

DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL RUIDO EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA: CASO DE LA ESCUELA DE GEOGRAFÍA

Gilda Nava¹
Jorge Rodríguez²
Gregorio Durán³
Julia Miguel⁴

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar si los niveles de ruido fueron dañinos para el desarrollo de las actividades de la Escuela de Geografía de la UCV, durante el semestre 96-1. El ruido es un sonido lo suficientemente elevado, como para afectar negativamente nuestras actividades. Por ejemplo, una conversación puede ser interrumpida por un sonido de 65 decibeles. En nuestro caso, el ruido puede interrumpir las clases, reuniones, el trabajo del personal administrativo, nuestras conversaciones, etc. Si podemos detectar los niveles de ruido en la Escuela de Geografía, podemos describir las características de este factor disruptivo en una institución de este tipo. Dichos resultados podrían generalizarse a instituciones similares. Además, podemos diseñar planes y estrategias para disminuirlo. El ruido fue medido mediante un Sonómetro, el cual se ubicó en 22 sitios de la Escuela de Geografía, discriminados de la manera siguiente: aulas de clase (10); ambientes administrativos (2); ambientes de laboratorio (3); ambientes profesoraes (2); un ambiente de circulación (4) y ambientes de esparcimiento estudiantil (1). Se diseñó un plan que contemplaba las horas de medición del ruido en forma sistemática, con el objetivo de tener mediciones comparables entre sí que nos permitieron obtener la distribución espacio-temporal del mismo, la cual fue representada en un plano de isolíneas y los gráficos pertinentes. De los 22 puntos de medición, se detectaron 5 ambientes críticos de ruido, de los cuales 3 son del ambiente de circulación, uno del ambiente de laboratorio y uno del ambiente de clase. Desde un punto de vista temporal,

¹ Profesora Asistente de la Escuela de Geografía.

² Profesor Asociado de la Escuela de Geografía.

³ Estudiante de la Escuela de Geografía.

⁴ Estudiante Tesista de la Escuela de Geografía.

los días Lunes y Jueves resultaron los más ruidosos, especialmente entre las 10:30 am y las 12:30 pm. Se concluyó en que un porcentaje relativamente pequeño de los ambientes de la Escuela de Geografía tenía niveles de ruido inconvenientes para el desarrollo de las actividades propias de esa institución académica.

Palabras clave: Ruido, Sonido, Distribución Espacial, Escuela de Geografía.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate if noise levels were harmful to development activities in the School of Geography at UCV during winter semester 1996. Noise is a sufficiently loud sound such as to negatively affect routine activities. For example, a conversation can be interrupted by a sound of only 65 decibels. In our case, noise can interrupt classes, meetings, administrative personnel's work, conversations, etc. If we can detect noise levels in the School of Geography, we can describe the characteristics of this disruptive factor in an institution of this type. These results could then be generalized to similar institution and we could also use the information to design plans and strategies to diminish it. Noise levels were measured by means of a sound meter placed in 22 locations in the School of Geography. These locations were categorized as follows: classroom (19); administrative office (2); laboratory (3); faculty office (2); common area (4) and student recreation area (1). Sample design was planned such that the hours of noise measurement were collected in a systematic form, with the objective of having comparable measurements among sampling locations in order to obtain a space-time distribution of the measurements. This information was graphically represented as planar isolines. Of the 22 sampling locations, 5 critical environments of noise were identified, three of which belonged to the common area category, one to the laboratory category and one to classroom. From a temporal point of view, Mondays and Thursdays were most noisy. It was concluded that only a relatively small percentage of the environment categories within the School of Geography had inconvenient levels of noise sufficient for negative impact on the development activities characteristic of that academic institution.

Key words: Noise, sound, space distribution, School of Geography

Este estudio forma parte de un conjunto de investigaciones realizadas en la Escuela de Geografía con el objeto de estudiar diversos tipos de contaminación que pudiesen afectar el normal desenvolvimiento de las actividades académicas en la Institución. Una de estas investigaciones es la presente, cuya intención es detectar de forma sencilla los

niveles de ruido en la Escuela de Geografía, determinar si estos resultan nocivos y tratar de generalizar tanto la metodología utilizada para el estudio de la contaminación sónica como sus resultados a otras instituciones similares.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

1. Análisis de la distribución espacio-temporal del ruido en la Escuela de Geografía y de su impacto en las actividades universitarias.
2. Evaluación de áreas críticas de ruido

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la Escuela de Geografía de la Universidad Central de Venezuela la cual presenta las siguientes características (véase plano anexo):

Se encuentra constituida por un pasillo que la atraviesa de un extremo al otro, el cual se interrumpe por el lado este por unas rejas que protegen la Sala de Control de estudios, la sala de fotointerpretación, la sala del egresado, concebida como una sala de conferencias pero en la cual, sin embargo, usualmente se dictan clases; le sigue la sala de cartografía, lugar donde se dictan las clases de cartografía; enfrente se encuentra la mapoteca, al lado de la cual está el Centro de Estudiantes; delante de éste se encuentra el Laboratorio de Climatología y la Sala de computación de los profesores de la Escuela. En el extremo de esta sección enrejada del pasillo se encuentra la Sala de Talleres, aula especialmente acondicionada con mesas y sillas y en la cual además de las clases, los alumnos se reunían a realizar su trabajo y actividades de esparcimiento.

Como señalamos anteriormente, al norte del pasillo se encuentran todas las aulas de clase, las cuales de este a oeste están numeradas desde la 24 a la 27 y se ven interrumpidas por la sala de profesores de Geografía Humana, la cual para el momento del estudio ocupaba el espacio correspondiente al aula 28, le seguían las aulas 29,30 31 y la sala de

profesores de Geografía Física, interrumpiéndose el pasillo con las rejas ya mencionadas.

Antes de la zona enrejada del pasillo, se encontraban unos bancos los cuales estaban ubicados al lado de las últimas aulas señaladas y otros junto a una rampa que permite bajar a la Escuela de Psicología. En el otro extremo de la rampa está el laboratorio de Geomorfología y Suelos, al cual le sigue un bebedero de agua, luego uno de los baños de hombres y junto a este la Dirección de la Escuela de Geografía. Al lado de esta se encuentra la Dirección de la Escuela de Historia. Todos estos espacios quedan del lado del pasillo que está frente a las aulas y salas de profesores de la Escuela de Geografía. Luego de la Dirección de la Escuela de Historia se encuentran unas barandas que limitan una escalera que permite bajar por este extremo del pasillo a la Escuela de Psicología. Si seguimos el pasillo, luego del aula 24 encontraremos una sala de profesores de la Escuela de Historia, al lado una sala de reuniones de la misma Escuela y, junto a esta, otro baño de hombres. Frente al aula 24 se encuentran ubicados unos tres bancos y diagonal con dicha aula está el baño de damas, el cual es común para la Escuela de Geografía y de Historia. Sin embargo, la Escuela de Geografía es diurna y la de Historia básicamente nocturna.

DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS Y METODOLOGÍA

Dado que en el presente estudio se utilizan diversos términos que tienen distintas acepciones tanto en el uso común como entre los especialistas, es necesario hacer las precisiones correspondientes en las definiciones de ruido y otros conceptos relacionados con el mismo. Se entenderá, desde un punto de vista físico, como ruido a “la mezcla anárquica o aleatoria de sonidos”, mientras que psicofisiológicamente es “un sonido desagradable al oído humano”. El sonido a su vez, es energía (o potencia), en forma de compresiones, que puede ser geométricamente representada como una onda de presión con amplitud (intensidad) y frecuencia (tono) determinados.

Una manera de medir el efecto de la energía acústica del ruido, es tomando en cuenta su cantidad de energía por unidad de tiempo y por unidad de área; de ahí se establece que dicha cantidad reciba el nombre de intensidad de la energía acústica o intensidad de la potencia acústica.

El oído humano es capaz de detectar entre intensidades de potencias que van desde 10^{-16} watt/cm² hasta 10^{-4} watt/cm² pero debido a lo poco práctico que ha resultado esta unidad de medida (watt/cm²) se usa en su lugar el decibel (acrónimo db); el decibel es una función logarítmica de la intensidad de la potencia acústica y por ello se conviene en nombrarla o considerarla una unidad de medida del nivel de intensidad del ruido (acrónimo NIR); esta transformación logarítmica determina que los límites auditivos estén en el intervalo (0; 120) db.

La sensación del oído o sonoridad depende, además de la intensidad, del tono o frecuencia del sonido; por ejemplo, un sonido con un nivel de intensidad de 20 db emitido con una frecuencia dada, será percibido mejor por el oído humano si el mismo sonido se emite a una frecuencia mayor. En lo que sigue identificaremos como nivel de intensidad del ruido (NIR) a la medición del nivel de la intensidad del sonido general no discriminado por sus distintas frecuencias; cuando los niveles de intensidad del sonido general se obtienen según sus distintas frecuencias, se le denominará con el término global de niveles de intensidad sonora (NIS), denominación que pone en relevancia la relación existente entre la sensación auditiva humana (sonoridad) y los rasgos de intensidad y frecuencia del fenómeno acústico.

Las condiciones acústicas fueron medidas mediante un Sonómetro (Decibelímetro) de Precisión tipo 2230. “Este equipo procesa el ruido de manera que da relevancia a sonidos de baja frecuencia (2); equipos con esa característica se denominan ponderadores tipo A” (Bruel & Kjaer, 1984). Por ello, a veces se simbolizará al decibel como dbA.

En cada sitio o lugar de medición se evaluaron dos conjuntos de características sonoras: (1) el nivel global o general de intensidad del ruido (NIR) en decibeles (db), y (2) niveles de intensidad sonora (NIS), en db, o sea, niveles de intensidad por bandas de frecuencia.

ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DEL RUIDO (NIR) Y DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DEL SONIDO (NIS)

Los NIR fueron obtenidos en 22 sitios de la Escuela de Geografía, los cuales se discriminan de la manera siguiente: 10 en aulas de clase; 2 en áreas administrativas; 1 en un área de esparcimiento estudiantil; 3 en áreas de laboratorios; 2 en áreas de cubículos de profesores y 4 en el pasillo central de la Escuela. En cada sitio de medición se obtuvo: (i) una secuencia de 4 mediciones NIR, una cada 15 segundos; (ii) los valores máximo y mínimo del NIR generado en ese minuto y (iii) una medición del nivel de intensidad sonora (NIS) por cada banda de frecuencia especificada en el sonómetro.

Las mediciones se efectuaron en horas de la mañana (desde las 7:45 am hasta las 12:30 pm) durante 5 días en la semana comprendida entre el 15 de enero y el 19 de enero de 1996. Esto determinó que en cada sitio se obtuviera por lo menos un registro y hasta un máximo de 10 registros por sitio o lugar de medición. Luego, para cada sitio y para cada hora seleccionada se compiló un registro de mediciones, unas debidas a la intensidad del sonido general (NIR) y otras a la intensidad sonora (NIS).

Con el propósito de determinar las áreas que tenían condiciones de ruido inadecuadas, se realizó el siguiente procedimiento: (A) se clasificaron los sitios según el nivel "límite" o "crítico" de 65 decibeles: todo sitio con valor promedio global (VPG) igual o mayor de 65 db se consideró como sitio crítico. El VPG resulta de promediar las medias aritméticas correspondientes a cada lugar en las distintas horas y días en que se hicieron las observaciones del ruido. Por ejemplo, en el Pasillo, frente a la Escuela de Historia (sitio 10), para el lapso de los 5 días se calcularon 10 medias aritméticas (cada una proveniente de 4 mediciones), con las cuales se estimó el VPG del NIR; en síntesis este VPG proviene de 40 mediciones.

Los cálculos del VPG permitieron detectar que en 5 sitios, de un total de 22, sus magnitudes estuvieron por encima del nivel crítico de los 65 db, tales lugares críticos fueron: (1) Pasillo, frente a la Escuela de Historia (71,0 db); (2) Pasillo al lado de la Dirección de la Escuela (70,7

db); (3) Pasillo, adyacente al Laboratorio de Suelos (69,1 db); (4) Pasillo, frente a Control de Estudios (67,1 db) y (5) Sala de Talleres (66,7 db).

(B) con el propósito de categorizar ordinalmente los 5 sitios críticos, se tomaron en cuenta 3 características: (1) VPG del NIR; (2) frecuencia con que las medias aritméticas (provenientes del registro de 4 mediciones) igualaron o superaron los 65 db; (3) frecuencia con que los valores mínimos de cada registro igualaron o superaron los 65 db; Con base a estos indicadores se elaboró el siguiente resumen en forma de cuadro:

Cuadro N° 1 SITIOS CRÍTICOS

Según Análisis del Nivel de Intensidad del Ruido (NIR)^(*)

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	NIR	PNIR	PMIN
10	PASILLO DE HISTORIA	71,0	100	60
9	PASILLO DIR.ESCUELA	70,7	100	60
3	PASILLO LAB/SUELOS	69,1	90	30
2	PASILLO CTRL/ESTUD	67,1	70	10
5	SALA DE TALLERES	66,7	75	0

* La interpretación de las columnas del cuadro resumen es la siguiente:

CÓDIGO DE ÁREA: A cada área seleccionada en el ámbito de la Escuela de Geografía le correspondió una estación o sitio de medición, estos sitios fueron codificados con propósitos de simplificación, por numerales que secuencialmente van desde el 1 hasta el 22.

NIR = VPG (NIR) = valor promedio del NIR (db).

PNIR = proporción en que las medias aritméticas del NIR superaron el valor crítico o límite de 65 db (acrónimo, VL 65); por ejemplo, 100 significa que todas las medias aritméticas por registro (de 4 mediciones) NIR superaron a VL 65.

PMIN = proporción en que los valores mínimos del NIR superaron el valor crítico o límite de 65 db; por ejemplo, 60 significa que el 60% de los valores mínimos estuvieron por encima de VL65.

Con el propósito de combinar la cantidad física del NIR con las proporciones del PNIR y PMIN, se generó una escala ordinal (del 1 al 5) para cada característica, donde el ordinal 5 corresponde al máximo valor y el ordinal 1 para el mínimo valor. El procedimiento anterior da lugar a que cada sitio se le asignen tres ordinales (uno por cada columna); la suma de esos tres ordinales permite la comparación de los sitios con base a las 3 variables utilizadas. El cuadro que se anexa a continuación muestra el resultado del procedimiento explicado.

Cuadro N° 2
CATEGORIZACIONES (*) DE SITIOS CRÍTICOS
Según Análisis de Escalas Ordinales de Ruido

CÓD. ÁREA	IDENTIFICACIÓN	NIR	PNIR	PMIN	Suma	CATEG
10	PASILLO DE HISTORIA	5	5	5	15	5
9	PASILLO DIR.ESCUELA	4	5	5	14	4
3	PASILLO LAB/SUELOS	3	3	3	9	3
2	PASILLO CTRL/ESTUD	2	1	2	5	2
5	SALA DE TALLERES	1	2	1	4	1

* Suma = suma de las tres categorizaciones ordinales NIR, PNIR y PMIN.

CATEG = nivel categórico ordinal según valor de la columna Suma.

ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD SONORA (NIS)

Seguidamente se miden los niveles de intensidad sonora por banda de frecuencia (NIS), mediciones que permiten discriminar el ruido en sus distintas frecuencias. El “sonómetro” mide desde 0,315 kHz, hasta 16 kHz . kHz es una abreviatura de kiloHertz; Hz es el símbolo de Hertz, unidad de medida de la frecuencia —del Sistema Internacional (SI). Frecuencia “es el número de ciclos u ondas por unidad de tiempo de una oscilación”(Editorial Norma;1984). El Hertz es equivalente a un ciclo por segundo.

El rango del s3nometro (de 0,315 kHz a 16 kHz) est1 dividido en secciones o bandas de frecuencia. Cada banda de frecuencia tiene un ancho de una octava; una octava es una banda de frecuencia en la cual la frecuencia superior o m1xima es el doble de la frecuencia inferior. Las mediciones discriminadas por frecuencias por el son3metro corresponden, en realidad, a los siguientes centros de cada banda de frecuencia como se muestra a continuaci3n:

Octava	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
En kHz	0,0135	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
En Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000

Lo anterior significa, por ejemplo, que una octava con centro de frecuencia en 1 kHz admite frecuencias entre 707 y 1414 Hz, pero rechaza todas las dem1s (Bruel & Kjaer, 1984). El proceso de dividir el ruido o sonido general (de naturaleza compleja) es conocido como an1lisis de frecuencia; 3ste nos permitir1 presentar los resultados en forma gr1fica, gr1fico que es conocido como espectrograma.

El an1lisis de frecuencia es pertinente, si consideramos el punto de vista de Sears (1975), quien expresa: "... La sonoridad (sensaci3n o atributo subjetivo de la onda sonora) es, con bastante aproximaci3n, aunque no exactamente, proporcional al logaritmo de la intensidad o al **nivel de intensidad**... . Lo dicho anteriormente solo se cumple cuando se comparan los efectos fisiol3gicos producidos por el **mismo tipo de ondas** con intensidades diferentes, pero var1a completamente cuando se comparan ondas de tipos distintos...". En el mismo orden de ideas se manifiestan Bruel & Kjaer (1984): "...el o3do humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias. Es m1s sensible a sonidos entre 2 kHz y 5 kHz, y menos sensible a frecuencias inferiores o superiores a esos umbrales". Los juicios anteriores se relacionan estrechamente con lo previsto en el "Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo"

(1973), en su Título II, Capítulo VII, en su aparte “De los Ruidos y Vibraciones”, cuando en el artículo 138 se expresa que “En los sitios o locales donde existan niveles de ruidos sostenidos, de frecuencias superiores a 500 ciclos por segundo e intensidad mayor de 85 decibeles y sea imposible eliminarlos o limitarlos, el patrono deberá suministrar equipo protector adecuado a aquellos trabajadores que estén expuestos a esas condiciones durante su jornada de trabajo”.

Todo lo consultado anteriormente hace concluir que: un propósito inmediato del análisis de frecuencias del sonido es el de detectar si las mayores intensidades registradas se localizan en las frecuencias donde el oído humano es más sensible y, por ende, buscar medidas correctivas que eliminen o limiten tales inconvenientes sonoros.

Con propósitos de simplificación, se convino en seleccionar solamente aquellos sitios con niveles sonoros más elevados. Con tal propósito, se consideró que las áreas con potenciales problemas debidos al NIS, serían en las que la medición acústica ponderada linealmente (medición “Lin”) superara al valor límite de 65 db (VL65); por cada registro de bandas de frecuencia, el sonómetro arroja un valor acústico global que se llamará medición “Lin”.

La magnitud del valor umbral de los 65 db se relaciona, aproximadamente, con lo sugerido por la literatura especializada y por lo dispuesto en el artículo 140 del Reglamento citado, en el cual se lee: “En las oficinas y lugares de trabajo donde predomine la labor intelectual, los niveles sonoros (ruidos) no podrán ser mayores de 70 decibeles, independientemente de la frecuencia y tiempo de exposición”.

Así mismo, en estos sitios críticos, complementario al nivel de intensidad sonora, se tomó también en cuenta el número de bandas de frecuencia que superaron el umbral de los 65 db.

Con los criterios arriba mencionados se identificaron los sitios críticos y luego, al igual que se hizo en el análisis de los NIR, se clasificaron ordinalmente para obtener el siguiente resultado;

Cuadro N° 3
CATEGORÍAS FINALES DE ÁREA CRÍTICAS^(*)
Según Puntuaciones Ordinales

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	ORDLIN	ORDPROP	SUMA	ORDFIN
9	PASILLO DIR. ESCUELA	7	7	14	7
3	PASILLO/LAB SUELOS	6	7	13	6
10	PASILLO DE HISTORIA	5	7	12	5
2	PASILLO CTRL/ESTUDIO	4	7	11	4
5	SALA DE TALLERES	3	3	6	3
16	LABORATORIO/SUELOS	2	2	4	2
13	AULA 27	1	1	2	1

* El significado de las abreviaturas de las columnas es el siguiente:

ORDLIN = Ordinal asignado según promedio de la medición LIN.

ORDRPOP = Ordinal asignado según proporción de bandas de frecuencia que superaron el VL 65.

SUMA = Totalización de los 2 ordinales asignados a cada área crítica.

ORDFIN = Jerarquía final. Ordinal 7 designa el área con características acústicas más inconvenientes según criterios ya descritos.

ANÁLISIS DE ESPECTROGRAMAS

Con base a experimentos realizados a partir de la década de los 30, se han elaborado diagramas que permiten comparar los NIS de distintos tonos o frecuencias; a ese respecto. López Barrio (Capítulo 8. Efectos Sociopsicológicos del Ruido; p.129) escribe: “La característica subjetiva que corresponde a la intensidad del sonido se llama sonoridad... existe una sensación diferente para tonos de igual nivel sonoro y distinta frecuencia. Mediante ensayos sucesivos, se han determinado las curvas de igual sonoridad dadas primeramente por Fletcher y Mundson (1934) y revisadas por Robinson y Dadson (1956)...”.

De acuerdo al texto anterior, para que las medidas NIS sean comparables con la sensibilidad humana es necesaria referirla a un patrón común (por ejemplo al de 1 kHz) como en el dado en el diagrama de las curvas isofónicas de Robinson y Dadson (1956). La aplicación de las curvas isofónicas de Robinson y Dadson (1956) puede apreciarse mediante el análisis de registros NIS en uno de los sitios de medición, como el ubicado en el pasillo frente a la Dirección de la Escuela de Geografía, codificada como sitio n° 9, el cual se presenta inmediatamente en el cuadro n° 4 (Ver, también, Gráfico 1).

Cuadro N° 4

Frecuenc. (Hz)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K
NIS (dB)	71,7	71,5	71,5	71,3	71,0	71,1	72,2	71,5	71,7	72,0
Sensibilidad(*)	30	58	68	72	72	71,1	75	82	70	75

(*) El término sensibilidad se refiere a una estimación de la percepción auditiva del oído humano tomando en cuenta al NIS y al tono del sonido. Los valores de sensibilidad se expresa en Hertz y son equivalentes a la sonoridad producida por un sonido a una frecuencia de 1 kHz. Por ejemplo, el tono de 31,5 Hz producido a un NIS de 71,7 dB es equivalente, en sonoridad, al sonido con un tono de 1 kHz y un NIS de 30 Db.

La interpretación de los índices de sensibilidad pone en evidencia que aún cuando el NIS es mayor a los 70 db, solamente los tonos iguales o mayores a 125 Hz serían acústicamente inapropiados en áreas donde se desarrollan labores de tipo intelectual (véase Gráfico 2). Adviértase en el cuadro n° 4, que el NIS para el tono de 31.5 Hz es de 71,7 db y el NIS para 1 kHz es de 71,1 db, pero la sensibilidad a 1 kHz es más de 2 veces mayor a la sensibilidad a 31,5 Hz; ello significa que el oído humano, para un mismo nivel de intensidad sonora, es menos sensible en el tono de baja frecuencia que el tono de alta frecuencia.

Con base a los resultados anteriores, se deduce que el espectrograma ideal, en el sentido de producir las menores perturbaciones acústicas, sería aquel que tuviera una configuración descendente desde las bajas frecuencias hasta las altas frecuencias (ver Gráfico 3); los resultados de

los espectrogramas en el grupo de los sitios acústicamente críticos fueron notoriamente opuestos al espectrograma ideal, lo cual determina una situación acústica no pertinente a las actividades académicas en general.

CATEGORIZACIÓN DE SITIOS CON BASE A CONDICIONES CONJUNTAS DEL NIR Y DEL NIS

Las condiciones de sonido, tanto en su forma compleja como en forma de tonos puros, se han enfocado separadamente, de modo analítico. Ese análisis condujo a que los sitios o áreas críticas fueran categorizados ordinalmente de dos maneras, de acuerdo a los criterios del nivel de intensidad de ruido (NIR) y del nivel de intensidad del sonido (NIS). Dado que en la realidad tales propiedades sónicas se dan de manera conjunta, es pertinente categorizar los sitios mencionados combinando sus propiedades NIR y NIS para, finalmente, producir una categorización ordinal final.

Al combinar, de modo sumativo o aditivo, la categorización según criterio NIR con la categorización criterio NIS, se obtuvo el siguiente cuadro de categorías:

Cuadro N° 5

CATEGORIZACIÓN DE SITIOS CRÍTICOS

Según Combinación de Categorías NIR y Categorías NIS^(*)

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	ONIR	ONIS	SUMA	CATFIN
9	PASILLO DIR.ESCUELA	6	7	13	7
10	PASILLO DE HISTORIA	7	5	12	6
3	PASILLO LAB/SUELOS	5	6	11	5
2	PASILLO CTRL/ESTUDIO	4	4	8	4
5	SALA DE TALLERES	3	3	6	3
16	LABORATORIO/SUELOS	2	2	4	2
13	AULA 27	1	1	2	1

(*) El significado del encabezamiento de las columnas es el siguiente:
ONIR = Ordinal según nivel de intensidad del ruido.
ONIS = Ordinal según nivel de intensidad del sonido.
SUMA = Suma de los ordinales del NIR y del NIS.
CATFIN = Categoría final.

DISTRIBUCIÓN UNIDIRECCIONAL Y BIDIRECCIONAL DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL RUIDO

Con fines de detectar la existencia de un patrón en la distribución del ruido registrado en las 22 áreas de medición, se decidió realizar un análisis unidireccional y otro bidireccional del nivel de intensidad del ruido –en db- que abarcara la totalidad del área en estudio.

Debido a que aulas y áreas administrativas se disponen, aproximadamente, en dirección este-oeste se estimó pertinente considerar tres alineamientos de mediciones: (1) Un alineamiento o transecta norte constituido por los registros realizados en la parte norte de la edificación (13 en total); (2) Un alineamiento o transecta central conformado por las mediciones realizadas en el pasillo central de la escuela (4 en total); (3) Un alineamiento o transecta sur formado por las mediciones compiladas, básicamente, en las áreas administrativas (5 en total).

DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL RUIDO (NIR) EN LA TRANSECTA NORTE

A continuación se presenta un cuadro donde se identifican las áreas correspondientes al alineamiento norte (ordenadas según el sentido oeste-este) y sus valores NIR en db.

Cuadro N° 6

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	NIR^(*)
21	AULA 24	56,5
11	AULA 25	60,3
12	AULA 26	55,3
13	AULA 27	62,1
15	DPTO.G.HUMANA	58,1
6	AULA 29	58,2
7	AULA 30	56,4
8	AULA 31	56,5
14	DPTO.G.FÍSICA	57,6
4	SALA/EGRESADO	58,5
22	AULA 34	55,3
18	LAB/CLIMAT	57,5
19	LAB/COMPUTAC	56,8

(*) Valores promedios globales, en db, correspondientes a mediciones registradas en el lapso de 5 días (del 15/enero al 19/enero de 1996).

Un análisis general de este cuadro permite apreciar que hay una tendencia descendente del NIR desde el extremo oeste (aulas 24 y 25) de la transecta hacia el extremo este de la misma (áreas de laboratorios) – véase Gráfico 4.

DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL RUIDO NIR EN LA TRANSECTA CENTRAL

Seguidamente se presenta un cuadro donde se identifican los sitios correspondientes a la transecta central (ordenada según el sentido oeste-este) y sus valores NIR en db.

Cuadro N° 7

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	NIR^(*)
10	PASILLO/HISTORIA	71,0
9	PASILLO/DIRECCIÓN	70,7
3	PASILLO/LAB.SUELOS	69,1
2	PAS/CTRL. ESTUDIOS	67,1

(*) Valores promedios globales, en db, correspondientes a mediciones registradas en el lapso de 5 días (del 15/enero al 19/enero de 1996).

Un análisis visual de este cuadro permite evidenciar la tendencia descendente del NIR desde el extremo oeste de la transecta, denominado sitio 10, hacia el extremo este de la misma, denominado sitio 2 (ver Gráfico 5).

DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL RUIDO NIR EN LA TRANSECTA SUR

A continuación se presenta un cuadro donde se identifican las áreas correspondientes al alineamiento sur (ordenadas según el sentido oeste-este) y sus valores NIR en db.

Cuadro N° 8

CÓDIGO DE ÁREA	IDENTIFICACIÓN	NIR^(*)
1	DIRECCIÓN/EG	59,0
16	LAB/DE SUELOS	64,3
17	CTRL/ESTUDIOS	64,8
20	CENTRO/ESTUDIANTES	63,6
5	SALA DE TALLERES	66,7

(*) Valores promedios globales, en db, correspondientes a mediciones registradas en el lapso de 5 días (del 15/enero al 19/enero de 1996).

La revisión del cuadro anterior permite determinar que hay una notoria tendencia ascendente del NIR desde el extremo oeste de la transecta, (sitio 1), hacia el extremo este, (sitio 5) -véase Gráfico 6.

En conclusión, los cuadros mostrados anteriormente permiten identificar una recurrencia, una sistematización del NIR de un extremo a otro de la Escuela de Geografía en su parte norte y parte central, mientras que en su parte meridional ocurre un patrón totalmente opuesto, es decir, los niveles de intensidad acústica crecen desde el extremo oeste hacia el extremo este. Nótese que las mediciones compiladas tanto en las transectas norte y central son de los sitios y áreas con evidente presencia estudiantil, mientras que en la transecta sur hay una mezcla de áreas administrativas y docentes.

DISTRIBUCIÓN BIDIRECCIONAL DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL RUIDO

Los análisis unidireccionales son simplificaciones apropiadas de la condición acústica real en el área en estudio; una aproximación, quizá

más cercana a lo observable en el ámbito analizado, es la obtención de la distribución bi-direccional del NIR, es decir, lograr el comportamiento del NIR tanto en sentido oeste-este como en sentido norte-sur. Para llegar a ese propósito se ha elaborado una representación “cartográfica” o plano de isolíneas de igual nivel de intensidad del ruido mediante el “software” Surfer el cual se identificó como plano de “Isoacústicas promedios (dbA)” (véase Plano de Isoacústicas). En el mismo se aprecian los siguientes rasgos acústicos para el ámbito de la Escuela de Geografía.

Si convenimos en que valores iguales o por encima de los 65 dbA son acústicamente inconvenientes, lo primero que se destaca es la formación de 2 áreas críticas: una, hacia el extremo suroeste, que tiene como centro aproximado al “Pasillo frente a la Escuela de Historia” (PH) y la otra, al este de la primera y con una extensión mayor, a la cual pertenecen los sitios “Pasillo frente a la Dirección de la Escuela de Geografía” (PD), “Pasillo frente al Laboratorio de Suelos” (PS), “Pasillo frente al Control de Estudios” (PE) y la “Sala de Talleres” (ST).

A partir del punto PH (71 dbA), se aprecia un patrón concéntrico irregular, que desde su punto máximo se decrecienta hacia el norte y el este de modo más gradual que hacia el sur y el oeste.

En la otra área crítica no se vislumbra nítidamente un patrón circular como el mencionado anteriormente, dado que existen, como ya se anotó, varios puntos con valores máximos: PD(70,7 dbA), PS(69,1 dbA), PE(67,1 dbA) y ST(66,7 dbA). Este grupo de sitios de medición origina una zona crítica que se alarga en sentido oeste-este predominantemente; ello da lugar a un patrón, en sentido sur-norte, decreciente y regularmente espaciado.

La distribución de isoacústicas descrita en último término correspondería a la de toda el área en estudio si se hubieran seleccionado sitios de mediciones entre PH y PD. Es decir, lo que distorsiona el patrón esperado es la falta de mediciones entre PH y PD. En síntesis, el patrón más aproximado a lo “real” sería un patrón con una franja de valores críticos alrededor del pasillo central de la Escuela de Geografía que desciende gradualmente en sentido sur-norte hacia las aulas de clase. Aquí de nuevo se aprecia que en dos áreas de actividades académicas, el Laboratorio de Suelos (LS) y la Sala de Talleres (ST) deberían instrumentarse medidas correctivas para disminuir su nivel de ruido.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 7 de 22 sitios se estimaron acústicamente inconvenientes.
- 2 de 10 aulas de clase resultaron acústicamente no pertinentes.
- En todo el pasillo central de la Escuela se produjeron niveles de intensidad mayores al límite crítico de 65 db.
- La distribución de la intensidad acústica en función de los tonos o frecuencias es aproximadamente uniforme, distribución no compatible con la ideal para ambientes académicos.
- En la distribución unidireccional y bidireccional del ruido, en términos generales, resalta la presencia de máximos valores en la parte oeste de la edificación.
- Cronológicamente, los días lunes y jueves resultaron los más ruidosos, especialmente entre las 10:30 a.m. y las 12:30 p.m.

CONCLUSIONES

Aunque existen diversos sitios acústicamente críticos, en términos generales se puede afirmar que el nivel de intensidad del ruido en la Escuela de Geografía es acústicamente tolerable, permitiendo el patrón espacial y temporal detectado diseñar medidas correctivas que atenúen los efectos disruptivos de los focos o fuentes sonoras más perturbadoras.

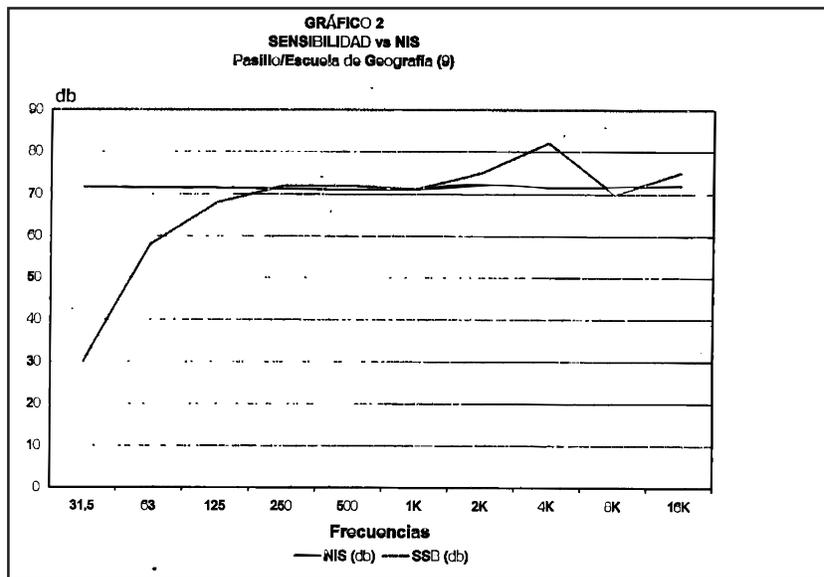
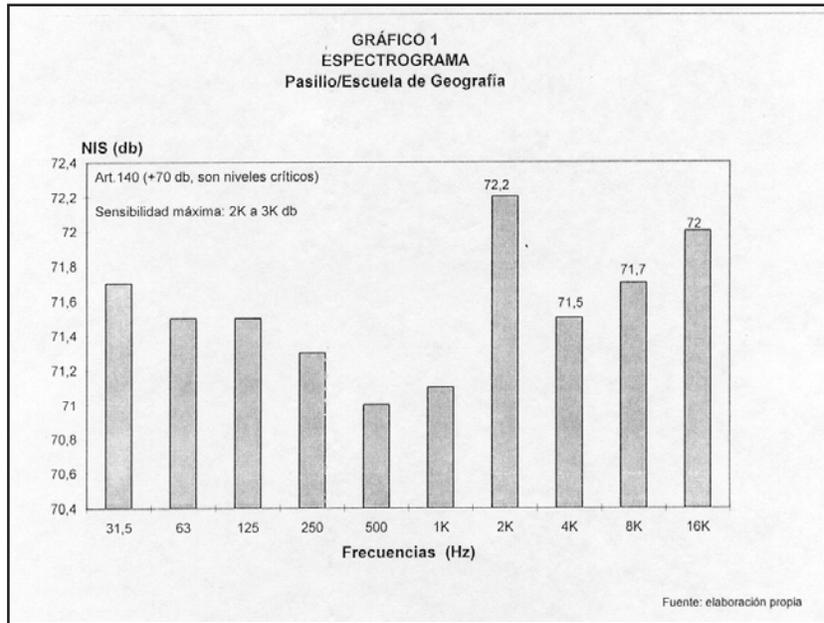
BIBLIOGRAFÍA

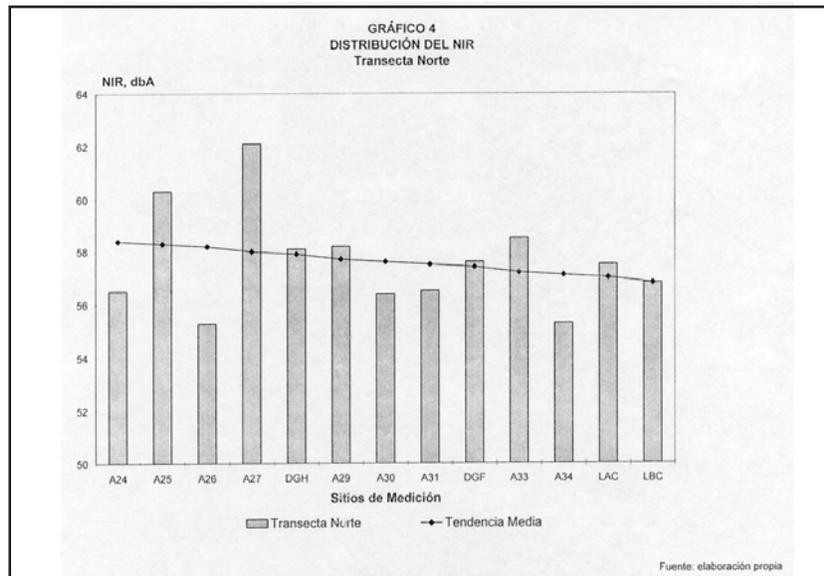
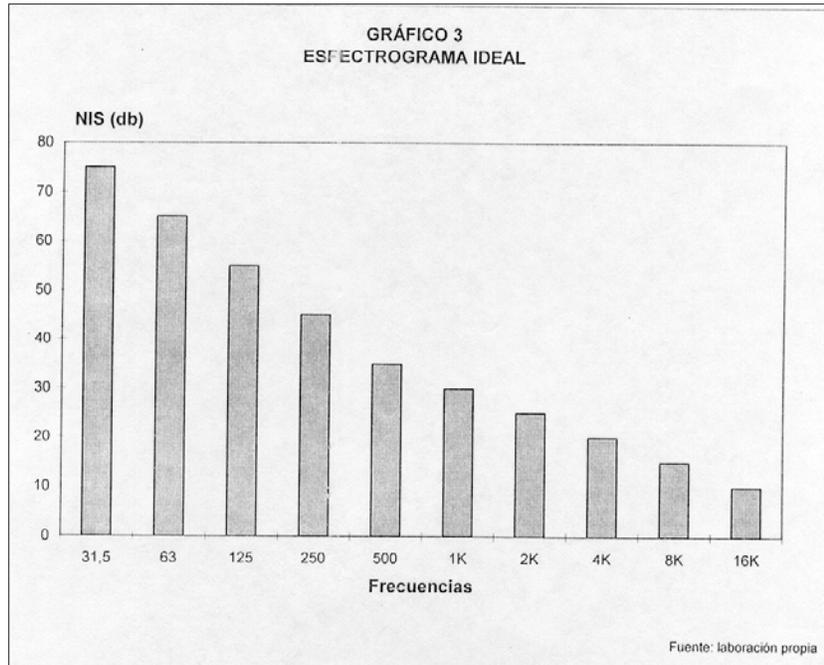
- BRUEL & KJAER. **Precision Integrating Sound Level Meter Type 2230.** Instruction Manual. Enero 1986.
- BRUEL & KJAER. **Measuring Sound.** 1984.
- Diccionario de Física.** Editorial Norma. 1984.

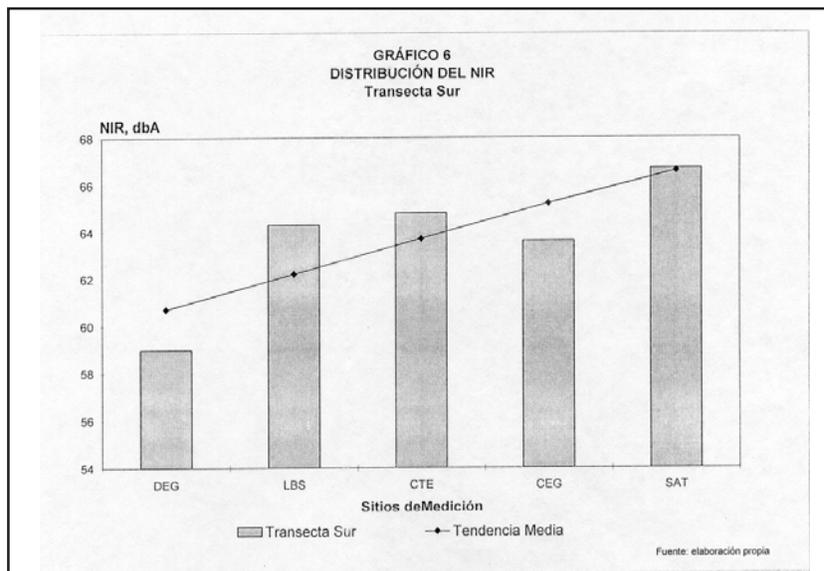
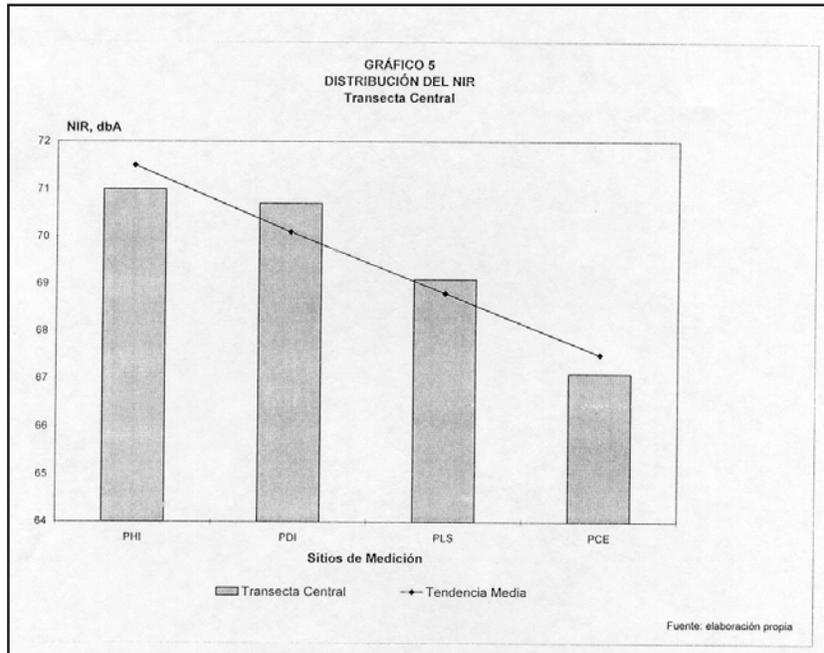
GACETA OFICIAL. **Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo**. Gaceta Oficial N° 1631, Extraordinario del 31 de diciembre de 1973. Editorial "La Torre", Caracas, Venezuela.

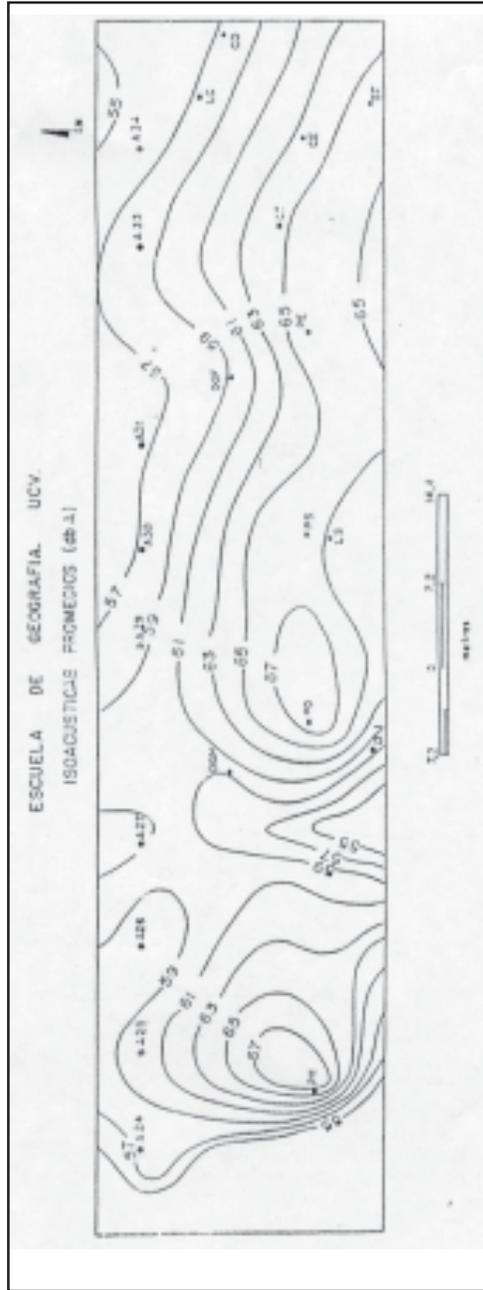
LÓPEZ B., Isabel. "Efectos Sociopsicológicos del ruido", en Jiménez Burillo, F y Aragonés, J.J. (editores). **Introducción a la Psicología Ambiental**. Alianza Editorial. Madrid, 1985.

SEARS, Francis W. **Mecánica, Calor y Sonido**. 7ma. edición, 2da. reimpresión. Aguilar Ediciones. España. 1975.









Fuente: Elaboración propia

