

## Estudio de los niveles de ruido y elaboración del mapa de ruido del campus universitario en la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia

*Study of noise levels and elaboration of the noise map of the university campus at the Universidad Católica de Oriente, Rionegro-Colombia*

James Londoño Valencia<sup>1</sup>  
Catalina Correa Úsuga<sup>2</sup>  
Ana María Agudelo Otálvaro<sup>3</sup>

- 1 Magíster. Docente/investigador Ingeniería Ambiental, Grupo de Limnología y Recursos Hídricos. Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia). Correo electrónico: jlondono@uco.edu.co. 2 Egresada programa de Ingeniería Ambiental. Universidad Católica de Oriente. 3 Egresada programa de Ingeniería Ambiental. Universidad Católica de Oriente.

---

### Cómo citar este artículo:

Londoño Valencia, J.; Correa Úsuga, C. & Agudelo Otálvaro, A. M. (2020). Estudio de los niveles de ruido y elaboración del mapa de ruido del campus universitario en la Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(45), 64-83.

---

## Resumen

El presente trabajo tiene por finalidad presentar un diagnóstico del ruido en el campus de la Universidad Católica de Oriente (UCO). Para la evaluación de los niveles sonoros fue importante elegir los puntos de muestreo de los que se obtuvo la información; en este caso los puntos de medición fueron seleccionados de acuerdo con las necesidades expuestas por las diferentes áreas dentro de las instalaciones de la Universidad. Para la delimitación del área de estudio se recurrió a información de planificación y proyección de la Universidad, con ello se identificaron sitios donde posiblemente se genera ruido por las actividades que se realizan, así mismo, la población que frecuenta el campus y utiliza dichos espacios fue tomada en cuenta mediante una encuesta de percepción de ruido. Una vez delimitada el área de estudio se seleccionaron cuatro (4) zonas representativas del campus universitario, dentro de cada zona se eligieron ocho (8) puntos estratégicos en los que se realizaron las mediciones de ruido. A cada zona se realizaron tres (3) mediciones asegurando que fueran tomadas en diferentes días de la semana y horarios; posteriormente se elaboró un mapa de ruido mediante técnicas de interpolación geoestadística, para el cual se utilizó el software ArcGis 10.3. Se encontraron sitios que sobrepasan la norma, dentro de estos sobresalieron los puntos 1, 24, 25 y 26 (vivero, colegio y dos puntos en el coliseo) en los que se registraron valores más altos de 65 dB. En estos casos se debe evaluar la actividad que genera los niveles encontrados de ruido.

### Palabras clave

Ruido, encuesta de percepción, mapa acústico, geoestadística.

---

## Abstract

The purpose of this work is to prepare a noise diagnosis on the campus at the *Universidad Católica de Oriente (UCO)*, for the evaluation of the sound levels, it was important to choose the sampling points from which the information was obtained; In this case the measurement points were selected according to the needs presented by the different areas within the university facilities. For the delimitation of the study area, information about the planning and projection of the university was used, with this, sites were identified where noise is possibly generated by the activities carried out, likewise the population that frequents the campus and uses these spaces was taken into account through a noise perception survey. Once the study area was defined, four (4) representative areas of the university campus were selected, within each zone eight (8) strategic points were chosen at which the noise measurements were made. For each zone three (3) measurements were made to ensure that they were taken on different days of the week and time; a noise map was subsequently developed using Geo-statistical interpolation techniques for which ArcGis 10.3 software was used. Sites that exceed the norm were found, within these points 1, 24, 25 and 26 (nursery, school and two points in the coliseum) stood out in which values higher than 65dB were recorded, in these cases the activity that generates the found noise levels.

### Key words

Noise, perception survey, acoustic map, geostatistics.

---

## Introducción

---

Durante los últimos años se ha manifestado un especial interés en la población hacia la calidad del medio ambiente. La contaminación se presenta como el precio del progreso y hasta en algunos círculos se debate la dualidad progreso-contaminación, como algo inherente al desarrollo (Gómez, 2006).

La contaminación ambiental puede definirse como cualquier agente físico, químico o biológico que altera negativamente nuestro medio natural. Uno de los contaminantes más comunes hoy en día es el ruido. González (2012) define la contaminación por ruido como «cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable». Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se plantea como espacio de estudio la Universidad Católica de Oriente, esta es una institución de educación superior con calidad y dentro de su política integrada se propende por el bienestar de la población universitaria, por esto es importante entonces evaluar las condiciones en las que se encuentra la Universidad y tener conocimientos de los riesgos asociados a contaminación por ruido que se pueden presentar en la comunidad universitaria, a través de un diagnóstico que permita tomar medidas correctivas o preventivas.

Una manera útil para determinar la cantidad de ruido al que está siendo expuesta la población de la UCO es mediante la elaboración de campañas de medición que darán como resultado el mapa de ruido de la Institución. Un mapa de ruido es una representación cartográfica que evalúa la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido o para poder realizar predicciones globales de dicha zona.

La finalidad del proyecto es suministrar a la Institución una herramienta esencial en la búsqueda de estrategias conducentes a una óptima planificación de espacios (Martínez *et al.*, 2009), teniendo en cuenta que se trata de una Universidad en crecimiento, manteniendo las condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las diferentes actividades que se realizan dentro de las instalaciones de la Universidad.

### Metodología

#### Área de estudio

La Universidad está ubicada en el centro del municipio de Rionegro, en el sector 3, carrera 46 n.º 40 B-50. Su localización, teniendo como referencia la cabecera, es a los 6°09'1,012" de latitud norte y

75°21'58,86" de longitud. La Institución cuenta con estructuras importantes como el edificio de la ciencia, consultorio jurídico, biblioteca, laboratorios, auditorios y en general los espacios campesinos que conforman la totalidad del campus universitario. Al momento de realizar este estudio, la Institución tenía alrededor de 3000 estudiantes y

350 empleados, y dentro de ella se realizan actividades tanto académicas, como de investigación y deportivas; debido a lo anterior se vio la necesidad de evaluar y comprobar que los niveles de ruido en las instalaciones no están interfiriendo con las actividades allí realizadas. En la Figura 1 se muestra el área dónde se realizó el estudio.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

### Mediciones

Los puntos fueron elegidos de acuerdo con las necesidades expuestas por las diferentes áreas dentro de las instalaciones de la universidad y

obtenidos del análisis de la encuesta aplicada, se identificaron los lugares que presentaron una mayor actividad y población afectada, además se

tuvo en cuenta las actividades realizadas en cada uno de estos espacios para determinar qué niveles de ruido serían aceptables; se establecieron periodos de medición acordes a los tiempos de operación de dichas actividades y siguiendo lo establecido por Echeverri y González (2011).

Una vez delimitada el área de estudio se seleccionaron cuatro (4) zonas representativas del

campus de la Universidad Católica de Oriente, dentro de cada zona se eligieron ocho (8) puntos en promedio, teniendo en cuenta los puntos más críticos dentro de cada zona. En cada punto se realizaron tres (3) mediciones, buscando con esto obtener más información que ayude a diagnosticar mejor el fenómeno. En la Tabla 1 se muestra la ubicación de los puntos escogidos para el muestreo con sus respectivas coordenadas.

Tabla 1. Puntos de medición.

Zona	Punto	Descripción	Coordenadas		m.s.n.m
1	1	Vivero (1)	6° 9' 4,6"	75° 22' 6,4"	2114
	2	Vivero (2)	6° 9' 3"	75° 22' 6,4"	2110
	3	Consultorio jurídico	6° 9' 2"	75° 22' 5,4"	2113
	4	Portería principal	6° 8' 58,2"	75° 22' 2,4"	2130
	5	Aulas A	6° 8' 59,1"	75° 22' 2,7"	2128
	6	Pastoral	6° 8' 58,6"	75° 22' 3"	2128
	7	Cafetería	6° 8' 51,7"	75° 22' 2,5"	2130
	8	Casa Vieja	6° 8' 59,2"	75° 22' 1,4"	2130
2	9	Rectoría	6° 8' 59"	75° 22' 1,6"	2130
	10	Capilla	6° 8' 58,4"	75° 22' 2,1"	2130
	11	Bloque B(2)	6° 8' 59,4"	75° 22' 1"	2131
	12	Bloque B(1)	6° 8' 59,8"	75° 22' 1"	2131
	13	Bloque E	6° 8' 58,1"	75° 22' 1,3"	2140
	14	Bloque D(1)	6° 8' 58,4"	75° 22' 0,7"	2141
	15	Bloque D(2)	6° 8' 58,2"	75° 22' 0,8"	2143
	16	Bloque C	6° 8' 59,6"	75° 22' 0,4"	2143
	17	Emisora	6° 8' 59,8"	75° 21' 59,6"	2150

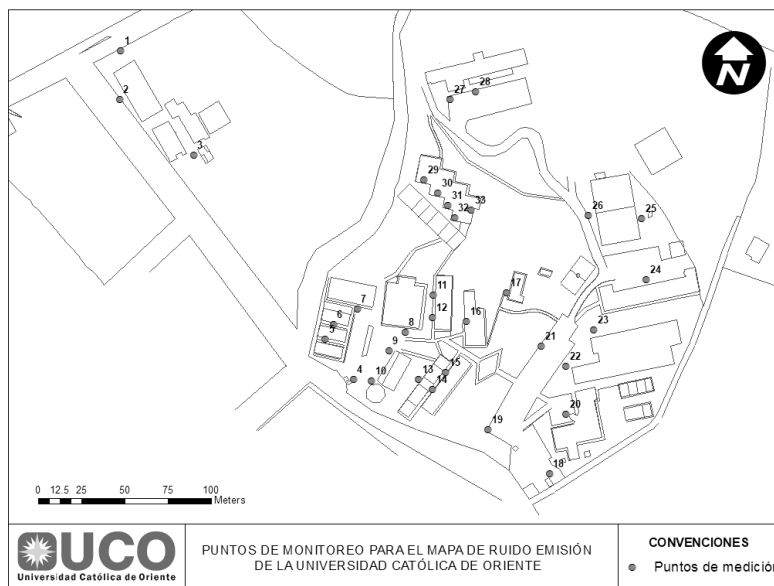
3	18	Portería 2	6° 8' 56,5"	75° 21' 58,5"	2152
	19	Parqueadero 1 (auditorio)	6° 8' 57,3"	75° 21' 57,9"	2154
	20	Auditorio	6° 8' 57,9"	75° 21' 58,4"	2159
	21	Parqueadero 2	6° 8' 59,5"	75° 21' 58,2"	2157
	22	Bloque M (1)	6° 8' 59,1"	75° 21' 58,6"	2156
	23	Bloque M (2)	6° 8' 54,8"	75° 21' 58"	2158
	24	Colegio	6° 9' 0,4"	75° 21' 57,4"	2160
	25	Coliseo (1)	6° 9' 1,1"	75° 21' 57,1"	2157
	26	Coliseo (2)	6° 9' 1,3"	75° 21' 57,8"	2157
	27	Parqueadero (bloque L)	6° 9' 4,3"	75° 22' 0,8"	2137
4	28	Bloque L	6° 9' 4,5"	75° 21' 59,7"	2134
	29	Bloque J (1)	6° 9' 2,1"	75° 22' 1,4"	2130
	30	Bloque J (2)	6° 9' 1,9"	75° 22' 1,3"	2130
	31	Bloque J (3)	6° 9' 1,8"	75° 22' 1,3"	2132
	32	Bloque J (4)	6° 9' 1,6"	75° 22' 1"	2135
	33	Bloque J (5)	6° 9' 1,1"	75° 22' 0,9"	2131

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se pueden apreciar los puntos que fueron seleccionados para realizar las mediciones de los niveles de ruido dentro de la Universidad, obtenido con la ayuda de la herramienta ArcGis 10.3 con licencia de servidor.

Figura 2. Ubicación de los puntos de medición.

Fuente: Elaboración propia.



Para las mediciones se utilizó un sonómetro Casella-CEL-63x tipo 1, debidamente calibrado, ubicándolo según lo estipulado en la resolución 627 del 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Colombia, 2006); la metodología de medición utilizada para emisión de ruido fue la establecida en el anexo 3 de la misma resolución. Debido a la cantidad de puntos se dispusieron de diferentes fechas a lo largo del mes de octubre del año 2013 para cubrirlos en su totalidad.

### *Encuestas*

Simultáneamente con las mediciones de ruido se realizó una encuesta dirigida a una muestra representativa de la población universitaria, con el fin de medir la percepción que se tiene del ruido dentro de la Institución, esto, con la intención de hacer una comparación de los resultados de las mediciones con los obtenidos en dichas encuestas; y de esta manera determinar si se presenta contaminación auditiva dentro de las instalaciones de la universidad, el trabajo realizado servirá como referencia para estudios futuros. El cálculo de la población a ser encuestada se realizó a partir de la aplicación de la siguiente ecuación: cálculo de tamaño de muestras según Spiegel y Stephens (2005).

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$p + q = 1 \quad \text{Ecuación (3)}$$

En la cual:

**$n_0$** : cantidad teórica de elementos de la muestra.

**$n$** : cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida.

**$N$** : número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

**$z$** : valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada.

Se trabajará con un 95 % de confiabilidad la muestra seleccionada, por lo tanto el valor estandarizado se asume igual a 1,96.

$\varepsilon$ : error asumido en el cálculo.

Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales, error en la selección de la muestra, entre otras, por lo que este error se puede asumir entre 1 y 10 %; es decir, que se asume en valores de probabilidad correspondiente entre 0,01 y 0,1. No obstante, se utiliza la siguiente tabla para valores óptimos del error para el cálculo de la muestra:

- Para  $3 \leq N \leq 10$ ; se asume  $\varepsilon = 0,1$  (un error del 10 %).
- Para  $N > 10$ ; se asume  $\varepsilon = 0,05$  (un error del 5 %).

**q**: probabilidad de la población que no presenta las características. Este es un parámetro muy importante, debido a que mediante el mismo se asume que proporción de la muestra no puede presentar las mismas características de la población, esto por diversos factores subjetivos y objetivos de los posibles puntos de medición. Muchos autores plantean esta probabilidad entre 1 y 25 %, otros proponen, cuando no se conoce esta variable asumir el valor máximo de 50 %, para lo cual se emplea la siguiente tabla:

- Para  $3 \leq N \leq 19$ ; se asume  $q = 0,01$  (1 %).
- Para  $20 \leq N \leq 29$ ; se asume  $q = 0,01$  hasta 0,02 (del 1 al 2 %).
- Para  $30 \leq N \leq 79$ ; se asume  $q = 0,02$  hasta 0,05 (del 2 al 5 %).
- Para  $80 \leq N \leq 159$ ; se asume  $q = 0,05$  hasta 0,10 (del 5 al 10 %).
- Para  $N \geq 160$ ; se asume  $q = 0,05$  hasta 0,20 (del 5 al 20 %).

**p**: probabilidad de la población que presenta las características. Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población (homogeneidad) y está determinada:

Como  $p + q = 1$  (probabilidad máxima), entonces  $p = 1 - q$

Aplicando la ecuación (1) obtenemos como resultado que la cantidad teórica de elementos de la muestra es:  $n_0 \approx 73$

Ahora, aplicando la ecuación (2) y remplazando el valor de  $n_0$ , se obtiene un tamaño real de la muestra de:

$$n \approx 71$$

Una vez obtenido el valor real de la muestra se procedió a realizar las encuestas aleatoriamente entre estudiantes, docentes y empleados.

### *Mapa de ruido*

Tomando como base que el ruido en los ambientes externos es variable y procede de diferentes fuentes tanto fijas como móviles, es posible acudir a la geoestadística como una herramienta para obtener valores estimados que son representativos de los niveles de ruido en las áreas no cubiertas por las mediciones, y así proceder a realizar predicciones y simulaciones, del comportamiento del ruido (Cruz, 2009).

Un mapa de ruido es la representación de los datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se muestra la superación de un valor límite, que para el caso de Colombia es lo establecido por la resolución 627 de 2006, según el establecimiento y las actividades que se realicen dentro de él.

Para la elaboración de los mapas acústicos se referencian varias metodologías, para este caso específico se utilizó el método de sonometrías, es decir, se hicieron mediciones en diferentes puntos de la Institución. Para la selección de los puntos de medición no se usó una metodología predefinida en la literatura para este tipo de estudios, debido a que el área a ser estudiada no es tan extensa como en otros casos encontrados. Como

ya se ha mencionado los puntos de medición se ubicaron en los lugares más representativos y con mayor actividad de la UCO; tener claridad en el uso que se le da a cada edificación dentro de la Institución permite obtener conclusiones en la muestra e inferir lo que pudiera ocurrir en cada medición.

La geoestadística estudia los fenómenos naturales, considerando la dependencia espacial que se presenta entre observaciones. Las técnicas de interpolación se basan en que los valores de puntos más cercanos sean más similares entre sí, que con los valores de puntos más distantes. Este principio es usado para predecir valores en áreas no muestreadas (Moral García, 2004).

El método geoestadístico o *kriging*, describe la correlación espacial que existe entre los valores de un atributo. Tradicionalmente se le ha utilizado en las llamadas geociencias (geofísica, hidrogeología, etc.), sin embargo, sus principios se aplican cada vez más en una amplia variedad de campos científicos (Corantioquia, 2007).

## **Resultados y discusión**

### *Mediciones*

La norma nacional en materia de emisión de ruido y ruido ambiental, resolución 627 del 2006, establece en el capítulo II que las universidades están ubicadas en el sector B (tranquilidad y ruido moderado), el límite para este sector es de 65 dB en el día y 55 dB en la noche. Las mediciones dentro de la universidad se realizaron en jornada diurna y la resolución 0627 de 2006

establece el horario diurno entre las 7:01 y las 21:00, se descartó la jornada nocturna ya que la universidad tiene sus principales actividades durante el día.

Los promedios de los niveles de emisión sonora ( $Leq_{emisión}$ ) medidos en decibeles A (dBA) para los puntos de medición se presentan en la Figura 3, en esta se encuentran representados los promedios de las dos mediciones realizadas en cada punto, la línea roja simboliza el valor de la norma. Se puede observar en la gráfica que en cuatro (4) puntos se sobrepasa el nivel permisible, el

punto uno (1) ubicado en el vivero, se encuentra al lado de una vía con importante flujo vehicular, el valor obtenido estuvo influenciado por este hecho, en esta zona no se realizan labores académicas que puedan ser interrumpidas por los altos niveles presentados. En los puntos 24, 25 y 26 (colegio y dos puntos en el coliseo) se evidencia también que el límite es sobrepasado, incluso en mayor medida que en el primer punto, teniendo en cuenta que estos tres lugares están ubicados dentro de la Institución, se considera como una afectación grande a las actividades de docencia e investigación realizadas en esta zona.

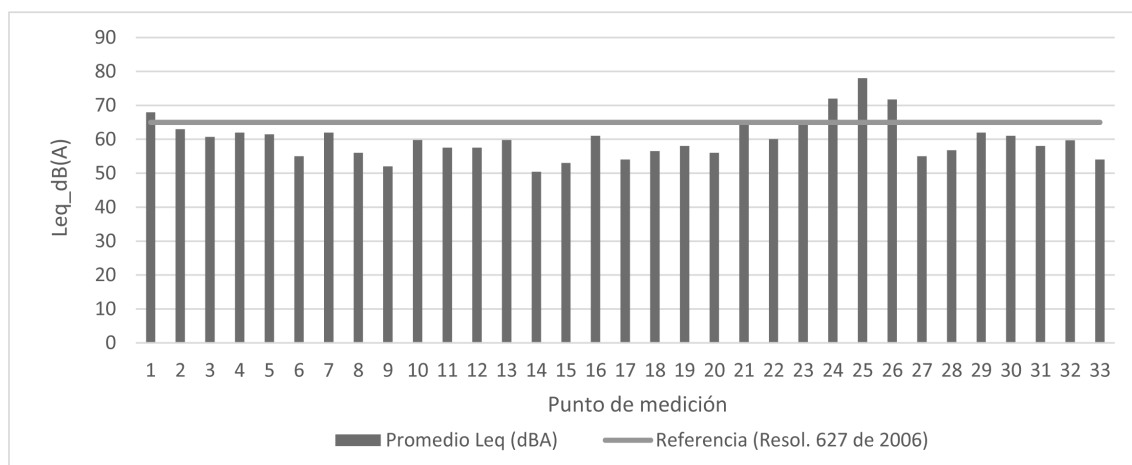


Figura 3. Promedio de  $Leq_{dB(A)}$  para los 33 puntos, comparados con la norma.  
Fuente: Elaboración propia.

Igualmente se encontraron ocho (8) sitios en los que los niveles de ruido registrados están muy cercanos al límite, dichos puntos son:

- Puntos 2 y 4: ubicados en la entrada del vivero y portería principal, respectivamente. Esto se explica ya que debido a que su ubicación se ve influenciado por un alto flujo vehicular constante.
- Punto 7: ubicado en la cafetería. Es un sitio con alto tránsito de personal, además de que es empleado como zona de esparcimiento, esto explicaría los valores obtenidos.
- Punto 16: ubicado en el bloque C. Es un punto influenciado por tránsito de estudiantes y factores externos que pueden influir en los valores registrados.
- Puntos 21 y 23: estos puntos se ubicaron cerca al parqueadero principal al frente del bloque M y es una zona que tiene bastante influencia de la circulación de vehículos y personas.
- Puntos 29 y 30: ubicados en el bloque J. Los niveles obtenidos en este sector son debidos al alto flujo de personas que transitan durante la jornada.

En lo que respecta a la comunidad universitaria, se realizaron 75 encuestas de percepción de contaminación por ruido, el número de encuestas que se debían realizar se definió mediante la aplicación del método de Spiegel y Stephens (2005) descrito anteriormente, con el cual se obtuvo un valor de  $n=71$ ; las preguntas estaban encaminadas a determinar la apreciación de la comunidad universitaria con respecto a la posible problemática de ruido, las encuestas fueron

dirigidas tanto a estudiantes como a empleados y docentes de la universidad.

En la Figura 4 se presenta gráficamente la distribución en porcentajes de las respuestas a las diferentes preguntas realizadas, el resultado a la pregunta ¿quién es el mayor generador de ruido en la universidad? se muestra en la Figura 4a, siendo los vehículos los señalados por gran parte de la población como el gran generador de contaminación acústica con un porcentaje del 25 %. La Figura 4b presenta los problemas que, según la población universitaria, son los más significativos provocados por los niveles de ruido dentro de la Institución, como se observa un 40 % de la población coincide en que la contaminación acústica ocasiona dificultades en la concentración y comunicación, lo que representa un gran problema si se tiene en cuenta que estamos hablando de una institución educativa, donde ambos aspectos son relevantes para la realización en buen término de las actividades académicas.

Finalmente, en la Figura 4c se muestra la respuesta de la población universitaria acerca de su consideración en la existencia de un problema de contaminación acústica dentro de la Institución, aunque en su mayoría la respuesta fue negativa, se resalta que un 40 % haya respondido afirmativamente, lo que significa que buena parte de la población universitaria percibe algún problema de contaminación auditiva, aun cuando los resultados de las mediciones no lo confirman.

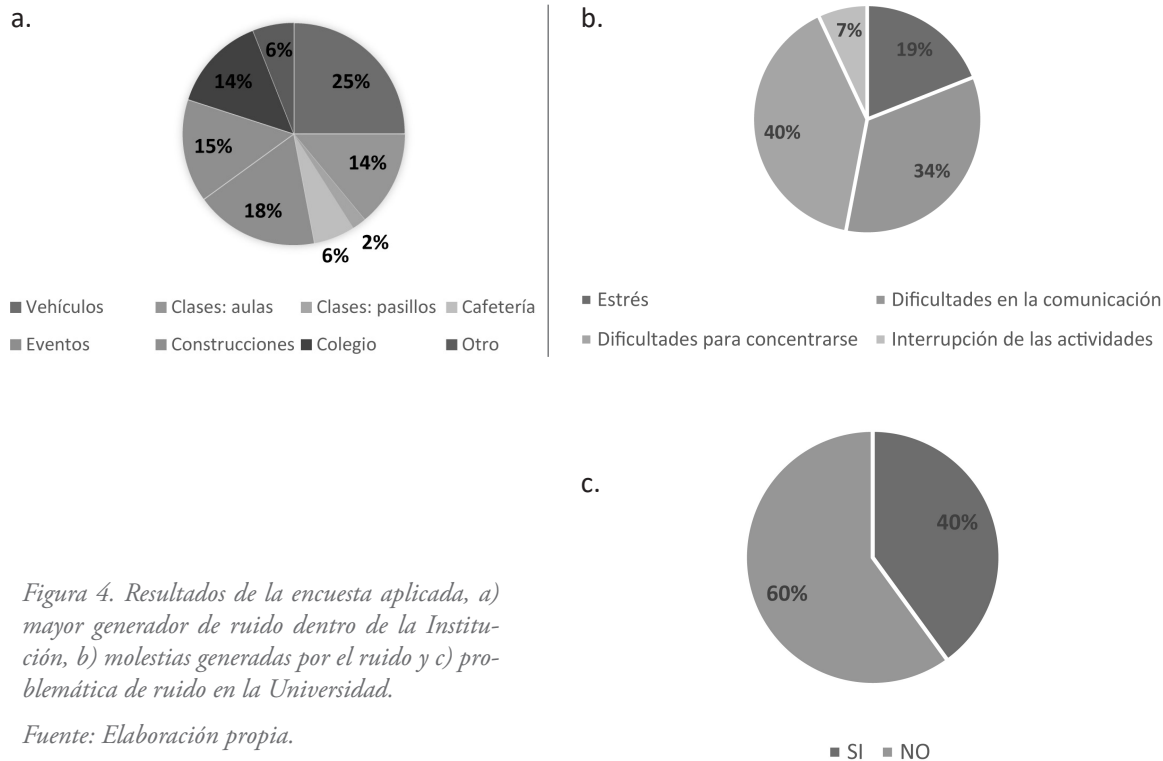


Figura 4. Resultados de la encuesta aplicada, a) mayor generador de ruido dentro de la Institución, b) molestias generadas por el ruido y c) problemática de ruido en la Universidad.

Fuente: Elaboración propia.

## Mapa de ruido

### Análisis exploratorio.

El primer paso para la modelación geoesadística de los datos fue el análisis exploratorio para los valores originales de  $Leq_{emisión\_día}$  expresados en dB(A).

En la Tabla 2 se muestra el análisis exploratorio para los datos originales, aun cuando la media y mediana no varían en más de una unidad se decidió hacer una primera transformación que consistió en la raíz cuadrada de los datos origi-

nales, basada en el hecho de que el coeficiente de sesgo es mayor a 1 ( $CS = 1,45$ ), lo que indica claramente que la distribución de los datos no es normal, ya que este coeficiente solo representa normalidad cuando varía entre los valores 0 y 0,5 (Webster y Oliver, 2007), adicional a esto se observa en la Figura 5 que se presenta un sesgo hacia la izquierda en los datos, lo que se considera como una distribución no normalizada de los mismos, por lo que no es recomendable proceder con el análisis estructural utilizando los datos originales.

Luego de realizar una primera transformación, el coeficiente de sesgo disminuyó levemente (1,27), aunque no lo suficiente como para aceptar la total normalidad en la distribución de los datos ya que se sigue presentando un sesgo, lo que es evidenciado en la Tabla 2 y la Figura 5, por lo tanto, se hizo una segunda transformación convirtiendo los datos originales en intensidad sonora para analizar el comportamiento de estos expresados como flujo de energía ( $W/cm^2$ ). Para esta transformación se aplicó la siguiente ecuación:

$$Intensidad \left( \frac{W}{cm^2} \right) = \left( 10^{-12} * 10^{\left( \frac{Leq(dB(A))}{10} \right)} \right) * 10000 \quad \text{Ecuación (4)}$$

Con la segunda transformación los datos se alejaron aún más de la normalidad en su distribución, lo que se evidencia con el valor del coeficiente de sesgo con un valor de 4,53, por lo que se decidió trabajar con la primera transformación de los datos (raíz cuadrada), aunque no presenta una normalidad total, los resultados obtenidos son los que más se acercan a una distribución normal.

Tabla 2. Analisis exploratorio para datos originales de *Leq\_dia*.

Variable Estadística	Datos originales	Primera transformación (Raíz cuadrada de Leq)	Segunda transformación (Intensidad de Leq)
Categorías	6	6	6
Tamaño	4,60	0,29	0,90
Datos	33	33	33
Media	59,99	7,74	0,39
Mediana	59,24	7,70	0,08
Moda	****	****	****
Varianza	36,8907871	0,14660033	1,019151901
Desviación estándar	6,07377865	0,38288423	1,009530535
CC	1,50203966	1,17376657	17,01694787
CS	1,4539462	1,27070994	4,532702244
CV	10,123987	4,94913084	259,7082823

Fuente: Elaboración propia.

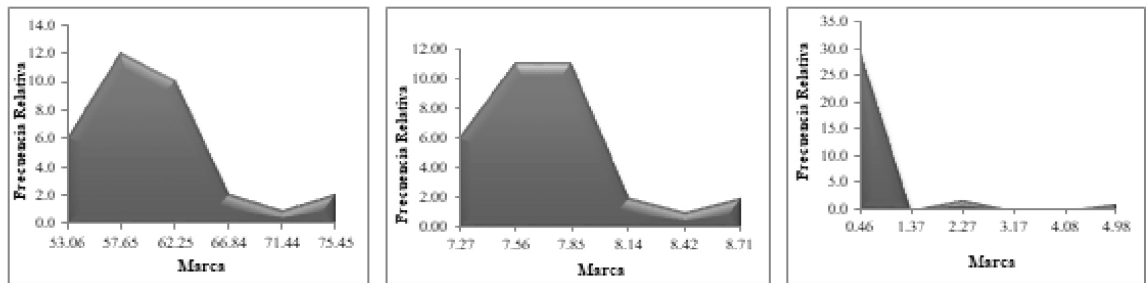


Figura 5. Histograma de frecuencias para los datos originales y con dos transformaciones (raíz cuadrada de Leq e intensidad).

Fuente: Elaboración propia.

### *Análisis estructural.*

En el análisis estructural se aplicó un *kriging* ordinario según el área de estudio y el número de puntos, se incluyeron nueve (9) modelos de semivariogramas teóricos, entre los cuales están tres (3) modelos homogéneos, cuatro (4) modelos heterogéneos y dos (2) modelos monómicos. De este análisis se concluyó que el modelo que mejor representa el comportamiento de los niveles de ruido dentro de la Universidad es el modelo Spherical (esférico), el cual arrojó una confiabilidad de 99,74 %. El resumen del análisis exploratorio y todo el análisis estructural se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen del análisis exploratorio y estructural.

NOMBRE DATOS: Ruido Universidad Católica de Oriente		N = 33		REGIÓN: Rionegro					
<b>1. Datos originales</b>									
m	Me	Mo	CC	CS	G				
59,9939	59,24000	****	1,5020	1,1976	6,0737				
				CV %	G <sup>2</sup>				
				10,1	36,8908				
<b>2. Datos corregidos</b>									
m	Me	Mo	CC	CS	G				
7,73639	7,69675	****	1,1738	1,06311	0,3828				
				CV	G <sup>2</sup>				
				4,9	0,1466				
<b>OBSERVACIONES ACERCA DE NORMALIDAD:</b>									
* m, Me, Mo: Para los datos corregidos; media similar a mediana									
* Análisis CS: Como 0,5 < CS < 1,0; entonces se corrigen los datos.									
* Transformación de datos: Si <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Cual: Raíz									
<b>OBSERVACIONES ACERCA DE VALORES EXTREMOS:</b>									
* Eliminan: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Razón: <i>Como CS<sub>Corregido</sub> &lt; 0,5 se trabajan con los datos corregidos</i>									
Tendencia: Cre <input type="checkbox"/> Orden 1 <input type="checkbox"/> Orden 2 <input checked="" type="checkbox"/> Orden 3 <input type="checkbox"/>									
<b>ANÁLISIS EXPLORATORIO</b>									
<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>									
MÉTODO	HOMOGÉNEOS			HETEROGÉNEOS			MONÓMICOS		
VARIABLE	SHP	EXP	GAUSS	TETRAESFÉRICO	PENTAESFÉRICO	HOLE EFFECT	RAT. CUAD.	J-BESS	K-BESS
Partial sill (Gs)	0,0472	0,06224	0,0362	0,05182	0,05561	0,0406	0,06102	0,049	0,0634
ASE	0,2300	0,23258	0,2325	0,2282388	0,2271984	0,2182	0,23189	0,224	0,22981
RMS	0,291	0,30925	0,3097	0,2929730	0,3062899	0,3096	0,30600	0,311	0,30996
RMSS	1,2178	1,26572	1,2642	1,2307362	1,2780294	1,3346	1,25602	1,325	1,27676
Confiability	99,745	99,722	99,768	99,737	99,731	99,762	99,7868	99,74	99,718
* Anisotropía direccional: Geomet <input type="checkbox"/> Zonal <input checked="" type="checkbox"/>									
* Modelo de semivariogramas teórico: <i>Modelo SPHERICAL</i>									

Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación de modelo homogéneo *Spherical* (Esférico) se generó una capa que corresponde a la estimación de la raíz cuadrada del  $Leq_{emisión-día}$  en la zona de estudio y con la utilización de la herramienta *Raster Calculator* se generó un nuevo mapa que corresponde a los niveles sonoros continuos equivalentes de emisión para la jornada diurna ( $Leq_{emisión-día}$ ) expresados en dB(A). La Figura 6 muestra el mapa obtenido para los niveles sonoros continuos equivalentes de emisión para la jornada diurna en la Universidad Católica de Oriente.

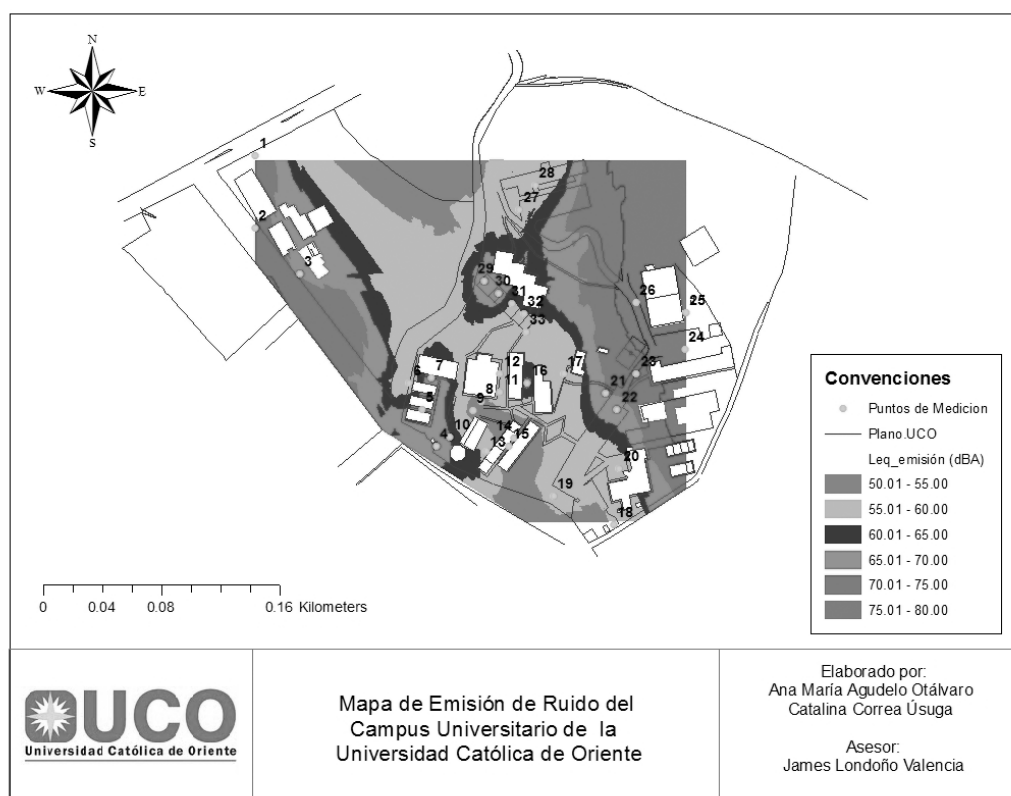


Figura 6. Mapa de emisión de ruido de la Universidad Católica de Oriente.  
Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones y recomendaciones

De los resultados obtenidos en campo, encuestas y finalmente elaboración del mapa de emisión de ruido de la Universidad Católica de Oriente se puede concluir lo siguiente:

- Aproximadamente un 40 % del área total del campus universitario se están presentando niveles de ruido que sobrepasan la condición de aceptable para instituciones de carácter educativo (65 dB).
- En las áreas con los mayores niveles de ruido, se resalta la zona alrededor de la Institución Educativa Monseñor Alfonso Uribe Jaramillo, colegio perteneciente a las instalaciones de la UCO, donde los niveles de ruido alcanzan los 73,83 dB(A), en la misma zona se encuentra el coliseo ubicándose también como un gran emisor de ruido con un valor de 77,16 dB(A).
- Para el momento de las mediciones el bloque M se encontraba en inicio de ocupación y operación con gran afluencia de personas, pues las actividades que allí se desarrollan son administrativas y académicas. Esta situación explica los niveles altos obtenidos en esta zona.
- En la zona de medición ubicada en el consultorio jurídico y vivero también se registraron valores que superan los 65 dB(A), lo que es entendible si se tiene en cuenta que ambas instalaciones están sobre una vía con alto flujo vehicular.
- Según las encuestas realizadas a la población universitaria, aunque no se considere que la Universidad presente un problema de contaminación acústico generalizado, se identificaron momentos y lugares específicos en los que los niveles de ruido pueden llegar a interponerse con las actividades cotidianas.
- Una buena estrategia para lograr una mejora en la calidad del ambiente universitario es infundir una cultura de respeto y de buen manejo de espacios dentro de las instalaciones de la Universidad.
- Los mapas de ruido se constituyen en una herramienta clave para el direccionamiento de acciones a favor de la calidad del aire y la calidad de vida de la comunidad en general.
- Según los valores registrados, se encontraron en la Institución puntos críticos en donde los niveles sobrepasan o se acercan al nivel máximo establecido por la norma, estos se ubican en los lugares en los que el flujo de estudiantes y personal es más constante, siendo este el caso de aulas de clase, cafetería y parqueaderos.
- Además, se debe reiterar la importancia de una buena planeación de los espacios dentro de la Universidad y su crecimiento, asimismo, los materiales de construcción que ayuden a atenuar el ruido generado al interior de estos.
- Según las encuestas realizadas, el 60 % de la comunidad universitaria considera que el problema no es grave, pues no se ven afectados por los niveles que allí se presentan.

## Referencias bibliográficas

---

- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006, 7 de abril). *Resolución 0627 «Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental»*. Bogotá: El Ministerio, 2006.
- Corantioquia. (2007). *Elaboración del mapa de ruido para la zona centro del municipio de Envigado. Contrato 7513 de 2007*. Recuperado de: [http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AIRE/GA\\_CN\\_7513\\_2007.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AIRE/GA_CN_7513_2007.pdf)
- Cruz B., Sandra M y Gómez, Alba (2009). *Diagnóstico y evaluación de los niveles de presión sonora generados en el casco urbano del municipio de Funza (Cundinamarca) mediante la aplicación de la metodología establecida en la resolución 0627 de 2006*.
- Echeverri Londoño, C. A. y González Fernández, A. E. (2011). *Protocolo para medir la emisión de ruido generada por fuentes fijas*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v10n18/v10n18a06.pdf>
- Gallardo, A. (2006). Geostatística. *Ecosistemas: Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 15(3), 48-58. Recuperado de: <https://www.revis-taecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/161>.
- Gómez M., M. (2006). *Elaboración del mapa acústico y del mapa de concentraciones de monóxido de carbono-CO-para el municipio de Girardota-Antioquia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá*.
- González, A. E. (2012). *Contaminación sonora y derechos humanos*. Montevideo: Junta Departamental de Montevideo; Defensoría del Vecino.
- Martínez Ponce de León, J. G.; López González, J. y Ortiz García, J. J. (2009). El entorno acústico en los centros universitarios: análisis y propuestas. En *Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI2009) "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice"* (Junio 2-5). San Cristóbal, Venezuela. Recuperado de: <http://laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p18.pdf>.
-

- 
- Moral García, F. J. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas: Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(1), 78-86. Recuperado de: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/582>
- Spiegel, M. R. y Stephens, L. J. (2005). *Estadística* (3.<sup>a</sup> ed.). México: McGraw-Hill.
- Webster, R. y Oliver, M. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. Chichester (Reino Unido): Wiley.
-