



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

ANALISIS DE LA RUIDOSIDAD EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA (PERÚ) –CI–

PACS: 43.66.+y

Saavedra Ramírez, Letis¹ ; Llimpe Quintanilla, Celso² ; D.Tortosa, Dídac³ ; Martínez Mora, Juan A.⁴

¹Organismo Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Dirección de Fiscalización, Av. Faus-tino Sánchez Carrión 603, 607 y 615, Lima, Perú, 51+(1)2049900

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ciencias, Laboratorio de Acústica, Av. Universitaria 1801, Lima, Perú. Teléfono 51+(1)6262000 ext. 4123

^{3,4}Universitat Politècnica de València. C/Paranimf, 1. 46730. Gandia, València. Spain.

Tel: (+34)963870000 ext. 43681

E-Mail: ¹letis.saavedra@gmail.com; ²cllimpeupcp.edu.pe; ³didieit@upv.es; ⁴jmmora@fis.upv.es

Palabras Clave: Ruido, Estudio Subjetivo de Ruido, Encuestas, Mediciones, Psicoacústica

ABSTRACT

It was analyzed whether the perception of noise depends of variables, such as the hearing capacity, sensitivity, age and how are they related to sound levels. The information obtained corresponds to a wide study area which was divided into 14 neighborhoods zones. The analysis was based on the statistical evaluation of noise surveys and the correlation with sound pressure levels measured *in situ*.

RESUMEN

Se analizó si la percepción de ruidosidad depende de variables como la capacidad auditiva, la sensibilidad, la edad y como estas se relacionan con los niveles de sonido. La información obtenida corresponde a un área de estudio bastante amplia, que estaba dividida en 14 zonas vecinales. El análisis estuvo basado en la evaluación estadística de encuestas sobre ruido y la relación con los niveles de presión sonora medidos *in situ*.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de ruidosidad está asociado a la sensación auditiva debida a la percepción de sonido, esto significa que no necesariamente deben existir niveles de presión sonora muy elevados en un entorno determinado para percibir los efectos del ruido [1].

El propósito del presente trabajo fue establecer la relación entre la percepción de la ruidosidad con los niveles de presión sonora medidos en las calles del distrito de Miraflores.

Existe mucha investigación [2, 3] sobre este tema en diferentes partes del mundo, pero si consideramos el concepto de ruido, pensamos que no necesariamente se debe generalizar para todos los espacios y realidades de una población. Existen muchas variables que influyen en la percepción de la ruidosidad para un grupo de la población y para otros no.

El análisis de la ruidosidad implica el análisis de las variables que modifican o no la percepción. El conocer un poco más las relaciones de las variables que modifican la ruidosidad dentro de un espacio determinado podría llevarnos a plantear medidas específicas para atenuar los efectos del ruido.

El método de investigación sigue un procedimiento cuantitativo, para poder establecer los efectos del ruido en la población de Miraflores y la relación con los niveles sonoros, consistió en aplicar encuestas de percepción del ruido con respuestas cerradas categorizadas en escalas verbales, que se van a complementar con mediciones de los niveles sonoros en el entorno donde se realizaron las encuestas.

En el análisis se ha considerado a tres grupos diferentes de la población: los vecinos, profesores y estudiantes. En cuanto a la población de profesores y de estudiantes se entrevistó solo a aquellos de los centros de estudio que tuvieron la disposición de colaborar.

2. MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron, un sonómetro analizador, un calibrador sonoro, software de procesamiento de datos acústicos y software estadístico.

2.1 Área de estudio

El trabajo fue realizado en el distrito de Miraflores que abarca un área de 9,62 km², que se divide en 14 zonas vecinales (ver Figura 1). Esta ciudad se caracteriza por ser bastante atractiva para el turismo, con grandes centros comerciales, lugares de ocio y zonas residenciales de elevado valor económico.

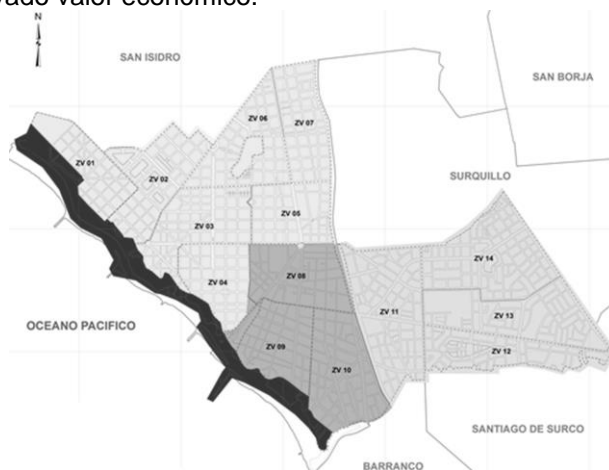


Figura 1: Plano urbano del distrito de Miraflores 2016-2026, componente ambiental. La nomenclatura ZV corresponde al término ZONA VECINAL. Fuente:
http://www.miraflores.gob.pe/_contenTempl2.php?idpadre=8770&idhijo=10297&idcontenido=10299.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

2.2 Distribución de los puntos de medición

Los puntos de medición fueron distribuidos considerando las calles donde se desarrollaron la aplicación de las encuestas. En la Tabla 1, se tienen la nomenclatura y ubicación GPS de los puntos de medición con el respectivo nombre de las calles.

Tabla 1: Nomenclatura y ubicación GPS de los puntos de medición.

Zona vecinal	Punto	Avenidas/Calles	Coordenadas UTM – WGS 84	
			Este	Norte
1	P01	Av. Mariscal La Mar Cdra. 1	277911.73	8659509.64
2	P02	Almirante Lord Nelson Cdra. 4	277905.00	8660157.00
3	P03	Ca. José Gálvez Cdra. 3	278702.00	8659182.00
4	P04	Ca. Gral. Vidal Cdra. 1	279145.00	8659973.00
5	P05	Ca. Tacna Cdra. 7	279266.00	8660358.00
6	P06	Ca. Colón Cdra. 5	278911.00	8658382.00
7	P07	Ca. G. Aparicio Gómez Cdra. 5	281452.00	8658873.00
8	P08	Av. La Paz Cdra. 12	279485.00	8658169.00
9	P09	Av. Roca y Boloña Cdra. 9	281011.00	8659360.00
10	P10	Ca. Independencia Cdra. 6	278800.00	8660131.00
11	P11	Ca. Márquez Torre Tagle Cdra. 1	278024.00	8659517.00
12	P12	Ca. Mariano Odicio Cdra. 4	279809.00	8658909.00
13	P13	Ca. M. Augusto Olaechea Cdra. 3	280797.00	8658310.00
14	P14	Ca. Berlín Cdra. 3	278761.00	8659228.00

2.3 Población y encuestas

En las 14 zonas del distrito habitan aproximadamente 97 445 personas¹. El tamaño de la muestra fue calculada de acuerdo a la ecuación propuesta por Arkin y Colton [4]:

$$n = \frac{4NPQ}{\delta^2(N-1) + 4PQ} \quad (1)$$

Donde:

- N : Tamaño de la población en estudio
- n : Tamaño de la muestra
- P : Porcentaje con el que se verifica el fenómeno de estudio ($P=0,5$)
- Q : Porcentaje complementario ($Q=0,5$)
- δ^2 : Error absoluto máximo tolerado para hacer la predicción ($\delta=0,5$)

Aplicando la fórmula calculamos 398 muestras (encuestas), además se consideraron 80 encuestas adicionales para reducir las que se perdieron o fueron mal llenadas por los encuestados. Las entrevistas fueron realizadas al azar, para minimizar el sesgo [5].

Las encuestas fueron distribuidas de manera proporcional en las 14 zonas vecinales (ver Tabla 2)

Tabla 2: Distribución del número de encuestas por zona vecinal.

Zona vecinal	Avenidas/Calles	Cuadra	Muestras
1	Av. Mariscal de La Mar	Entre la 3 y la 6	23
2	Ca. Almirante Lord Nelson	Entre la 1 y la 4	36
3	Ca. Marques de Torre Tagle	Entre la 8 y la 10	44
4	Ca. José Gálvez	Entre la 4 y la 9	45
5	Ca. General Vidal	Entre la 1 y la 2	31
6	Ca. Independencia	Entre la 6 y la 12	29
7	Ca. Tacna	Entre la 1 y la 10	24
8	Ca. Berlín	Entre la 1 y la 6	38
9	Ca. Colón	Entre la 1 y la 7	57
10	Av. La Paz	Entre la 7 y la 16	45
11	Ca. Mariano Odicio	Entre la 3 y la 9	32
12	Ca. M. Augusto Olaechea	Entre la 1 y la 6	28

¹ Página web de la Municipalidad de Miraflores [consulta: julio 2018]:
http://www.miraflores.gob.pe/_contenTemp11.php?idpadre=4951&idhijo=4972&idcontenido=5398

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

13
14

Ca. G. Aparicio Gómez
Av. Roca y Boloña

Entre la 1 y la 6
Entre la 4 y la 12

23
24

Adicionalmente a la población de vecinos, tuvimos una muestra de 58 profesores y de 223 estudiantes, quienes pertenecían a centros educativos privados y estatales, que aceptaron colaborar con nosotros.

2.4 Estructura de las encuestas

La estructura de las encuestas fue la siguiente: Datos sociológicos (7 preguntas), Capacidad auditiva, escucha y molestia (3 preguntas), Fuentes de Ruido (1 pregunta), Efectos del ruido (3 preguntas), Aislamiento acústico de sus viviendas (6 preguntas), Valoración de la problemática del ruido (8 preguntas).

Para los propósitos del presente trabajo nos hemos concentrado en las encuestas sobre capacidad auditiva, escucha y molestia. El total de las preguntas fueron útiles para propósitos públicos de la autoridad municipal.

3. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

En el desarrollo de las encuestas a los vecinos, se tuvo algunas dificultades para alcanzar la muestra determinada debido a la falta de cooperación por parte de los vecinos, por lo que solo se logró encuestar a 342 del total proyectado (398 encuestas de acuerdo al cálculo), es decir al final se perdieron 56 encuestas. La diferencia de encuestas perdidas contribuyó al incremento del error del parámetro $\delta = 0,05$ a $\delta = 0,054$.

En el caso de encuestas a profesores y estudiantes solo se aplicaron en aquellas instituciones educativas que aceptaron colaborar (4 centros educativos privados y 3 centros educativos estatales). En total se llegó a encuestar a 223 estudiantes de educación secundaria y 58 profesoras.

En general las variables fueron la capacidad auditiva, la percepción de escucha, de molestia y del sonido del tráfico vehicular.

La edad de los vecinos se encontraba principalmente entre 38 y 58 años esto correspondía al 36,3% del total. La edad de los profesores tenía un intervalo entre 32 y 42 años que representa un 27,1% del total. En el caso de los estudiantes el rango fue entre 14 y 16 años, que completa el 14% del total.

Tabla 3: Capacidad auditiva en escala verbal, según respuestas de los vecinos, profesores y estudiantes.

Escala verbal	Vecinos (%)	Profesores (%)	Estudiantes (%)
Muy buena	44,7	33,8	26,5
Buena	42,4	57,6	57,0
Regular	10,2	8,4	13,0
Mala	2,0	0,2	0,4
Muy mala	0,6	0	3,1

Los vecinos son los que manifestaron tener la mejor capacidad auditiva en la escala de muy buena (44,7%). En contra de lo que esperábamos, solo un 26% de estudiantes manifestó tener capacidad auditiva muy buena (ver Tabla 3). Por otro lado, hubo un 3,1% de estudiantes que manifestaron tener capacidad auditiva muy mala.

Tabla 4: Percepción de escucha del sonido de tráfico vehicular.

Escala verbal	Vecinos (%)	Profesores (%)	Estudiantes (%)
Muy buena	25,0	15,5	19,3
Buena	28,4	17,2	27,3
Regular	28,1	31,0	21,1
Mala	12,9	15,5	20,2
Muy mala	5,6	20,7	12,1

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En cuanto a la percepción de escucha del sonido de tráfico vehicular un 25% de los vecinos perciben como muy fuerte, de la misma manera un 15,5% de los vecinos y un 19,3% de los estudiantes (ver *Tabla 4*).

Tabla 5: Percepción de molestia debido al sonido de tráfico vehicular.

Escala verbal	Vecinos (%)	Profesores (%)	Estudiantes (%)
Muy buena	25,7	12,1	19,7
Buena	25,4	8,6	20,2
Regular	21,3	24,1	19,7
Mala	15,2	13,8	15,2
Muy mala	12,4	41,4	25,1

Un 25,7% de los vecinos manifestaron percibir mayor molestia en la escala de muy fuerte, seguido por un 19,7% de estudiantes y un 12,1% de profesores (ver *Tabla 5*). En este caso también sorprende que un mayor porcentaje de profesores y estudiantes no perciben nada de molestia.

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Las mediciones se realizaron en tres periodos (día, tarde y noche), cada periodo fue dividido en franjas horarias, al final se consiguió representar los niveles sonoros en cada punto para un tiempo total de 24 horas (ver *Tabla 6*).

Tabla 6: Niveles de presión sonora medidos.

Puntos	Avenidas/calles	Niveles de presión sonora (dBA)			
		L_d	L_e	L_n	L_{den}
P01	Av. Mariscal de La Mar	76,9	71,1	59,6	75,4
P02	Ca. Almirante Lord Nelson	68,3	59,5	47,8	66,1
P011	Ca. Marques de Torre Tagle	68,9	65,5	51,4	67,9
P03	Ca. José Gálvez	72,6	65,7	54,8	70,8
P04	Ca. General Vidal	69,1	61,8	51,7	67,3
P010	Ca. Independencia	68,8	62,3	45,9	66,8
P05	Ca. Tacna	66,8	62,3	51,7	65,8
P014	Ca. Berlín	71,6	71,9	71,4	77,9
P06	Ca. Colon	66,7	65,7	60,7	69,1
P08	Av. La Paz	65,7	65,7	60,9	69,0
P012	Ca. Mariano Odicio	74,7	63,3	57,9	72,5
P013	Ca. M. Augusto Olaechea	71,4	65,1	63,8	72,2
P07	Ca. G. Aparicio Gómez	61,6	58,6	49,2	61,4
P09	Av. Roca y Boloña	61,9	74,6	67,6	75,5

El nivel sonoro más elevado medido (76,9 dBA) corresponde al periodo día fue en la zona 1, en el periodo tarde fue en la zona 9 (74,9 dBA) y en el periodo noche en la zona 14 (71,4 dBA). El nivel sonoro más bajo (45,9 dBA) medido fue en la zona 10 que correspondió al periodo noche.

5. CORRELACIÓN DE VARIABLES

Los siguientes análisis, fueron llevados a cabo considerando la dispersión estadística. Las correlaciones realizadas fueron entre variables dependientes e independientes, considerados más importantes dentro del objetivo del presente trabajo.

Para calificar si existe alguna relación entre las variables de dispersión que hemos analizado, utilizamos el coeficiente de correlación de rangos o *Spearman*. En nuestro caso tenemos la siguiente clasificación de coeficientes de correlación (R, ver *Tabla 7*).

Tabla 7: Percepción de molestia debido al sonido de tráfico vehicular.

Intervalos de R	Calificación de R	Observaciones
[0,9-1]	Excelente	Fuerte a perfecta
[0,8-0,9]	Buena	Moderada a fuerte
[0,5-0,8]	Regular	Mala a moderada
[0-0,5]	Mala	Nula a mala

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Para el análisis, se han considerado las siguientes dispersiones:

- (1) Capacidad auditiva vs niveles de presión sonora.
- (2) Percepción de escucha vs niveles de presión sonora.
- (3) Percepción de molestia vs niveles de presión sonora.

Los niveles de presión sonora fueron distribuidos estadísticamente considerando datos agrupados, donde el rango calculado fue 31, el número de intervalos 6 y el ancho de intervalo 6. Así tuvimos el siguiente intervalo de niveles de presión sonora (ver segunda fila *Tabla 8*) en estos intervalos hicimos coincidir con las escalas verbales de percepción de escucha y de molestia (tercera y cuarta fila de la *Tabla 8*).

Tabla 8: Correspondencias entre los intervalos de los niveles sonoros y escalas verbales.

Indicador	Valor / Escala verbal				
Niveles sonoros	[47-53] dBA	[54-60] dBA	[61-67] dBA	[68-74] dBA	[75-81] dBA
Percepción de escucha	No se escucha	Suave	Regular	Fuerte	Muy Fuerte
Escala de percepción de molestia	Nada	Suave	Regular	Bastante	Mucho

Las dispersiones de las Figuras de la 2 a la 10, describen los casos de percepción de capacidad, escucha y molestia entre los niveles sonoros.

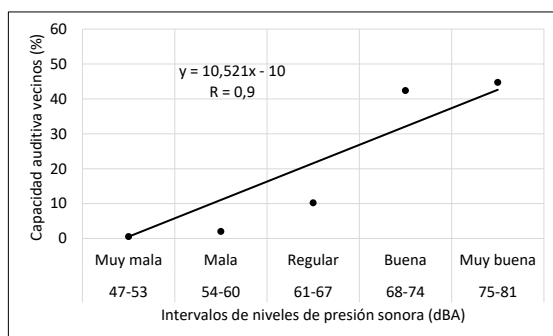


Figura 2. Correlación entre la capacidad auditiva de los vecinos (%) y los niveles sonoros (dBA).

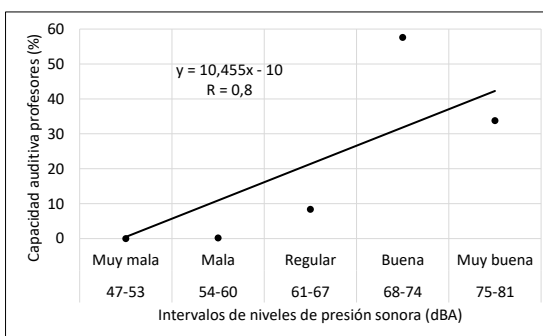


Figura 3. Correlación entre la capacidad auditiva de los profesores (%) y los niveles sonoros (dBA).

En la *Figura 2*, se obtiene una correlación excelente ($R=0,9$) para los vecinos, en la *Figura 3* una correlación buena ($R=0,8$) para los profesores y en la *Figura 4* una correlación regular ($R=0,7$) para los estudiantes. Las correlaciones mencionadas son el resultado de la dispersión entre la capacidad auditiva y los niveles sonoros medidos, que nos indican de manera simple que una mayor capacidad auditiva es más sensible al incremento de los niveles sonoros.

La dispersión mostrada en la *Figura 5*, nos indica que la percepción de escucha de los vecinos se incrementa con el aumento de los niveles sonoros, esto se confirma con una correlación buena ($R=0,8$).

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

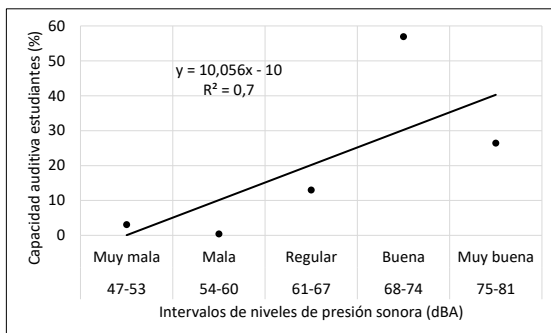


Figura 4. Correlación entre la capacidad auditiva de los estudiantes (%) y los niveles sonoros (dBA).

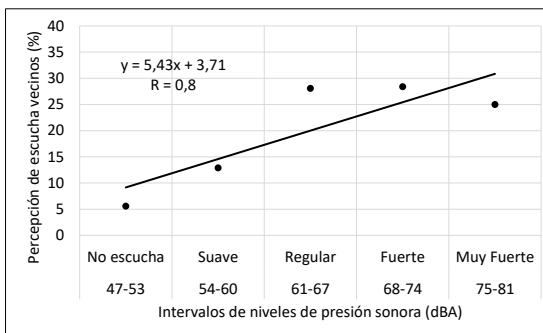


Figura 5. Correlación entre la percepción de escucha de los vecinos (%) y los niveles sonoros (dBA).

La correlación entre la percepción de escucha y los niveles sonoros para los profesores y estudiantes resultaron ser malas ($R=0,2$ y $R=0,6$), esto podemos comprobarlo observando la dispersión mostrada en las Figuras 6 y 7.

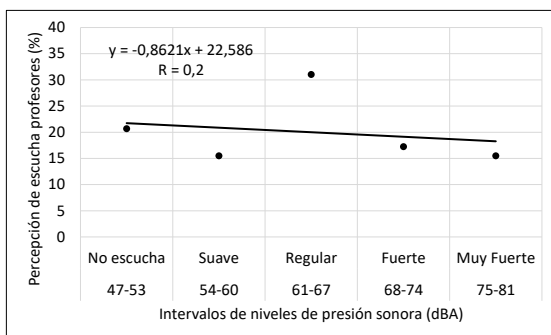


Figura 6. Correlación entre la percepción de escucha de los profesores (%) y los niveles sonoros (dBA).

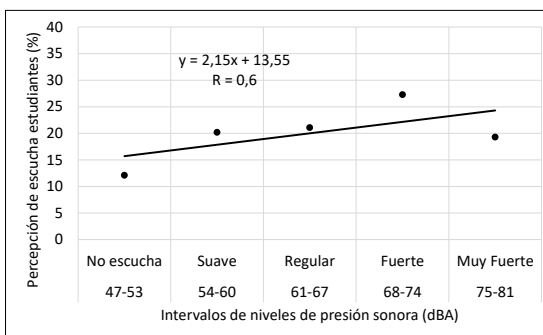


Figura 7. Correlación entre la percepción de escucha de los estudiantes (%) y los niveles sonoros (dBA).

En el caso de los profesores, resulta que la percepción de escucha disminuye con el incremento de los niveles sonoros lo cual es de alguna forma absurda, sin embargo, podría teniendo en cuenta que las respuestas podrían haberse dado desde un contexto de ubicación y tiempo del entrevistado es posible esta respuesta.

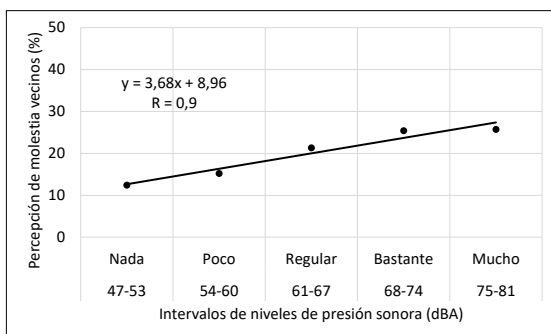


Figura 8. Correlación entre la percepción de molestia de los vecinos (%) y los niveles sonoros (dBA).

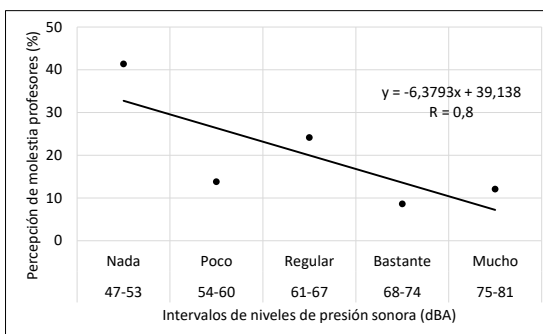


Figura 9. Correlación entre la percepción de molestia de los profesores (%) y los niveles sonoros (dBA).

La Figura 8, nos muestra que la dispersión de percepción de molestia con los niveles sonoros en para los vecinos tiene excelente correlación, confirmando que la molestia que experimentan los vecinos se incrementa con el aumento de los niveles sonoros.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

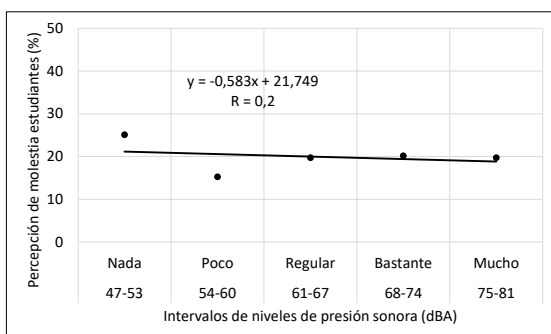


Figura 10. Correlación entre la percepción de molestia de los estudiantes (%) y los niveles sonoros (dBA).

La dispersión de la percepción de molestia entre los niveles sonoros, para el caso de los profesores y los alumnos, indican que la molestia disminuye mientras se incrementan los niveles sonoros (ver Figura 9 y 10) esto parece un resultado absurdo.

Para el caso de los profesores incluso obtenemos un coeficiente de correlación buena ($R=8$), pero esto queda descartado debido a la pendiente negativa de la línea de tendencia.

6. CONCLUSIONES

1. Los vecinos en general presentan correlaciones de buena a excelente, estos resultados son los esperados. En el caso de los profesores y estudiantes, en muchos casos los resultados no son predecibles ni esperados.
2. Se comprueba que las capacidades auditivas no necesariamente están correlacionadas con la sensación de molestia, estas no solo dependen de la capacidad para escuchar y del aspecto emocional, sino también de otras variables, por citar la actividad temporal o cotidiana que uno realiza también influye en la percepción de escucha (ver análisis de la capacidad de escucha vs molestia).
3. Se comprueba en los casos analizados, que la percepción de escucha no solo depende del nivel sonoro, sino también de otros aspectos y no solo subjetivos. Por citar la actividad que uno desempeña influye en la percepción de escucha, caso de los profesores que requieren concentración para exponer sus clases y escuchan más alto los niveles sonoros entre 61 dBA a 67 dBA, que en la práctica son niveles de conversación de las personas de su entorno.
4. Es importante entender que los entrevistados responden, considerando que los niveles sonoros son escuchados dentro de un recinto, donde los sonidos por lo general se han atenuado en el camino de propagación.
5. Queda demostrado que la percepción de ruidosidad en muchos casos es independiente de la amplitud de los niveles sonoros y de la capacidad auditiva, podemos escuchar sonidos de niveles muy bajos, pero con un contenido espectral que es suficiente para activar la percepción los sentidos de percepción auditiva.

7. REFERENCIAS

- [1] D.L. DOMTAU, N.M.D CHAGOK, B. N. GYANG AND S.D. MADDO, «Noisiness and Perceived noise levels in some food processing industries in Jos,» *Advances in Physics Theories and Applications*, vol. 17, pp. 39-47, 2013.
- [2] K. D. KRYTER, «Concepts of perceived noisiness, their implementation and application,» *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 43, pp. 344-361, 1968.
- [3] J. M. FIELDS, «Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas,» *Journal Acoustics of America*, vol. 93, nº 5, pp. 2753-2763, 1993.
- [4] H. ARKIN, R. R. COLTON, *Statistical Methods*, New York: Barnes & Nobel Books, 1970.
- [5] D. TORTOSA, DÍDAC; LLIMPE QUINTANILLA, CELSO; MARTÍNEZ MORA, JUAN A. «Análisis de la contaminación sonora a través de mapas de ruido y de encuestas de percepción subjetiva en el distrito de San Isidro, Lima Perú» en *48ºTecnicaAcústica A Coruña*, 2017.