



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-532

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Propuesta metodológica para la elaboración de cartografía sonora de los espacios forestales

LÓPEZ URIBARRI, L.¹, MAREY PÉREZ, M.F.¹ y RODRÍGUEZ VICENTE, V.¹

¹GI-1716 Proyectos y Planificación. Dep. Enxeñería Agroforestal. Universidade de Santiago de Compostela. E.P.S. Campus Universitario de Lugo. 27002. España. Tel.+34. 670.542.146. E-mail: leiresau@gmail.com

Resumen

Cada zona rural, cada espacio natural, tiene su paisaje sonoro, un paisaje donde los que predomina es el ruido de la naturaleza aunque no exento de las intrusiones antrópicas. En este trabajo, apoyándonos en los datos procedentes de un exhaustivo trabajo de campo realizado previamente, se trata de contribuir al establecimiento de una metodología para identificar las áreas tranquilas y caracterizar los paisajes de elevada calidad acústica con el fin de facilitar su gestión y conservación. Mediante una clasificación cualitativa del espacio agrario y los usos del suelo, se establecen las categorías acústicas de un territorio en un área rural en Láncara, Lugo. Posteriormente, se contrasta la clasificación cualitativa inicial con la obtenida de forma cuantitativa con el sonómetro. Se elabora un índice estadístico de validez de la clasificación inicial.

Palabras clave

Paisaje sonoro, áreas tranquilas, acústica ambiental

1. Introducción

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, define la contaminación acústica como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones que implican molestia, riesgo o daño para las personas o que causen efectos negativos sobre el medio ambiente. Los planes de acción elaborados bajo las directrices de la Directiva 2002/49/CE del 25 de junio, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, centran sus esfuerzos en disminuir la exposición de las personas a las molestias generadas por las grandes infraestructuras y aglomeraciones, y, a pesar de que también se contemplan los efectos sobre el medio ambiente, no existen directrices que nos ayuden a evaluar ni cuantificar el daño causado por la degradación de los paisajes sonoros de elevada calidad acústica.

Los seres humanos han cambiado radicalmente el mundo sonoro con señales marcadamente diferentes en su tono y amplitud de la mayoría de los sonidos producidos en los hábitats naturales (FRANCIS *et al.* 2009). Los espacios naturales, los espacios forestales, los entornos rurales, e incluso algunas áreas periurbanas, pueden llegar a ser lugares de unas características sonoras realmente especiales, en donde la baja actividad humana genera un predominio de las fuentes sonoras de origen natural en el paisaje sonoro. Algunos autores definen estas áreas, en las que los sonidos dominantes son los de la naturaleza, como áreas tranquilas (KARVINEN & SAVOLA, 2004). No obstante, debido a que la tranquilidad o el silencio no es su principal característica, pueden definirse también, como áreas de elevada calidad acústica (BROWN, 2007).

Hoy en día, el ruido constituye uno de los factores más dañinos de la calidad, confortabilidad, y salud de nuestro entorno vital. La necesidad de concienciarse de la importancia de la conservación de las áreas tranquilas o elevada calidad acústica como recurso

51 medioambiental, es cada vez mayor. Hasta que no se reconozca este hecho, las áreas aún
52 existentes irán desapareciendo.

53
54 En aras de fomentar la conservación de estos paisajes y controlar el impacto de las
55 actividades antropogénicas, es primordial aunar esfuerzos para crear una base metodológica
56 coherente, sólida y apoyada en medidas legisladas que facilite su caracterización y proporcione
57 herramientas para su gestión sostenible. La Ley del Ruido establece la necesidad de estructurar
58 el territorio en “áreas acústicas” en función del uso predominante del suelo. A cada tipo de área
59 urbanizada o urbanizable, le asigna un objetivo de calidad acústica. En las zonas naturales o
60 rurales, atribuir un determinado entorno acústico o fijar unos objetivos de calidad acústica en
61 función del uso del suelo, es un “sinsentido”. Lo propio, para poder determinar su calidad
62 acústica y establecer pautas para su conservación, es clasificar las áreas en base a criterios
63 cualitativos y cuantitativos en función de la naturaleza de las fuentes de ruido dominantes. Ésta,
64 es una tarea ardua.

65
66 Existen trabajos que buscan una correlación entre parámetros físicos y la evaluación
67 cualitativa de los paisajes sonoros, debido a que la evaluación cuantitativa del sonido por sí sola,
68 y aunque se haya convertido en una norma en el estudio del ruido ambiental, no es suficiente a
69 la hora de valorar estos paisajes. Es necesario que primero se propongan algunas figuras
70 semánticas y se correlacionen con parámetros acústicos cuantificables (BROWN, 2011), no
71 siendo suficiente un estudio de los parámetros físicos para la caracterización de los sonidos
72 ambientales (GENUIT & FIEBIG, 2006). Es primordial comprender los factores que influyen en la
73 percepción del paisaje sonoro, conocer no sólo cuán intenso es el nivel sonoro existente, sino
74 también cuál es la fuente sonora que lo origina (BARRIGÓN *et al.*, 2013)

75
76 Se plantea el presente estudio, donde, a partir de los datos de campo y los mapas sonoros
77 realizados en un trabajo previo (LÓPEZ L., 2015), se trata de establecer una relación entre
78 variables cuantitativas y cualitativas, en función de los usos del suelo y de las fuentes sonoras
79 que definen su paisaje acústico.

80 81 **2. Objetivos**

82
83 Contribuir a la definición de una metodología para identificar y caracterizar los paisajes
84 sonoros de elevada calidad acústica, de los espacios forestales y otras áreas tranquilas.

85 86 **3. Metodología**

87 88 **3.1. Principales conceptos**

89
90 Para facilitar la interpretación del presente estudio, se explican a continuación algunas
91 definiciones de los principales conceptos utilizados en la acústica medioambiental y en este
92 documento.

93 94 **A) Curvas de ponderación**

95
96 El oído humano no es sensible de la misma manera a las diferentes frecuencias. Así, para
97 un mismo nivel de presión sonora, un sonido será tanto más molesto cuanto mayor proporción
98 de frecuencias altas contenga, cuantos más sonidos agudos recoja. Para tener en cuenta esta
99 sensibilidad se introduce en la medida del sonido el concepto de filtros de ponderación. Estos
100 filtros actúan de manera que los niveles de presión de cada banda de frecuencia son corregidos
101 en función de la frecuencia según unas curvas de ponderación:

102 – Curva de ponderación A, tiene en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana
 103 normal para frecuencias bajas, comparada con la respuesta frente a frecuencias altas. El nivel
 104 sonoro con ponderación A es el más frecuentemente utilizado, se ajusta aproximadamente a la
 105 respuesta del oído humano.

106 – Curva de ponderación B está en desuso y ya no suele incluirse en los instrumentos de
 107 medida acústica.

108 – La ponderación C se utiliza particularmente cuando se evalúan sonidos muy intensos o
 109 de frecuencia muy baja.

110

111 B) Niveles e índices de ruido

112

113 El nivel es el logaritmo de la razón de una cantidad dada respecto de una cantidad de
 114 referencia del mismo tipo. El término nivel indica que se emplea la escala logarítmica y que las
 115 unidades se expresan en decibelios. El número de decibelios que corresponde a esta relación es
 116 10 veces el logaritmo en base 10 de la razón de las dos cantidades.

$$10 \cdot \log \left(\frac{\text{cantidad medida}}{\text{cantidad de referencia}} \right) \equiv \text{Decibelios}$$

117

118

119 La unidad del decibelio se representa como dB, o dBA en caso de aplicar la curva de
 120 ponderación frecuencial A.

121

122 La Norma UNE-ISO 1996-1 Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte
 123 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación, define los diferentes niveles existentes. De
 124 manera resumida y simplificada, algunos de los niveles básicos de medida del ruido ambiental
 125 más utilizados son los siguientes:

126

127 – Nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{eq}): expresa la medida de energía sonora
 128 percibida por un individuo en un intervalo de tiempo, es decir, representa el nivel de presión
 129 sonora que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía que el ruido
 130 realmente percibido, durante el mismo periodo de tiempo.

131

132 El nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación frecuencial A determinado
 133 en el nivel de tiempo T se expresa como $L_{Aeq,T}$ (dB) o $L_{eq,T}$ (dBA). De forma discreta tiene la
 134 siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \left(10^{\frac{L_{Aeq,t_i}}{10}} \cdot t_i \right) \right]$$

135

136

137 – Nivel percentil ($L_{AN,T}$ (dB) o $L_{N,T}$ (dBA)): nivel de presión sonora equivalente en ponderación
 138 frecuencial A superado en un N% del tiempo durante el periodo de medida T. Por ejemplo, el nivel
 139 percentil 90 ó $L_{A90,T}$ es el nivel de presión sonora en ponderación frecuencial A superado durante
 140 el 90% del periodo de medida (T).

141

142 La Directiva 2002/49/CE de 25 de junio sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental;
 143 y los Reales Decretos 1513/2005 de 16 de diciembre y 1367/2007 de 19 de octubre, por los
 144 que se desarrolla la Ley 37/2003 de 17 de noviembre del Ruido, definen el Índice de ruido
 145 continuo equivalente L_{AeqT} en función de 3 periodos temporales:

146

147 · Periodo día (d): de 7:00h a 19:00h, le corresponden 12 horas.

148 · Periodo tarde (e): de 19:00h a 23:00h, le corresponden 4 horas

149 · Periodo noche (n): de 23:00h a 7:00h, le corresponden 8 horas.

150
 151 Por lo tanto,
 152 Si $T=d$, $L_{Aeq,d}$ ó L_d es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en
 153 el *periodo día*.
 154 Si $T=e$, $L_{Aeq,e}$ ó L_e es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en
 155 el *periodo tarde*.
 156 Si $T=n$, $L_{Aeq,n}$ ó L_n es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en
 157 el *periodo noche*.

158 159 3.2. Datos previos 160

161 En este estudio, se analizan los datos recogidos en campo y los mapas sonoros obtenidos
 162 en un trabajo realizado previamente (LÓPEZ L., 2015).
 163

164 El estudio se desarrolla en un área rural de unas 720 ha, ubicada en el cuadrante Oeste
 165 del término municipal de Láncara, Lugo, Galicia (España). Se trata de un territorio que posee
 166 elevada heterogeneidad, con altitudes que varían entre los 365 m y 540 m, y una variedad de
 167 usos de suelo repartidos en función de las potencialidades del terreno. De esta manera, los
 168 núcleos rurales se localizan en las zonas más bajas y llanas, alrededor de los cuales, se
 169 desarrollan los usos agrícolas. Los terrenos forestales, representadas principalmente por masas
 170 productoras de madera de pino (*Pinuspinaster*) y otras masas mixtas donde dominan las
 171 frondosas (principalmente *Quercusrobur*), se concentran en las laderas y parte alta de la línea
 172 montañosa que atraviesa el municipio dirección noroeste sureste.
 173

174 Los datos que empleamos en este estudio, son los índices cuantitativos o niveles sonoros
 175 L_{Aeq} y L_{A90} evaluados en periodo diurno ($L_{Aeq,d}$ y $L_{A90,d}$), registrados en 31 puntos de muestreo
 176 repartidos por toda el área de estudio; los mapas sonoros en donde se representan estos
 177 mismos índices, en dBA; y el registro de las fuentes sonoras que estaban activas en el momento
 178 de la medición.
 179

180 3.3. Clasificación de los espacios sonoros 181

182 Analizamos si existe relación entre el entorno acústico y los usos del suelo y el tipo de
 183 fuente sonora dominante. Planteamos por lo tanto una clasificación de los espacios sonoros del
 184 área de estudio en función de estas dos variables: usos y fuentes.
 185

186 3.3.1. Definición de los grupos 187

188 Para su clasificación en función de la fuente sonora, se ha realizado un proceso en dos
 189 etapas: la primera de ellas en la zona y en el momento de tomar las muestras de campo,
 190 basándonos en lo escuchado durante la toma de datos; y la segunda, en su mayor parte
 191 ratificación, en laboratorio al volver a escuchar las grabaciones sonoras registradas en campo.
 192 Tal y como se refleja a continuación, se han agrupado los puntos de medición en 4 grupos:
 193

194 I. El primer grupo, de 11 muestras, se han identificado ruidos asociados a fuentes
 195 antropogénicas que permiten, por su importancia, clasificar dicha zona.

196 II. Un segundo grupo, que engloba 12 puntos de muestreo, es el que se ha clasificado
 197 como “naturaleza + fuentes antropogénicas”. En este grupo, las fuentes antropogénicas ejercen
 198 una influencia similar en el espacio sonoro a las de origen natural.

199 III. El tercer grupo está formado por 4 muestras, clasificado como “naturaleza: río + fuentes
 200 antropogénicas”, se trata de la combinación de las fuentes de origen antrópico y el sonido
 201 generado por el río, que se caracteriza como una fuente natural con niveles sonoros constantes y
 202 elevados.

203 IV. El último grupo, también formado por 4 muestras, se identifica como “naturaleza”, se
204 asocia con la presencia exclusiva de ruido procedente de los cursos fluviales o de elementos de
205 la naturaleza.

206

207 Respecto a los usos del suelo, el territorio se ha clasificado en estos 5 grupos:

208

209 I. Forestal productor, donde predominan las coníferas y en el que se engloban 5 puntos de
210 muestreo.

211 II. Forestal protector, donde predominan las frondosas autóctonas, consta de un total de
212 13 muestras.

213 III. Matorral, con 4 muestras

214 IV. Pastizales o uso agropecuario, formado por 8 muestras

215 V. Suelo improductivo, que engloba el núcleo de A Pobra de San Xiao, núcleos rurales y la
216 cantera existente en el centro-este del área.

217

218 3.3.2. Selección del método

219

220 Se analizan los valores de L_{Aeq} y de L_{A90} por ser representativos de la influencia de los
221 eventos sonoros y del nivel del medio ambiente natural respectivamente. Ambos, nos permiten
222 caracterizar las áreas de forma matemática. El interés se centra en establecer un modelo
223 matemático que permita comprobar de manera estadística la correspondencia entre la
224 clasificación cualitativa en grupos y la cuantitativa, obtenida de las relaciones entre los valores
225 L_{Aeq} y L_{A90} como indicadores de cada grupo. Tratamos, a partir de la relación entre los mismos
226 para los diferentes grupos, obtener un modelo de clasificación.

227

228 Empleamos una herramienta estadística de clasificación multivariante, que nos puede
229 ayudar a analizar la existencia o no de grupos entre las muestras y si estos grupos se
230 corresponden o no con la clasificación cualitativa propuesta. Teniendo en cuenta que la única
231 variable dependiente es categórica, no métrica, una técnica apropiada y por la cual optamos es
232 el Análisis Discriminante, comúnmente denominado por sus siglas en inglés DA Discriminant
233 Analysis (PEÑA, 2002). Se trata de una técnica estadística multivariante cuya finalidad es
234 analizar si existen diferencias significativas entre grupos de objetos respecto a un conjunto de
235 variables medidas sobre los mismos para, en el caso de que existan, explicar en qué sentido se
236 dan y proporcionar procedimientos de clasificación sistemática de nuevas observaciones de
237 origen desconocido en uno de los grupos analizados.

238

239 Dada la dificultad para la obtención de los datos, se ha optado por introducirlos todos en el
240 modelo no dejando la posibilidad de validación posterior con otros datos. Esta decisión es
241 coherente con trabajos de este tipo en los que la obtención de información resulta de extremada
242 complejidad y resulta necesaria para el desarrollo del modelo.

243

244 4. Resultados

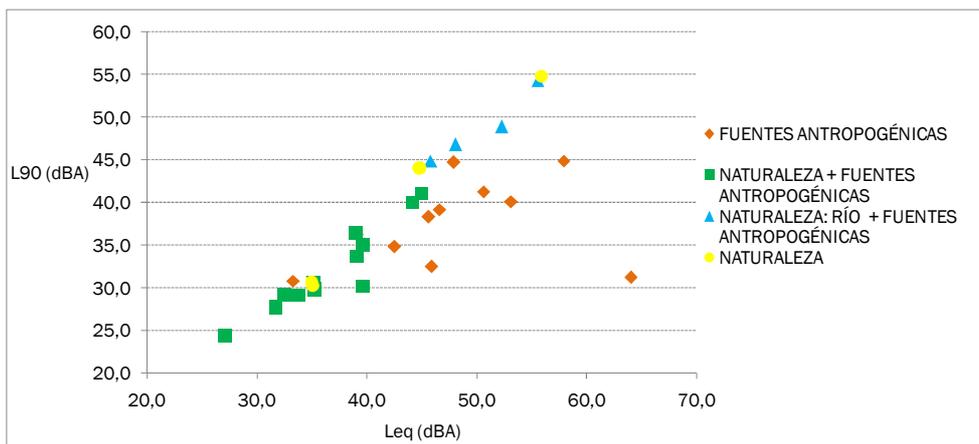
245

246 4.1. Análisis de dependencia

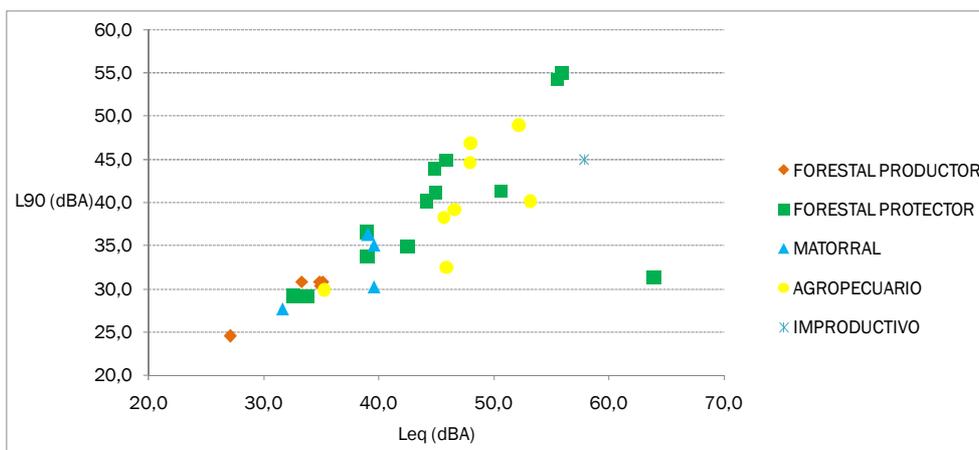
247

248 En las figuras 1 y 2 se muestra la representación de los valores L_{Aeq} y L_{A90} de cada uno de
249 los 31 puntos de muestreo en función de los grupos definidos:

250



251
252 *Figura 1. Clasificación por naturaleza de las fuentes sonoras. Distribución de las muestras en función de L_{A90} y L_{Aeq}*



253
254 *Figura 2. Clasificación en función del uso del suelo. Distribución de las muestras en función de L_{A90} y L_{Aeq}*

255 Analizando los datos que tenemos, observamos que en la clasificación por fuentes
256 sonoras, existe una dependencia dado que la clasificación cualitativa propuesta (valores de 1 a
257 4) es dependiente de los datos numéricos de los indicadores L_{Aeq} y L_{A90} . La gráfica muestra que sí
258 que parece existir cierta diferencia espacial entre los grupos, a pesar de existir una superposición
259 parcial entre las muestras de valores de ambos indicadores.

260
261 Si tenemos en cuenta la clasificación en función de los usos de suelo, la dependencia es
262 menor. Se observa que existe una superposición espacial de las muestras de los valores de
263 ambos indicadores que es especialmente notable en el caso de los usos agropecuarios y forestal
264 protector, sin embargo, el uso forestal productor sí que parece diferenciarse más claramente de
265 los demás grupos.

266
267 Se presentan a continuación (figuras 3 y 4) los mapas sonoros de L_{Aeq} y L_{A90} del área de
268 estudio en relación con la clasificación utilizada de los usos del suelo y las fuentes dominantes
269 registradas en cada punto de medición.

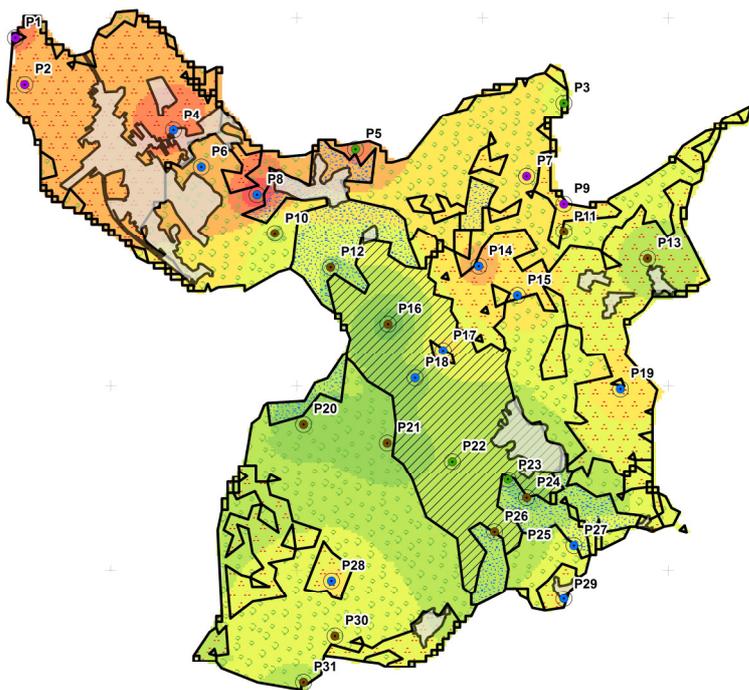


Figura 3. Mapa nivel sonoro L_{eq} (dBA) en periodo diurno, usos del suelo y clasificación de los puntos de muestreo por fuentes sonoras

LEYENDA

- Bosque de coníferas
- Bosque de frondosas
- Matorral
- Pastizal
- Improductivo

Tipo de fuente emisora

- Antropogénica
- Naturaleza
- Naturaleza + Fuentes Antropogénicas
- Naturaleza: Río + Fuentes Antropogénicas

Puntos de muestreo

- Puntos de muestreo

Leq,d y L90,d (dBA)

- 24,5 - 30
- 30,1 - 35
- 35,1 - 40
- 40,1 - 45
- 45,1 - 50
- 50,1 - 55
- 55,1 - 60
- 60,1 - 65

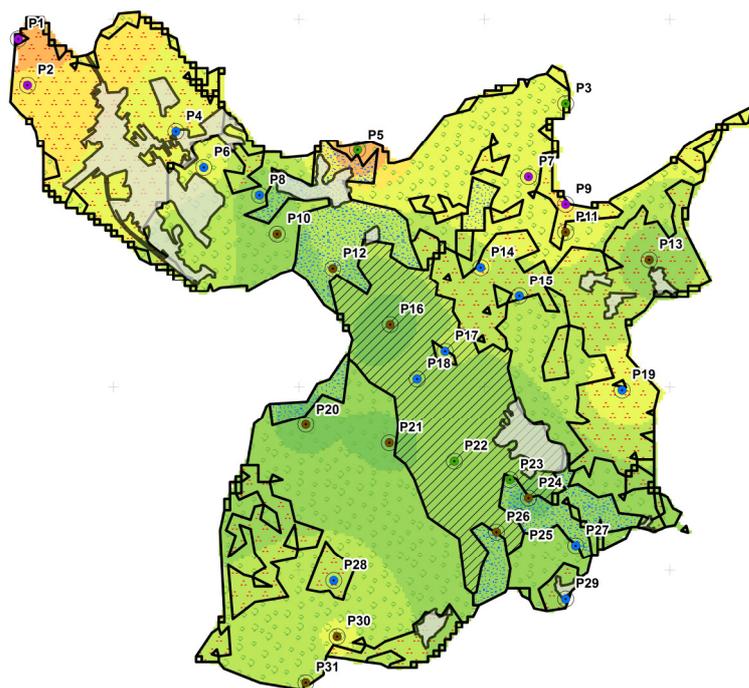


Figura 4. Mapa nivel sonoro L_{90} (dBA) en periodo diurno, usos del suelo y clasificación de los puntos de muestreo por fuentes sonoras

271 Los mapas nos muestran que, de manera general, el patrón de comportamiento de ambos
 272 índices es similar, coincidiendo las zonas de menos nivel sonoro en el centro del área y las de
 273 mayor nivel en el noroeste.

274
 275 Respecto a la relación entre ambos índices cuantitativos y la clasificación propuesta en
 276 función de los usos del suelo, podemos afirmar que probablemente el uso forestal productor se
 277 diferencia más claramente de los demás grupos por su localización dentro del área de estudio,
 278 asociada exclusivamente a los terrenos más elevados de la cadena montañosa central y áreas
 279 donde el nivel sonoro es menor y muy similar entre índices. Los usos restantes, se encuentran
 280 más repartidos a lo largo de todo el territorio.

281
 282 Respecto a la clasificación en función de la naturaleza de la fuente o fuentes dominantes,
 283 las muestras de los diferentes grupos sí que están más repartidas por toda la superficie,
 284 adquiriendo valores de L_{Aeq} y L_{A90} muy dispares. No obstante, su gráfica (figura 1) sí que nos
 285 muestra una cierta relación de dependencia entre ambos índices y los grupos definidos.

286
 287 4.2. Análisis estadístico

288
 289 Realizamos el análisis estadístico para la clasificación de los grupos en función de la
 290 naturaleza de las fuentes sonoras dominantes, clasificación que sí que muestra una
 291 dependencia entre los valores L_{Aeq} y L_{A90} y los 4 grupos propuestos.

292
 293 De manera previa a los estadísticos de clasificación, se ha realizado una ANOVA con
 294 estadísticos F para contrastar la hipótesis de igualdad de medias entre los grupos en cada
 295 variable independiente obteniendo como resultado un $p_valor < 0,05$ y por lo tanto que los dos
 296 grupos (L_{Aeq} y L_{A90}) en media, son diferentes. También se ha realizado la prueba M de Box y su
 297 transformación en un estadístico F, en donde se contrasta la hipótesis nula de que las matrices
 298 de covarianzas son iguales obteniendo también un $Sig = 0,000 < 0,05$, concluyendo que los dos
 299 grupos tienen distinta matriz de varianzas-covarianzas, es decir, que los grupos tienen diferente
 300 variabilidad entre sí. Se ha analizado también el estadístico Lambda de Wilks, para medir el
 301 poder discriminante de las variables de estudio y pudiendo concluir que la variable que más
 302 contribuye a la discriminación es el indicador L_{A90} . No obstante, no se detalla el procedimiento
 303 realizado por ser demasiado extenso para tratar en esta comunicación.

304
 305 Estudiando los estadísticos de clasificación, en la tabla 1 se muestran las probabilidades a
 306 priori de pertenecer a los grupos. Y en la tabla 2, se muestran los coeficientes para la función de
 307 clasificación (funciones discriminantes lineales de Fisher, método de cálculo descrito en Figueras
 308 (FIGUERAS, 2000).

309
 310

Tabla 1. Probabilidades a priori de pertenencia a grupos

Punto	Previas	Casos utilizados en el análisis	
		No ponderados	Ponderados
1	,355	11	11,000
2	,387	12	12,000
3	,129	4	4,000
4	,129	4	4,000
Total	1,000	31	31,000

Tabla 2. Coeficientes de la función de clasificación

	PUNTO			
	1	2	3	4
L _{eq} (dBA)	,651	,400	,417	,389
L ₉₀ (dBA)	,497	,555	,984	,770
Constante	-25,974	-17,267	-36,533	-25,753

1

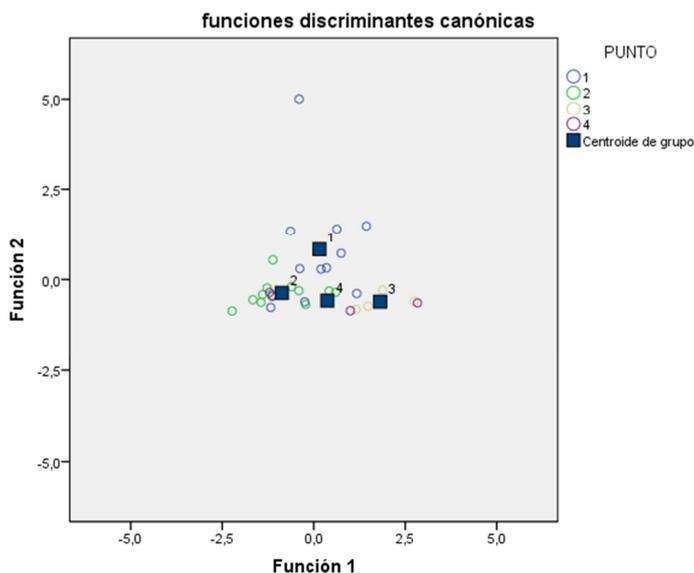
2 Los resultados nos indican que la clasificación para ambos indicadores es:

3 $L_{90} = 0,497 \cdot Gr1 + 0,555 \cdot Gr2 + 0,984 \cdot Gr3 + 0,770 \cdot Gr4$

4 $L_{eq} = 0,651 \cdot Gr1 + 0,400 \cdot Gr2 + 0,417 \cdot Gr3 + 0,389 \cdot Gr4$

5

6 El gráfico de la figura 5 nos muestra la situación de cada uno de los grupos en relación con las
7 funciones canónicas discriminantes, indicando mediante un cuadrado el centroide de cada grupo.
8



9

10

Figura 5. Funciones discriminantes canónicas del conjunto

11

12 Finalmente, la tabla 3 no muestra los resultados obtenidos en el modelo:

13

14

Tabla 3. Resultados del modelo

		PUNTO	Grupo de pertenencia pronosticado				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	7	3	1	0	11
		2	2	10	0	0	12
		3	0	0	4	0	4
		4	0	2	1	1	4
	%	1	63,6	27,3	9,1	,0	100,0
		2	16,7	83,3	,0	,0	100,0
		3	,0	,0	100,0	,0	100,0
		4	,0	50,0	25,0	25,0	100,0
Validación cruzada	Recuento	1	7	3	1	0	11
		2	2	10	0	0	12
		3	0	0	3	1	4
		4	0	2	2	0	4
	%	1	63,6	27,3	9,1	,0	100,0
		2	16,7	83,3	,0	,0	100,0
		3	,0	,0	75,0	25,0	100,0
		4	,0	50,0	50,0	,0	100,0

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

Como se observa el modelo clasifica bien el 71% de los casos y cuando es sometido a validación cruzada (más exigente) sigue manteniendo un porcentaje de datos bien clasificados próximo al 65%. Estos resultados se pueden considerar como muy buenos cuando se trabaja con pocos datos y con cuatro posibles grupos. Un análisis detallado muestra como los grupos 3 (100%) y 2 (83,3%) son con los que mejor se comporta en modelo para predecir. En el extremo opuesto se sitúan los grupos 1 (63,6%) y grupo 4 (25%).

Es muy destacable el éxito del modelo para clasificar por encima del 60% en el caso de tres grupos y el valor bajo del grupo 4 obligaría a la obtención de un mayor número de registros para mejorar estos resultados.

27 5. Discusión y conclusiones

28

29 En este trabajo, se ha tratado de establecer una relación entre variables cuantitativas y
30 cualitativas que nos permitan clasificar los espacios sonoros de un área rural con el objetivo de
31 contribuir a establecer una metodología para la caracterización los paisajes de elevada acústica,
32 identificar las áreas tranquilas y favorecer su conservación.

33

34 La normativa estatal actual (Ley 37/2003, RD 1513/2005, RD 1367/2007), nos aporta las
35 herramientas necesarias para poder evaluar los entornos acústicos de las áreas urbanizadas y
36 urbanizables en función de su uso actual o futuro, y, aunque sí que se refleja la importancia de la
37 conservación de los espacios sonoros de elevada calidad, no existen pautas para su caracterización e
38 identificación.

39

40 Se ha observado que no existe una relación clara entre el uso del suelo del área y su nivel
41 sonoro, y por lo tanto, la metodología aportada para la clasificación de las áreas urbanizadas y
42 urbanizables, en función del uso del suelo, es de muy dudosa aplicación en los espacios forestales o
43 espacios rústicos y no urbanizados de zonas más tranquilas. Sin embargo, sí que parece existir una
44 dependencia entre los índices evaluados (L_{Aeq} y L_{A90}) y la naturaleza de las fuentes sonoras
45 predominantes

46

47 De acuerdo con lo que afirman diversos autores (BARRIGÓN *et al.*, 2013; BOTTELDOOREN *et al.*,
48 1999; CARVALHO E PEREIRA, 2009) el L_{Aeq} es un índice muy sensible a los eventos sonoros, y tal y
49 como se ha podido comprobar en campo, aumenta su valor rápidamente con cualquier evento que
50 genere un elevado nivel acústico aunque sea de corta duración, por esto, se asocia más a los sonidos
51 emitidos por las fuentes antropogénicas siempre y cuando éstas se presenten como eventos sonoros.
52 Sin embargo, el L_{A90} se asocia más con el ruido de fondo, que se considera como el sonido emitido
53 por la naturaleza, de más bajo nivel acústico, que toma valores más constantes y no se ve tan
54 influenciado por los eventos sonoros.

55

56 No existen actualmente muchos estudios que traten de obtener una relación estadística entre
57 los parámetros que caracterizan la naturaleza de las fuentes sonoras. Algunos autores sí han tratado
58 de clasificar el tipo de fuente existente o de cuantificar de alguna manera la influencia antrópica, bien
59 con el empleo de L_{Aeq} y L_{A90} o proponiendo otros parámetros (CARVALHO & PEREIRA, 2009; FEIJÓ
60 2008ab). En este trabajo se ha demostrado que el método cualitativo de clasificación de espacios
61 sonoros propuesto y validado estadísticamente, permite clasificar con fiabilidad las zonas en función
62 del entorno y las fuentes sonoras. Partiendo de la base de que los índices L_{Aeq} y L_{A90} son los más
63 representativos del sonido antropogénico y natural respectivamente, podemos intuir si el ambiente
64 acústico existente en un lugar está caracterizado por los sonidos emitidos por fuentes de origen
65 antrópico o natural, e incluso, podemos intuir si existen cursos fluviales que influyan en el paisaje
66 sonoro.

67

68 La clasificación de los espacios sonoros basándonos en la correlación existente entre las
69 variables cualitativas y cuantitativas, otorga una nueva visión a los estudios realizados hasta ahora y
70 abre una puerta para continuar investigando y aplicando las técnicas estadísticas bien como base o
71 bien como complemento para la evaluación de los paisajes sonoros.

72

73 6. Bibliografía

74

75 BARRIGÓN, J.M.; MONTES, D.; MERCHÁN, A.; ATANASIO, P.; GÓMEZ, V.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R.; MÉNDEZ,
76 J.A.; REY, G.; PRIETO, C.; MADERUELO, R.; MARTÍN, M.; TRUJILLO, J.; CARMONA, J. (2013).
77 Caracterización del paisaje sonoro rural. Alcántara, un pueblo de la Raya Extremeña. Tecniacústica
78 2013, Valladolid, España, 2-4 octubre.

79

- 80 BOTTELDOOREN, D; DECLOEDT, S.; BRUYNEEL, J.; POTTIE, S. (1999). Characterisation of quiet areas:
81 subjective evaluation and sound levels indices. Forum Acusticum 1999, Berlin, Germany, 15-19
82 March.
83
- 84 BROWN, A.L. 2007. Areas of High Acoustic Quality: Soundscape Planning. En 14th International
85 Congress on Sound & Vibration. Cairns, Australia.
86
- 87 BROWN, A.L. (2011). Advancing the concepts of soundscapes and soundscape planning. Acoustics
88 2011. Gold Coast, Australia, 2-4 November. p. 15.
89
- 90 CARVALHO, A.; PEREIRA, M. (2013). Ruído no Parque Nacional da Peneda-Gerês, Portugal.
91 Tecniacústica 2013, Valladolid, España, 2-4 octubre.
92
- 93 FEIJOÓ, S. (2008a). Clima sonoro en espacios naturales. VI Congreso Iberoamericano de acústica - FIA
94 2008. Buenos Aires, Argentina.
95
- 96 FEIJOÓ, S. (2008b). Niveles sonoros en un municipio rural. VI Congreso Iberoamericano de acústica -
97 FIA 2008. Buenos Aires, Argentina.
98
- 99 FIGUERAS, S.M. (2000). Análisis Discriminante. 5campus.com, Estadística (09-2014). Disponible en:
100 <http://www.5campus.com/leccion/discr>
101
- 102 FRANCIS, C.; ORTEGA, C.; CRUZ, A. (2009). Noise pollution changes avian communities and species
103 interactions. *Current Biology*. 19(6): 1415-1419.
104
- 105 GENUIT, K. & FIEBIG, A. (2006). Psychoacoustics and its benefit for the soundscape approach. *Acta*
106 *Acustica United with Acustica*. 92(6): 952-958.
107
- 108 KARVINEN, P.A., SAVOLA, A. (2004). Oases of Quietness in the Satakunta Region-A pilot study of low-
109 noise areas in Satakunta Region. En: Joint Baltic-Nordic Acoustic Meeting 2004, 8-10 June 2004,
110 Mariehamn, Aland.
111
- 112 LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE nº276, 18/11/2003).
113
- 114 LÓPEZ, L. (2015). Planificación acústica. Estudio y conservación del paisaje sonoro en un contexto
115 rural. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
116
- 117 NORMA UNE-ISO 1996-1 Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes
118 básicas y métodos de evaluación.
119
- 120 PEÑA, D. (2002). Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill. New York.
121
- 122 REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de
123 noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
124
- 125 REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de
126 noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones
127 acústicas.