluencia vehicular de carga pesada.

En el suroeste del municipio se encuentra la cabecera de la pista de aterrizaje del Aeropuerto el Dorado, es por esto que en esta zona se presentaron los picos más altos de niveles de presión sonora los cuales varían entre 75 a 85 dB(A). Dicho lo anterior es importante resaltar que el municipio se encuentra en la ruta de aterrizaje de los aviones, esto quiere decir que se encuentran más puntos con niveles altos como es el caso del puente del Humedal Gualí 78,31 dB(A).



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 16. Mapa diurno de ruido ambiental de Funza.*

### 7.3.2. Mapa de ruido ambiental nocturno

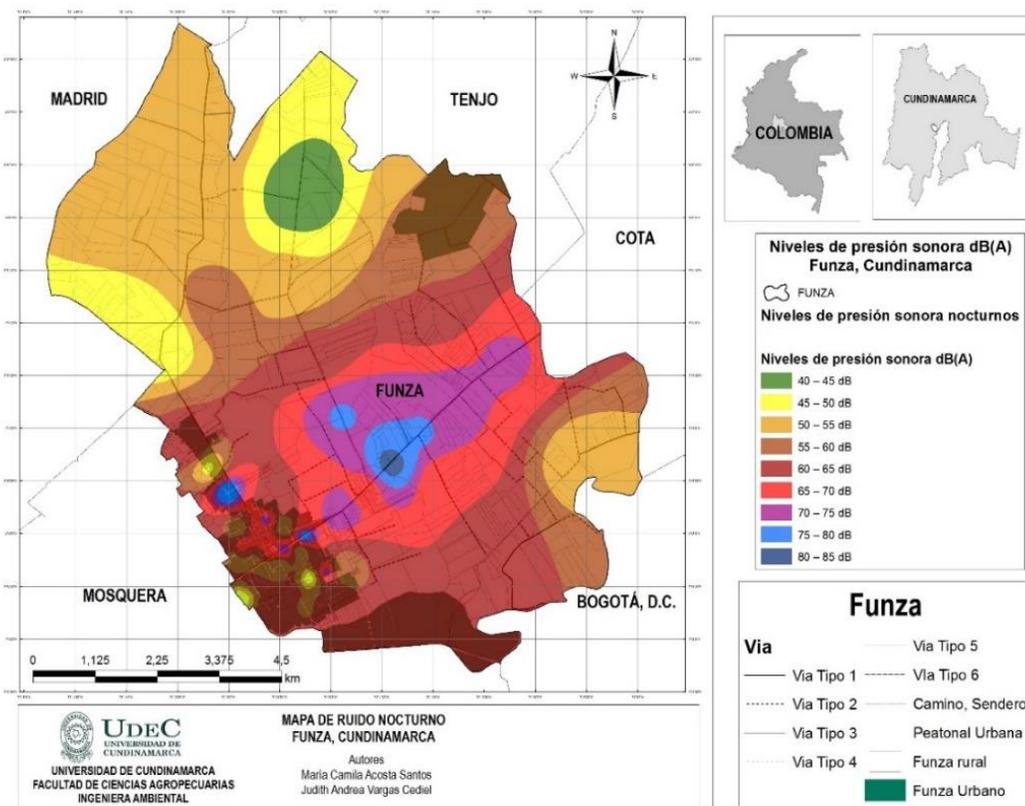
En el monitoreo nocturno los niveles de presión sonora varían aproximadamente entre 40 a 85 dB(A), como se muestra en la Figura 17. En la zona rural noroeste se encuentra el nivel más bajo oscilando entre 40 a 55dB(A). En el casco urbano los valores varían entre 45 a 80 dB (A) en donde los picos más bajos se encuentran en zonas residenciales y los más altos sobre la vía principal (sureste-noroeste) denominada Calle 15 del municipio. Los picos más altos del

monitoreo nocturno se encuentran en la vía Siberia – Funza exactamente en el puente del humedal Gualí 81,3 dB(A).

Tanto en el mapa diurno como en el nocturno se evidenció que los niveles más altos de presión sonora se presentan en las vías principales del municipio.

Funza cuenta con dos vías principales con alta confluencia vehicular, una que atraviesa en sentido suroeste – Noreste (vía Siberia – Funza), que comunica al municipio con los parques industriales y es la vía principal para llegar a la Capital Colombiana. Y la otra sureste – noroeste denominada calle 15 que atraviesa todo el casco urbano del municipio. En la primera, se ve alta confluencia vehicular de carga pesada, entradas a parques industriales y bodegas, buses intermunicipales y automóviles, mientras que en la segunda se encuentran vehículos particulares y de transporte público.

Es por esta razón que los niveles más altos representados en los mapas de ruido diurno y nocturno se presentan en las vías de alta confluencia vehicular del municipio tanto de vehículos particulares, de servicio público como de tránsito de carga pesada.



*Fuente: Autores, 2019*

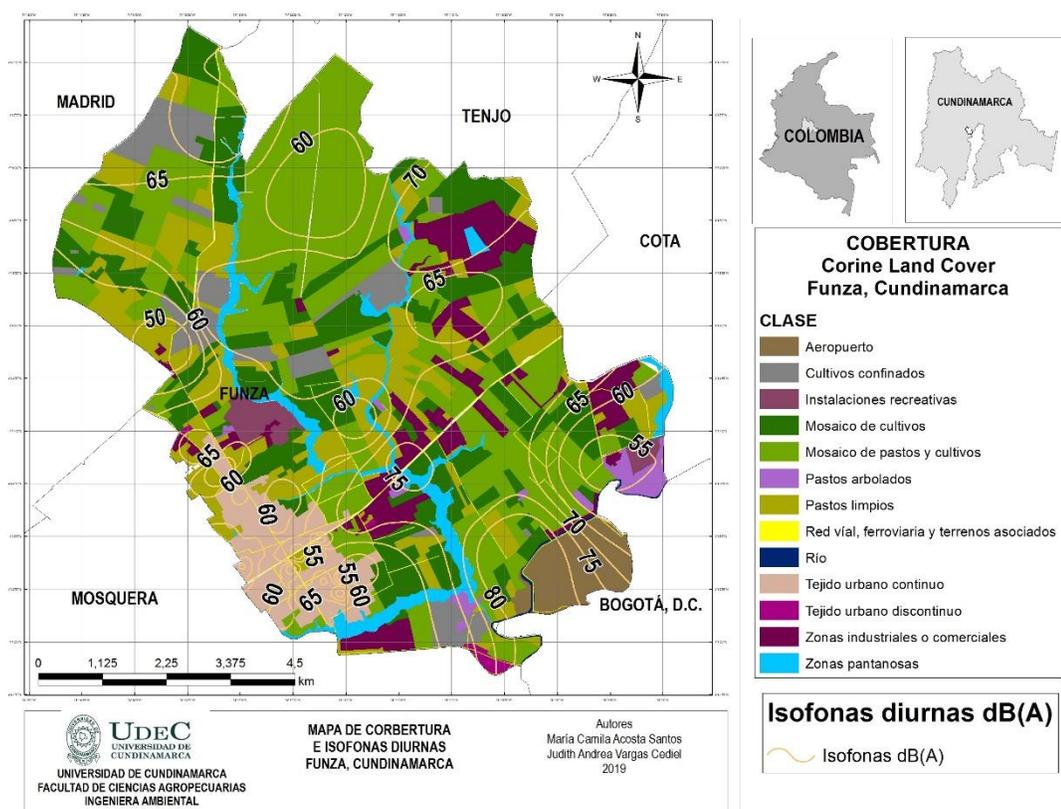
*Figura 17. Mapa nocturno de ruido ambiental de Funza*

#### **7.4. Relación entre de niveles de presión sonora con la cobertura de la tierra en el municipio de Funza.**

Para entender cómo se comporta el ruido con relación a las coberturas, se realizó una sectorización de las coberturas según los sectores establecidos por la resolución, y así determinar qué tipo de cobertura cumple o no con la norma de ruido, para luego analizar si existe una relación entre la cobertura de la tierra el ruido ambiental.

##### **7.4.1. Isófonas diurnas y cobertura**

En la Figura 18, se observa como el ruido se comporta en las diferentes coberturas de la tierra del municipio de Funza, en este la clase aeropuerto maneja unos niveles entre 70 y 80 dB(A). Para el caso de cultivos confinados presenta diferentes niveles de presión sonora, en donde se puede encontrar valores de 55 dB(A), 60 dB(A) y 70 dB(A). Las instalaciones recreativas tienen 55dB(A).



*Fuente: Autores, 2019*

*Figura 18. Isófonas diurnas y cobertura de la Tierra, Funza.*

En la vía Funza – Siberia el comportamiento de los niveles de presión sonora varían entre 70- 75dB(A), mientras que la vía Calle 15 presentan niveles que oscilan entre 60 a 65dB(A), comportamiento que se da por el tipo de tráfico vehicular que circula en estas dos vías.

El río Bogotá que atraviesa la parte sureste del municipio, se encuentra ubicado cerca de la pista de aterrizaje del aeropuerto El Dorado, por lo que se ve influenciado por este, presentando un nivel de presión sonora entre 70 a 80 dB(A).

En la cobertura tejido urbano continuo, sus niveles se encuentran entre 55-65 dB(A), siendo valores no muy altos, dado a que la mayoría de esta cobertura son zonas residenciales. Por otro lado las zonas industriales o comerciales los niveles de presión sonora varían entre 65 y 75dB(A).

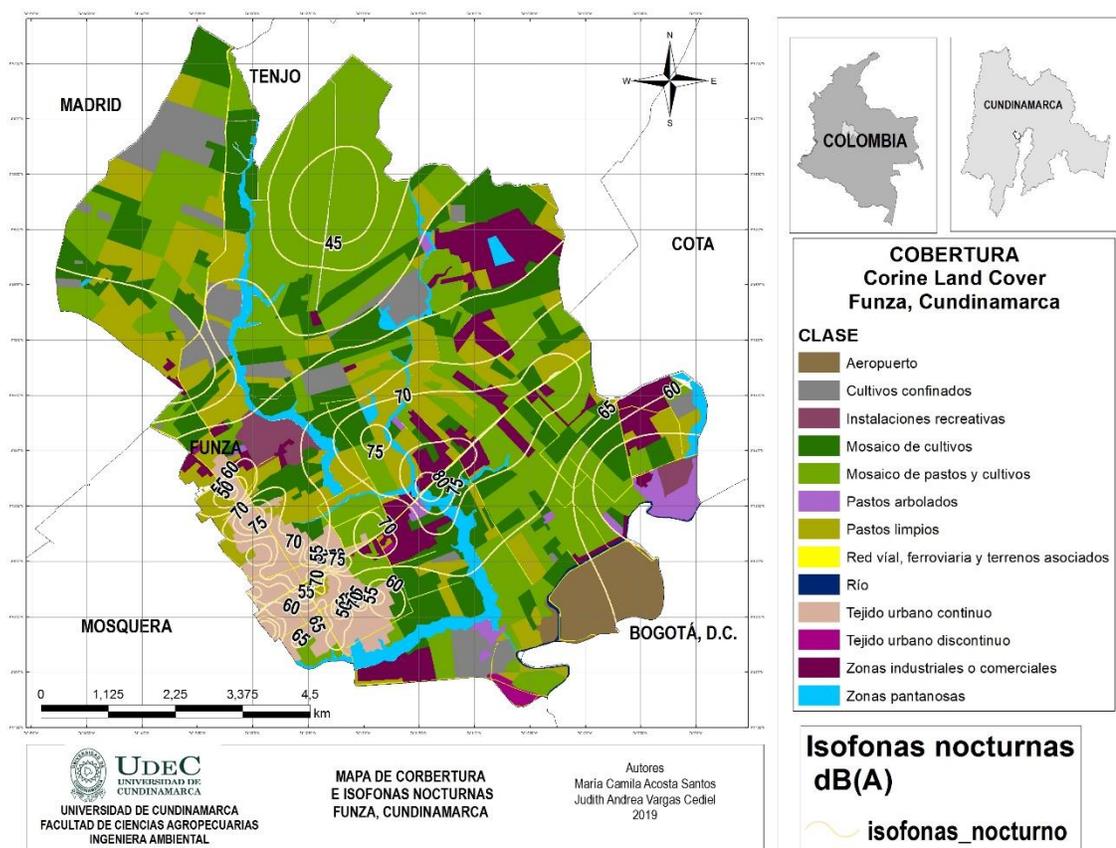
Dado a que el humedal Gualí atraviesa todo el municipio, no se puede determinar que rangos específicos de nivel de presión sonora maneja, pues su comportamiento varía según el tipo de cobertura que lo rodea.

#### 7.4.2. Isófonas nocturnas y cobertura

El comportamiento de las coberturas de la tierra con los niveles de presión sonora en el horario nocturno se muestra en la Figura 19, donde en este, su comportamiento es un poco mayor respecto al comportamiento diurno. En la mayoría de las coberturas de la tierra los niveles de presión sonora aumentaron 5dB(A). Aunque en la cobertura de aeropuerto, sus niveles de presión sonora disminuyeron respecto al horario diurno, debido que presenta valores de 60dB(A).

Dado que el municipio se caracteriza por tener una gran área en mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios y mosaico de cultivos, el comportamiento de los niveles de presión sonora está distribuido por toda el área, por lo que se hace difícil determinar si en estas coberturas existe una relación estrecha entre el ruido y la cobertura. Es importante resaltar que estas áreas no presentan alguna barrera que puede atenuar el ruido, y es por esto que su

comportamiento tiende a variar, además es necesario tener en cuenta que durante el trabajo de campo se evidencio que la ruta de vuelo de las aeronaves, afectan estos niveles, sin embargo no lo hace de la misma forma, debido a que el ruido tiende a disiparse en la atmosfera (Ana Tarrero, 2002).



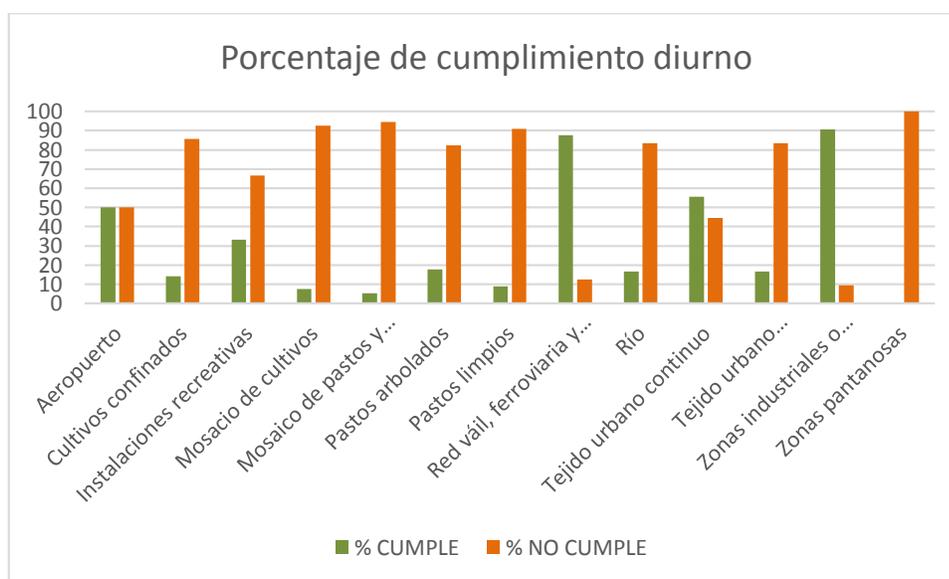
Fuente: Autores, 2019

Figura 19. Isófonas Nocturnas y cobertura de la tierra, Funza

#### 7.4.3. Cumplimiento de los niveles de presión sonora diurno

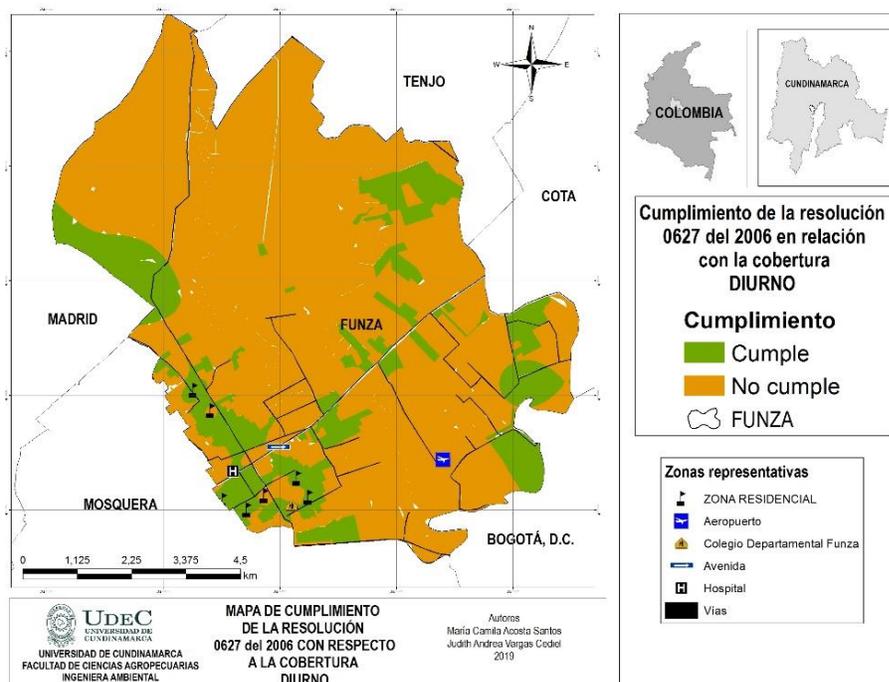
La Figura 20, constituye el porcentaje de las coberturas que cumple y no cumplen con lo establecido en la resolución 0627 de 2006. Diez de las trece coberturas de las tierras

identificadas no cumplen con los niveles máximos permisibles establecidos por la resolución 0627 de 2006, mientras que las tres restantes: red vial, ferroviaria y terrenos asociados, zonas industriales o comerciales y tejido urbano continuo si cumple con lo establecido por la resolución 0627 de 2006. Este comportamiento es más evidente en la Figura 21, donde se muestra el mapa de cumplimiento de la resolución 0627de 2006 con respecto a la cobertura nivel 3, diurno. Es importante resaltar que del 100% de las coberturas de la tierra identificadas en el municipio de Funza, solo el 19,5% de estas cumplen con la resolución y el 80,5% incumplen esta norma.



*Fuente: Autores, 2019.*

*Figura 20. Porcentaje de cumplimiento de la resolución 0627del 2006 diurno con respecto a la cobertura nivel 3*



*Fuente: Autores, 2019.*

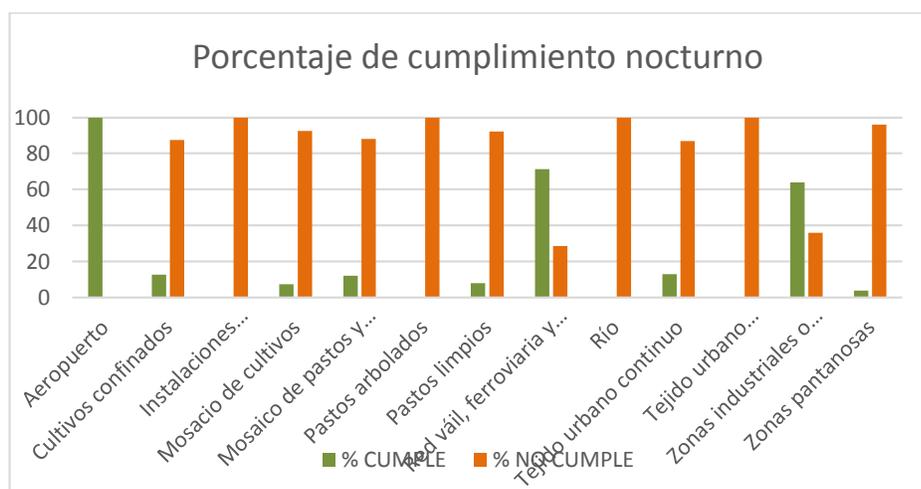
*Figura 21. Mapa de cumplimiento de la resolución 0627 de 2006 con respecto a la cobertura nivel 3, diurna*

#### 7.4.4. Cumplimiento de los niveles de presión sonora nocturno

En la Figura 22, se muestra el porcentaje de cumplimiento de la cobertura de la tierra con respecto a la resolución 0627 de 2006. El cumplimiento de este horario no varía mucho con respecto al horario diurno, dado a que cumplen dos de las tres coberturas, estas son red vial ferroviaria y terrenos asociados y zonas industriales y comerciales, la diferencia se marca en que en la cobertura de aeropuerto si cumple con lo establecido por la resolución 0627 de 2006.

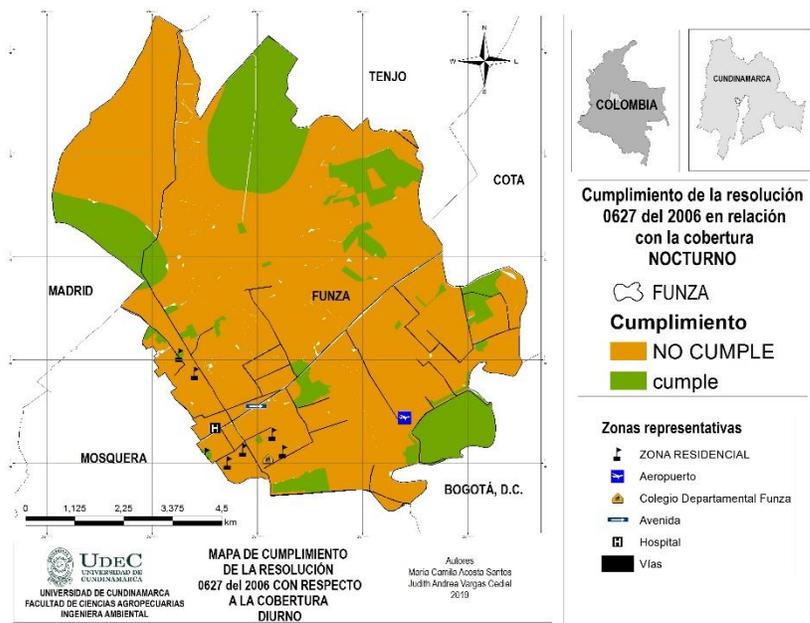
Este cumplimiento se ve reflejado en la Figura 23, donde se evidencia el mapa de cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 nocturno con respecto a las coberturas nivel 3. En este horario el 15,7% de las coberturas de la tierra cumplen con la resolución 0627 de 2006

y el 84,3% incumplen esta resolución. Este incumplimiento se ve reflejado por la alta confluencia vehicular que se presenta en las coberturas, además dado que el municipio está en cercanías con la pista de aterrizaje del aeropuerto El Dorado, hace que los niveles de presión sonora sean altos en coberturas de territorios agrícolas.



*Fuente: Autores, 2019.*

*Figura 22. Porcentaje de cumplimiento de la resolución 0627 de 2006 nocturno con respecto a la cobertura nivel 3*



Fuente: Autores, 2019.

Figura 23. Mapa cumplimiento de la resolución 0627 del 2006 nocturno con respecto a las coberturas nivel 3

## 8. Conclusiones y recomendaciones

Se puede denotar que los niveles más altos de presión sonora se dieron en los puntos de muestreo ubicados sobre la vía y en caso de la cobertura de la tierra se vieron representados en la cobertura *red vial, ferroviaria y terrenos asociados* tanto en el día como en la noche, esto asociado a la alta confluencia vehicular presentada en la zona, por su conexión con los parques industriales, y relación con la capital colombiana, Bogotá DC. Sin embargo, estos puntos cumplen con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental del sector C5 (80 dB(A) para el día y 70dB(A) para la noche) establecidos en la Resolución 0627 del 2006.

En el caso de ciudades y/o municipios que queden en cercanías aeropuertos y demás se debe tener en cuenta que estos son determinantes en el comportamiento de los niveles de presión sonora que afectan a la zona. Para Funza en particular, el Aeropuerto el Dorado es una variable que altera el comportamiento de los niveles de presión sonora del municipio, por su pequeña extensión la ruta de aterrizaje de los aviones altera todos los niveles de presión del municipio.

En cuanto al cumplimiento de la normatividad, a nivel general tanto en las dos corporaciones realizadas (Puntos monitoreados y comportamiento según la cobertura) en el horario diurno se puede denotar que existe un mayor cumplimiento en los horarios diurnos. El incumplimiento de presión de niveles sonora puede generar efectos negativos a la salud humana y el medio ambiente, cuando se está expuesto a tiempos prolongados.

El comportamiento espacial de los niveles de presión sonora a partir de la cobertura de una zona es una solución viable para generar estrategias de mitigación del impacto generado por la contaminación acústica mientras se realice un levantamiento exhaustivo de la zona de estudio, teniendo en cuenta que la mayoría de los usos del suelo de los municipios son mixtos.

Finalmente, por los resultados arrojados en esta investigación se recomienda que la corporación autónoma regional, como autoridad ambiental y encargada de velar por el bienestar de un ambiente sano, se encargué de empezar a realizar las mediciones anuales de ruido ambiental y emisión de ruido para el municipio de Funza, como eje fundamental dentro del área metropolitana de Bogotá para que así genere los mapas de ruido correspondientes de la zona como herramienta para la mitigación de impactos generados por este tipo de contaminación.

Para la mitigación de la generación de ruido ambiental producida por los vehículos algunos estudios recomiendan hacer uso y cambio del parque automotor actual de vehículos de combustión por vehículos eléctricos e híbridos También se recomienda realizar reducciones en las secciones de los neumáticos, puesto que la fricción de los neumáticos con el pavimento es lo que más genera ruido en las vías, además, de hacer cambios en el pavimento por mezclas asfálticas viables para mitigar el ruido, donde este es absorbido (Barti, 2016) & (León Moreno, 2015) .

Los planes de ordenamiento territorial cumplen un papel fundamental para la mitigación del ruido, mejorar la planificación de los usos del suelo es una herramienta que ayudaría a reducir la exposición y frecuencia a la que se encuentran los receptores o seres humanos de un determinado lugar. Además, el municipio puede implementar horarios de restricción de paso vehicular en horarios nocturnos, debido a que son los más sensibles y donde se pueden presentar mayores molestias (Segués Echazarreta, 2008).

## 9. Referencias

- (DNP), D. N. de planeación. (2018). Funza, Cundinamarca, 796, 1–23.
- Ac, L. A., Ingenier, L. A., Se, S., Grecia, A., & Railegh, Lord. (n.d.). Aspectos Básicos del Sonido y el Ruido.
- Alcaldía de Funza. (2018). Nuestro municipio - Alcaldía Municipal de Funza Cundinamarca. Retrieved March 28, 2019, from <http://www.funza-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Barti, R. (2016). El vehículo eléctrico y la reducción del ruido ambiente en las ciudades, (43), 10. Retrieved from [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132\\_01.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132_01.pdf)
- Benasayag, E. M. (2000). El ruido nos mata en silencio. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 20, 149–161.
- CAEND. (2011). Mapas de ruido. Estrategia y concienciación en la lucha contra el ruido, 1–47.
- CAR. (2007). Mapa de ruido, municipio de Girardot.
- Consejo Europeo. (2002). Directiva 2002/49 / CE del Parlamento Europeo del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, 12–25. Retrieved from <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>
- Corbella, J. (2017). El ruido humano perturba la naturaleza. Retrieved April 7, 2019, from <https://www.lavanguardia.com/ciencia/20170505/422290644428/contaminacion-acustica-efectos-especies-ecosistemas.html>
- Ecologistas en acción. (2018). Protección medioambiental frente al ruido y los residuos.

<https://doi.org/10.1111/1365-2435.13130>

Environmental Systems Research Institute, I. (2016). Qué es un shapefile—Ayuda | ArcGIS for Desktop. Retrieved April 3, 2019, from <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

Francis, C. D., Ortega, C. P., & Cruz, A. (2009). Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions. *Current Biology*, *19*(16), 1415–1419. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.06.052>

González Sánchez, Y., & Fernández Díaz, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, *52*(3), 402–410.

Guzman, L. A., Oviedo, D., & Bocarejo, J. P. (2017). City profile: The Bogotá Metropolitan Area that never was. *Cities*, *60*, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.004>

IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra* Ministerio del Medio Ambiente. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001168.pub2>

IDEAM. (2016). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011 – 2015*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Kadilar, C. (2017). Preface of the “advanced Statistical Methods and Applications.” *AIP Conference Proceedings*, *1863*. <https://doi.org/10.1063/1.4992403>

LABEIN. (2001). CRITERIOS ACUSTICOS EN EL DISEÑO DE CENTROS DOCENTES. Retrieved April 6, 2019, from <https://studylib.es/doc/4824614/criterios-acusticos-en-el->

diseño-de-centros-docentes

León Moreno, S. B. (2015). Mezclas asfálticas viables para mitigar el efecto del ruido debido al tránsito vehicular en los pavimentos.

Lu, G. Y., & Wong, D. W. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers and Geosciences*, 34(9), 1044–1055.  
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.07.010>

MAVDT. (1995). Decreto 948 de 1995 en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. *EL Decreto*, 1995(41), 12,14.

<https://doi.org/https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.alcaldiabogota.gov.co%2Fsisjur%2Fnormas%2FNorma1.jsp%3Fi%3D1479&ei=sDQaU6jFBaTR0wGuzICgBg&usg=AFQjCNHWOepGypon6e0wpeG1WiRCihO3ew&bvm>

MAVDT. (2006). Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, 1–30.

MAVDT. (2014). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente - Anotado, 244.

Ministerio de Salud. (1983). Resolución 8321 del 04 de Agosto de 1983, por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de Audición de ls Salud y el bienestar de las personas por causa de la producción y emisión de ruidos., *Ley 09 de(agosto 4)*, 1211–1214.

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía OSMAN. (2009). Ruido y Salud. *Junta de Andalucía*, 68. Retrieved from

[http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido\\_salud\\_osman.pdf](http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido_salud_osman.pdf)

OMS. (1999). Guías para el ruido urbano. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente*, 14. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

OMS. (2015). Escuchar sin riesgos.

Oyarzábal, X. (2013). *Impacto acústico producido por la realización de conciertos masivos y sus medidas de mitigación caso estadio bicentenario municipal de La Florida*. Universidad Austral de Chile.

Pérez, J. (2009). Estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos, 1135.

Ramírez, A. (2012). Caracterización Y Modelación Micro Y Macroscópica Del Ruido Vehicular En La Ciudad De Bogotá, 186. Retrieved from file:///C:/Users/Francisco Chavez/Desktop/Seminario/Ambiental/Documentos Referencias/Ruido cucu.pdf

Ramírez González, A., & Domínguez Calle, E. A. (2011). El ruido vehicular urbano: Problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 509–530. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-39082011000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Ramos, A. (2005). Medidas de Ruido. *Universidad de Granada*, 1–28. Retrieved from [http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos\\_ruido.pdf](http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos_ruido.pdf)

Reyes, H. (2012). Estudio y Plan de Mitigación del Nivel de Ruido Ambiental en la Zona Urbana de la Ciudad del Puyo. *Facultad de Ciencias, Bachelor*, 148. Retrieved from <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/2009>

- Segués Echazarreta, F. (2008). Medidas preventivas y de control para nanopartículas y nanomateriales ¿Qué son las nanopartículas?
- Tarrero, A. (2002). Propagación del sonido en bosques . Análisis comparativo de las medidas in situ , en laboratorio y de los valores predichos por un modelo .
- Tarrero, A., González, J., & González, P. (2001). Propagación del sonido en bosques: validación de un modelo, 1–6.
- WHO & JRC European Commission. (2011). Burden of disease from environmental noise, Quantification of healthy life years lost in Europe. *WHO Regional Office for Europe*.
- Yepes, D., Gómez, M., Sánchez, L., & Jaramillo, A. (2009). Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano-caso Medellín. *DYNA (Colombia)*, 76(158), 29–40.
- Zamorano González, B., Peña Cárdenas, F., Parra Sierra, V., Velázquez Narváez, Y., & Vargas Martínez, J. I. (2015). Noise pollution in Matamoros downtown. *Acta Universitaria*, 25(5), 20–27. <https://doi.org/10.15174/au.2015.819>



INFORMACIÓN GENERAL				MEDICIONES NOCTURNAS				CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO				RESULTADOS		
FECHA	PUNTO	DIRECCIÓN	H. INICIO	H. FINAL	COORDENADAS		INFORMACIÓN DEL EQUIPO	VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA	PRESION	HUMEDAD	OCT	CSD1	CSD2
					N	W								
06/03/2019	1	parque principal	21:03	22:48	4° 42' 58.9"	74° 12' 43.8"	calibrado 2.77	1 km/h		14 761.860 hPa	92	19	16	17
06/03/2019	2	la perla de Funza	21:34	22:49	4° 42' 54.5"	74° 12' 52.3"	calibrado 2.66	1 km/h		14 761.853 hPa	92	20	18	19
06/03/2019	3	colegio	22:13	22:27	4° 42' 50.6"	74° 13' 02.8"	2.76	6 km/h		12 761.875	97	24	26	27
06/03/2019	4	bodega paraiso	22:51	23:05	4° 42' 38.4"	74° 13' 03.2"	2.56	6 km/h		13 761.875	97	23	24	25
06/03/2019	5	hospital	22:28	22:43			calibrado 2.88	6 km/h		13 761.890	92	22	22	23
06/03/2019	6	estación de gasolina	22:04	22:19			calibrado 2.77	6 km/h		13 761.868	92	21	20	21
09/03/2019	7	parque ceita	23:27	23:42	4° 42' 43.0"	74° 12' 59.2"			11	13 760.300	80%		73	74
07/03/2019	8	colegio San José y centro de salud	21:05	21:20	4° 43' 47.7"	74° 13' 21.4"	calibrado 2.72	6 km/h		14 762.710	86	32	39	40
07/03/2019	9	barrio balcones de San Nicolás	21:29	21:44	4° 43' 37.3"	74° 13' 12.1"	calibrado 2.68	6 km/h		13 761.725	87	33	41	42
07/03/2019	10	barrio prados de san andres	21:56	21:11	4° 43' 23.6"	74° 13' 00.5"	calibrado 2.86	5 km/h		13 761.740	92	34	43	44
09/03/2019	11	centro de desarrollo la Chaguaya. colegio Cano	20:56	21:11	4° 43' 02.1"	74° 12' 54.8"	calibrado 2.63	15 km/h		15 760.270	70	44	63	64
08/03/2019	12	CDI Compartir Funza	22:17	21:32	4° 43' 04.9"	74° 12' 15.5"	calibrado 2.63	8 km/h		14 760.727	70%	43	60	61
08/03/2019	13	Las Juanistas	21:52	21:07	4° 43' 03.8"	74° 12' 27.1"	calibrado 2.68	8 km/h		14 760.712	69%	42	58	59
08/03/2019	14	Parque Portales de Funza (acueducto)	21:29	21:44	4° 43' 07.5"	74° 12' 38.1"	calibrado 2.68	10 km/h		14 760.705	70%	41	56	57
08/03/2019	15	ultivos y residencial	21:01	21:16	4° 43' 18.3"	74° 12' 35.8"	calibrado 2.70	10 km/h		15 760.697	69%	40	54	55
09/03/2019	16	barrio porvenir	21:28	21:43	4° 42' 16.9" N	74° 12' 36.2" W	calibrado 2.56	14 km/h		14 760.315	70%	45	65	66
09/03/2019	17	Parque de los niños	21:53	22:08	4° 42' 19.8" N	74° 12' 16.2" W	calibrado 2.18	11 km/h		13 760.330	79	46	67	68
09/03/2019	18	jardin infantil semezuelita	22:22	22:37	4° 42' 27.8" N	74° 12' 36.4" W	calibrado 2.72	11 km/h		13 760.300	80%	47	69	70
09/03/2019	19	Coliseo	22:55	23:10	4° 42' 36.2" N	74° 12' 22.5" W	calibrado 2.58	10 km/h		11 760.300	84%	48	71	72
12/03/2019	20	colegio técnico Industrial Corazón de María	22:36	22:51	4° 42' 33.5" N	74° 12' 47.2" W	2.50		3	13 760.952	91%	72	119	120
12/03/2019	21	La sábana. Girona CC	22:09	22:24	4° 42' 41.5" N	74° 12' 31.2" W	2.54		5	14 760.690	90%	71	117	118
12/03/2019	22	barrio	21:15	21:30	4° 42' 23.45" N	74° 12' 52.49" W	2.48		4	15 760862	85	69	113	114
12/03/2019	23	barrio la fortuna	21:45	22:00	4° 42' 26.61" N	74° 12' 24.49" W	2.54		5	15 760697	89	70	115	116
14/03/2019	24	colegio. via cerrada	22:24	22:39	4° 42' 27.6"	74° 12' 37.3"	2.38		4	15 759970	85	83	134	136
14/03/2019	25	avenida Nissi Repuestos	21:31	21:46	4° 42' 59.1"	74° 12' 15.1"	2.32		5	14 759970	91	78	131	132
14/03/2019	26	parque furatena	22:49	22:04	4° 42' 40.32" N	74° 11' 53.93" W	2.48		9	14 759970	90	81	136	137
16/03/2019	27	ptar	21:36	21:51	4° 42' 41.8" N	74° 12' 07.0" W	2.5		4	13 760082	85	95	161	162
15/03/2019	28	bio Construcciones sala de ventas	21:03	21:18	4° 42' 51.01" N	74° 12' 27.5" W	2.17		4	14 760.609	90	91	153	154
15/03/2019	29	bodega 1	21:31	21:46	4° 42' 49.8"	74° 12' 18.0"	2.32		5	14 760500	89	92	155	156
15/03/2019	30	Esquina Conen	22:19	22:34	4° 42' 34.8" N	74° 12' 12.7" W	2.36		5	13 760600	96	93	157	158
15/03/2019	31	Barrio Zume 2	22:43	22:58	4° 42' 38.4" N	74° 12' 02.7" W	2.43		4	13 760585	96	94	159	160
16/03/2019	32	colegio Departamental Funza	22:33	22:48	4° 42' 19.9" N	74° 12' 06.4" W	2.35		5	13 760120	95	98	165	166
16/03/2019	33	barrio Maderios Funza	22:04	22:19	4° 42' 25.6" N	74° 11' 55.09" W	2.54		5	14 760497	84	96	163	164
17/03/2019	34	bodega 2	21:32	21:47	4° 43' 11.9" N	74° 11' 59.9" W	2.48		10	13 759700	78	103	169	170
17/03/2019	35	parque industrial argelia	21:54	21:09	4° 43' 24.5" N	74° 11' 40.2" W	2.10		8	13 759707	77	101	171	172
17/03/2019	36	Humedal guali	22:19	22:34	4° 43' 39.8" N	74° 11' 24.8" W	2.64		8	13 759737	79	102	173	174
18/03/2019	37	big cola	21:02	21:17	4° 43' 57.7" N	74° 11' 06.8" W	2.68		7	14 759797	89	104	175	176
18/03/2019	38	Planta PepsiCo	21:30	21:45	4° 44' 21.4" N	74° 10' 44.0" W	2.61		6	14 759812	89	105	177	178
18/03/2019	39	hacienda restaurante Caminito de piedra	21:57	22:12	4° 44' 38.9" N	74° 10' 19.4" W	2.54		7	13 759820	89	106	179	180
20/03/2019	40	finca	21:01	21:16	4° 46' 45.9" N	74° 13' 14.3" W	1.54		12	14 761410	92	110	188	189
20/03/2019	41	tienda Casanare	21:28	21:43	4° 46' 07.3" N	74° 13' 15.0" W	1.53		12	14 761410	92	111	190	191
20/03/2019	42	cultivo	22:04	22:19	4° 45' 25.6" N	74° 12' 24.5" W	1.40		9	13 761455	96	112	192	193
20/03/2019	43	Humedal Gual rural	22:30	22:45	4° 45' 07.5" N	74° 13' 07.6" W	1.35		9	13 761455	96	113	194	195
20/03/2019	44	flora	22:58	23:13	4° 45' 20.2" N	74° 13' 39.4" W	1.18		9	13 761463	91	114	196	197
21/03/2019	45	hacienda Furatena	21:00	21:15	4° 46' 10.5" N	74° 12' 19.2" W	1.04		14	14 761088	90	125	219	220
21/03/2019	46	colegio Rural	21:30	21:45	4° 44' 43.1" N	74° 12' 10.7" W	1.18		14	14 761088	91	126	221	222
23/03/2019	47	Polisombra verde mata de plátano	01/01/1900	0:51	1:06	4° 44' 06.5" N	74° 11' 54.1" W	0.34		13 762580	89	141	253	254
23/03/2019	48	ceita	22:57	24:12:00	4° 45' 49.4" N	74° 11' 08.8" W	1.10		5	14 762513	83	139	249	250
23/03/2019	49	contenedores	0:20	0:35	4° 45' 11.4" N	74° 10' 57.4" W	0.98		5	14 762520	83	140	251	252
23/03/2019	50	Via Big Cola Aeropuerto	23:22	23:37	4° 43' 29.1" N	74° 10' 54.0" W	0.99		5	14 762543	83	137	246	247
23/03/2019	51	Aeropuerto	22:50	23:05	4° 43' 51.0" N	74° 10' 34.8" W	0.97		6	14 762565	83	136	244	245
23/03/2019	52	V Florida escuela	22:07	22:22	4° 43' 41.6" N	74° 09' 34.5" W	0.67		6	13 762618	88	135	242	243