

**XIII Congreso Argentino de Acústica**  
**VII Jornadas de Acústica, Electroacústica y Áreas Vinculadas**

**Buenos Aires, 29 y 30 de octubre de 2015**

AdAA2015-A004

**Efecto del ruido de aglomeración de personas  
sobre la agradabilidad de un paisaje sonoro  
caracterizado por fuentes de agua**

Germán Pérez<sup>(a)</sup>,  
Federico Miyara<sup>(b)</sup>,  
Diego P. Ruiz<sup>(a)</sup>,  
Francisco A. García<sup>(a)</sup>

(a) Dpto. Física Aplicada Facultad de Ciencias, Campus Fuentenueva s/n Universidad de Granada, España. E-mail: gperez@ugr.es, druiz@ugr.es

(b) Laboratorio de Acústica y Electroacústica, Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Riobamba 245 bis, Rosario, Santa Fe, Argentina. E-mail: fmiyara@fceia.unr.edu.ar

**Abstract**

Situations in where a crowd of people gather in some place, human sounds may negatively affect the baseline soundscape up to the point of turning it directly annoying. Since the level at which these sounds are perceived compared to other sounds considered agreeable is an important factor when assessing the soundscape, the synergetic effect between the crowd sound and the sound of fountains on the agreeability of the soundscape was investigated as a function of the global sound level and the relative level between both stimuli. Several combinations were presented at the laboratory by means of calibrated audiometric earphones to over 64 volunteers, who expressed their subjective assessment through a questionnaire.

**Resumen**

En situaciones donde se producen aglomeraciones de personas, los sonidos humanos pueden alterar negativamente el paisaje sonoro primario, o incluso empeorarlo hasta convertirlo en desagradable. Puesto que el nivel con el que se perciben estos sonidos frente a otros sonidos agradables es un factor importante en la evaluación del paisaje sonoro, se investiga el efecto sinérgico entre el sonido de muchedumbre y el sonido de fuentes de agua sobre la agradabilidad del paisaje sonoro en función del nivel sonoro global y los niveles relativos entre ambos estímulos. Las diferentes combinaciones de sonidos se presentaron en laboratorio mediante auriculares audiométricos a un gran número de voluntarios, los cuales mostraron su valoración subjetiva a través de un cuestionario.

## 1 Introducción

Los últimos estudios demuestran que los paisajes sonoros evaluados como agradables pueden ser restauradores (Medvedev, O. et al., 2015). En la vida moderna existen situaciones diarias en las que los sonidos agradables son enmascarados total o parcialmente por sonidos molestos que potencian el estrés y generan malestar. Las investigaciones más comunes se centran en el ruido de tráfico y cómo mitigarlo, por ser éste el sonido molesto más cotidiano. Por ejemplo, You, J. et al., (2010) investigó sobre los efectos positivos del agua debido al enmascaramiento que produce sobre los sonidos de tráfico.

Sin embargo, en situaciones concretas puede existir otro tipo de sonidos poco agradables o molestos que alteran los paisajes sonoros agradables, como es el caso de los sonidos humanos. Si bien, en algunos estudios las actividades humanas, como la gente hablando o niños jugando se evaluaron como más agradables que los sonidos tecnológicos, o como neutral en lo referente a lo agradable (Nilsson y Berglund, 2006 ; Violon y Lavandier, 2000), existen otros estudios que consideran que la disminución de los sonidos humanos contribuye a experimentar un paisaje sonoro agradable y más tranquilo (Kaplan, 1995). Esto sugiere que, dependiendo del contexto experimentado, estos sonidos humanos pueden entenderse de diversas formas. Cuando se trata de lugares de ocio, el ruido humano es más admisible y ayuda a experimentar un paisaje sonoro excitante y lleno de acontecimientos (Axelsson, Ö. et al., 2010), pero esto no ocurre cuando se trata de lugares naturales o semi-naturales donde se busca un estado de relajación y restauración (Ulrich. et al., 1991).

En recintos monumentales, zonas turísticas, plazas y determinados parques exentos de tráfico, el sonido más característico puede ser el humano. Estudios previos realizados en el recinto monumental más visitado de España (la Alhambra de Granada) por el grupo de investigación del Laboratorio de Acústica y Física Ambiental de la Universidad de Granada mostraron que, debido al hacinamiento y a las aglomeraciones de personas que se suelen producir en este tipo de zonas turísticas, los sonidos humanos suelen dominar sobre los demás sonidos agradables presentes en el lugar, produciéndose un empeoramiento de la calidad del paisaje sonoro.

Motivado por estos estudios previos, y con el objetivo de analizar este tipo de situaciones de forma controlada, se diseñaron dos experimentos de laboratorio, uno realizado en España y el otro realizado en Argentina. Tuvieron diferentes contextos, poblaciones y secuencias experimentales, pero ambos tuvieron el mismo propósito: investigar la afección a la agradabilidad sonora subjetiva de un paisaje sonoro caracterizado por sonidos agradables (agua y/o aves) y alterado por el ruido de las aglomeraciones de personas a distintos niveles de presión sonora ( $L_p$ ).

## 2 Caso de estudio 1. Experimento en Granada (España)

### 2.1 Metodología

#### 2.1.1 Estímulos sonoros

Se seleccionaron varios sonidos de un voluminoso registro de grabaciones binaurales realizadas en estudios previos en la Alhambra de Granada (Wikipedia, 2015) con la grabadora binaural SQuadriga I. Se extrajeron varias porciones de sonidos individuales de 20 s de duración; 12 tipos de sonidos de fuentes de agua, 2 tipos de sonidos de tumulto de personas (en interiores y en exteriores) y un tipo de sonido de aves. En la elección se procuró que dichos sonidos no estuviesen contaminados por otros sonidos ajenos al objetivo de estudio y que además fuesen aproximadamente estables en ese periodo de tiempo analizado. El sonido de las aves fue procesado para eliminar el excesivo sonido de fondo.

### 2.1.2 Diseño experimental

El experimento se dividió en tres partes. En la primera, se evaluó la agradabilidad del sonido de 12 fuentes de agua de la Alhambra, presentadas todas con un mismo  $L_p = 57$  dBA, seleccionándose dos de ellas: la de mayor agradabilidad y la más representativa de la Alhambra. En la segunda parte se evaluaron individualmente estas dos fuentes según su agradabilidad en función de su nivel, que varió de 40 dBA a 90 dBA en intervalos de 5 dBA, y se hizo lo propio para sonidos de aves y de tumulto.

En la tercera parte se evaluó el efecto sobre la agradabilidad de un paisaje sonoro caracterizado por sonidos agradables (agua y/o aves) al ser degradado por el sonido de tumulto de personas. Para ello los sonidos agradables se fijaron en 45 dBA, 55 dBA y 65 dBA, por ser el rango de niveles promedio que se registraron en estudios previos en lugares donde estos sonidos son característicos (la Alhambra de Granada), y el nivel de ruido de personas se fue incrementando de 3 dBA con respecto al nivel de los sonidos agradables en un rango de -9 dBA a 9 dBA. Se obtuvieron un total de 67 estímulos de sonidos individuales y 63 estímulos de sonidos combinados. La tabla 1 muestra los estímulos utilizados y su  $L_{Aeq,20s}$  para los sonidos individuales y las combinaciones de éstos.

**Tabla 1.** Estímulos presentados a los participantes (x2 significa dos tipos de sonidos).

Sonidos individuales		Combinación de sonidos			
Tipo	Nivel (dBA)	Tipo 1	Nivel (dBA)	Tipo 2	Variación del Nivel (dBA)
Tumulto (x2)	40, 45, 50, 55, 60,	Agua	45, 55, 65	Tumulto	-9, -6, -3, 0, +3, +6, +9
Agua (x2)	65, 70, 75, 80, 85,	Aves			
Aves (x1)	90	Agua + Aves			
Agua (x12)	57				

Los estímulos se obtuvieron mediante el ajuste de su amplitud con el software de edición de audio digital Audacity, sin afectar su patrón de distribución espectral relativa. El  $L_{Aeq,20s}$  se obtuvo mediante la combinación y promediado de canales y el análisis con el software Artemis, de Head Acoustics.

La cadena de reproducción se sometió a una calibración utilizando una señal de ruido rosa que se midió en una cabeza artificial de Head Acoustic HSU III.2, aplicando una ecualización de campo libre.

### 2.1.3 Procedimiento

Un total de 29 estudiantes de la Universidad de Granada participaron en el experimento de laboratorio (12 mujeres y 17 hombres con un promedio de 20,2 años y un rango de 19 años a 25 años). Ninguno de ellos indicó padecer problema de audición alguno.

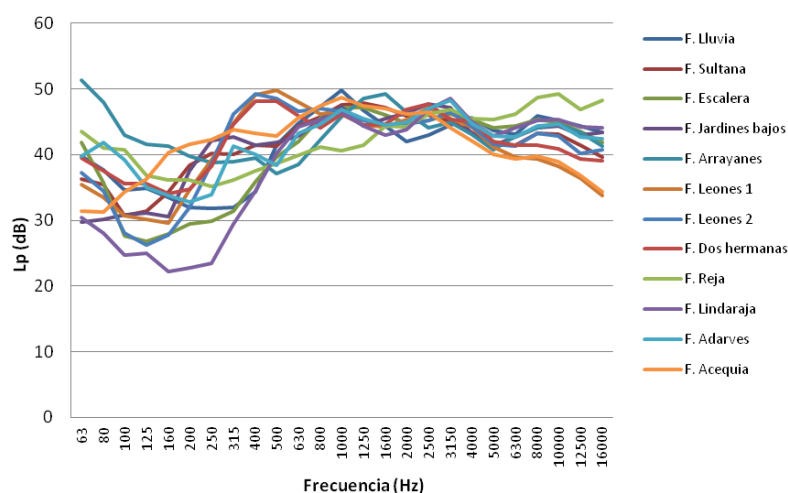
Los participantes se sentaron frente a un ordenador en una sala acústicamente aislada, se les instruyó sobre el experimento y realizaron su evaluación subjetiva de los diferentes estímulos que les fueron presentados con los auriculares Sennheiser HD 600. A los participantes se les explicó que escucharían una serie de sonidos ambientales y se les pidió que imaginaran estar visitando un lugar turístico, como la Alhambra de Granada, donde el propósito de la visita fuera la de pasear, contemplar o incluso relajarse a lo largo de ella. Todos ellos conocían la Alhambra y habían estado alguna vez en ella. Éstos calificaron la agradabilidad de los sonidos en dicho contexto en una escala de 11 puntos, donde 0 correspondía a “nada agradable” y 10 a “muy agradable”.

El experimento duró 3 días; el primer día se evaluaron los sonidos individuales y el 2º y 3º día los sonidos combinados. Es interesante destacar que entre los sonidos individuales y los combinados transcurrió al menos un día, ya que de esta manera se evitó la influencia de la memoria temprana entre la evaluación de los sonidos individuales y los sonidos combinados.

## 2.2 Resultados y discusión

### 2.2.1 Elección y evaluación de los sonidos individuales

Se realizó un primer análisis sobre la preferencia hacia los distintos sonidos de fuentes de agua presentes en la Alhambra de Granada con el objetivo de determinar qué tipo de fuente obtenía la mayor puntuación de agradabilidad. Ésta serviría de base para los posteriores experimentos de combinaciones de sonidos. El nivel de todas las fuentes se ajustó a 57 dBA. La figura 1 muestra el espectro de los 12 sonidos de fuentes de agua, representados en tercios de octava.



**Figura 1.** Espectro en tercios de octava de las 12 fuentes de agua.

Se observa que por debajo de los 500 Hz se produce una variabilidad de  $L_p$  importante entre las diferentes fuentes de agua. Sin embargo, entre 500 Hz y 5000 Hz,  $L_p$  se puede considerar similar prácticamente en todas ellas.

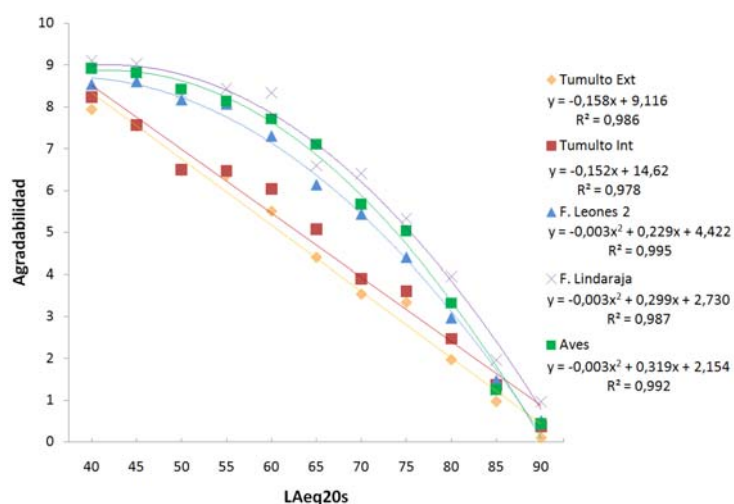
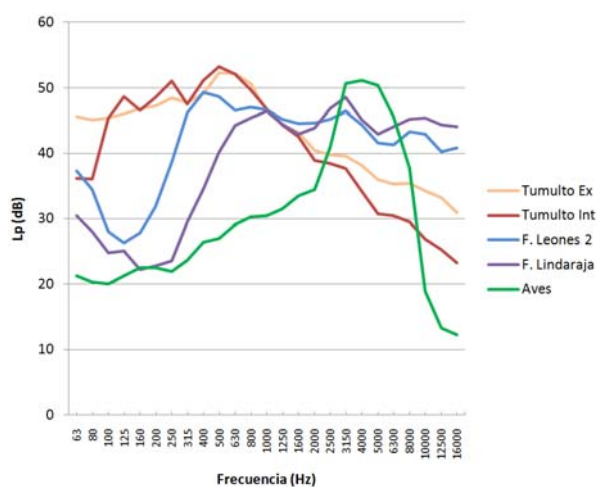
La tabla 2 muestra los resultados de la evaluación de agradabilidad y preferencia de las diferentes fuentes de agua (media y desviación típica) y el análisis objetivo de  $L_p$  (en dB y dBA) y la sonoridad según la ISO 532 B.

A pesar de ajustarse el nivel a 57 dBA, se observan diferencias apreciables en la evaluación subjetiva entre ellas. La mayor puntuación de preferencia lo obtuvo la fuente de Lindaraja con una puntuación media de 7,53 y la menor la fuente de Reja con una puntuación de 5,00.

Para el análisis de los sonidos individuales en función de  $L_p$  se seleccionaron, por un lado, dos tipos de sonidos de fuentes de agua: la fuente de Lindaraja por ser la mejor puntuada en la escala de agradabilidad y la fuente de Leones 2 por ser la más representativa de la Alhambra de Granada. Por otro lado, se seleccionaron dos tipos de sonidos de tumulto de personas; uno procedente de un ambiente exterior y otro procedente de un ambiente interior, y además, un tipo de sonido de aves. La figura 2 muestra la evaluación de los distintos sonidos individuales en el rango de 40 dBA a 90 dBA y la figura 3 el espectro de estos sonidos individuales en tercios de octava.

**Tabla 2.** Evaluación subjetiva y objetiva de las diferentes fuentes de agua.

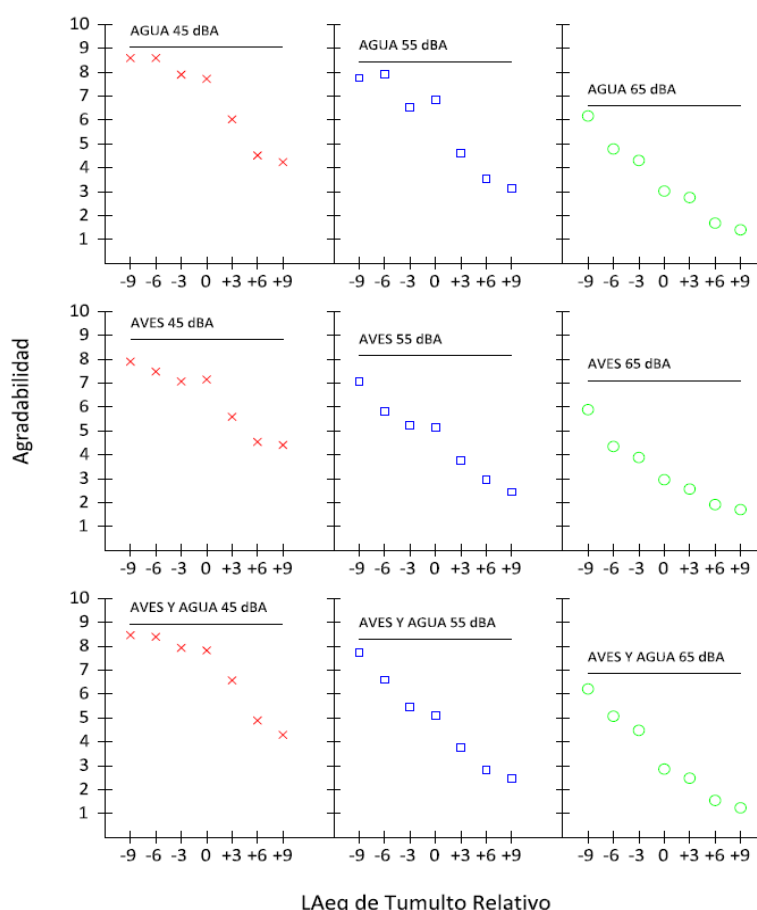
		Agradabilidad		Preferencia		Nivel (dB)	Nivel (dBA)	Sonoridad (son)
		Media	D.Tip	Media	D.Tip			
1	F. Lluvia	6,70	1,579	6,60	1,50	58,2	57	10,0
2	F. Sultana	5,50	1,757	5,97	1,69	57,8		11,0
3	F. Escalera	6,17	1,642	6,20	1,85	58,4		10,6
4	F. Jardines bajos	5,90	1,689	6,07	1,78	57,5		10,9
5	F. Arrayanes	7,33	2,139	7,40	2,18	65,3		10,2
6	F. Leones 1	6,03	1,671	6,43	1,94	58,4		11,2
7	F. Leones 2	5,60	1,923	5,63	2,01	58,4		11,3
8	F. Dos hermanas	6,63	1,991	6,77	1,94	59,2		11,3
9	F. Reja	5,03	2,632	5,00	2,85	59,8		9,93
10	F. Lindaraja	7,53	1,570	7,53	1,83	57,4		10,0
11	F. Adarves	6,00	1,930	5,73	1,72	58,3		10,5
12	F. Acequia	7,20	2,250	7,40	1,94	58		11,0

**Figura 2.** Evaluación de la agradabilidad de los sonidos individuales en función del  $L_{Aeq,20s}$ **Figura 3.** Espectro de tercios de octava de los sonidos individuales.

Se observa un coeficiente  $R^2$  muy alto para todos los sonidos individuales. Los sonidos agradables (fuentes y pájaros) se ajustaron mejor a una función polinómica de segundo grado (parábola), mientras que los sonidos considerados como menos agradables o molestos (tumulto en interiores y exteriores) se ajustaron mejor a una función lineal. Era de esperar que la percepción de agradabilidad disminuyera con el aumento de  $L_p$  para todos los sonidos experimentados, sin embargo se puede apreciar cómo en los sonidos agradables la percepción de agradabilidad se mantiene por encima de la puntuación de 5 aún en niveles elevados (75 dBA), manteniéndose prácticamente inalterado en el rango de 40 dBA a 60 dBA, lo que sugiere que a bajos niveles domina el factor semántico por sobre el nivel.

### 2.2.2 Evaluación de la combinación de sonidos en función de $L_p$

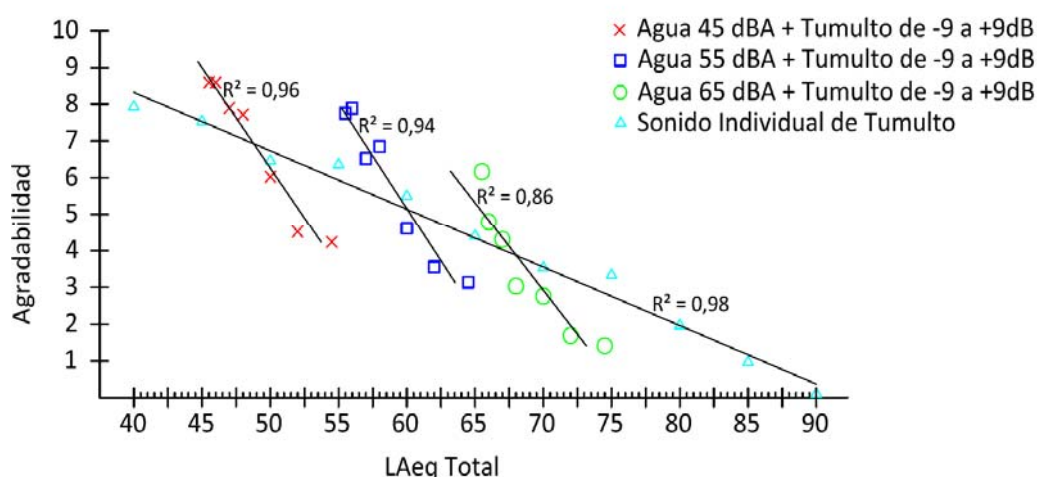
Se analizó el efecto sinérgico sobre la agradabilidad entre el sonido de tumulto y el sonido de fuentes de agua, el sonido de tumulto y el sonido de aves, y por último, el sonido de tumulto y el sonido de aves más agua. Los sonidos utilizados para la combinación fueron los correspondientes a la fuente Lindaraja, el sonido de tumulto exterior y el sonido de aves. La figura 4 muestra el efecto sobre la agradabilidad de un paisaje sonoro caracterizado por sonidos agradables (agua, aves y agua más aves) al ser degradado por el sonido de tumulto de personas en intervalos de 3 dBA en un rango de -9 dBA a 9 dBA con respecto al sonido agradable.



**Figura 4.** Efecto sobre la agradabilidad de un paisaje sonoro al ser degradado por el sonido de tumulto de personas.

Independientemente del tipo de sonido agradable utilizado como base para el paisaje sonoro creado (agua, aves o la mezcla de ellos), los sonidos de las personas en forma de tumulto alteran considerablemente dicho paisaje sonoro, produciéndose a +9 dBA un empeoramiento medio en la escala de agradabilidad de 5 puntos aproximadamente. Esto contrasta con un empeoramiento de menos de 2,5 puntos cuando el sonido agradable sufre un incremento tan alto como 20 dBA (de 45 dBA a 65 dBA)

También se observa que cuanto mayor es el nivel del sonido agradable base, peor es evaluada la agradabilidad para la combinación de sonidos. Esto es debido a que, además del nivel relativo, influye el nivel global al que fueron expuestos los participantes, ya que no es comparable el mismo tipo de sonido a 45 dBA + 9 dBA que a 65 dBA + 9 dBA. Por ello, también se presenta en la figura 5 la agradabilidad en función del nivel global para el caso concreto agua-tumulto. Allí se muestra el efecto sinérgico negativo entre el sonido de tumulto y el sonido de fuentes de agua sobre la agradabilidad del paisaje sonoro en función del nivel sonoro global. A modo de comparación también se presenta la evaluación del sonido individual de tumulto.



**Figura 5.** Efecto sinérgico entre el sonido de tumulto y el de fuentes de agua sobre la agradabilidad en función del nivel global.

En niveles bajos de tumulto, las puntuaciones de agradabilidad mejoran con respecto al sonido individual de tumulto. Sin embargo, esto ocurre solamente cuando el sonido de tumulto es aproximadamente igual o inferior al nivel del agua. Y no sucede con niveles de tumulto iguales o superiores a +3 dBA, aun escuchándose el agua de forma clara.

Hubiera sido de esperar que todas las puntuaciones de las combinaciones de sonidos se mantuvieran por encima del sonido individual de tumulto o cerca de él, pues el agua no debería empeorar el paisaje sonoro, y sí mejorarlo debido a las cualidades positivas de ésta, tal y como es reconocido por muchos autores, por ejemplo; Burmil et al., (1999) y Jeon et al., (2010).

Estos resultados de la figura 5, y un análisis cualitativo de los comentarios de los participantes que se mostraron muy negativos ante la degradación del paisaje sonoro agradable debido al aumento del nivel del sonido de personas, indujeron a formular una nueva hipótesis: en ambientes sonoros eminentemente agradables y relajantes, donde es posible escuchar sonidos placenteros y experimentar un estado de bienestar y restauración cognitiva (Kaplan, R. y Kaplan, S. 1989), el paisaje sonoro es penalizado subjetivamente cuando los sonidos menos agradables o molestos interfieren de forma notable sobre los sonidos placenteros, llegando a puntuarse el paisaje sonoro de peor forma que cuando solo está presente el propio sonido molesto a un mismo  $L_p$ .

### 3 Caso de estudio 2. Experimento en Rosario (Argentina)

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Estímulos sonoros

En este experimento se utilizó un único tipo de sonido de agua y un único tipo de sonido de aglomeraciones de personas, ambos idénticos al primer experimento, ver apartado 2.2.2 (figura 5).

##### 3.1.2 Diseño experimental

El experimento se dividió en dos partes. En la primera parte se evaluó la agradabilidad del sonido individual de tumulto en función de  $L_p$ , que varió de 40 dBA a 85 dBA en intervalos de 5 dBA, y en la segunda parte se evaluó el efecto sobre la agradabilidad de un paisaje sonoro caracterizado por sonidos de fuentes de agua al ser degradado por la adición del sonido de tumulto de personas. Para ello los sonidos agradables se fijaron en 45 dBA, 55 dBA y 65 dBA y el nivel del sonido de personas fue variando en 3 dBA con respecto al nivel del agua en un rango de -9 dBA a +24 dBA. Se adoptó aquí un incremento mayor para intentar estudiar la situación en la cual el sonido de la fuente de agua deja de percibirse al ser enmascarado por el sonido del tumulto. La tabla 3 muestra los estímulos obtenidos y su  $L_{Aeq,20s}$  para los sonidos individuales y las combinaciones de éstos.

**Tabla 3.** Estímulos presentados a los participantes

Sonidos individuales		Combinación de sonidos			
Tipo	Nivel (dBA)	Tipo 1	Nivel (dBA)	Tipo 2	Variación del nivel (dBA)
Tumulto	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85	Agua	45, 55, 65	Tumulto	-9, -6, -3, 0, +3, +6, +9, +12, +15, +18, +21, +24

Al igual que en el caso de estudio anterior, el  $L_{Aeq,20s}$  de cada estímulo se obtuvo mediante el ajuste de su amplitud con un software de edición de audio, manteniendo la distribución espectral relativa de la energía sonora. La combinación de sonidos se obtuvo mediante la suma de los sonidos individuales.

##### 3.1.3 Procedimiento

Un total de 36 voluntarios participaron en el experimento de laboratorio. Uno de ellos indicó padecer un problema de audición, por lo que finalmente se consideraron 35 participantes para los análisis (15 mujeres y 20 hombres con un promedio de 32,2 años y un rango de 18 años a 59 años).

Durante los experimentos, los participantes se sentaron frente a una *tablet* donde realizaron su evaluación subjetiva de los diferentes estímulos que les fueron presentados mediante los auriculares audiométricos Sennheiser HD 200. A los participantes se les explicó que escucharían una serie de sonidos ambientales y se les pidió que imaginaran estar visitando un parque ajardinado exento de tráfico urbano, donde el propósito de la visita fuera la de pasear, contemplar o incluso relajarse. Al igual que en el primer caso de estudio, éstos calificaron la agradabilidad de los sonidos en dicho contexto en una escala de 11 puntos (donde 0 correspondía a nada agradable y 10 a muy agradable). Cada participante evaluó los sonidos individuales y los sonidos combinados en el mismo día.



La cadena de reproducción se sometió a una calibración para asegurar que el nivel sonoro percibido por los sujetos a través de los auriculares fuera equivalente al que percibirían en un campo libre en el que se ha medido el nivel especificado en ausencia del sujeto. Se seleccionó este tipo de campo por ser el más similar a las condiciones reales de escucha en las inmediaciones de fuentes a cielo abierto. Al no tener disponible una cabeza artificial donde medir los niveles emitidos por los auriculares, la calibración siguió las pautas indicadas en Miyara (2013), basadas en la respuesta del auricular en acoplador normalizado según norma IEC 60318-1 especificada por el fabricante (Sennheiser, s/f) y la corrección para campo libre según el Anexo C de la norma ISO 389-8.

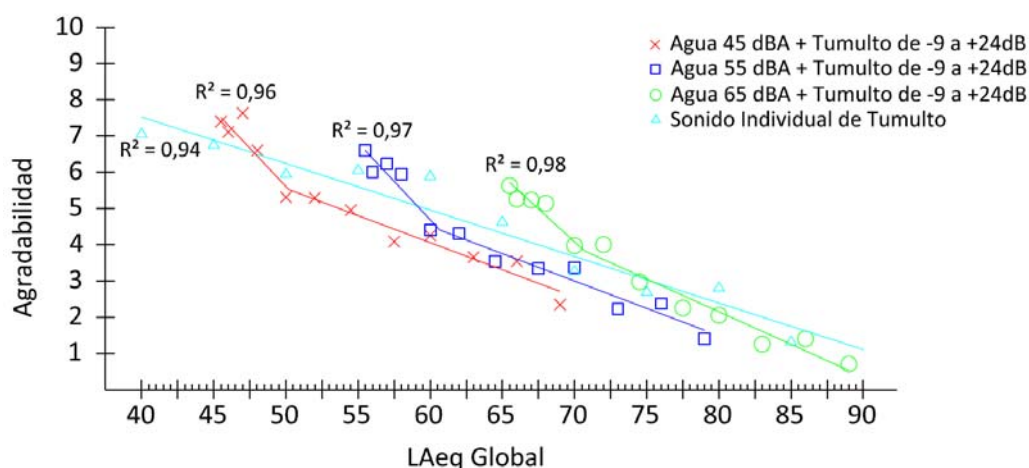
Previamente, dado que los archivos sonoros binaurales estaban disponibles en archivos .wav, fue preciso calibrar la respuesta eléctrica de la interfaz de sonido utilizada, para lo cual se midió la salida de tensión para diferentes frecuencias para una serie de tonos puros de valor eficaz  $-6$  dBFS y máxima ganancia y ausencia de cualquier filtro por software, encontrándose que la misma era esencialmente plana en el rango de audio de interés.

Con ambos datos se ajustó el nivel de los archivos para obtener las diversas versiones requeridas.

## 3.2 Resultados y discusión

### 3.2.1 Evaluación de la combinación de sonidos en función de $L_p$

Al igual que en el apartado 2.2.2, se analizó el efecto sinérgico sobre la agradabilidad entre el sonido de tumulto y el sonido de fuentes de agua. En este caso, los sonidos agradables se ajustaron a unos niveles de 45 dBA, 55 dBA y 65 dBA, y el sonido de tumulto varió en intervalos de 3 dBA, desde  $-9$  dBA a 24 dBA. La figura 6 muestra la evaluación de la agradabilidad del sonido individual de tumulto y la evaluación de las combinaciones de sonidos en función del nivel global. Los datos se ajustaron a una regresión segmento-lineal con unos  $R^2$  elevados.



**Figura 6.** Efecto sinérgico entre el sonido de tumulto y el de fuentes de agua sobre la agradabilidad en función del nivel global.

Al igual que en la figura 5, se observa que las puntuaciones de agradabilidad mejoran en los sonidos combinados con respecto al sonido individual de tumulto cuando los niveles de tumulto son aproximadamente iguales o inferiores al nivel de la fuente de agua. Sin embargo, se observa que los sonidos combinados, con niveles de tumulto iguales o superiores a  $+3$  dBA,

empeoran la percepción de agradabilidad del paisaje sonoro. Aunque pueda parecer que el agua está empeorando el paisaje sonoro, no es así, lo que sucede realmente es un fenómeno de penalización, también observado en la figura 5, en el que los participantes penalizaron el paisaje sonoro por el hecho de existir un sonido intrusivo que producía un enmascaramiento total o parcial de otro sonido eminentemente agradable. Este fenómeno se experimenta en este caso en menor medida que en la figura 5. Eso puede ser debido a las diferencias entre experimentos: diferente contexto, población y secuencia experimental.

La regresión segmento-lineal muestra que a partir de los +3dBA de tumulto se produce un cambio de pendiente, advirtiéndose una pendiente aproximadamente igual a la pendiente de la regresión lineal del sonido individual de tumulto.

## 4 Conclusión

Se analizaron dos casos de estudio que conllevaron la realización de dos experimentos de laboratorio. El primero, realizado en España, fue más amplio, y en él se exploró la agradabilidad hacia diferentes sonidos individuales en función de  $L_p$ , y el efecto de sus combinaciones en función de los niveles relativos. El segundo, que fue consecuencia del primero, se realizó en Argentina con el objeto de explorar de forma más detallada el efecto sinérgico entre el sonido de aglomeraciones de personas y de fuentes de agua. Ambos experimentos se realizaron en diferentes contextos, poblaciones y secuencias experimentales.

La evaluación media de los sonidos agradables (agua y aves) en función de  $L_p$  se ajustó a un decaimiento polinómico de grado 2 con un  $R^2$  elevado, siendo las puntuaciones de agradabilidad superiores a 5 en el rango de 40 dB a 75dBA. Los sonidos de tumulto tuvieron un rango más reducido con decaimiento de tipo lineal y un  $R^2$  también elevado.

Cuando a los sonidos agradables se les sumó el sonido de tumulto a diferentes valores de  $L_p$ , el paisaje sonoro se vio alterado de forma negativa, produciéndose a +9 dBA un empeoramiento medio en la escala de agradabilidad de 5 puntos aproximadamente. Esto ocurrió independientemente del tipo de sonido agradable utilizado como base para el paisaje sonoro (agua, aves o la mezcla de ellos).

La presencia de fuentes de agua puede mejorar la agradabilidad sonora en situaciones donde se producen aglomeraciones de personas cuando el nivel de las personas es igual o inferior al nivel del agua. Sin embargo, se produce una penalización en la evaluación del paisaje sonoro cuando el nivel de las personas es superior al nivel del agua, llegando a ser valorado el paisaje sonoro de peor forma que el propio sonido individual de las personas. Esta penalización se observó en los dos casos de estudio, que tuvieron situaciones experimentales distintas en lo referente a: contextos, secuencias experimentales y situaciones socio-demográfica.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el "Ministerio de Economía y Competitividad" de España a través del proyecto TEC2012-38883-C02-02 y el CEI-BIOTIC de Granada a través del proyecto P\_CP\_27. Se agradece también la financiación de la Unión Europea a través de los fondos FEDER y al Patronato de la Alhambra por su disponibilidad para este estudio. También ha contado con financiamiento de la Universidad Nacional de Rosario a través de su programa PID-ARQ119.

## Referencias

Axelsson, Ö, Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2010). "A principal components model of soundscape perception". *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(5), 2836-2846.

- Burmil, S., Daniel, T. C., & Hetherington, J. D. (1999). "Human values and perceptions of water in arid landscapes". *Landscape and Urban Planning*, 44(2–3), 99-109
- IEC 60318-1 ed2.0 "Electroacoustics - Simulators of human head and ear - Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones." IEC, Ginebra, 31/08/2009
- ISO/DIS 389-8:2004, "Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones."
- Jeon, J. Y., Lee, P. J., You, J., & Kang, J. (2010). "Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds". *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(3), 1357-1366.
- Kang, J., & Zhang, M. (2010). "Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces". *Building and Environment*, 45(1), 150-157.
- Kaplan, S. (1995). "The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework". *J. Environ. Psychol.* 15, 169–182.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). "The experience of nature: A psychological perspective". Cambridge University Press. Cambridge, USA, 1989. <https://archive.org/details/experienceofnatu00kapl>
- Medvedev, O.; Shepherd, D.; Hautus, M.J., (2015). "The restorative potencial of soundscapes: A physiological investigation". *Appl. Acoust.* 96, 20-26.
- Miyara, F. (2013) "Mediciones acústicas basadas en software". Asociación de Acústicos Argentinos. Gonnet, Buenos Aires, Argentina, 2013.
- Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2006). "Soundscape quality in suburban green areas and city parks. *Acta Acustica United with Acustica*". 92(6), 903-911.
- Sennheiser Electronic Corporation. "HDA 200. Audiometric Headphone" (sin fecha) <http://en-us.sennheiser.com/downloads/a135337001d00197026b38d9c278f44d.pdf>
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., and Zelson, M. (1991). "Stress recovery during exposure to natural and urban environments" *J. Environ. Psychol.* 11, 201–230.
- Viollon, S., and Lavandier, C. (2000). "Multidimensional assessment of the acoustic quality of urban environments," in *Inter Noise 2000*, edited by D. Cassereau (International Institute of Noise Control Engineering, Nice, France), pp. 2279–2284.
- Wikipedia (2015). "Alhambra". Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation, Inc., 26 oct 2015. Consultado el 27 oct 2015. <https://es.wikipedia.org/wiki/Alhambra>
- You, J., Lee, P. J., & Jeon, J. Y. (2010). Evaluating water sounds to improve the soundscape of urban areas affected by traffic noise. *Noise Control Engineering Journal*, 58(5), 477–483.