



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estudio de los niveles de ruido en la Reserva
Ecológica del Pedregal de San Ángel, Cd. Mx.,
México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

Pamela Valery Mora Roldán



DIRECTOR DE TESIS:

Biól. José Gerardo Rodríguez Tapia

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno.

Mora

Roldán

Pamela Valery

5514829486

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

309107277

2. Datos del tutor

Biól.

José Gerardo

Rodríguez

Tapia

3. Datos del sinodal 1

Dr.

Luis

Zambrano

González

4. Datos del sinodal 2

Dra.

María del Pilar

Ortega

Larrocea

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

María Alejandra

Alvarado

Zink

6. Datos del sinodal 4

Biól.

Armando

Peralta

Higuera

7. Datos del trabajo escrito

Estudio de los niveles de ruido en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Cd. Mx., México.

63 pp.

2018

AGRADECIMIENTOS

Institucionales

Mi mayor reconocimiento a mi amada Universidad Nacional Autónoma de México por recibirme con los brazos abiertos desde muy joven e influir en mi vida cotidiana con diversos conocimientos, valores, razonamientos y experiencias que adquirí. Que me permitieron crecer como un ser libre.

Agradezco a la Secretaría de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA), en especial al Arq. Psj. Saúl Rodríguez por proporcionarme material cartográfico de la REPSA y a la Mtra. Marcela Pérez por facilitarme el acceso a las inmediaciones de la zona.

Al Instituto de Ecología en particular a la Unidad de Geomática por proporcionarme un lugar y herramientas para el desarrollo de este proyecto, a mi asesor Gerardo Rodríguez y a Gabriela Jiménez por haberme brindado su apoyo, consejos para el contenido de mi tesis y a mis compañeras por hacer este proceso más cálido y brindarme sus sugerencias. A la Unidad de Computo a Alejandro González por el apoyo técnico.

Al Mtro. Armando Peralta por su atención y proporcionarme la imagen multiespectral de Ciudad Universitaria. También aprovecho para agradecerle a la Dra. Pilar Ortega a por su gentileza, consejos e interés en este trabajo. Al Dr. Luis Zambrano por su comprensión y asesoría al presente trabajo. A la Mtra. Alejandra Alvarado por proporcionarme información valiosa y su atención.

Personales

Agradezco a la vida por brindarme la oportunidad de nacer cada día y crecer con mi familia y amigos. Mil gracias mamita Vero por darme todo el amor del mundo y quedarte aquí por mí; además de ayudarme y hacerme reflexionar sobre lo importante en esta vida, eres mi todo. A mi pato Gustavo, le agradezco todo lo que has hecho por mí, te admiro siempre por haberme impulsado en seguir en el camino sin mirar atrás e importar que se atravesase, gracias papito por toda tu comprensión, conocimiento, amor y compañía. Y a mi queridísima abuelita Chayo por escucharme y brindarme su amor y enseñanzas de vida. A mis angelitos que me mostraron la belleza de la vida: Mamá Mary, Catita, Muchito (Raúl), Luciano. A todas mis tías lindas y tíos, primos

en especial a Ara, Esther, Liz, Isela, Aurora, Maru y Mony por apoyarme y estar al pendiente del proceso.

A todos aquellos seres pequeñitos de cuerpo, pero grandes de corazón que me han acompañado y dado días de felicidad y amor: Sisi, Tipi, Piero, Firulais, Gatin y Lackie.

A mis grandes amigos y compañeros, por compartir momentos valiosos de sus vidas conmigo y escucharme. En particular, mil gracias Miguel Ramírez por no solo acompañarme en esta vida y brindarme tu amor y ayuda sino por acompañarme a la REPSA aunque nos diera miedo. A Gaby Ramírez por ser una niña muy tierna y linda; gracias por ser mi amiga y comprenderme, además de acompañarme a la REPSA, igualmente muchísimas gracias Iván Cervantes (Cuy) por ser mi profe, amigo y brindarme asesoramiento estadístico valioso para este trabajo al igual que acompañarme a la REPSA. A mi queridas amigas Rosa y Nadia que siempre han sido muy lindas conmigo apoyándome en cada paso.

“La verdadera profesión del hombre
Es encontrar su camino hacia sí mismo”
H. Hesse

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	6
1.2 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO.....	8
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL	9
1.4 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA REPSA.....	11
1.5 REPERCUSIONES A LA FAUNA POR CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	11
1.6 MAPAS DE RUIDO	14
1.7 JUSTIFICACIÓN	15
II. OBJETIVOS.....	16
III. HIPÓTESIS.....	17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1 SITIO DE ESTUDIO	17
4.2 MUESTREO	19
4.3 EQUIPO EMPLEADO EN LA MEDICIÓN DE RUIDO	21
4.4 TOMA DE DATOS.....	22
4.5 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS.....	23
4.6 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS	24
V. RESULTADOS	26
5.1 REGISTROS DE LAS FUENTES CONTAMINANTES DE RUIDO EN LA REPSA	26
5.2 VARIACIÓN DEL RUIDO EN EL DÍA	27
5.3 MAPAS PREDICTIVOS DE RUIDO	28
5.4 MAPAS DE LOS NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO	34
5.5 POSIBLES AFECTACIONES A LA FAUNA NATIVA	34
VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	36
LITERATURA CITADA.....	39
ANEXO 1	44
ANEXO 2	47
ANEXO 3	48
ANEXO 4	49

I. INTRODUCCIÓN

1. 1 Contaminación acústica

Hoy en día, en todo el planeta estamos viviendo los efectos del impacto ambiental, a causa del desarrollo tecnológico en varios campos de la ciencia, originando diferentes fuentes contaminantes, que traen como consecuencia diferentes afectaciones a la salud, el rendimiento laboral y académico de las personas (Olivera *et al.*, 2008).

Una de las fuentes contaminación ambiental poco atendidas es el ruido; manifestado como *Contaminación Acústica*; (Goines y Hagler, 2007) provocada por diversas actividades, tales como; el transporte, obras públicas (carreteras, edificaciones), actividades industriales, recreativas, (Olivera *et al.*, 2008) y los servicios que constituyen fuentes fijas y móviles que generan diferentes tipos de ruido que de acuerdo a su intensidad, frecuencia y tiempo de exposición (NOM-081-SEMARNAT-1994).

El ruido repercute no sólo en los seres humanos sino a los seres vivos que conforman los ecosistemas en los que se encuentra inmersa la población humana, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-081-SEMARNAT-1994).

La Ciudad de México (CDMX) es ruidosa en parte, debido a la falta de planeación en el sistema de transporte y los cerca de cinco millones de automotores que circulan a diario (Rodríguez, 2015) además de tomar en cuenta que la intensidad del ruido dependerá del tipo de automóvil, la topografía del sitio y la dirección del viento (Amábilis *et al.*, 2014). De la misma manera el modelo caótico de las vías de comunicación, comparado con otras grandes ciudades (Peralta, 1998), la

nuestra es la octava ciudad más ruidosa del mundo de acuerdo al estudio *The Worldwide Hearing Index*(el índice mundial de audición) (Rebolledo, 2017).

La legislación actual acerca de la regulación de los niveles de exposición al ruido en México NOM-081-SEMARNAT-1994 (Cuadro 1) tiene deficiencias en su estructura debido a que solo considera los daños de tipo auditivos, pues los de tipo fisiológico y psicológico ocurren a niveles menores de 90 dB, por lo tanto, escapan a toda regulación en nuestro país (Peralta, 1998). Adicionalmente, la norma no cuenta con algún límite de emisión máximo de ruido para Áreas Naturales Protegidas (ANP) o Reservas Naturales Urbanas (RNU).

Por lo anterior la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), no es ajena a esa situación debido a que la principal fuente de contaminación acústica en la zona se deben al tránsito vehicular y otras fuentes emisoras de ruido, contemplando que en el *campus* de Ciudad Universitaria de la UNAM circulan aproximadamente 70 mil vehículos al día (Zambrano *et al.*, 2016).

Además, Zambrano *et al.* (2016) destacan la falta de estudios relativos al ruido urbano y con mayor razón en áreas protegidas, a la vez que no existe una legislación para regular los problemas que el ruido conlleva en las áreas naturales.

Cuadro 1. Niveles máximos de ruido permisibles para diversos sectores de la población*.

ZONA	HORARIO	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE dB
Residencial (exteriores)	6:00 a 22:00	55
	22:00 a 6:00	50
Industriales y comerciales	6:00 a 22:00	68
	22:00 a 6:00	65
Escuelas (áreas exteriores de juego)	Durante el juego	55
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento.	4 horas	100

*Tomado de NOM081-SEMARNAT-1994.

1.2 Definición y características del ruido

La definición de este concepto es relativa, debido a que en la literatura se puede definir al ruido como “un sonido no deseado”, o bien “conjunto de sonidos no agradables”; que se perciben como un agente estresante o molestia ambiental además de poder producir efectos fisiológicos y psicológicos en los individuos (Alonso, 2003; Stansfeld y Matheson 2003; Reyes, 2011).

No hay diferencias físicas entre el sonido y el ruido, “el ruido es un sonido, y son las circunstancias subjetivas de los receptores las que determinan la clasificación del ruido” (Alonso, 2003). Sin embargo; se puede establecer que el sonido es una percepción sensorial y la forma compleja de los patrones de onda se le denomina ruido (Lobos, 2008). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como ruido, a cualquier sonido superior a 65 decibeles (Rebolledo, 2017).

La unidad de medida del ruido es el decibel (dB). Los decibeles son unidades que expresan el logaritmo de la razón entre la cantidad medida y una cantidad de referencia en este caso es el nivel de presión sonora mínima audible para el oído humano (equivalente a 20 micropascales). Se ocupa el dB para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora (Reyes, 2011).

Existen diversas clases de sonidos en la naturaleza. Desde los más simples compuestos por tonos, hasta los más complejos. El sonido más simple: un tono puro. La onda producida por un tono puro es una onda sinusoidal en la cual podemos diferenciar algunas variables del sonido (Ver Figura 1).

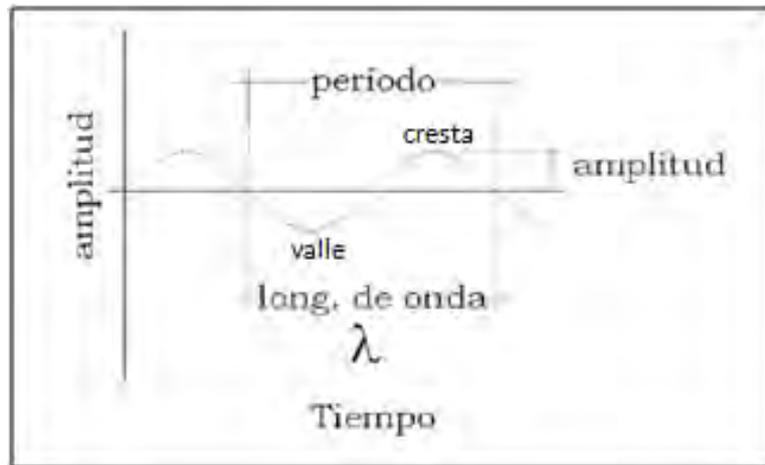


Figura 1. Características de una onda sinusoidal, tomado y modificado de (Jaramillo, 2007).

Donde se puede apreciar la longitud de onda (λ) que es la longitud de un ciclo completo de la onda (comprendido por un valle y una cresta). El periodo (T) es la duración en segundos de un ciclo completo de la onda. La frecuencia (F) es el número de ciclos que se repiten en un segundo y se miden en Hertzios (Hz) y la amplitud (A) es el valor máximo que alcanza una oscilación en un ciclo (Jaramillo, 2007).

1.3 Características de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es un ecosistema con características particulares en el mundo, siendo uno de las pocas reliquias del ecosistema del Pedregal que aún persisten al sur de la CDMX; siendo el flujo de lava joven más poblado del orbe (Suárez *et al.*, 2011) generado a partir de la erupción del volcán Xitle hace aproximadamente 1 670 años (Siebe, 2009).

La REPSA es de vital importancia para la CDMX (Lot y Camarena, 2009) por los diversos servicios ambientales que brinda a la sociedad, entre los cuales se encuentran el mejoramiento en la calidad del aire debido a que la CDMX sufre un alto índice de contaminación ambiental, llevando a cabo una considerable

aportación de oxígeno para la Ciudad, así mismo; es considerada como uno de los “pulmones” de la CDMX (UNESCO, 2005). De igual manera reduce la contaminación acústica; realza la belleza paisajística, recarga del manto freático debido a la porosidad de la roca volcánica que predomina en la zona, formando parte fundamental en el ciclo hidrológico de la Cuenca de México, (Lot *et al.*, 2012).

La compleja topografía del terreno como grietas y cavidades, que son consecuencia del derrame de lava, favorecen el establecimiento de diversos microambientes; y el resguardo de cierta cantidad de humedad durante la temporada de lluvias (Carrillo y Trueba, 1995); por otra parte, la REPSA contribuye a amortiguar los cambios de la temperatura en la mancha urbana de una parte de la Ciudad (Lot *et al.*, 2006). De igual manera brinda la oportunidad de llevar a cabo actividades deportivas, recreativas y culturales, que repercuten favorablemente en la calidad de vida de la comunidad (Peralta y Prado, 2009).

En la REPSA, coexisten especies con preferencias neotropicales y neárticas, contando con una alta riqueza biológica con más de 320 especies de plantas y animales endémicos de la Cuenca de México. Entre los cuales se encuentran vertebrados como la rana fisgona *Syrhophus grandis*, rana de roca *Hyla arenicolor* (Díaz *et al.* 2016), ratón del altiplano *Peromyscus melanophrys melanophrys* (Hortelano *et al.* 2009), la cháchara *Cyanocorax sanblasianus*, chipe enmascarado *Geothypis nelsoni* (Chávez y Gurrola, 2009) e invertebrados (Pérez, 2007) tales como artrópodos entre las cuales se encuentran arañas, escarabajos, mariposas diurnas y nocturnas, abejas etc. (Rueda y Cano, 2009).

La REPSA posee una estacionalidad marcada a causa de que la mitad del año se encuentra seca de noviembre a febrero y la otra mitad presenta un aporte

significativo de lluvia de mayo a octubre, permitiendo la presencia de especies adaptadas a sobrevivir la sequía prolongada (SEREPSA, 2014a).

1.4 Estado de conservación de la REPSA

La REPSA ha estado a cargo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desde el año de 1983 (Lot y Camarena, 2009) siendo la única Universidad que posee una reserva ecológica en dentro de sus instalaciones (Lot, 2008).

Actualmente se encuentra categorizada como una RNU de acuerdo con (Lot *et al.*, 2012) debido a que el ecosistema natural quedó rodeado por el crecimiento urbano del *campus* central de la Universidad y de la CDMX (SEREPSA, 2014b).

Una RNU se define como un espacio silvestre que goza de diversidad propia del lugar, propiedad privada o estatal que tiene un reconocimiento oficial que la justifica como tal y está ubicada cerca o dentro de las ciudades (Gómez, 2009).

La REPSA se encuentra fragmentada, debido a la presión del crecimiento de la mancha urbana, provocando daños ecológicos a la diversidad de plantas y animales que habitan en la zona (Lot y Camarena, 2009).

1.5 Repercusiones a la fauna por Contaminación Acústica

Existen diversos estudios realizados tanto en EUA como en Europa, que determinan que aún no existen normativas que regulen la emisión de fuentes de ruido a partir de la respuesta animal, con valores máximos para cada especie y sus características (Gómez, 2009). Por otra parte, si en las regiones mencionadas donde se destinan mayores recursos a la investigación, no existen resultados e investigaciones al respecto, es de esperarse que en México no se cuente con

estudios (y por tanto información) sobre los efectos del ruido en la fauna silvestre y los pocos que hay carecen de datos específicos sobre la intensidad del ruido, espectro y duración de la exposición, de acuerdo a *Memphis State University* (1971).

Es importante valorar que las especies de animales tienen diferentes niveles de sensibilidad al ruido, incluso algunas tienen mayor rango de frecuencias de sonido que los seres humanos (Dufour, 1980). Además de considerar que “Muchas especies de animales evolucionaron su sensibilidad a la audición para aprovechar las condiciones más silenciosas” (Walker, 2009). Por lo tanto, los sonidos producidos por actividades antropogénicas, producen interferencias nocivas para la comunicación de muchos animales (Molina *et al.*, 2013).

Los impactos relacionados con la perturbación del ruido en la vida silvestre, están determinados por las características de respuesta de las especies y situaciones tales como el tipo de hábitat de vida silvestre, la etapa del ciclo de vida, la exposición previa al ruido. Además, difiere el grado de afectación de acuerdo a la duración y frecuencia del ruido (Gómez, 2009).

Los pocos estudios que se han realizado en laboratorio y en campo han determinado algunas formas principales en los que los animales se ven afectados por la contaminación acústica entre las cuales se encuentran; modificación de las características propias del hábitat (Gómez, 2009), enmascaramiento, que es la incapacidad de escuchar señales ambientales y señales de animales importantes (Cornman, 2003); daño auditivo (pérdida total de la audición, como resultado de niveles de ruido de 85 dB o más), efectos fisiológicos no auditivos, v. gr.; el aumento del ritmo cardíaco, respiración y estrés; provocando un mayor gasto o acumulación de energía, alteraciones del comportamiento como es el caso del cambio en relaciones depredador-presa, capacidad reproductiva reducida,

interferencia en el apareamiento (Gómez, 2009) atracción, tolerancia, aversión y fuga (Williams y Epperly, 2009).

La sensibilidad de los animales al sonido difiere de los humanos tanto en el nivel de sonido como en el rango de frecuencias que ellos pueden detectar, (Harbrow *et al.*, 2011) esto significa que los animales pueden ser potencialmente más sensibles a distintos niveles de sonido y rango de frecuencias (Harbrow *et al.*, 2011); que parecen silenciosos para el oído humano.

La información sobre los efectos del ruido en la fauna es escasa; y la que se encuentra disponible habitualmente es de aves; entre los cuales mencionan la interferencia con su comunicación depredador-presa (Dufor, 1980), la limitación en su distribución, reducción en su riqueza de especies y éxito de anidación, destacando que la contaminación por ruido afecta el número de especies de aves presentes en el ecosistema poco tolerantes expuestas a esta variable por tiempos prolongados, a pesar de ello cada especie de ave tiene diferentes niveles de tolerancia al ruido (Manzanares, 2015).

La mayoría de las especies de aves tienen una audición más sensible en comparación con los humanos; permitiéndoles escuchar sonidos a niveles demasiado silenciosos e inaudibles para ser detectados por los humanos de acuerdo a *Memphis State University* (1971).

Los murciélagos usan frecuencias ultrasónicas para localizar a sus presas. No obstante, al estar expuestos a 60 o más dB durante tiempo prolongado se ha observado que el ruido les genera cambios en la glándula pineal de acuerdo a *Memphis State University*, (1971).

El ruido tiene la capacidad de afectar a los diversos tipos de animales según su sensibilidad al ruido, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos del umbral auditivo para cada clase de vertebrados*

Vertebrados	Sensibilidad (dB)
Mamíferos	Desde 20
Aves	0-10
Reptiles	40-50
Anfibios	10-60

* Tomado de (Gómez, 2009).

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los sonidos naturales que dan lugar al “Paisaje Sonoro Natural” (*Natural Soundscape*) o al “ambiente acústico natural” de un ecosistema; forman parte de los propios recursos biológicos y físicos de un área natural (sonidos producidos por aves, ranas, grillos, murciélagos, etc. O los generados por fenómenos físicos como el viento en los árboles, lluvia o los truenos). Donde el nivel de ruido natural registrado es de 37.1 dB aproximadamente de acuerdo a (Molina *et al.*, 2013).

1.6 Mapas de ruido

Es fundamental para realizar estudios de impacto ambiental, recurrir a modernas tecnologías de información geográfica, como instrumentos idóneos para gestionar y analizar datos de naturaleza acústica, tal es el caso la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Martínez y Moreno, 2005).

Un SIG es un sistema de hardware, software, que permite a los usuarios integrar y manipular información espacialmente referenciada, (Pineda, 2012) para la gestión, análisis y representación de una realidad geográfica mediante un conjunto de datos, incluyendo modelos geográficos, mapas, metadatos y

procesamiento geográfico (Prieto, 2009); proporcionado algunas ventajas con respecto a los registros y tablas utilizadas en las hojas de cálculo y base de datos tradicionales (Medeiros, 2015).

Entre las diversas funcionalidades que nos provee un SIG se encuentran los mapas de ruido que muestran información visual del comportamiento acústico en una área geográfica particular (ciudad, región y país), en un momento determinado (Bastián, 2015). Además, que se han convertido en las últimas décadas en un instrumento esencial para la caracterización del grado de contaminación acústica en las ciudades y la generación de planes de mitigación sonora (Murillo *et al.*, 2012).

La finalidad de los mapas de ruido, es servir como un documento base para conocer los niveles de ruido ambiental y su afectación en la población humana y especies de animales, permitiendo desarrollar proyectos preventivos, correctivos o de seguimiento (AMVA, 2015).

Los mapas de ruido son una herramienta de gestión imprescindible para las autoridades responsables de la gestión urbanística. Para conocer los niveles de ruido y como afectan a las personas y animales cuando se exceden de los lineamientos normativos. Son uno de los parámetros más determinantes para el establecimiento de áreas de prioridad (Prieto, 2009).

1.7 JUSTIFICACIÓN

La relevancia de esta investigación radica en que no hay estudios sobre la contaminación por ruido en la REPSA. De la cual se conoce prácticamente muy poco sobre los impactos que podría estar ocasionado a la zona. Por lo que se

debe delimitar cuáles son aquellas áreas en la REPSA que son vulnerables por la sobreexposición al ruido.

Una vez ubicadas las zonas de mayor exposición al ruido a causa de actividades antrópicas e identificando los grupos de vertebrados más vulnerables a esta variable de acuerdo a la literatura; se puede contribuir a la toma de acciones para mitigación de los efectos negativos del ruido en los ecosistemas que se encuentran en la REPSA.

II. OBJETIVOS

General

- Caracterizar las zonas de la REPSA conforme a la intensidad de ruido que presenta.

Particulares

- Determinar las zonas en la REPSA con una mayor intensidad de ruido que pueda llegar a afectar a ciertos grupos de animales de acuerdo a su susceptibilidad.
- Representar de manera visual los niveles de ruido en diferentes horarios del día que sirvan de referencia para la elaboración estudios posteriores relacionados con el ruido y medidas de mitigación.

III. HIPÓTESIS

Existen áreas al interior y exterior de la REPSA que rebasan los niveles máximos de ruido que son críticos para la fauna nativa en algún momento del día, las cuales serán las más cercanas al flujo de automóviles y personas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Sitio de estudio

La REPSA, se encuentra a una altitud de 2 270 a 2 349 msnm, se ubica entre las coordenadas geográficas 19°18'21", 19°20'11" Latitud Norte y 99°10'15", 99°12'4" Longitud Oeste dentro de Ciudad Universitaria, UNAM, Ciudad de México, México (SEREPSA, 2014c). La temperatura promedio anual es de 15.5°C (Orozco *et al.*, 2009)

La REPSA se conforma de 237 hectáreas y representa el 33% del *campus* universitario, tiene un perímetro total de 30.1 km, de los cuales el 48% son zonas de amortiguamiento y 52% zonas núcleo (Lot *et al.*, 2012), (Ver figura 2).



Figura 2. Fotografía área de la REPSA en Ciudad Universitaria, UNAM; las líneas azules corresponden a las zonas de amortiguamiento, mientras que las rojas a las zonas núcleo. Imagen tomada de (SЕРЕPSA, 2014b).

4.2 Muestreo

Se realizó la selección de los puntos de medición de ruido en las Zonas Núcleo Oriente, Poniente y Suroriente de la REPSA mediante un muestreo exploratorio que consistió en la toma de datos en el perímetro de los polígonos que la conforman. Sin embargo, al ser evidente la diferencia en la intensidad de ruido cerca de las avenidas con mayor y menor flujo vehicular y las zonas al interior de la REPSA, se hacía necesario observar en qué medida son afectadas esas zonas por la variable del ruido para ser más robusto el presente estudio.

Se reestructuraron los sitios de muestreo, de manera que estuvieran representadas las zonas al interior (por las brechas o dónde existiese acceso) y exterior (perímetro de la REPSA), contando con un total de 44 sitios (Ver figura 3).

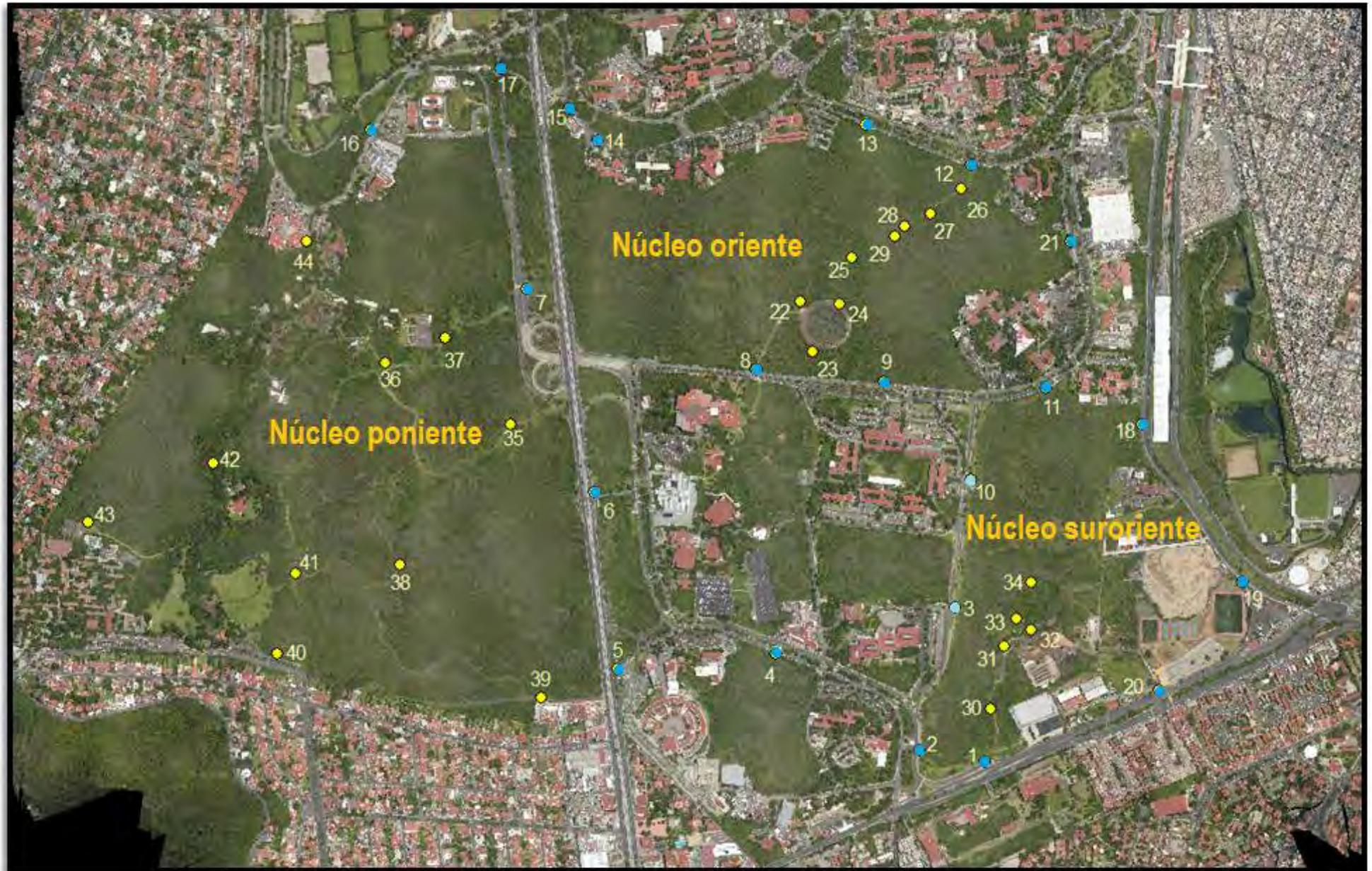


Figura 3. Imagen multiespectral de Ciudad Universitaria, proporcionada por Peralta (2015), donde se ubican los sitios en los cuales se midió el ruido en la REPSA por medio de puntos numerados y coloreados de amarillo y azul para el interior y exterior de la zona respectivamente.

4.3 Equipo empleado en la medición de ruido

Los registros de ruido se llevaron a cabo con la ayuda de una aplicación para teléfono móvil ZTE Blade V6; denominada *NoiseTube* © 2008-2010 Sony CSL París, NoiseTube proyecto © 2010-2015. Dicha aplicación reemplazó a un sonómetro convencional y fue una mejor opción por su accesibilidad, precisión en la medición (similar a un sonómetro convencional), facilidad de manejo, y la obtención de los datos de ruido, junto con las coordenadas geográficas, además de guardar los resultados de todas las lecturas de ruido de manera automática en una nube (almacenamiento de datos vía internet) proporcionada por la misma aplicación (Figura 4).

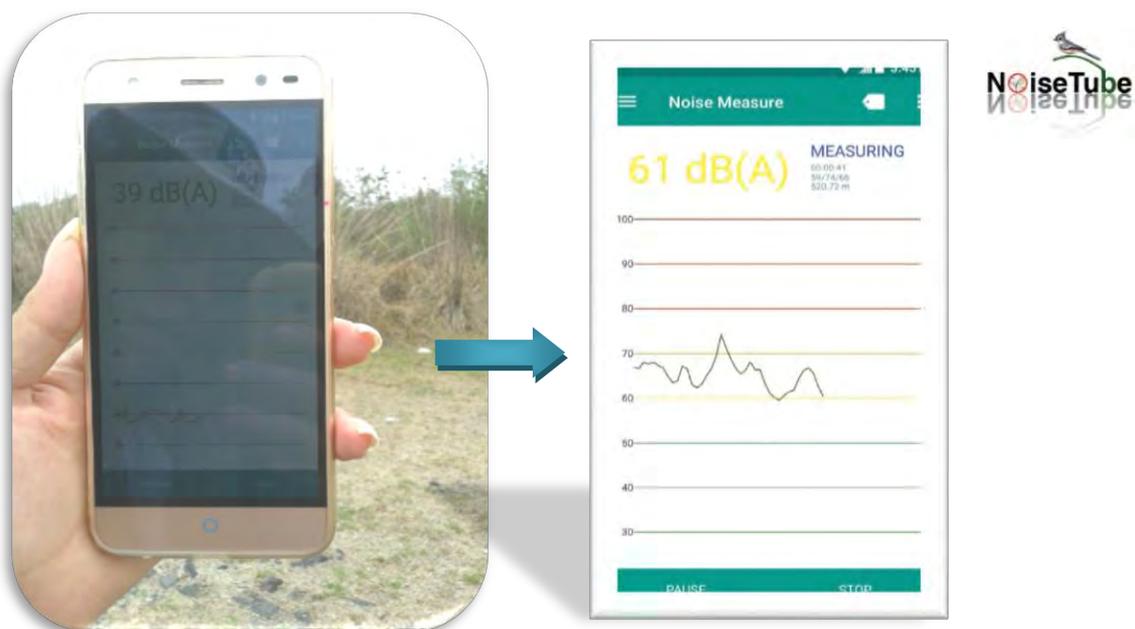


Figura 4. Registro de ruido en la REPSA a través de teléfono móvil con la aplicación *NoiseTube*. De lado izquierdo se muestra la aplicación llevando a cabo el registro del ruido.

4.4 Toma de datos

Se realizaron en total 1 188 registros de ruido; para cada uno de los 44 sitios, se llevó a cabo la obtención de los datos en tres intervalos de tiempo con duración de 1 minuto cada una en cada punto, y cada una de estas mediciones se realizó en tres periodos del día mañana (08:00-10:00), tarde (1:00-3:00) y noche (6:00-8:00), con sus respectivos parámetros (Mínimo, Máximo y Promedio), (Ver Cuadro 3).

Los registros de ruido se realizaron durante los meses de marzo a mayo de 2017, de lunes a viernes con la finalidad de representar el ruido emitido en horas pico de CU y los alrededores de la REPSA.

Cuadro 3. Descripción de los periodos de registro de ruido para los 44 sitios al interior y exterior de la REPSA.

Periodos	Horarios	Parámetros /N° de repeticiones
Mañana	8:00 a 10:00	Mínimos 3 Máximos 3 Promedios3
Tarde	13:00 a 15:00	Mínimos 3 Máximos 3 Promedios 3
Noche	18:00 a 20:00	Mínimos 3 Máximos 3 Promedios3

Se georreferenciaron cada uno de los puntos de medición (Anexo 1). El teléfono celular empleado durante todas las mediciones se mantuvo a una distancia aproximada de 1.85 m sobre el nivel del suelo (Figura 5).



Figura 5. Toma de datos de ruido en Núcleo Poniente y Suroriente, respectivamente.

Una vez terminados los registros de ruido se transfirieron a una base de datos ordenándolos por periodo mañana, tarde y noche ver en (Anexo 3, Tabla 1) Posteriormente para hacer más manejables lo datos, se promediaron los tres registros que se tomaron en cada sitio para tener solo un valor por parámetro y con ese analizar los resultados (Anexo 3, Tabla 2).

4.5 Análisis exploratorio de los datos

Para conocer la dispersión de los datos de ruido respecto a la media (promedio), se obtuvo la desviación estándar (σ) para los tres periodos del día (Anexo 3, Tabla 3). Posteriormente, para llevar a cabo una mejor interpretación porcentual de grado de variabilidad; se calculó Coeficiente de Variación (C.V.), que permitió identificar la dispersión de los datos en los 44 sitios durante los tres periodos del día.

Con la finalidad de visualizar cuáles son los sitios que representaban mayor nivel de ruido, se elaboró una gráfica de los niveles máximos de ruido registrados en las mediciones de los 44 sitios en los 3 periodos del día (Anexo 2).

4.6 Elaboración de los mapas

La tabla de los datos que se construyó con todos los registros de ruido recopilados en campo, se exportó a un SIG (ArcGis 9.3) a partir del cual se generó una capa o *layer* para asociar espacialmente los puntos a un mapa base obtenido de una imagen multiespectral de Ciudad Universitaria (Peralta, 2015).

Para la generación de los mapas predictivos de ruido en tres periodos del día (mañana, tarde, noche). Se utilizaron métodos de interpolación que permiten estimar valores desconocidos en sitios no muestreados a partir de una serie de datos observados (Bautista *et al.*, 2011).

Existen diversos métodos de interpolación para la generación de superficies continuas (mapas) que han sido ampliamente utilizados para la generación de mapas de ruido facilitando el análisis de la condición acústica del sector de estudio (Murillo *et al.*, 2012).

Los métodos más usados para evaluar el grado de contaminación acústica son: *Kriging* e IDW (*Inverse Distance Weighting*), basados en la autocorrelación espacial de los puntos (Murillo *et al.*, 2012). No obstante, se optó por usar el método de *Kriging* por ser el más preciso para la interpolación en relación con otros métodos para la predicción de las propiedades del ruido (Murillo, 2017); (Taghizadeh *et al.*, 2013), además de generar una representación visual ajustada a un análisis de la situación acústica en la zona evaluada, en comparación con otras interpolaciones disponibles (Lobos, 2008).

El método de interpolación de *Kriging*, generó superficies continuas a través de la descripción espacial de los datos por medio de una medida de autocorrelación espacial entre los puntos (relaciones estadísticas), describiendo la varianza en una distancia que separa las muestras, conocido como semivariograma (Ver

Figura 6) (ESRI, 2006), permitiendo asociar una distribución teórica, y realizar simulaciones probabilísticas. *Kriging*, asume que “lo más probable es que las cosas más cercanas estén más relacionadas y tengan una semi-varianza pequeña. Mientras que las cosas lejanas están menos relacionadas y tienen una alta semi-varianza” (GisGeography,2018).

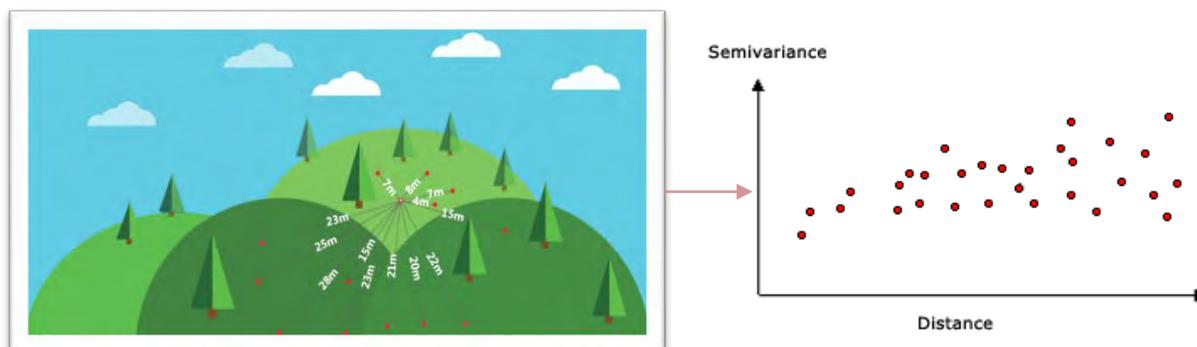


Figura 6. Proceso de correlación del punto rojo con las demás ubicaciones (izquierda), generando un semivariograma (derecha), (tomada de GisGeography.com).

Con los datos georeferenciados en el mapa base, se procedió al proceso de interpolación de *Co-Kriging* (permite incluir dos o más variables) en el SIG de ArcGis 9.3 utilizando los datos de los promedios de los mínimos, promedios y máximos para cada uno de los tres horarios (mañana, tarde y noche) y así generar 3 mapas predictivos de los niveles de ruido correspondiente a cada uno de los tres horarios del día.

Lo anterior dio pauta a la generación de 6 mapas adicionales, y 3 de estos representaron visualmente los datos brindados por el C.V. por cada uno de los sitios medidos en los mapas, (Mañana, Tarde y Noche); (Anexo 4, Figuras 1, 2, 3). Aunado con los grupos de vertebrados que se verían afectados de acuerdo a la intensidad de ruido presente en la REPSA.

Por otra parte, adicionalmente se generaron otros tres mapas de niveles máximos de ruido en donde se utilizaron las máximas de los promedios de la mañana, tarde y noche con el método de *Kriging* (Anexo 4, Figura 4, 5, 6).

Los mapas generados, se clasificaron por escalas de colores de acuerdo a la intensidad del ruido en diversas zonas como se pueden apreciar en los mapas resultantes que más adelante se presentan.

V. RESULTADOS

5.1 Registros de las fuentes contaminantes de ruido en la REPSA

Se realizaron registros de algunas de las fuentes contaminantes de emisión de ruido en la REPSA (Cuadro 4), que fueron detectadas al llevar a cabo el trabajo de campo.

Cuadro 4. Fuentes de contaminación acústica en la REPSA.

Fuentes de ruido en la REPSA	Niveles de ruido (dB)
Paso automóviles *	72
Paso motocicletas *	73
Camión de transporte (Diesel) *	72-74
Sirena de camión de bomberos *	78
Claxon *	75
<i>Metrobús</i> (Trasporte Público de pasajeros de la Ciudad de México) *	73
<i>Pumabús</i> (Transporte Interno de CU) *	68
Cohetes **	52
Ladrillo perro ***	54

Nota .Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

*Registro de ruido en las Av. colindantes con la REPSA; **Registro de ruido al interior de la REPSA, Núcleo Suroriente; proveniente de la Colonia Santo Domingo por motivos de la celebración del Día de la Santa Cruz; *** Registro de ruido tomado al interior de la REPSA, proveniente de las colonias colindantes (Jardines del Pedregal de San Ángel).

5.2 Variación del ruido en el día

Los resultados del C.V. indican que algunos de los sitios de muestreo de la REPSA (Anexo 3, Tabla 4), en la mañana tales como 2, 3, 8,12, 14, 22, 24, 26, 28, 42 y 43; presentan una alta heterogeneidad en los datos de intensidad de ruido durante la mañana con respecto al resto de los puntos en ese periodo.

En la tarde los sitios que tuvieron una mayor dispersión de los datos fueron 7, 13, 16, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 34 y 43.

Durante la noche los sitios que presentaron una mayor variación fueron 3, 9, 13,27 28, 29, 33 y 44. El período del día donde hubo mayor heterogeneidad de los datos fue principalmente en la mañana, tarde y en menor proporción de noche. Los sitios presentaban una mayor homogeneidad en la noche.

En relación a los resultados por el C.V., señalan que los sitios que varían considerablemente en cuanto a su exposición al ruido durante el día (mañana, tarde y noche) son 3, 7, 8, 9, 12, 13, 14,16, 22, 23, 24, 25, 26,27, 28, 29, 34, 42, 43 y 44. En contraste, el resto de los sitios son más homogéneos, no varían significativamente en su exposición al ruido durante el día.

La variación en los niveles de ruido probablemente se deba a que al momento de la captura del ruido en los sitios de estudio; se llegaron a presentar emisiones fuera de lo común, como ejemplo: el escape de un auto, un claxon, marcha del motor en las pendientes, la cantidad de autos que circulaban en ese momento o inclusive el Pumabús y Metrobús.

5.3 Mapas predictivos de ruido

El método de *Kriging* permitió conocer el valor en decibeles, para cada uno de los pixeles que conforman los 9 mapas, a pesar de no haber cubierto toda la superficie de la REPSA (Figura 7).

Los mapas predictivos de ruido en los tres diferentes horarios del día indican que las zonas en la REPSA más afectadas por el ruido se concentran en su periferia, colindando con las avenidas Insurgentes Sur, Del Imán, Delfín Madrigal y Circuito Mario de La Cueva.

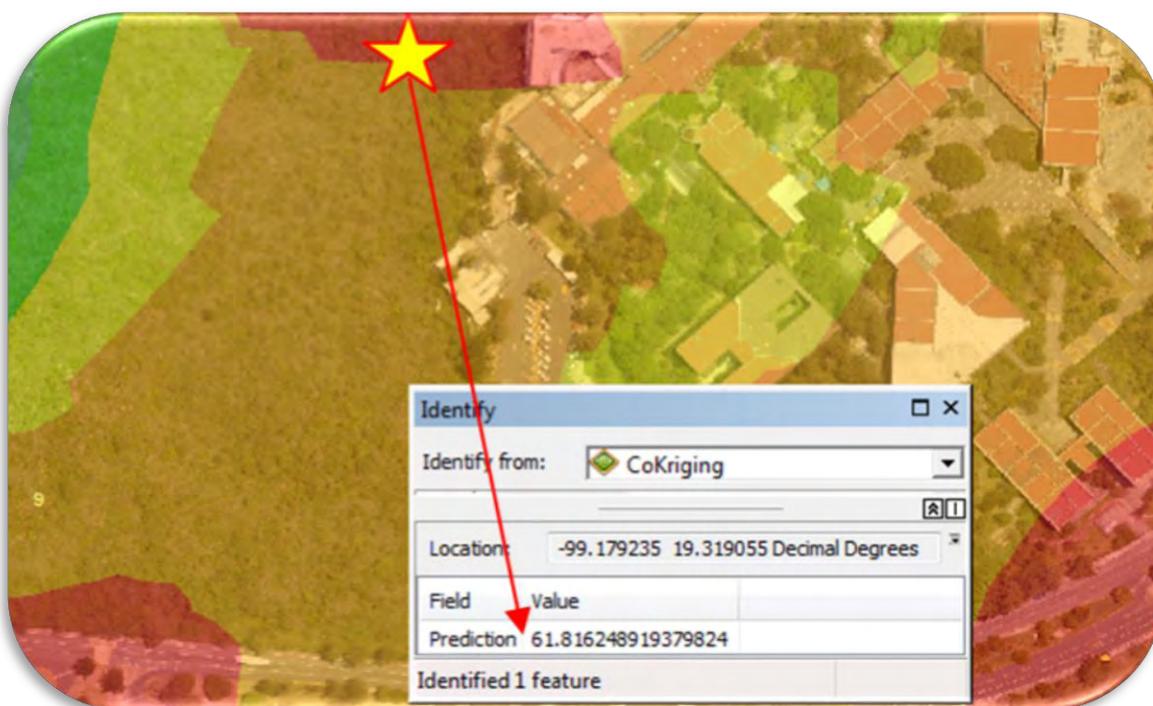


Figura 7. Ejemplo de un segmento mapa predictivo de ruido, donde se muestra en el recuadro el valor (dB) para el pixel seleccionado (estrella). Elaboración propia.

En el caso del mapa predictivo para la mañana; en el Núcleo Poniente (Figura 8) es notorio que la principal fuente de contaminación por ruido proviene de Av. Insurgentes Sur, llegando a alcanzar 70 dB en los primeros metros al interior de la REPSA. Sin embargo, conforme se adentra en esa zona el ruido, disminuye su

intensidad llegando a >36 dB; cabe señalar que esa medición se ve influenciada por el ambiente acústico natural que es la interacción de la flora y fauna en su entorno (Molina *et al.*, 2013) y cuando es muy bajo el ruido en el Jardín Botánico, Circuito Zona Deportiva, Colegio de Ciencias y Humanidades Sur e Instituto de Biología, comparado cuando hay eventos en esos lugares. Los sitios 35,37 y 42 fueron de los más ruidosos en la mañana, esto se debe a la cercanía que tienen con las zonas recreativas del Jardín Botánico y Av. Insurgentes Sur.

Lo que corresponde al Núcleo Oriente, se ve afectado por el ruido emitido por la Av. Insurgentes Sur, Circuito. De la Investigación Científica, Mario de La Cueva y Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (FCPyS) llegando a registrarse >58 dB en las periferias del interior de la zona. Un aspecto importante es que hay un índice alto de dB en las paradas del Pumabús. Sin embargo en el centro de la zona, que hay una disminución considerable de ruido alrededor de 36 dB.

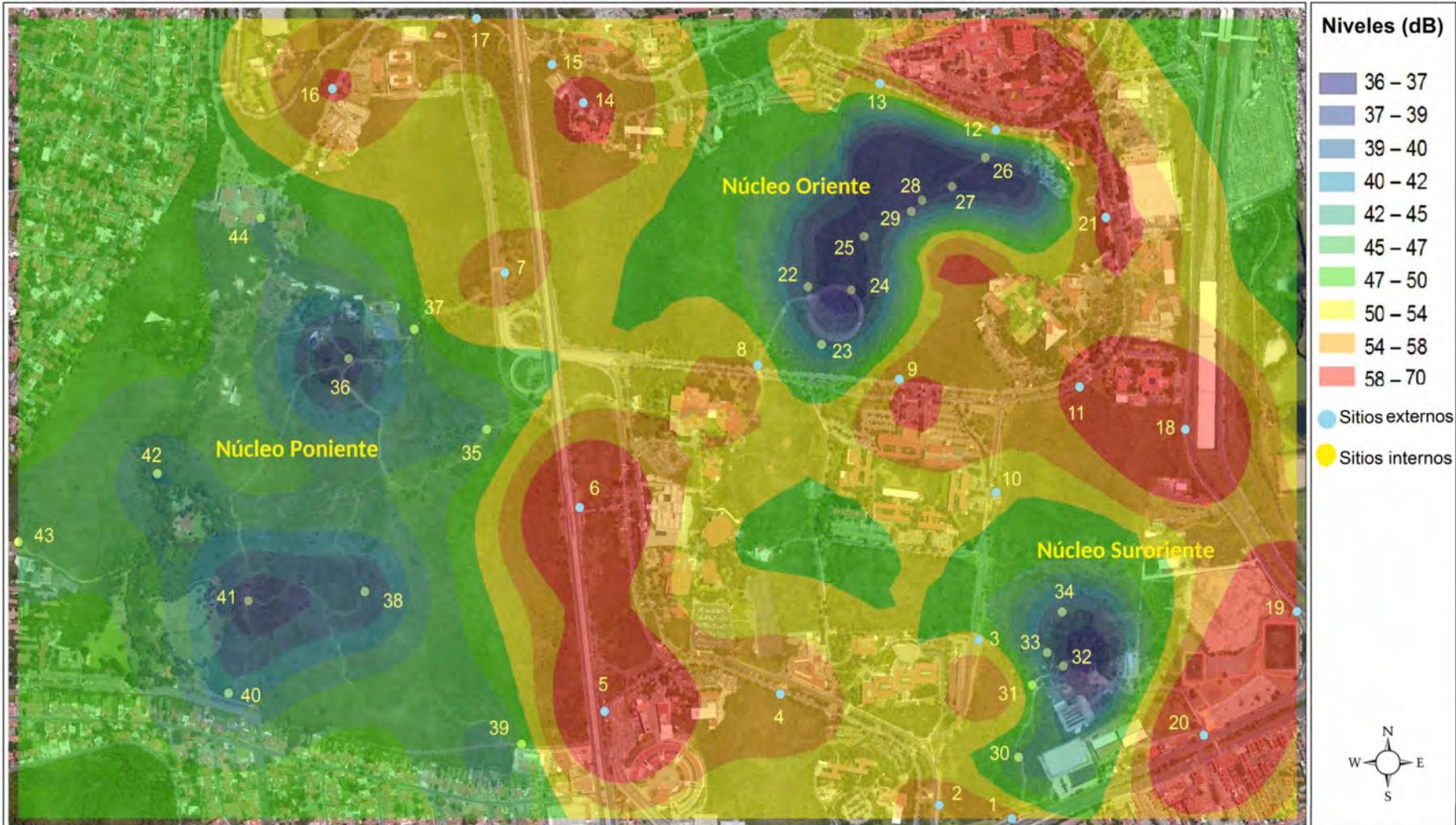
En la zona Núcleo Suroriente de la REPSA, la mayor parte de ruido se concentra al este colindando con la Av. Del Imán, Delfín Madrigal y TV UNAM llegándose a registrar 70 dB. No obstante, al oriente de esta zona también hay una considerable emisión de ruido en los sitios 30 y 31 en el interior de la Zona Núcleo, que están alrededor 58 dB, seguramente es porque están entre dos áreas críticas de emisión de ruido como es el Circuito. Centro Cultural y Av. Delfín Madrigal, donde hay presencia constante de personas y automóvil por la serie de eventos culturales que se presentan en esa zona; además de ser una de las principales entradas a CU.

Mientras que los sitios de la REPSA menos expuestos al ruido (36 dB) son los puntos que se ubican en los anillos color azul dentro del mapa por estar en sitios en el centro de las Zonas Núcleo.

El mapa predictivo correspondiente a la tarde (Figura 9), indica una disminución considerable en la emisión de ruido en la mayoría de las zonas de la REPSA. La Zona Núcleo Poniente muestra una disminución en la intensidad de ruido en comparación con la mañana al igual que Zona Núcleo Oriente, proviniendo el ruido de Av. Insurgentes Sur, Circuito Mario de La Cueva y FCPyS. Sin embargo, la Zona Núcleo Suroriente sufre una mayor exposición al ruido de las Av. Delfín Madrigal y Del Imán, llegando a registrar en su interior 58-63 dB.

En la noche de acuerdo con el mapa predictivo de ruido (Figura 10) se puede observar que en la Zona Núcleo Poniente presenta nuevamente una mayor exposición al ruido similar a la mañana, siendo la Av. Insurgentes Sur la principal fuente de contaminación acústica para la zona. La Zona Núcleo Oriente tiene una mayor exposición al ruido, debido a que algunos tramos que colindan con Av. Insurgentes Sur llegan a registrar alrededor de 62 dB al interior de la zona. En cuanto a la Zona Núcleo Suroriente tiene una mayor exposición al ruido >62 dB en colindancia con la Av. Delfín Madrigal.

Niveles de ruido (dB) por la mañana en la REPSA

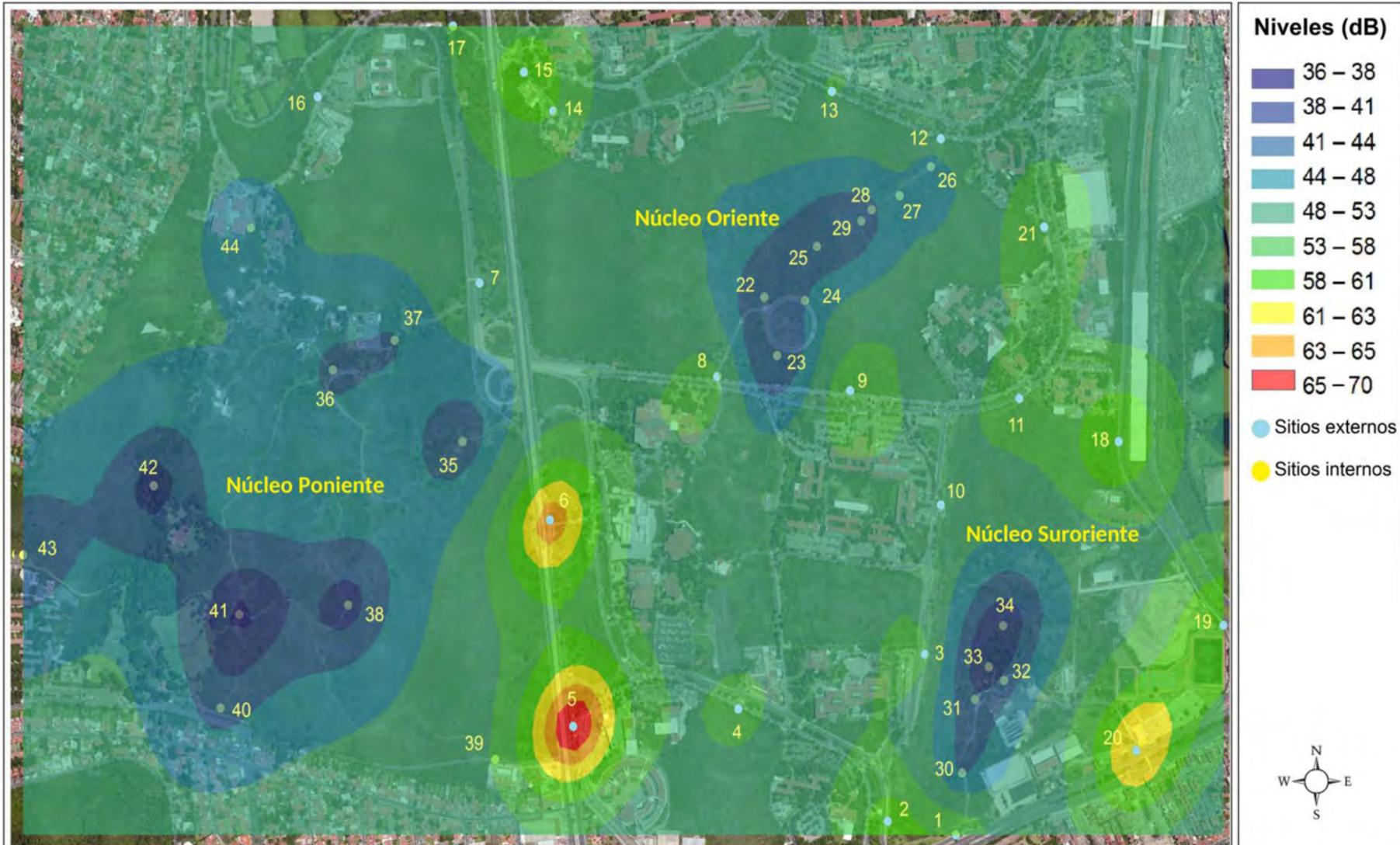


Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 8. Mapa predictivo de ruido correspondiente al periodo de la mañana, con intervalos en dB según la escala de colores que representan nivel sonoro registrado para la REPSA.

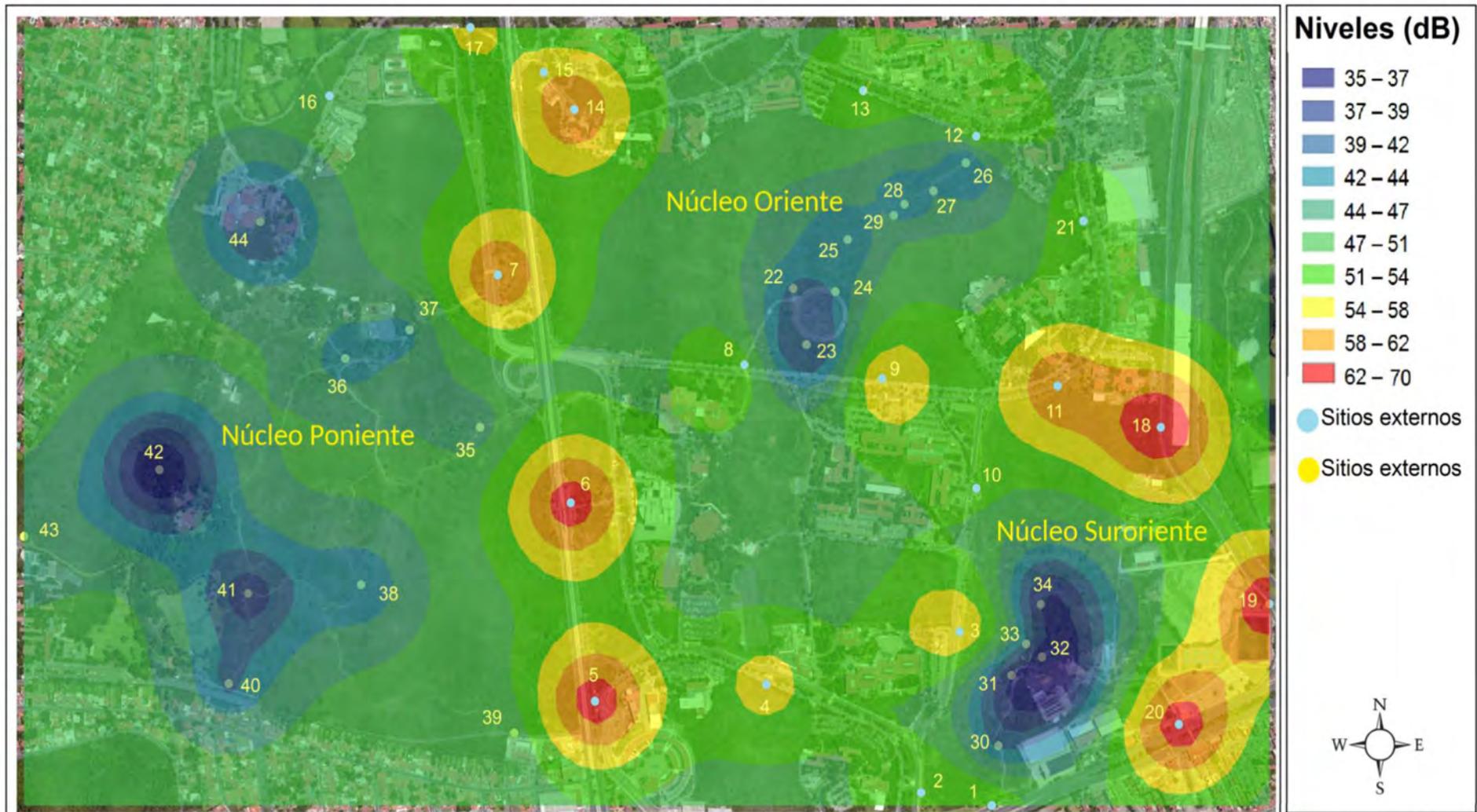
Niveles de ruido (dB) por la tarde en la REPSA



Elaboró: Pamela Valery Mora Roldán Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo Mapa base: Imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 9. Mapa predictivo de ruido correspondiente al periodo de la tarde, con de intervalos en dB según la escala de colores que representan el nivel sonoro registrado para la REPSA.

Niveles de ruido (dB) por la noche en la REPSA



Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura10. Mapa predictivo de ruido correspondiente al periodo de la noche, con intervalos de dB según la escala de colores que representan el nivel sonoro registrado para la REPSA.

5.4 Mapas de los niveles máximos de ruido

El mapa predictivo de los niveles máximos de ruido correspondiente a la mañana (Anexo 4, Figura 4) indica que las zonas más ruidosas de la REPSA se encuentran en Av. Insurgentes Sur, Del Imán y Delfín Madrigal. Las zonas con altos niveles de ruido al interior de CU y que colindan con la REPSA, se trata de los Circuitos de la Investigación Científica, Exterior, Centro Cultural y Mario de La Cueva (a la altura de Av. Insurgentes y FCPyS).

El mapa predictivo de los niveles máximos de ruido de la tarde (Anexo 4, Figura 5) muestran una disminución de ruido al interior de la REPSA, en las zonas que tenían una alta emisión de ruido por la mañana, a pesar de que en Circuito Exterior (Salida Av. Insurgentes Sur hacia el metrobús) y Centro Cultural (Entrada CU, por Av. Imán), continúa presentando altas emisiones de ruido. Las Av. Delfín Madrigal (a la altura de TV UNAM) y Av. Del Imán, continúan siendo una fuente de ruido para la REPSA.

El mapa predictivo de los niveles máximos de ruido en la noche (Anexo 5, Figura 6) indica que las zonas más ruidosas en CU que afectan a la REPSA se encuentran en los Circuitos de la Investigación Científica, (Frente a Facultad de Ciencias) Mario de La Cueva (frente a TV UNAM) y Centro Cultural. Las Av. Insurgentes Sur, Delfín Madrigal y Del Imán generan una alta emisión de ruido.

5.5 Posibles afectaciones a la fauna nativa

Las zonas y horarios de la REPSA que podrían ser críticos para la fauna nativa, y por sus características a la sensibilidad del ruido, como el caso de las aves, lo representan las periferias del Núcleo Oriente y Suroriente durante la mañana y noche (Anexo 4, Figuras 1 y 3).

Por lo que se refiere a los mamíferos, tenemos el caso de los conejos que habitan en la REPSA, de los cuales hay estudios (realizados con conejos de laboratorio) que revelan que su exposición prolongada al ruido de 20 a 45 dB, muestran un aumento en su desplazamiento (Dufor, 1980). Sugiriendo que la mayoría de las zonas de la REPSA, representan para este grupo de animales un considerable grado de contaminación acústica, en especial en la mañana y noche.

Por otra parte, los niveles mínimos de ruido registrados en la REPSA son de 35 a 40 dB presentándose en el Núcleo Poniente en la tarde y Núcleo Oriente en la mañana, considerando que la tolerancia y susceptibilidad al ruido en aves es de 0 dB en adelante; mientras anfibios y mamíferos empieza en los 10 y 20 dB, respectivamente. Por lo que, si fuera constante la exposición al ruido a esa intensidad, se vería afectada la fauna con mayor sensibilidad a esa variable.

Si consideramos la sensibilidad de ruido de los reptiles en zonas del mapa con coloración azul claro y verde-amarillo, que va de los 40 a 50 dB, sería el grupo menos perturbado por el ruido a comparación con los demás vertebrados (Figura 10).

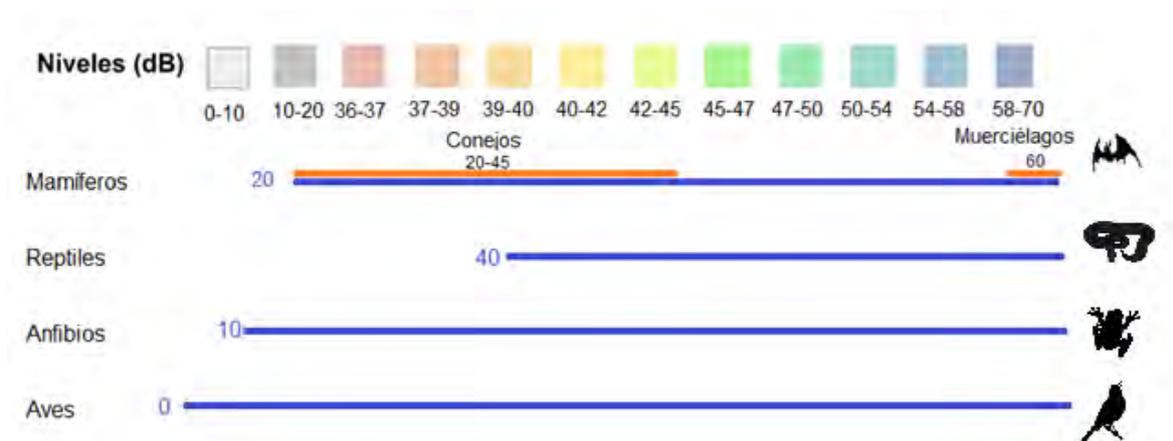


Figura 10: Rangos de los niveles de ruido (dB), de acuerdo a la escala de colores de los mapas de ruido, en relación con la sensibilidad de cada grupo de vertebrados (líneas azules). Ejemplos de afectación por ruido a la fauna (líneas rojas).

La variabilidad en la intensidad de ruido en la REPSA en los sitios y en los tres horarios del día, probablemente este provocando el desplazamiento de ciertos grupos a zonas menos ruidosas en diferentes momentos del día. Mientras que los sitios menos preferidos por la fauna sean los mantienen intensidades de ruido similares a lo largo del día.

VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El presente estudio demuestra que el entorno en la REPSA es ruidoso durante la mayor parte del día, a causa de las actividades antropogénicas que se llevan a cabo dentro y fuera de CU.

El momento del día en el que se presenta una gran emisión de ruido es durante la mañana y en menor proporción la noche. Disminuyendo considerablemente la emisión de la variable en la tarde.

En los horarios del día en que se presentan mayor ruido, coinciden con la hora de inicio y término de las actividades laborales.

Las Av. Insurgentes Sur, Delfín Madrigal y Del Imán representan una fuente notable de contaminación acústica que logra filtrarse en el interior de la REPSA, en los tres momentos del día que se muestreó.

En el interior de CU hay circuitos como Mario de la Cueva, Externo, Centro Cultural y de la Investigación Científica; que también representan una amenaza acústica para el ecosistema de la REPSA. Aunque en teoría deberían de presentar una menor emisión de ruido en comparación con las grandes avenidas; puesto que al interior de CU circulan una menor cantidad de vehículos.

Se evidenció a través de los mapas de ruido que además de las vialidades dentro y fuera de CU, hay una considerable emisión de ruido por parte de las actividades

que se realizan en las inmediaciones de la Facultad de Ciencias, FCPyS, Facultad de Contaduría y Administración, TV UNAM, Tienda UNAM, Zona Cultural, Planta Compostera, Dirección General de Computo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC); particularmente en la mañana. Inclusive las colonias que colindan con la REPSA, tales como; Jardines del Pedregal y Pedregal de Santo Domingo, repercuten en la situación acústica de la zona.

Por otra parte, el grupo de vertebrados que resiente los efectos del ruido permaneciendo en las zonas más ruidosas por un tiempo prolongado son las aves y anfibios, en particular las especies que se distribuyen cerca de las periferias de la REPSA; en especial durante las mañanas por ser el momento más ruidoso de la REPSA, y el mayor periodo de actividad de las aves.

De acuerdo con el estudio realizado de C.V.; la variabilidad presente en los niveles de ruido en los sitios durante alguno de los tres periodos, podría estimular el desplazamiento de los diferentes grupos de vertebrados intolerables al ruido a lugares y horarios menos ruidosos para ellos.

La heterogeneidad que se presenta en los datos de ruido evidencia la exposición de las zonas en la REPSA a diversas fuentes de contaminación acústica que se presentan de manera esporádica durante el día, provocadas por los vehículos; tales como: ruido del escape, forzamiento del motor en las pendientes; frenado, claxon. Sin embargo, no solo los vehículos afectaban la intensidad de ruido, sino también la presencia de personas en los sitios de toma de datos; el ruido resultante de las actividades que se realizaban en las colonias colindantes a la REPSA.

Los sitios en la REPSA que están expuestos a una constante alta emisión de ruido durante la mayor parte del día; representan lugares críticos de contaminación acústica para el ecosistema, (zonas en el mapa naranja y rojo)

debido a que no presentan una variación significativa de ruido, manteniendo niveles altos la mayor parte del tiempo. Por lo que se sugiere que haya una disminución en la diversidad de especies en esas zonas, o bien; las que se encuentran en esos sitios sean las tolerantes al ruido.

Es de considerarse que para el oído humano niveles superiores a 55 dB repercuten en la salud, con mayor razón el resto de la fauna que habita en la REPSA, a causa de tener una mayor sensibilidad al ruido en la mayoría de los casos. Por lo tanto, los daños van depender de la particularidad de cada especie en su sensibilidad y tiempo de exposición al ruido (Harbrow, *et al.*, 2011).

Por último, los mapas predictivos de ruido que se realizaron a este en este estudio son un primer acercamiento para ahondar en estudios posteriores relacionados a la contaminación acústica en la REPSA y cómo podría influir e impactar esta variable a los integrantes del ecosistema. A su vez, este estudio es consecuencial del mapa de “Contaminación lumínica, sonora y visual” que se encuentra en el Atlas de riesgos de la REPSA 2016, en virtud de que el mapa solo señala las fuentes de contaminación sonora (avenidas, líneas de tensión y helipuerto), faltando información y evaluar la exposición del ruido a que está sometida la REPSA por su entorno urbano y como el ruido se interna en la misma en diferentes periodos del día.

LITERATURA CITADA

- Alonso, A. (2003). Contaminación acústica y salud Noise pollution and health. *Observatorio medioambiental*, 6, 73-95.
- Amábilis, Sosa, L. E., & Benítez, J. A. efecto de borde; ruido, materia orgánica en suelo y contaminantes persistentes en las Áreas Naturales protegidas de Calakmul-Balamkú, Campeche. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 7(3), 201-209.
- AMVA (2015). Actualización de los mapas de ruido de la zona urbana de los municipios de Bello, Itagüí y Medellín del Área Metropolitana del Valle de Aburra. Recuperado de <http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Mapas%20Ruido.pdf>. Consultado Enero 2017.
- Bastián, N. (2015). Elaboración de mapa de ruido de la ciudad de Valdivia mediante software de modelación utilizando métodos de simplificación. *Síntesis Tecnológica*, 14.
- Bautista, F., Palacio, J. & Delfín, H. (2011) *Técnicas de Muestreo para manejadores de Recursos Naturales*. Ciudad de México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Instituto de Geografía, UNAM.
- Carrillo C, (1995). *El Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp.177.
- Chávez, C. & Gurrola, H. (2009). Avifauna. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Eds: Lot A. y C. Z p. 261 Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Cornman, D. (2003). *Nature Sounds Society*. Recuperado de <http://www.naturesounds.org/conservENW.html>. Consultado Marzo 2018.
- Díaz de la Vega, A., Jiménez, V. H. & Méndez, F. (2016). Herpetofauna en el derrame del Xitle. *La biodiversidad en la Ciudad de México*, 2, 398-403.
- Dufour, A. (1980). *Effects of noise on wildlife and other animals*. Washington DC: U.S. Environmental Protection.
- Esri (2006). *¿Cómo funciona Kriging?*. Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.htm>. Consultado Mayo 2017.

- GisGeography (2018) *Kriging Interpolation. The Prediction Is Strong in this One* <https://gisgeography.com/kriging-interpolation-prediction/>. Consultado Junio 2017.
- Gómez, H. (2009). *Una reserva natural urbana en la ciudad de Punta Arenas, oportunidades, beneficios, conflictos y peligros*. (Tesis de maestría). Universidad de Magallanes, Chile.
- Goines, L. & Hagler, L. (2007). Noise pollution: a modern plague. *Southern Medical Journal Birmingham Alabama*, 100(3), 287.
- Harbrow, M. Cessford, G. R., & Kazmierow, B. (2011). The impact of noise on recreationists and wildlife in New Zealand's natural areas: a literature review. *Science for Conservation*, (314).pp.13-46.
- Hortelano, Y. Cervantes, F., & Trejo, A. (2009). Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(2), 507-520.
- Jaramillo, A. (2007). *Acústica: La ciencia del sonido*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Lobos, H. (2008). *Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile, Buenos Aires, Argentina.
- Lot, A. (2006). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Reglamento Interno. Lineamientos para el desarrollo de actividades dentro de la Reserva Ecológica*. Secretaria Ejecutiva Coordinación de la Investigación Científica, UNAM. México.
- Lot, A. (2008). *La importancia de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. Recuperado de http://www.repsa.unam.mx/documentos/Lot_2008_Reserva.pdf. Consultado Agosto 2016.
- Lot, A. y Camarena, P.(2009). El Pedregal de San Ángel de la ciudad de México: Reserva Ecológica Urbana de la Universidad Nacional. En *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Eds. Lot A. Cano Z. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 19-25.
- Lot, A., Pérez, M., Gil, G., Rodríguez, S., & Camarena P. (2012). *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de riesgos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 56.

- Manzanares, L. (2015). *Tolerancia de las aves cantoras al ruido urbano del Pedregal de San Ángel*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Martínez, P. & Moreno, A. (2005). Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. *GeoFocus*. pp. 219-249.
- Medeiros, C. (2015). *Análisis de biodiversidad en Castilla y León mediante SIG*. (Tesis de maestría). Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Memphis State University (1971). *Effects of Noise on Wildlife and others Animals*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Molina, R., Zacarías, F., Ancela, J. & Flores, R. (2013). Las áreas naturales a través del análisis de su paisaje sonoro. *Revista de acústica*, 44(1), 21-30.
- Murillo, D. Ortega, I. Carrillo, J. D. Pardo, A., & Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBmed*, 3(1), 62-68.
- Murillo, D.(2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 56-62.
- Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Diario Oficial. 3 de Diciembre de 2013.
- Oliviera, L.,Pinedo J, Romero, Pizarro, Ancjima, & Valderrama, A.(2008). Estudio de los niveles de ruido en la Ciudad Universitaria de San Marcos, Lima. *Revista del Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos*,3, 31-41.
- Orozco, A., Gamboa, A. & Barradas, L. (2009). La diversidad funcional del ecosistema. Instituto de Ecología. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*, Eds. Antonio Lot, Zenón Cano-Santana. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 296-318.
- Peralta, J. (1998). El ruido en la ciudad de México. *Ciencias* (50), 60-66.
- Peralta, A., & Prado, J. (2009). Los límites y la cartografía. *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Eds. Lot, A. & Cano S. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 27-42.
- Peralta A. (2015). *Imagen multiespectral de Ciudad Universitaria* [Imagen]. Proporcionada por autor.

- Pérez, R. (2007). La UNAM, única en el orbe con una reserva ecológica. Crónica. Recuperado de <http://www.cronica.com.mx/notas/2007/288878.html>. Consultado Junio 2016.
- Pineda, R. (2012). *Uso de los Sistemas de Información Geográfica en la Ingeniería Civil*. (Tesis Ingeniería), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Prieto, M. A. (2009). *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido* (Tesis de Doctorado), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Rebolledo, R. (2017). Las 10 ciudades con la peor contaminación acústica. El Economista. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/internacionales/Las-10-ciudades-con-la-peor-contaminacion-acustica-20170327-0022.html>. Consultado Octubre 2017.
- Reyes, H. (2011). *Estudio y plan de mitigación del nivel de ruido ambiental en la zona urbana de la ciudad de Puyo*. (Tesis de Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Facultad de Ciencias Escuela de Ciencias Químicas, Chimborazo.
- Rodríguez, M., F. E. (2015). Ruido ambiental, comunicación y normatividad en la Ciudad de México. *Razón y Palabra*, 19(91).
- Rueda, S. y Cano, S. (2009). Antropodofauna. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Eds. Antonio Lot, Zenón Cano-Santana. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 171-201.
- SEREPSA (2014a) *Biodiversidad de la REPSA*. Reserva del Pedregal de San Ángel. Recuperado de <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivos/caracteristicas/biodiversidad>. Consultado Junio 2016.
- SEREPSA (2014b). Reserva del Pedregal de San Ángel. *Articles, Conservación*. Recuperado de <http://www.repsa.unam.mx/index.php/component/content/article?id>. Consultado Junio 2016.
- SEREPSA (2014c). *Ficha descriptiva REPSA*. Recuperado de <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivos/caracteristicas/ficha-descriptiva>. Consultado Junio 2016.

- Siebe, C. (2009). La erupción del volcán Xitle y las lavas del pedregal hace 1670 +/- 35 años AP y sus implicaciones. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*, Eds. Lot A., Cano S., Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 43-49.
- Stansfeld S. A., y Matheson M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British medical bulletin*, 68(1), 243-257.
- Suárez, A., P. Camarena, Herrera, I. y Lot, A. (2011). *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel pp. 86.
- Taghizadeh, R., Zare, M., & Zare, S. (2013). Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 2(1), 1-11.
- UNESCO (2005). *Campus Central de la Ciudad Universitaria*. Coordinación de Proyectos Especiales. Recuperado de http://www.repsa.unam.mx/documentos/UNESCO_2005.pdf. Consultado Mayo 2017.
- Walker, M. (2009). *Noise pollution threatens animals*. Recuperado de http://news.bbc.co.uk/earth/hi/earth_news/newsid_8305000/8305320.stm. Consultado Septiembre 2017.
- Williams, E. y Epperly, D.(2009). *Final Environmental Impact Statement*. Dakota: The U.S. Department of Agriculture.
- Zambrano, L., Lot, A., Pérez, M., Gil, G., Rodríguez, S. y Camarena, P. (2016). *Reserva del Pedregal de San Ángel: Atlas de riesgos*. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, UNAM, México.

Anexo 1

Tabla 1. Sitios donde se midió de ruido con sus respectivas coordenadas geográficas.

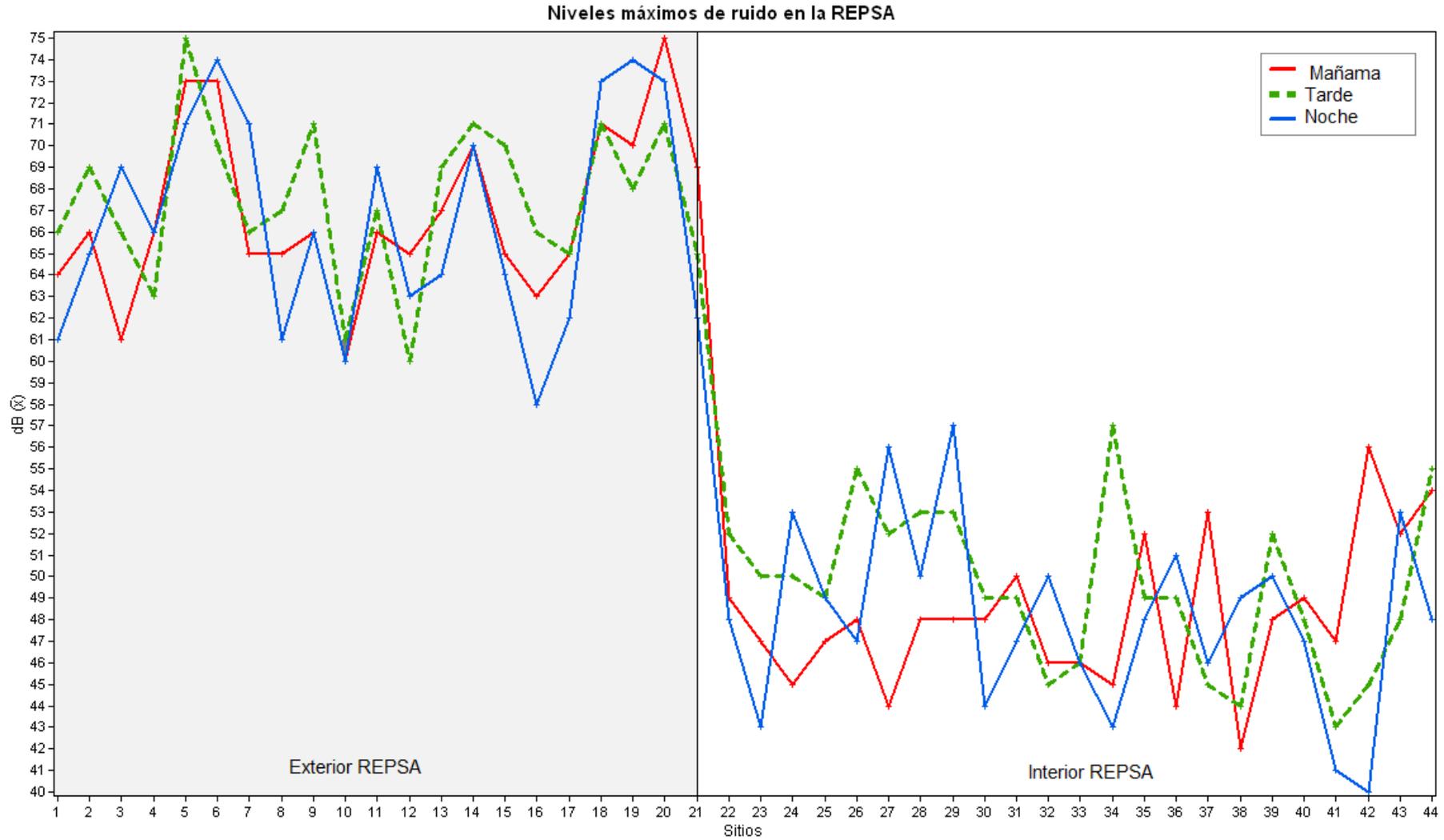
Sitios donde se registró el ruido	Longitud	Latitud
1. Av. Del Imán	19.308742°	-99.178375°
2. Delante de Av. Del Imán	19.309001°	-99.179870°
3. Estacionamiento de las Ciencias <i>Universum</i>	19.311831°	-99.179111°
4. Ciencias de la complejidad, C3	19.311159°	-99.183155°
5. Unidad de Posgrado de la UNAM	19.310872°	-99.187105°
6. Metrobús Centro Cultural	19.314939°	-99.187596°
7. Puerta mesa vibratoria del I. de Ingeniería	19.319328°	-99.188846
8. Entrada al Espacio Escultórico	19.319092°	-99.182006
9. Instituto de Investigaciones Jurídicas	19.317265°	-99.180695°
10. Instituto de Investigaciones Sociales	19.315075°	-99.178700°
11. Pumabús TV UNAM	19.317117°	-99.176978°
12. Instituto de Investigaciones Antropológicas	19.322100°	-99.178703°
13. Frente a Facultad de Ciencias	19.323003°	-99.181097°
14. Educación Abierta a Distancia	19.322629°	-99.187220°
15. Caseta de vigilancia (Metrobús Ciudad Universitaria)	19.323375°	-99.187870°

16. Biomédicas letrero	19.322901°	-99.192403
17. Metrobús CU (Mario de La Cueva)	19.324264°	-99.189425°
18. TV UNAM (Delfín Madrigal)	19.316291	-99.174792
19. Esquina Av. Delfín Madrigal e Del Imán	19.312763	-99.172491
20. Av. Del Imán	19.310363	-99.17441
21.FCPyS (frente ciclopista)	19.320403	-99.176429
22. Zona Núcleo Oriente	19.319058°	-99.182582°
23. Zona Núcleo Oriente	19.317937°	-99.182303°
24. Zona Núcleo Oriente	19.318993°	-99.181688°
25. Zona Núcleo Oriente	19.320032°	-99.181422°
26. Zona Núcleo Oriente	19.321562°	-99.178923°
27. Zona Núcleo Oriente	19.321003°	-99.179610°
28. Zona Núcleo Oriente	19.320740°	-99.180225°
29. Zona Núcleo Oriente	19.320518°	-99.180448°
30. Zona Núcleo Sur Oriente	19.309940°	-99.178235°
31. Zona Núcleo Sur Oriente	19.311338°	-99.177953°

32. Zona Núcleo Sur Oriente	19.311967°	-99.177648°
33. Zona Núcleo Sur Oriente	19.312757°	-99.177333°
34. Zona Núcleo Sur Oriente	19.311707°	-99.177310°
35. Zona Núcleo Poniente	19.316291°	-99.189216°
36. Zona Núcleo Poniente	19.317661°	-99.192069°
37. Zona Núcleo Poniente	19.318236°	-99.190713°
38. Zona Núcleo Poniente	19.31315°	-99.191731°
39. Zona Núcleo Poniente	19.310193°	-99.188499°
40. Zona Núcleo Poniente	19.311176°	-99.194537°
41. Zona Núcleo Poniente	19.31297°	-99.194127°
42. Zona Núcleo Poniente	19.315444°	-99.196007°
43. Zona Núcleo Poniente	19.314117°	-99.198873°
44. Zona Núcleo Poniente	19.320394°	-99.193876°

Anexo 2

Gráfica 1. Niveles de ruido (dB) máximos para los 44 sitios donde se registro el ruido en los tres periodos del día. La zona sombreada corresponde a los puntos medidos exterior y la blanca al interior de la REPSA. Cada periodo está representado en la gráfica por líneas de colores (mañana-rojo; tarde-verde y noche-azul).



Anexo 3

Tabla 1. Registros de ruido correspondientes a puntos situados el perímetro de la REPSA, con sus respectivas repeticiones de (Mínimas, Máximas y Promedio) en los periodos de la mañana, tarde y noche, de acuerdo a los datos proporcionados por la aplicación.

Horarios	Sitios Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16
M A Ñ A N A	Mínimas	45	42	38	43	57	62	42	41	43	41	48	40	38	43	49	41
		47	42	40	42	59	57	45	41	37	43	46	40	40	46	49	44
		48	45	37	47	61	58	48	40	43	41	53	41	40	41	55	44
	Máximas	61	70	64	68	72	73	66	62	67	55	72	66	73	71	63	66
		65	60	60	64	73	73	62	73	59	63	63	60	68	69	63	61
		65	69	59	67	73	73	67	61	71	62	63	68	61	70	70	63
	Promedios	54	58	53	58	66	67	55	53	61	49	63	55	58	60	54	58
		58	53	52	57	66	67	54	59	50	53	57	52	52	60	56	55
		57	60	52	59	68	65	59	51	62	54	59	55	54	59	62	63
T A R D E	Mínimas	48	49	48	47	56	52	44	43	50	45	49	44	43	43	50	40
		49	52	43	46	57	53	41	42	44	43	44	45	43	48	50	40
		50	49	43	47	63	62	44	48	45	43	46	46	41	47	47	42
	Máximas	65	72	69	65	71	66	73	67	70	62	68	58	64	74	73	80
		68	68	66	61	75	71	59	67	68	59	68	61	73	68	70	57
		66	66	63	62	78	73	65	66	74	61	65	60	69	70	68	61
	Promedios	57	62	59	57	66	62	61	58	60	54	61	52	56	62	63	68
		57	61	59	54	68	64	51	57	60	53	59	53	61	60	60	51
		59	56	52	55	68	68	57	59	64	51	57	55	58	61	56	51
N O C H E	Mínimas	49	48	44	53	51	55	49	42	40	39	47	42	41	46	49	41
		46	46	41	48	52	55	48	46	40	44	49	41	39	50	52	40
		49	44	41	46	56	55	50	43	41	46	48	45	43	46	51	38
	Máximas	60	63	69	62	73	72	73	60	66	66	70	62	69	67	65	62
		65	65	67	63	69	76	66	59	60	57	66	60	54	73	63	57
		59	66	71	74	70	74	75	63	73	58	71	67	69	71	63	56
	Promedios	55	55	58	58	65	60	60	52	56	57	64	54	56	60	55	52
		56	56	55	53	65	69	59	53	53	49	58	51	51	64	58	50
		54	57	60	59	66	67	68	53	64	52	64	55	58	62	57	48

Horarios	Sitios Parámetros	Punto															
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
M A Ñ A N A	Mínima	43	54	55	57	47	33	34	32	33	32	33	32	33	40	39	34
		44	44	57	58	53	32	33	32	33	32	34	32	33	41	40	35
		45	53	57	52	51	32	34	32	33	32	34	33	32	40	44	35
	Máxima	66	71	71	75	62	50	51	57	52	56	43	55	54	46	52	45
		66	71	70	76	72	55	44	43	46	45	45	47	43	53	49	46
		64	71	68	74	72	43	45	35	42	43	43	41	46	46	48	47
	Promedio	57	67	65	68	54	40	44	41	38	42	36	40	42	43	46	39
		56	66	65	68	63	41	38	35	37	35	36	35	39	47	45	39
		56	65	65	67	62	34	38	32	36	36	35	36	34	43	46	39
T A R D E	Mínima	45	54	52	61	47	33	32	37	36	37	43	34	33	38	35	31
		43	44	51	51	47	32	33	37	33	36	37	34	35	34	34	32
		44	53	55	52	52	33	32	35	32	38	37	37	33	37	33	32
	Máxima	64	71	74	71	66	51	49	40	51	59	59	65	60	55	57	49
		66	71	60	73	64	53	55	50	56	48	46	45	51	43	47	41
		66	71	70	70	65	51	46	59	40	59	50	50	49	48	44	46
	Promedio	56	67	66	67	57	41	40	36	42	49	51	52	41	43	47	37
		57	66	56	66	58	39	42	41	42	39	42	42	41	40	40	35
		56	65	63	64	59	37	37	49	37	47	43	39	38	42	36	36
N O C H E	Mínima	48	57	47	54	48	35	36	36	38	39	35	35	36	36	34	32
		49	62	52	53	49	35	34	37	38	37	35	34	36	37	34	32
		51	57	54	52	49	37	34	36	38	36	38	34	36	37	32	35
	Máxima	63	71	76	75	67	43	49	50	47	55	58	53	62	44	44	38
		62	75	70	71	59	47	12	57	49	45	58	41	53	51	43	58
		61	73	74	74	58	54	38	51	51	42	51	57	57	37	53	54
	Promedio	56	67	66	66	57	38	41	42	40	46	45	44	46	40	36	34
		56	68	63	63	54	42	36	41	41	39	43	36	41	42	36	42
		56	68	69	66	52	44	36	42	42	38	43	44	46	42	40	46

Horarios	Sitios Parámetros	Punto											
		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
M A Ñ A N A	Mínima	34	32	39	36	39	38	42	36	35	35	37	36
		33	33	40	35	39	35	43	35	33	33	37	37
		33	32	40	35	37	35	43	35	33	34	34	36
	Máxima	46	54	55	49	57	47	49	53	47	47	57	57
		38	38	53	43	50	41	47	48	45	56	41	57
		53	42	47	40	51	39	48	46	50	64	57	49
	Promedio	41	41	43	38	46	42	47	39	41	39	45	45
		34	36	46	39	44	38	45	43	37	44	39	48
		41	36	42	37	44	36	46	40	37	43	48	41
T A R D E	Mínima	31	35	37	37	39	34	48	35	33	32	34	37
		32	34	36	36	38	34	48	34	32	33	32	37
		32	34	36	36	38	33	47	35	32	34	32	38
	Máxima	40	51	48	48	49	38	55	47	48	43	43	49
		45	62	48	48	43	42	50	49	41	39	44	57
		52	59	51	51	42	52	52	47	41	52	58	57
	Promedio	34	44	41	41	42	36	50	42	39	36	37	41
		37	48	42	42	40	36	49	44	36	36	38	45
		42	45	42	42	40	38	50	41	33	44	43	47
N O C H E	Mínima	32	34	43	36	41	37	44	35	35	33	36	34
		32	32	43	37	41	37	44	35	35	33	35	33
		32	32	42	35	41	36	45	36	36	34	37	33
	Máxima	57	46	48	55	48	53	51	39	41	45	51	59
		45	42	48	57	45	44	50	52	41	36	52	43
		36	40	47	41	46	50	49	50	42	38	55	40
	Promedios	43	37	45	43	43	44	48	37	38	35	42	44
		34	34	45	44	42	38	48	43	38	34	40	35
		33	35	44	39	43	40	47	43	39	35	44	35

Tabla 2. Registros de ruido para cada uno de los puntos, con sus respectivos parámetros y repeticiones, dónde se obtuvo la media (\bar{x}) y desviación estándar (σ) de cada uno de los parámetros.

Horarios	Sitios Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16	
M A Ñ A N A	Mínima	45	42	38	43	57	62	42	41	43	41	48	40	38	43	49	41	
		47	42	40	42	59	57	45	41	37	43	46	40	40	46	49	44	
		48	45	37	47	61	58	48	40	43	41	53	41	40	41	55	44	
		$\bar{x} \pm \sigma$	47±2	43±2	38±2	44±3	59±2	59±3	45±3	41±1	41±3	42±1	49±4	40±1	39±1	43±3	51±3	43±2
		Máxima	61	70	64	68	72	73	66	62	67	55	72	66	73	71	63	66
			65	60	60	64	73	73	62	73	59	63	63	60	68	69	63	61
			65	69	59	67	73	73	67	61	71	62	63	68	61	70	70	63
		$\bar{x} \pm \sigma$	64±2	66±6	61±3	66±2	73±1	73±0	65±3	65±7	66±6	60±4	66±5	65±4	67±6	70±1	65±4	63±3
		Promedio	54	58	53	58	66	67	55	53	61	49	63	55	58	60	54	58
			58	53	52	57	66	67	54	59	50	53	57	52	52	60	56	55
			57	60	52	59	68	65	59	51	62	54	59	55	54	59	62	63
		$\bar{x} \pm \sigma$	56±2	57±4	52±1	58±1	67±1	66±1	56±3	54±4	58±7	52±3	60±3	54±2	55±3	60±1	57±4	59±4
T A R D E	Mínima	48	49	48	47	56	52	44	43	50	45	49	44	43	43	50	40	
		49	52	43	46	57	53	41	42	44	43	44	45	43	48	50	40	
		50	49	43	47	63	62	44	48	45	43	46	46	41	47	47	42	
		$\bar{x} \pm \sigma$	49±1	50±2	45±3	47±1	59±4	56±6	43±2	44±3	46±3	44±1	46±3	45±1	42±1	46±3	49±2	41±1
		Máxima	65	72	69	65	71	66	73	67	70	62	68	58	64	74	73	80
			68	68	66	61	75	71	59	67	68	59	68	61	73	68	70	57
			66	66	63	62	78	73	65	66	74	61	65	60	69	70	68	61
		$\bar{x} \pm \sigma$	66±2	69±3	66±3	63±2	75±4	70±4	66±7	67±1	71±3	61±2	67±2	60±2	69±5	71±3	70±3	66±12
		Promedio	57	62	59	57	66	62	61	58	60	54	61	52	56	62	63	68
			57	61	59	54	68	64	51	57	60	53	59	53	61	60	60	51
			59	56	52	55	68	68	57	59	64	51	57	55	58	61	56	51
		$\bar{x} \pm \sigma$	58±1	60±3	57±4	55±2	67±1	65±3	56±5	58±1	61±2	53±2	59±2	53±3	58±3	61±1	60±4	57±10
N O C H E	Mínima	49	48	44	53	51	55	49	42	40	39	47	42	41	46	49	41	
		46	46	41	48	52	55	48	46	40	44	49	41	39	50	52	40	
		49	44	41	46	56	55	50	43	41	46	48	45	43	46	51	38	
		$\bar{x} \pm \sigma$	48±2	46±2	42±2	49±4	53±3	55±0	49±1	44±2	40±1	43±4	48±1	43±2	41±2	47±2	51±2	40±2
		Máxima	60	63	69	62	73	72	73	60	66	66	70	62	69	67	65	62
			65	65	67	63	69	76	66	59	60	57	66	60	54	73	63	57
			59	66	71	74	70	74	75	63	73	58	71	67	69	71	63	56
		$\bar{x} \pm \sigma$	61±3	65±2	69±2	66±7	71±2	74±2	71±5	61±2	66±7	60±5	69±3	63±4	64±9	70±3	64±1	58±3
		Promedio	55	55	58	58	65	60	60	52	56	57	64	54	56	60	55	52
			56	56	55	53	65	69	59	53	53	49	58	51	51	64	58	50
			54	57	60	59	66	67	68	53	64	52	64	55	58	62	57	48
		$\bar{x} \pm \sigma$	55±1	56±1	58±3	57±3	65±1	65±5	62±5	53±1	58±6	53±4	62±3	53±2	55±4	62±2	57±2	50±2

Horarios	Sitios Parámetros	Punto 17	Punto 18	Punto 19	Punto 20	Punto 21	Punto 22	Punto 23	Punto 24	Punto 25	Punto 26	Punto 27	Punto 28	Punto 29	Punto 30	Punto 31	Punto 32
M A Ñ A N A	Mínima	43	54	55	57	47	33	34	32	33	32	33	32	33	40	39	34
		44	44	57	58	53	32	33	32	33	32	34	32	33	41	40	35
		45	53	57	52	51	32	34	32	33	32	34	33	32	40	44	35
	$x \pm \sigma$	44±1	50±5	56±1	56±3	50±3	32±1	34±1	32±0	33±0	32±0	34±1	32±1	33±1	40±1	41±3	35±1
	Máxima	66	71	71	75	62	50	51	57	52	56	43	55	54	46	52	45
		66	71	70	76	72	55	44	43	46	45	45	47	43	53	49	46
64		71	68	74	72	43	45	35	42	43	43	41	46	46	48	47	
$x \pm \sigma$	65±1	71±0	70±2	75±1	69±6	49±6	47±4	45±11	47±5	48±7	44±1	48±7	48±6	48±4	50±2	46±1	
Promedio	57	67	65	68	54	40	44	41	38	42	36	40	42	43	46	39	
	56	66	65	68	63	41	38	35	37	35	36	35	39	47	45	39	
	56	65	65	67	62	34	38	32	36	36	35	36	34	43	46	39	
$x \pm \sigma$	56±1	66±1	65±0	68±1	60±5	38±4	40±3	36±5	37±1	38±4	36±1	37±3	38±4	44±2	46±1	39±0	
T A R D E	Mínima	45	54	52	61	47	33	32	37	36	37	43	34	33	38	35	31
		43	44	51	51	47	32	33	37	33	36	37	34	35	34	34	32
		44	53	55	52	52	33	32	35	32	38	37	37	33	37	33	32
	$x \pm \sigma$	44±1	50±5	53±2	54±5	49±3	33±1	32±1	36±1	34±2	37±1	39±3	35±2	34±1	36±2	34±1	32±1
	Máxima	64	71	74	71	66	51	49	40	51	59	59	65	60	55	57	49
		66	71	60	73	64	53	55	50	56	48	46	45	51	43	47	41
66		71	70	70	65	51	46	59	40	59	50	50	49	48	44	46	
$x \pm \sigma$	65±1	71±0	68±8	71±2	65±1	52±1	50±5	50±10	49±8	55±6	52±7	53±10	53±6	49±6	49±7	45±4	
Promedio	56	67	66	67	57	41	40	36	42	49	51	52	41	43	47	37	
	57	66	56	66	58	39	42	41	42	39	42	42	41	40	40	35	
	56	65	63	64	59	37	37	49	37	47	43	39	38	42	36	36	
$x \pm \sigma$	56±1	66±1	62±5	66±1	58±1	39±2	40±3	42±7	40±3	45±5	45±5	44±7	40±2	42±2	41±6	36±36	
N O C H E	Mínima	48	57	47	54	48	35	36	36	38	39	35	35	36	36	34	32
		49	62	52	53	49	35	34	37	38	37	35	34	36	37	34	32
		51	57	54	52	49	37	34	36	38	36	38	34	36	37	32	35
	$x \pm \sigma$	49±2	59±3	51±4	53±1	49±1	36±1	35±1	36±1	38±0	37±2	36±2	34±1	36±0	37±1	33±1	33±2
	Máxima	63	71	76	75	67	43	49	50	47	55	58	53	62	44	44	38
		62	75	70	71	59	47	42	57	49	45	58	41	53	51	43	58
61		73	74	74	58	54	38	51	51	42	51	57	57	37	53	54	
$x \pm \sigma$	62±2	73±2	74±3	73±2	62±5	48±6	43±6	53±4	49±2	47±7	56±4	50±8	57±5	44±7	47±6	50±11	
Promedio	56	67	66	66	57	38	41	42	40	46	45	44	46	40	36	34	
	56	68	63	63	54	42	36	41	41	39	43	36	41	42	36	42	
	56	68	69	66	52	44	36	42	42	38	43	44	46	42	40	46	
$x \pm \sigma$	56±0	67±1	66±3	65±2	54±3	41±3	38±3	42±1	41±1	41±4	44±1	41±5	44±3	41±1	37±2	41±6	

Horarios	Sitios Parámetros	Punto											
		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
M A Ñ A N A	Mínima	34	32	39	36	39	38	42	36	35	35	37	36
		33	33	40	35	39	35	43	35	33	33	37	37
		33	32	40	35	37	35	43	35	33	34	34	36
	$\bar{x} \pm \sigma$	33±1	32±1	40±1	35±1	38±1	36±2	43±1	35±1	34±1	34±1	36±2	37±1
	Máxima	46	54	55	49	57	47	49	53	47	47	57	57
		38	38	53	43	50	41	47	48	45	56	41	57
53		42	47	40	51	39	48	46	50	64	57	49	
$\bar{x} \pm \sigma$	46±8	45±8	52±4	44±5	53±4	42±4	48±1	49±4	47±3	56±9	52±9	54±5	
Promedio	41	41	43	38	46	42	47	39	41	39	45	45	
	34	36	46	39	44	38	45	43	37	44	39	48	
	41	36	42	37	44	36	46	40	37	43	48	41	
$\bar{x} \pm \sigma$	39±4	38±3	44±2	38±1	45±1	39±3	46±1	41±2	38±2	42±3	44±4	44±4	
T A R D E	Mínima	31	35	37	37	39	34	48	35	33	32	34	37
		32	34	36	36	38	34	48	34	32	33	32	37
		32	34	36	36	38	33	47	35	32	34	32	38
	$\bar{x} \pm \sigma$	32±1	34±1	36±1	36±1	38±1	34±1	48±1	35±1	32±1	33±1	33±1	37±1
	Máxima	40	51	48	48	49	38	55	47	48	43	43	49
		45	62	48	48	43	42	50	49	41	39	44	57
52		59	51	51	42	52	52	47	41	52	58	57	
$\bar{x} \pm \sigma$	46±6	57±6	49±2	49±2	45±4	44±7	52±3	48±1	43±4	45±7	48±9	55±4	
Promedio	34	44	41	41	42	36	50	42	39	36	37	41	
	37	48	42	42	40	36	49	44	36	36	38	45	
	42	45	42	42	40	38	50	41	33	44	43	47	
$\bar{x} \pm \sigma$	38±4	46±2	36±1	42±1	41±1	37±1	50±1	42±2	36±3	39±5	39±3	43±3	
N O C H E	Mínima	32	34	43	36	41	37	44	35	35	33	36	34
		32	32	43	37	41	37	44	35	35	33	35	33
		32	32	42	35	41	36	45	36	36	34	37	33
	$\bar{x} \pm \sigma$	32±0	33±1	43±1	36±1	41±0	37±1	44±1	35±1	35±1	33±1	36±1	33±0
	Máxima	57	46	48	55	48	53	51	39	41	45	51	59
		45	42	48	57	45	44	50	52	41	36	52	43
36		40	47	41	46	50	49	50	42	38	55	40	
$\bar{x} \pm \sigma$	46±11	43±3	48±1	51±9	46±2	49±5	50±1	47±7	41±1	40±5	53±2	48±10	
Promedio	43	37	45	43	43	44	48	37	38	35	42	44	
	34	34	45	44	42	38	48	43	38	34	40	35	
	33	35	44	39	43	40	47	43	39	35	44	35	
$\bar{x} \pm \sigma$	37±6	35±2	45±1	42±3	43±1	41±3	48±1	41±3	38±1	35±1	42±2	38±5	

Tabla 3. Promedio y desviación estandar para los 44 sitios de medición en los tres horarios del día.

Horarios	Sitios Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16
M A Ñ A N A	Mínima	45	42	38	43	57	62	42	41	43	41	48	40	38	43	49	41
		47	42	40	42	59	57	45	41	37	43	46	40	40	46	49	44
		48	45	37	47	61	58	48	40	43	41	53	41	40	41	55	44
	Máxima	61	70	64	68	72	73	66	62	67	55	72	66	73	71	63	66
		65	60	60	64	73	73	62	73	59	63	63	60	68	69	63	61
		65	69	59	67	73	73	67	61	71	62	63	68	61	70	70	63
	Promedio	54	58	53	58	66	67	55	53	61	49	63	55	58	60	54	58
		58	53	52	57	66	67	54	59	50	53	57	52	52	60	56	55
		57	60	52	59	68	65	59	51	62	54	59	55	54	59	62	63
	$\bar{x} \pm \sigma$	56±8	55±11	51±10	56±10	66±6	66±6	55±9	53±11	55±12	51±8	58±8	53±11	54±13	58±12	58±7	55±10
T A R D E	Mínima	48	49	48	47	56	52	44	43	50	45	49	44	43	43	50	40
		49	52	43	46	57	53	41	42	44	43	44	45	43	48	50	40
		50	49	43	47	63	62	44	48	45	43	46	46	41	47	47	42
	Máxima	65	72	69	65	71	66	73	67	70	62	68	58	64	74	73	80
		68	68	66	61	75	71	59	67	68	59	68	61	73	68	70	57
		66	66	63	62	78	73	65	66	74	61	65	60	69	70	68	61
	Promedio	57	62	59	57	66	62	61	58	60	54	61	52	56	62	63	68
		57	61	59	54	68	64	51	57	60	53	59	53	61	60	60	51
		59	56	52	55	68	68	57	59	64	51	57	55	58	61	56	51
	$\bar{x} \pm \sigma$	55±8	59±8	56±10	55±7	67±7	63±7	55±11	56±10	59±11	52±7	57±9	53±6	56±12	59±11	60±10	54±14
N O C E	Mínima	49	48	44	53	51	55	49	42	40	39	47	42	41	46	49	41
		46	46	41	48	52	55	48	46	40	44	49	41	39	50	52	40
		49	44	41	46	56	55	50	43	41	46	48	45	43	46	51	38
	Máxima	60	63	69	62	73	72	73	60	66	66	70	62	69	67	65	62
		65	65	67	63	69	76	66	59	60	57	66	60	54	73	63	57
		59	66	71	74	70	74	75	63	73	58	71	67	69	71	63	56
	Promedio	55	55	58	58	65	60	60	52	56	57	64	54	56	60	55	52
		56	56	55	53	65	69	59	53	53	49	58	51	51	64	58	50
		54	57	60	59	66	67	68	53	64	52	64	55	58	62	57	48
	$\bar{x} \pm \sigma$	55±8	56±8	56±12	57±9	63±8	65±9	61±10	62±8	55±12	52±8	60±10	53±8	53±11	60±10	57±6	48±8

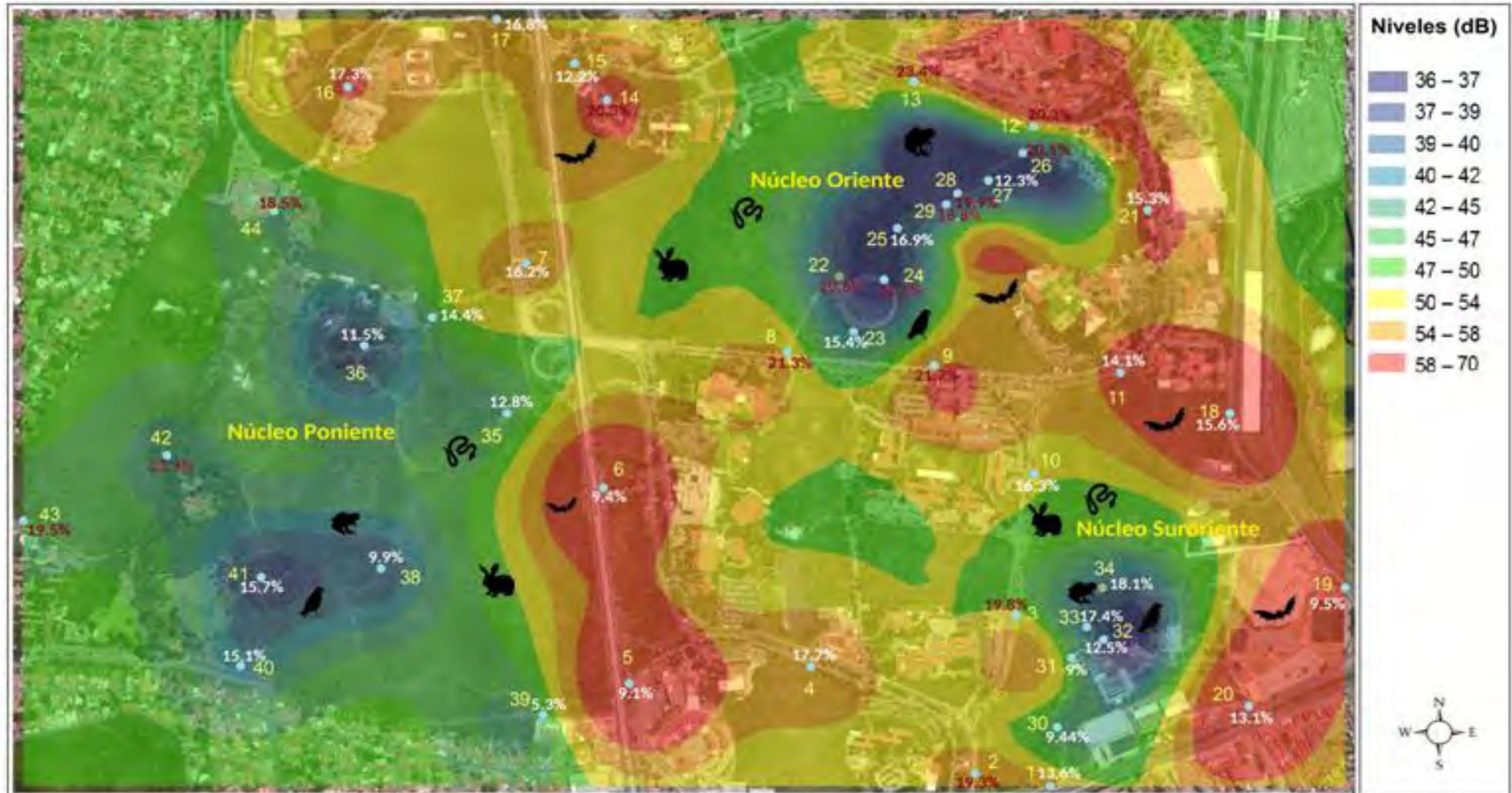
Horarios	Sitios Parámetros	Punto															
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
M A Ñ A N A	Mínima	43	54	55	57	47	33	34	32	33	32	33	32	33	40	39	34
		44	44	57	58	53	32	33	32	33	32	34	32	33	41	40	35
		45	53	57	52	51	32	34	32	33	32	34	33	32	40	44	35
	Máxima	66	71	71	75	62	50	51	57	52	56	43	55	54	46	52	45
		66	71	70	76	72	55	44	43	46	45	45	47	43	53	49	46
		64	71	68	74	72	43	45	35	42	43	43	41	46	46	48	47
	Promedio	57	67	65	68	54	40	44	41	38	42	36	40	42	43	46	39
		56	66	65	68	63	41	38	35	37	35	36	35	39	47	45	39
		56	65	65	67	62	34	38	32	36	36	35	36	34	43	46	39
	$\bar{X} \pm \sigma$	55±9	62±10	64±6	66±9	60±9	40±8	40±6	38±8	39±7	39±8	38±5	39±8	40±7	44±4	45±4	40±5
T A R D E	Mínima	45	54	52	61	47	33	32	37	36	37	43	34	33	38	35	31
		43	44	51	51	47	32	33	37	33	36	37	34	35	34	34	32
		44	53	55	52	52	33	32	35	32	38	37	37	33	37	33	32
	Máxima	64	71	74	71	66	51	49	40	51	59	59	65	60	55	57	49
		66	71	60	73	64	53	55	50	56	48	46	45	51	43	47	41
		66	71	70	70	65	51	46	59	40	59	50	50	49	48	44	46
	Promedio	56	67	66	67	57	41	40	36	42	49	51	52	41	43	47	37
		57	66	56	66	58	39	42	41	42	39	42	42	41	40	40	35
		56	65	63	64	59	37	37	49	37	47	43	39	38	42	36	36
	$\bar{X} \pm \sigma$	55±9	62±10	61±8	64±8	57±7	41±8	41±8	43±8	41±8	46±9	45±7	44±10	42±9	42±6	41±8	38±6
N O C H E	Mínima	48	57	47	54	48	35	36	36	38	39	35	35	36	36	34	32
		49	62	52	53	49	35	34	37	38	37	35	34	36	37	34	32
		51	57	54	52	49	37	34	36	38	36	38	34	36	37	32	35
	Máxima	63	71	76	75	67	43	49	50	47	55	58	53	62	44	44	38
		62	75	70	71	59	47	12	57	49	45	58	41	53	51	43	58
		61	73	74	74	58	54	38	51	51	42	51	57	57	37	53	54
	Promedio	56	67	66	66	57	38	41	42	40	46	45	44	46	40	36	34
		56	68	63	63	54	42	36	41	41	39	43	36	41	42	36	42
		56	68	69	66	52	44	36	42	42	38	43	44	46	42	40	46
	$\bar{X} \pm \sigma$	56±6	66±6	64±10	64±9	55±6	42±6	38±5	44±7	43±5	42±6	45±9	42±8	46±10	41±5	37±2	41±6

Horarios	Sitios Parámetros	Punto											
		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
M A Ñ A N A	Mínima	34	32	39	36	39	38	42	36	35	35	37	36
		33	33	40	35	39	35	43	35	33	33	37	37
		33	32	40	35	37	35	43	35	33	34	34	36
	Máxima	46	54	55	49	57	47	49	53	47	47	57	57
		38	38	53	43	50	41	47	48	45	56	41	57
		53	42	47	40	51	39	48	46	50	64	57	49
	Promedio	41	41	43	38	46	42	47	39	41	39	45	45
		34	36	46	39	44	38	45	43	37	44	39	48
		41	36	42	37	44	36	46	40	37	43	48	41
	$\bar{X} \pm \sigma$	39±7	38±7	45±6	39±5	45±7	39±4	46±2	42±6	40±6	44±10	44±9	45±8
T A R D E	Mínima	31	35	37	37	39	34	48	35	33	32	34	37
		32	34	36	36	38	34	48	34	32	33	32	37
		32	34	36	36	38	33	47	35	32	34	32	38
	Máxima	40	51	48	48	49	38	55	47	48	43	43	49
		45	62	48	48	43	42	50	49	41	39	44	57
		52	59	51	51	42	52	52	47	41	52	58	57
	Promedio	34	44	41	41	42	36	50	42	39	36	37	41
		37	48	42	42	40	36	49	44	36	36	38	45
		42	45	42	42	40	38	50	41	33	44	43	47
	$\bar{X} \pm \sigma$	38±7	46±10	42±6	42±6	41±3	38±6	50±2	42±6	37±5	39±6	40±8	45±8
N O C H E	Mínima	32	34	43	36	41	37	44	35	35	33	36	34
		32	32	43	37	41	37	44	35	35	33	35	33
		32	32	42	35	41	36	45	36	36	34	37	33
	Máxima	57	46	48	55	48	53	51	39	41	45	51	59
		45	42	48	57	45	44	50	52	41	36	52	43
		36	40	47	41	46	50	49	50	42	38	55	40
	Promedio	43	37	45	43	43	44	48	37	38	35	42	44
		34	34	45	44	42	38	48	43	38	34	40	35
		33	35	44	39	43	40	47	43	39	35	44	35
	$\bar{X} \pm \sigma$	38±9	37±5	45±2	43±8	43±3	42±6	47±3	42±7	38±3	36±4	44±7	40±9

Tabla 4. Valores de la media (X), desviación estándar (σ) y coeficiente de variación (C.V.) para los 44 sitios, que se pueden apreciar en los mapas del Anexo 4.

Sitio	Mañana		Tarde		Noche	
	$X \pm \sigma$	C.V. (%)	$X \pm \sigma$	C.V. (%)	$X \pm \sigma$	C.V. (%)
1.	56±8	13.65	58±8	13.15	55±6	11.10
2.	55±11	19.34	59±8	14.18	56±8	14.76
3.	51±10	19.83	58±8	17.40	55±6	21.13
4.	56±10	17.70	55±7	12.86	57±9	14.95
5.	66±6	9.15	67±7	11.10	63±8	12.75
6.	66±6	9.43	63±7	11.42	65±7	13.32
7.	55±9	16.27	55±11	19.65	61±10	16.96
8.	53±11	21.34	56±10	17.57	52±8	14.36
9.	55±12	21.77	59±11	18.37	55±12	22.37
10.	51±8	16.36	52±7	14.27	52±8	16.09
11.	58±8	14.13	57±9	16.03	60±10	15.97
12.	53±11	20.39	53±6	12.31	53±9	17.19
13.	58±13	23.46	56±12	20.89	53±11	20.86
14.	58±12	20.33	59±11	18.51	60±10	17.22
15.	58±7	12.23	60±10	15.97	57±6	10.12
16.	55±10	17.39	54±14	25	49±8	16.93
17.	55±9	16.86	55±9	16.86	56±6	9.97
18.	62±10	15.65	62±10	15.64	66±6	9.48
19.	64±6	9.59	61±8	13.54	64±10	16.19
20.	66±9	13.14	64±8	2.14	64±9	14.05
21.	60±9	15.34	57±7	12.63	55±6	11.54
22.	40±6	20.69	41±8	20.58	38±5	14.99
23.	38±8	15.44	43±8	19.98	44±7	12.62
24.	39±7	22.13	41±8	19.22	43±5	17.15
25.	39±8	16.98	46±9	19.55	42±6	11.84
26.	39±5	20.59	45±7	19.62	45±9	14.35
27.	39±8	12.31	44±10	15.64	42±8	19.69
28.	40±7	19.94	42±9	22.89	46±10	20.06
29.	44±4	18.80	42±6	21.81	41±5	21.11
30.	45±4	9.44	41±8	14.87	37±2	11.79
31.	40±5	9.08	38±6	19.27	41±6	6.19
32.	39±7	12.50	38±7	17	38±9	15.02
33.	38±7	17.47	46±10	18.49	37±5	22.42
34.	45±6	18.16	42±6	22.75	45±2	13.10
35.	39±5	12.86	42±6	13.21	43±8	4.97
36.	45±7	11.54	41±3	13.21	43±3	18.57
37.	39±4	14.49	38±6	8.30	42±6	5.77
38.	46±2	9.93	50±2	15.44	47±3	14.51
39.	42±6	5.39	42±6	4.85	42±7	5.39
40.	40±6	15.18	37±5	13.83	38±3	15.55
41.	44±10	15.79	39±6	14.70	36±4	6.90
42.	44±9	23.91	40±8	16.75	44±7	10.47
43.	44±8	19.56	45±8	20.52	40±9	5.30
44.	45±8	18.50	45±8	17.68	38±	21.63

Variación en los niveles de ruido en la mañana

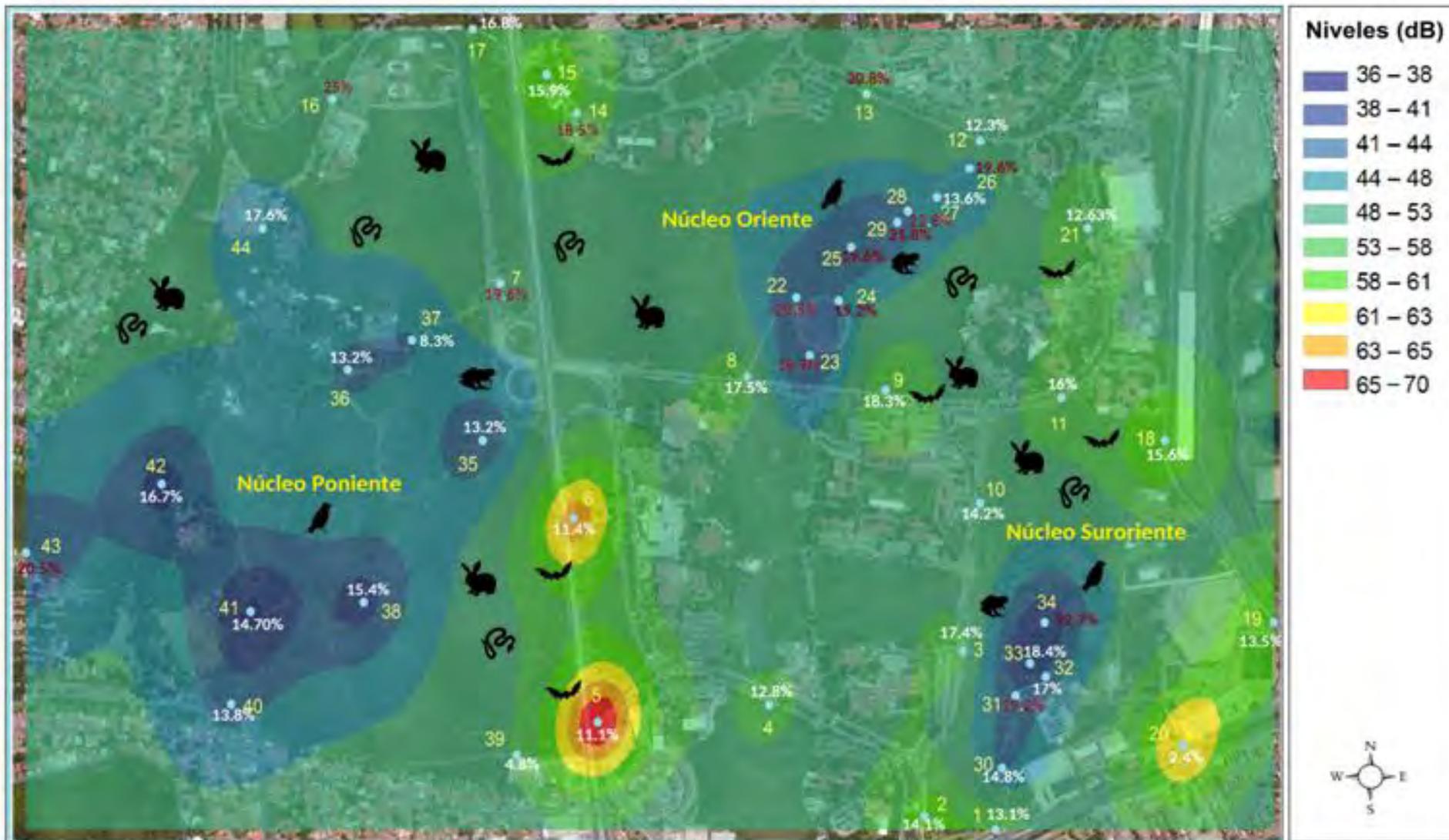


Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 1. Mapa de ruido de la mañana con los valores del C.V. (%) para los 44 sitios; y la fauna que se vería afectada de acuerdo intensidad de ruido en diferentes zonas de la REPSA para ese periodo del día.

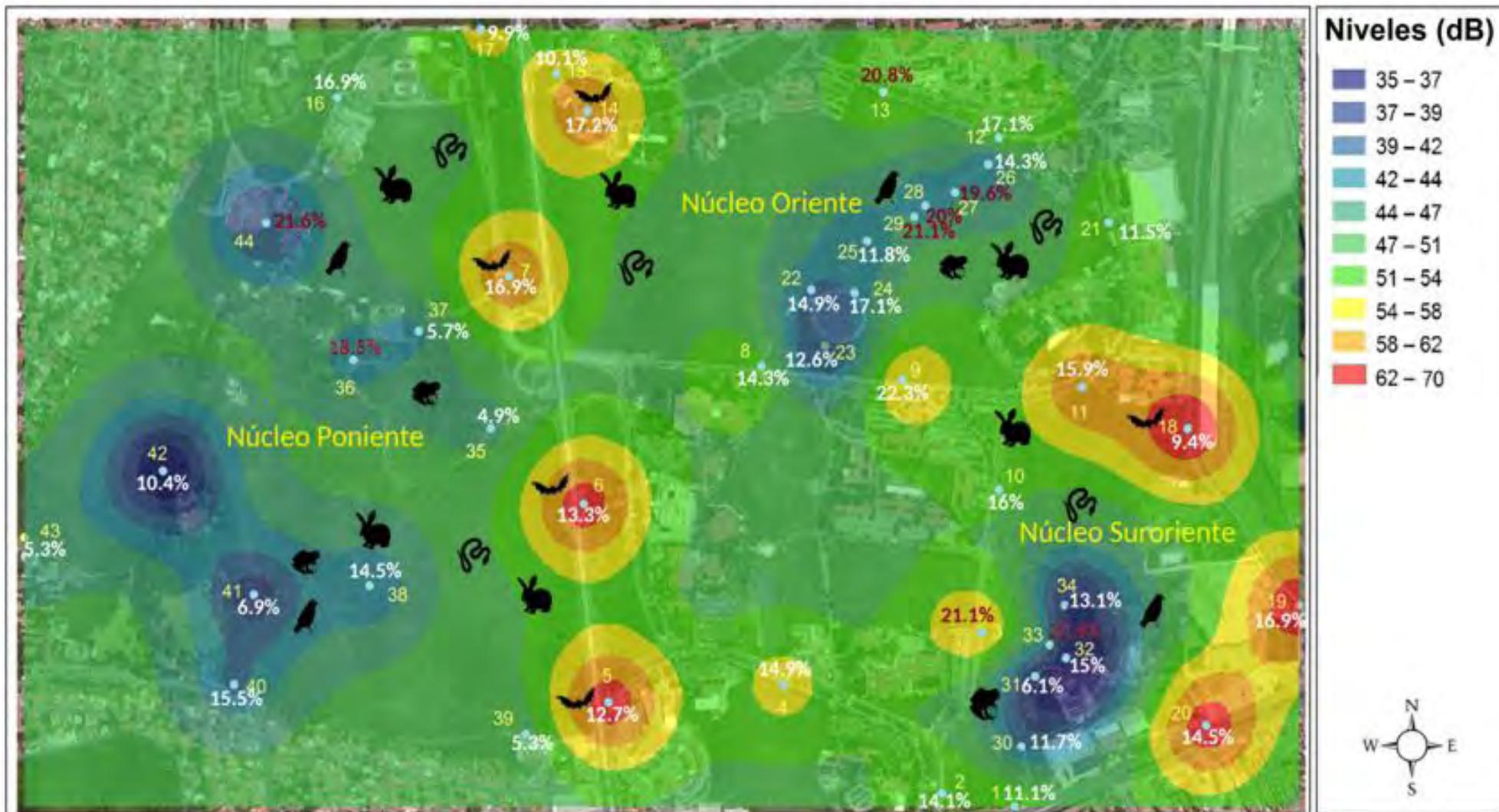
Variación en los niveles de ruido en la tarde



Elaboró: Pamela Valery Mora Roldán Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo Mapa base: Imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 2. Mapa de ruido de la tarde con los valores del C.V. (%) para los 44 sitios; y la fauna que se vería afectada de acuerdo intensidad de ruido en diferentes zonas de la REPSA para ese periodo del día.

Variación en niveles de ruido en la noche

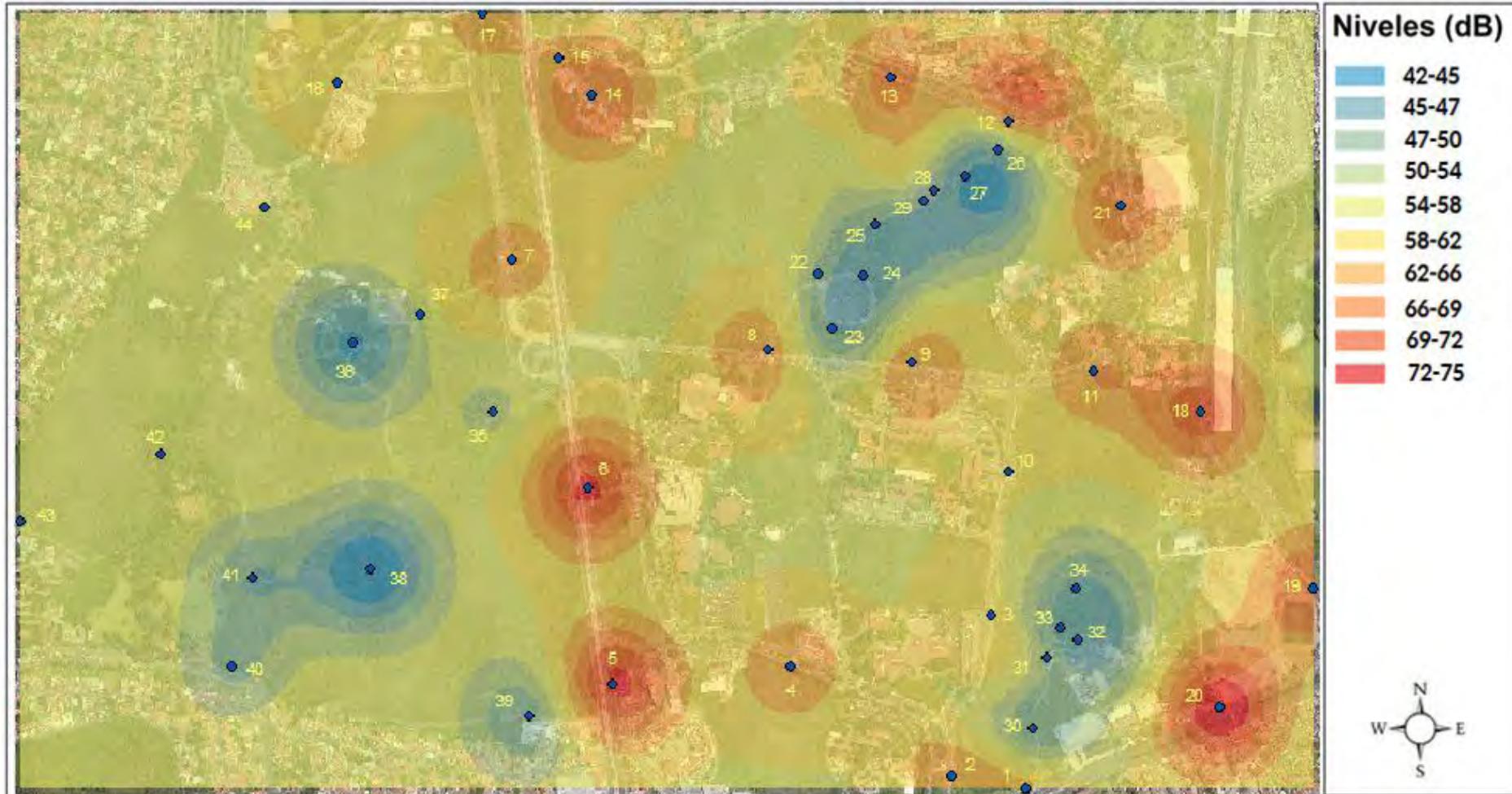


Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 3. Mapa de ruido de la noche con los valores del C.V. (%) para los 44 sitios; y la fauna que se vería afectada de acuerdo intensidad de ruido en diferentes zonas de la REPSA para ese periodo del día.

Niveles máximos de ruido por la mañana en la REPSA

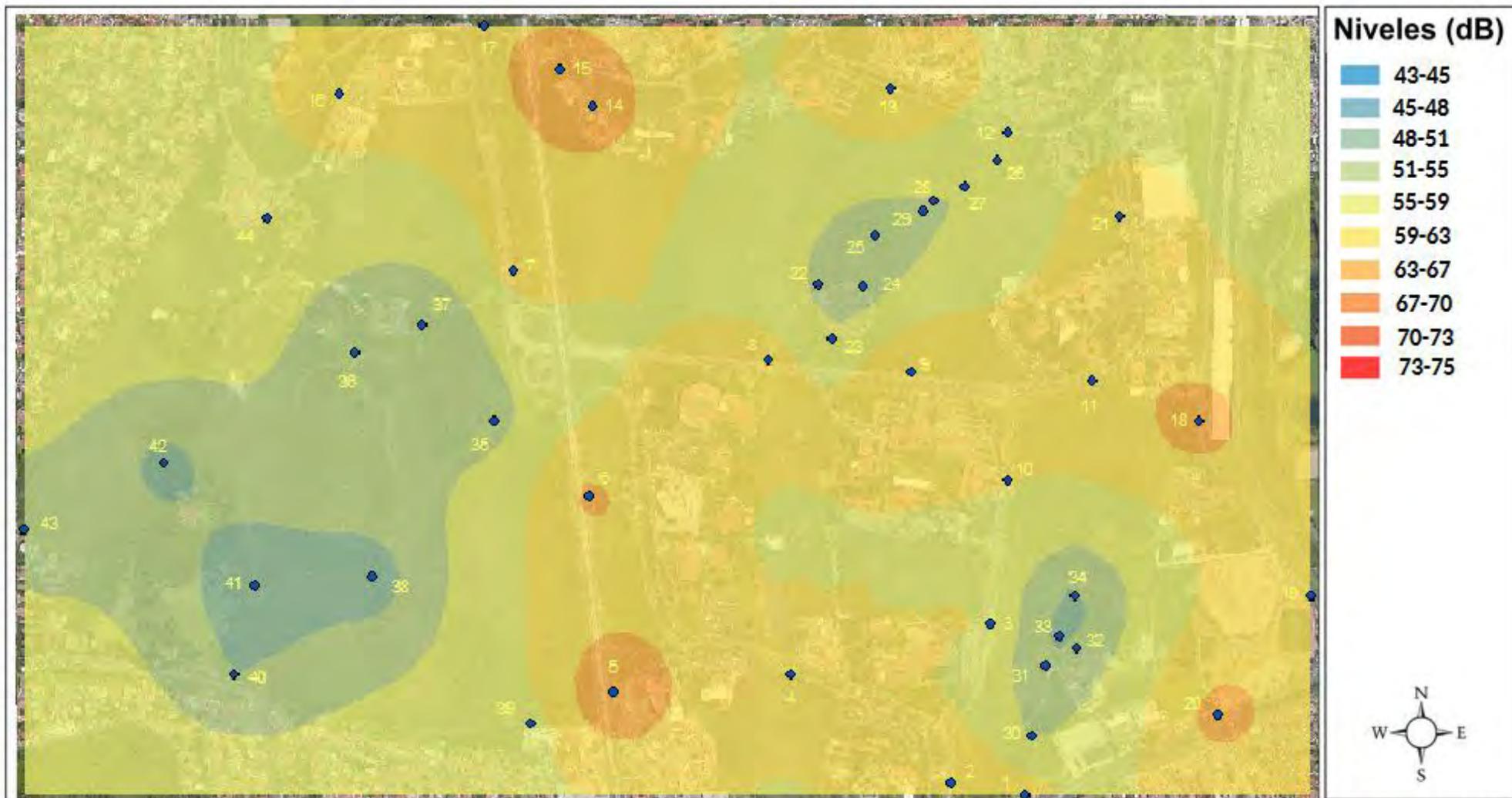


Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 4. Mapa de ruido con los niveles máximos por la mañana en la REPSA

Niveles máximos de ruido en la tarde en la REPSA

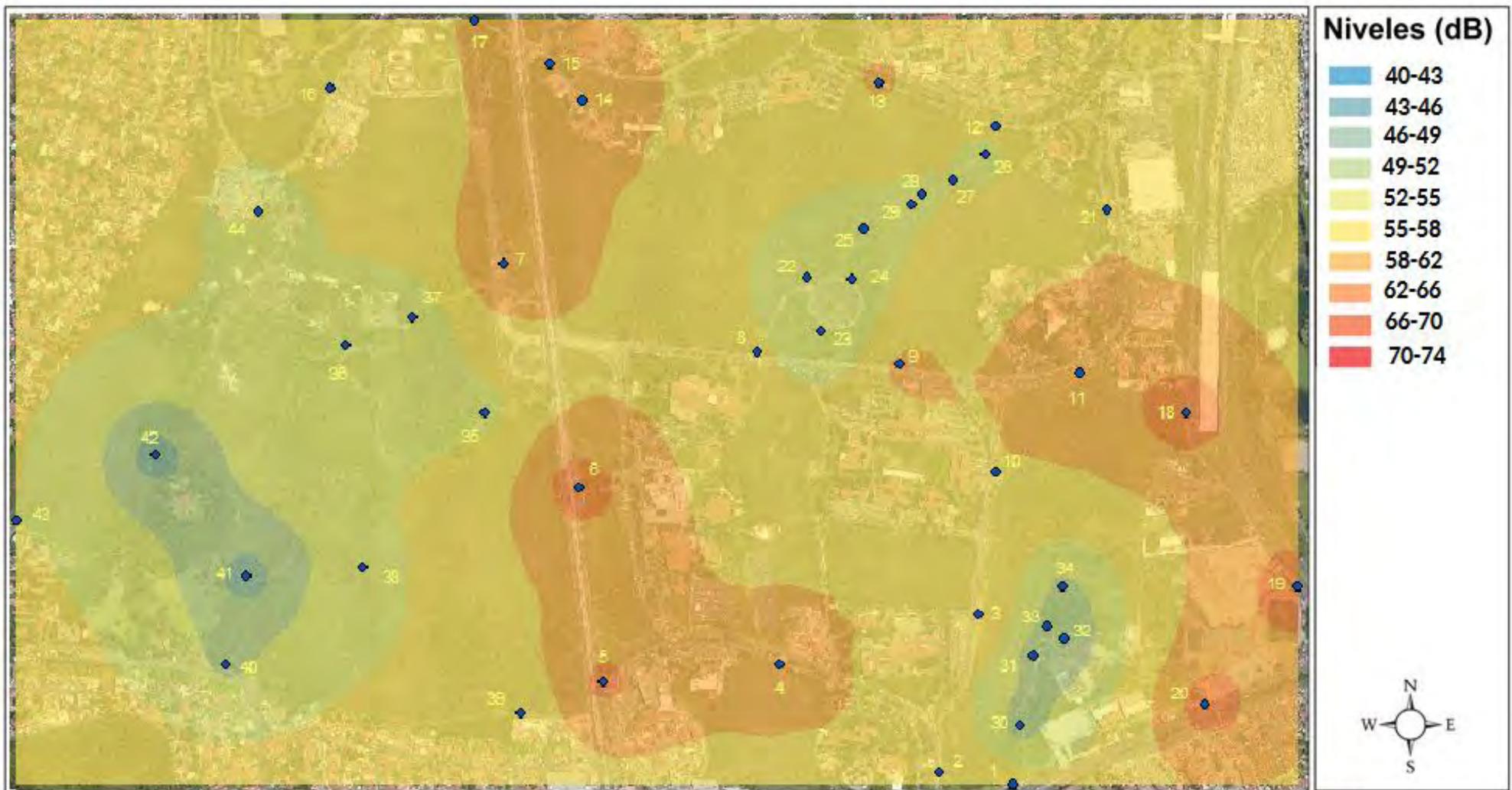


Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 5. Mapa de ruido con los niveles máximos por la tarde en la REPSA

Niveles máximos de ruido por la noche en la REPSA



Elaboró Pamela Valery Mora Roldán

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo. Mapa base, imagen multiespectral de la UNAM (Peralta, 2015).

Figura 6. Mapa de ruido con los niveles máximos por la noche en la REPSA