

## DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN ACÚSTICA EN ÁREAS RURALES

Leire López Uribarri

*Singla Ingeniería S.L., Grupo de Grupo de Investigación de Proyectos y Planificación -  
Universidad de Santiago de Compostela (USC)*

Emilio Rafael Díaz Varela

*Departamento de Ingeniería Agroforestal, Grupo de Investigación de Proyectos y  
Planificación - Universidad de Santiago de Compostela (USC)*

Manuel Francisco Marey Pérez

*Departamento de Ingeniería Agroforestal, Grupo de Investigación de Proyectos y  
Planificación e Instituto Universitario de Estudios y Desarrollo de Galicia (IDEGA) -  
Universidad de Santiago de Compostela (USC)*

### Abstract

Land Use Planning should rely in an adequate methodology for the characterization of soundscapes as a basic instrument for the management of rural areas. Every rural area, every quiet zone, has a peculiar sound landscape – a soundscape, a natural value the preservation of which is essential. Its acoustic environment is dominated by the noises of nature: the whisper of the wind in the tree canopies, the birds singing, the sound of rivers, animals. Nevertheless, human beings have their role in the configuration of this environment. In rural areas infrastructures, industries, settlements, forestry, agricultural activities, recreation areas, etc., also can be found whose noise shouldn't be dominant. In this way, a quiet area can be configured in which sound events could have their origin in anthropic sources, but always in a harmonic relationship with the sounds produced by nature.

This work aims to establish a first approach to a methodology to characterize soundscapes in rural areas, and in this manner, to correct deficiencies shown by the current legal framework in this field.

**Keywords:** *Acoustical planning; rural areas; methodology and validation*

### Resumen

La Ordenación y Planificación del Territorio debería contar con una adecuada metodología de caracterización del paisaje sonoro como instrumento básico de gestión de las zonas rurales. Cada zona rural, cada área tranquila, tiene su paisaje sonoro característico, un valor natural que hay que conservar. Su ambiente acústico está dominado por el ruido de la naturaleza, el murmullo que emiten las copas de los árboles, el cantar de los pájaros, los ríos, la fauna, etc. No obstante, el hombre tiene su papel en este entorno. En las zonas rurales también existen infraestructuras, industrias, núcleos poblacionales, actividad agrícola y forestal o zonas de recreo, etc. cuyo ruido emitido se considera no debe dominar para configurar un área tranquila, en la que sí que existen eventos sonoros procedentes en su mayoría de fuentes antrópicas, pero siempre dominados por el ruido producido por la naturaleza.

Con este trabajo se pretende plantear una primera aproximación a lo que sería una metodología para caracterizar el paisaje sonoro de las zonas rurales, y, de esa manera, suplir en cierto modo las deficiencias que muestra el marco normativo actual al respecto.

**Palabras clave:** *Planificación acústica; áreas rurales; metodología y validación*

## 1. Introducción

Las directivas y políticas europeas de muchos países, abogan por la conservación y gestión de las denominadas “áreas tranquilas”, concepto definido en la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental como “un área, delimitada por la autoridad competente, que no es molestada por el ruido de tráfico, industria o actividades recreativas”. Según Botteldooren y De Coensel (2006a) puede definirse como “el área que es más silenciosa que el entorno que le rodea y tiene un efecto de descanso psicológico en la gente que la visita”. Las actividades pueden ser diversas y sólo fuertes intrusiones sonoras provocarán una penosa sensación del clima acústico.

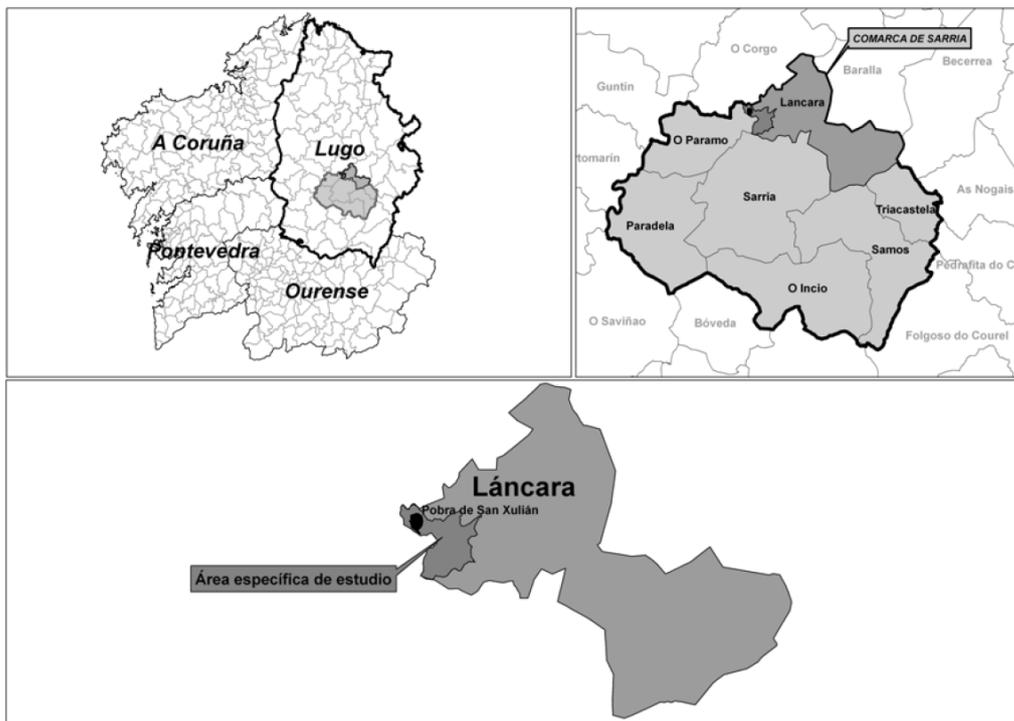
El término “paisaje sonoro” se refiere a cualquier ambiente acústico, tanto si procede de una fuente natural, urbana o rural (Krause, 1999). Puede definirse como el ambiente acústico total asociada a un área concreta (Ambrose y Burson, 2004) o el entorno auditivo en el que el receptor está inmerso (Fyhri y Klæboe, 1999). Debido a que la tranquilidad o el silencio no es la principal característica de estas áreas, Brown (2007) considera que más que áreas tranquilas deberían definirse como áreas de elevada calidad acústica. Distingue 3 tipos de áreas (áreas naturales, áreas no urbanas o rurales y áreas urbanas), estableciendo que todas ellas deberían conservar su buena calidad acústica. 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 medioambiental es cada vez mayor. Hasta que no se reconozca este hecho las áreas aún existentes irán desapareciendo. La gestión de estas áreas implica manejar un recurso de elevada calidad ambiental. Considerarlas dentro de la toma de decisiones del proceso de planificación y ordenación del territorio podría aumentar considerablemente la calidad de vida de sus habitantes.

El objetivo del trabajo es el desarrollo y validación en una zona del territorio de una metodología para la caracterización del paisaje sonoro rural para su posterior utilización en el desarrollo y aprobación de las diferentes figuras de planificación territorial y ordenación del territorio.

## 2. Área de estudio.

El área en la que se desarrolla el presente trabajo se ubica al oeste del término municipal de Láncara, Provincia de Lugo, Comunidad Autónoma de Galicia (**figura 1**). El municipio de Láncara se trata de un territorio con una variada orografía que marca las condiciones climáticas del municipio. Se alternan las llanuras y zonas montañosas por donde discurren una gran cantidad de pequeños cursos fluviales. Las zonas más elevadas se localizan en el Sur, descendiendo a medida que avanzamos hacia el norte. En las zonas más bajas se localizan los principales núcleos de población, alrededor de los cuales los terrenos se dedican principalmente a la ganadería y en menor medida a la agricultura, mientras que las zonas más montañosas albergan masas arboladas naturales dominadas por frondosas y otras artificiales de coníferas de rápido crecimiento con vocación maderera.

Figura 1 : Marco territorial del área de estudio



El territorio de Luncara posee una muy baja densidad de población (24 hab/km<sup>2</sup>), no obstante ésta se encuentra repartida en 151 diseminados. A Pobra de San Xiao constituye la capital del municipio y es el núcleo que cuenta con más habitantes (699) La población del municipio se trata de una población envejecida y en retroceso cuyo crecimiento anual desciende año tras año. Y, su principal fuente de economía, es el sector primario.

Considerando las diferentes definiciones de "ruralidad", el municipio de Luncara se puede clasificar como un municipio eminentemente rural. Entre otras características, su densidad de población es menor a 100 hab/km<sup>2</sup>, su número de habitantes es inferior a 5.000 y el sector primario es la principal fuente de economía. También se puede considerar un municipio con elevado valor natural, lo cual se confirma por su biodiversidad y pertenencia a la Reserva de la Biosfera Terras do Miño. Ambas características, le hacen merecedora de una correcta gestión de su paisaje sonoro natural.

El ambiente sonoro será diferente en las proximidades de los cursos fluviales, de los núcleos de población o en zonas montañosas. La propagación del sonido se verá influenciada además por el relieve, que en algunos casos constituirán barreras a su avance y en otros favorecerán su propagación; y por los distintos usos del suelo, que aportan un ambiente sonoro específico e influyen en el avance del ruido.

Las actividades del sector primario también se dejan notar en el paisaje sonoro, especialmente las actividades mecanizadas. Sin embargo, la ganadería menos "ruidosa", domina sobre la agricultura y actividad de la maquinaria agrícola. Luncara cuenta con una cantera en activo, la cual, contribuirá a elevar el nivel sonoro del municipio no sólo por el propio funcionamiento de la planta de machaqueo, sino, por la actividad de la maquinaria pesada y por el tráfico de camiones que recorrerá el territorio. Las infraestructuras de comunicación también son fuentes potenciales de ruido que pueden tener una elevada influencia en el área en función de su ubicación y densidad de tráfico. Luncara, cuenta con una buena red de infraestructuras, además de contar con las obras de la nueva variante del AVE, lo que presumiblemente se notará a la hora de definir su paisaje sonoro.

### 3. Metodología.

La representación cartográfica de los ruidos puede usarse para identificar los límites de las áreas tranquilas y representar cómo el ruido antrópico puede influir en ellas (Waugh et al., 2003). La Directiva del Ruido exige a los estados miembro que creen sus mapas estratégicos de ruido representando la contaminación acústica con el empleo de los indicadores más comunes del ruido:  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  y  $L_{night}$ . Este estudio se lleva a cabo integrando todas las fuentes sonoras existentes, pero la elevada cantidad de sonidos naturales, fuentes biofónicas, geofónicas y antrópicas, la convierten en una tarea imposible.

Se propone, por lo tanto, basar el mapeo acústico en un número representativo de puntos de muestreo en el área de estudio. Basándose en esta muestra de puntos, se tratará de aproximar los niveles sonoros en el interior de toda el área por métodos de interpolación. Para establecer la metodología de toma de datos en campo y los indicadores acústicos más apropiados se ha efectuado una revisión bibliográfica exhaustiva de los principales estudios y legislación existente al respecto. Además, se cotejarán los resultados obtenidos con la simulación teórica de la propagación del sonido en el área de estudio en función de diversos factores y a partir del ruido emitido por las fuentes sonoras identificadas durante el muestreo de campo. Para ello, se empleará la herramienta SPreAD-GIS de ArcGis 9.3.

La mayor parte de los estudios existentes en relación con la caracterización acústica de paisajes sonoros de áreas rurales y tranquilas se basan en establecer una serie de indicadores útiles para su descripción. El paisaje sonoro de las áreas rurales lo forman una compleja mezcla de sonidos naturales y antrópicos que están constantemente cambiando minuto a minuto, hora a hora, día a día, y según la época del año. Por ello, la elección de un indicador apropiado para estas áreas de la zona rural caracterizadas por su tranquilidad, entraña más dificultad que la elección de los índices adecuados para medir el sonido en las áreas tranquilas de las aglomeraciones. Symonds Group (2003), De Coensel y Botteldooren (2006), Botteldooren y De Coensel (2006b), Brambilla y Maffei (2006), estudiaron el paisaje sonoro en un contexto rural, usando diferentes indicadores, adaptando tanto la naturaleza de estos indicadores como sus valores límite a las condiciones existentes y proponiendo un sistema multicriterio para caracterizar dicha área.

Los índices de larga duración como  $L_{Aeq,24horas}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$  han sido muy utilizados por los estudiosos en la materia para delimitar las áreas tranquilas y caracterizar el paisaje acústico. Existen varios estudios que demuestran que, la correlación entre la percepción de la tranquilidad y este índice es muy elevada (De Coensel, 2005; Waugh et al, 2003; Symonds Group, 2003; Fleming et al, 1998). Sin embargo, durante la medición ocurren frecuentemente eventos sonoros. En las áreas rurales, el nivel de ruido ambiental será bajo, lo que hace que los sonidos intrusos sean más audibles y obvios.

El sonido de un área rural tranquila se caracterizará por un ruido de fondo de baja intensidad y la intrusión de otras fuentes de mayor nivel sonoro. Es por eso que el uso del  $L_{Aeq,24horas}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$ , u otro índice de larga duración, por sí solo únicamente informará de parte del escenario. Consecuentemente, cualquier índice que utilicemos para cuantificar el ruido debería reflejar ambos aspectos, el ruido de fondo y el número de intrusiones sonoras. (Symonds Group, 2003; Botteldooren y De Coensel, 2006a; De Coensel y Botteldooren, 2006; Brown, 2007; Miller, 2007). Para Fleming et al. (1998), en el caso de lugares lejanos de la actividad humana, es suficiente el empleo del  $L_{Aeq,T}$  y  $L_{x\%}$ . Para medir el ruido ambiental, el estadístico  $L_{90}$  se usa con mucha frecuencia (nivel sonoro durante más del 90% del tiempo). Aunque es un índice sólido existen pocas evidencias de su uso específico en áreas tranquilas. Botteldooren y De Coensel (2006a) y De Coensel y Botteldooren (2006), comparan la percepción de la tranquilidad de un observador experto, con diferentes indicadores ( $L_{eq}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{10}$ ...) y concluyen que los estadísticos comprendidos entre  $L_{50}$  y  $L_{95}$ , son los mejores predictores de la tranquilidad. Teóricamente  $L_{95}$  está determinado por

intervalos de extremos silencio de corta duración, por lo que el valor  $L_{50}$  parece ser el mejor indicador.

Se considera que el valor de  $L_{eq}$  está bien relacionado con el grado de molestia percibida siempre y cuando no predominen los eventos sonoros. Cuanto mayor es la diferencia entre  $L_{90}$  y  $L_{10}$  ó  $L_{50}$  y  $L_{eq}$ , mayor es la influencia de los eventos sonoros. En este caso, el valor de  $L_{50}$  o  $L_{90}$  serían indicadores más adecuados para evaluar el nivel de ruido ambiental.

Hay diferentes maneras para que las intrusiones sonoras también queden reflejadas en un índice. Varios autores (Waugh et al., 2003; Symonds Group, 2003; Miller 2007) coinciden en que los periodos de tranquilidad pueden ser cuantificados por el número de intervalos de tiempo libres de intrusiones durante un día. Se define un intervalo libre de ruidos (NFI) como el periodo de 15 minutos donde no existen intrusiones sonoras molestas. Este índice se utiliza también en varios estudios realizados por la Agencia de Protección Medioambiental de Irlanda. De Coensel y Botteldooren (2006), para medir el impacto de los eventos sonoros, sugieren contar el número de eventos sonoros provocados por fuentes de origen antrópico o molestas. Proponen medir el tiempo total durante el cual se escuchan los sonidos discordantes o bien, en el que no se escuchan. Definen el número de eventos sonoro ( $N_{cn}$ ) como el número de veces que el nivel sonoro excede un determinado valor y, también consideran el tiempo total durante el cual se supera ese valor ( $T_{cn}$ ).

No sólo bastaría con considerar los eventos sonoros como característica del ruido, sino que además es importante identificar la fuente de emisión, tanto del ruido de fondo como de estos eventos. Por ejemplo, Symonds Group (2003) considera que los eventos de origen natural acentúan la tranquilidad en vez de ponerla en peligro. Son varios los autores (Waugh et al., 2003; Symonds Group, 2003; Ambrose y Burson, 2004; Botteldooren y De Coensel, 2006ab; Brown, 2007; Miller, 2007) que consideran necesario, para caracterizar correctamente un área, establecer criterios que evalúen el nivel sonoro (evaluación cuantitativa) y, por otro lado, criterios cualitativos basados en la percepción del sonido, identificar la fuente sonora y distinguir entre sonidos naturales o antrópicos, deseados o no deseados, molestos o no molestos etc.

Con relación al muestreo y cartografiado sonoro, existen algunos estudios en los que se ha llevado a cabo un exhaustivo trabajo de campo y posterior tratamiento cartográfico. Fleming et al. (1998) definieron una metodología para facilitar la caracterización de los lugares tranquilos, generalmente con niveles sonoros por debajo de los 45 dB y con el sonido dominante de la naturaleza. Para ello, estudiaron cómo varían los niveles sonoros en función de diferentes parámetros como la estación, el momento del día, las actividades humanas existentes, etc.

El número de puntos de muestro debe ser el mínimo posible que proporcionen una cobertura adecuada del área y abarquen el mayor número de ambientes posible. Para ello, de manera previa a la elección de los lugares de muestreo, identifican todos los ambientes existentes en función de la topografía, vegetación, fauna y actividad humana. Cada una de estas zonas de ambiente determinado, la subdivide en áreas más pequeñas. Para la elección de los puntos de medición, propone realizar un muestreo aleatorio de estas subdivisiones dentro de cada ambiente. Una vez realizado el trabajo se observa que los puntos de muestreo no son suficientes en determinadas zonas para detectar todas las fuentes sonoras que caracterizan el territorio. Atendiendo a criterios cualitativos justificados, se puede incrementar la densidad de muestreo en determinadas zonas. Consideran necesario efectuar al menos 3 visitas a cada punto y 2 mediciones por visita. Y, en función de la diversidad del sonido, cada visita debería contar de 3 a 9 horas de registro de datos. Estas 3 visitas deben de separarse a lo largo del día, de manera que se abarque el periodo de 7 a.m. a 4 p.m. También proponen realizar mediciones en varias estaciones si se ve que existe mucha variación.

Con el objetivo de prevenir la degradación que causan las fuentes de origen antrópico en la calidad acústica de las áreas tranquilas, maximizando el ruido ambiental de la naturaleza y minimizando el ruido causado por el hombre, Waugh et al. (2003) evaluaron el impacto causado por el ruido de las diferentes fuentes de origen humano y lo combinaron con los niveles sonoros obtenidos en campo obteniendo un mapa representativo del nivel sonoro debido a las fuentes antrópicas. Elaboraron un proyecto donde se definen las principales características acústicas de las áreas tranquilas de Irlanda. Identificaron 15 sitios como lugares de referencia. En cada lugar escogieron puntos de muestreo que fueran indicadores de lo que pudieran percibir las personas que frecuentan las áreas y en los que se pudiera medir el nivel acústico durante 24h de manera continuada. El número varió en función de la localización geográfica realizándose un mínimo de 8 y un máximo de 20 puntos de muestreo.

Los periodos temporales de medición también fueron diferentes, siendo 15 minutos el de menor duración. La medición se repitió como mínimo en 4 ocasiones en cada localización. Además, dentro de cada sitio, se escogieron 3 puntos en los que se efectuó un muestreo nocturno y 4 puntos de muestro en los que se efectuaron grabaciones de audio. Posteriormente se realizó el cartografiado sonoro basándose en los datos de los puntos de muestreo seleccionados. Mediante la interpolación de los datos y con corrección por la superficie topográfica, elaboraron dos mapas de contorno (LAeq y LA90) identificando los posibles niveles sonoros en la totalidad del área de estudio.

En una segunda fase modelizaron el ruido antrópico para poder valorar el impacto de las principales fuentes de ruido antrópicas existentes (plantas industriales, trabajos de aprovechamiento forestal, canteras, parques eólicos, tráfico rodado, etc.). Las fuentes puntuales las representaron con un único punto que tuviese la misma potencia sonora que toda la fuente. Para el ruido de tráfico (fuente lineal) se basaron en el modelo desarrollado por el departamento de transporte del Reino Unido, el cual calcula el nivel de ruido para cada segmento de carretera identificado en función de diversos factores como la velocidad media porcentaje de vehículos pesados, etc. Posteriormente, en ambos casos, se calcula la atenuación debida alas condiciones atmosféricas, topográficas, etc. Miller (2007) presenta las técnicas que él mismo proporcionó al Servicio de Parques Nacionales de Estados Unidos y con las que han estado gestionando los paisajes sonoros de sus parques naturales. Para localizar los puntos de muestreo considera necesario conocer bien la zona para poder definir el área en cuanto su geología, vegetación, especies faunísticas, actividad turística, presencia o ausencia de infraestructuras, etc. La mejor manera de ubicar los puntos es dividir esta tarea en 4 decisiones: dividir el área en zonas homogéneas en cuando a vegetación, orografía y condiciones atmosféricas; crear una capa con la localización potencial de las fuentes sonoras de origen humano; identificar las áreas del parque más sensibles al ruido; finalmente, considerar la accesibilidad a los puntos.

Considera que se debe medir durante largos periodos de tiempo, durante varios días seguidos, para que las medidas efectuadas sean lo suficientemente fiables. Además, probablemente sería necesario medir en cada estación si se quiere describir el paisaje sonoro a lo largo del año. Feijóo (2008) estudió los niveles sonoros existentes en un municipio predominantemente rural cercano a Santiago de Compostela, en Teo.

Teniendo en cuenta las características del municipio y ante la imposibilidad de realizar un muestreo espacial en cuadrícula por el difícil acceso de algunas zonas, escogió una serie de puntos de medida que representan los tipos más comunes de zonas. En un muestreo sonoro exploratorio se escogieron inicialmente 40 puntos de medida aunque 6 tuvieron que ser descartados por diversas causas. En cada punto se realizaron 6 medidas abarcando distintas franjas horarias entre las 7:00h y las 23:00h. Cada medida fue de 15 minutos y se realizaron en un intervalo de 7 meses permitiendo evaluar diferencias estacionales en los niveles sonoros.

En cuanto a la metodología empleada para el cartografiado del paisaje sonoro obtendremos dos tipos de mapas sonoros en función del procedimiento empleado:

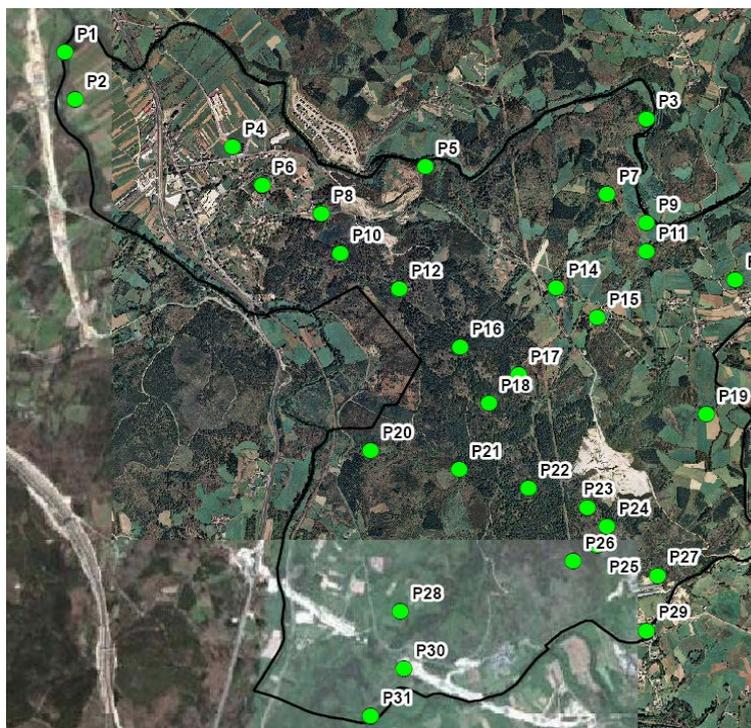
1º - Mapa de nivel sonoro: será representativo del  $L_{eq,d}$ ,  $L_{90,d}$ ,  $L_{50,d}$  ó  $L_{10,d}$  y se elabora en base los datos cuantitativos obtenidos en campo. 2º - Mapa de la propagación del sonido y mapa de exceso de ruido: la identificación de las fuentes sonoras durante la campaña de medición, nos proporciona una base real para poder simular la propagación del sonido desde estos focos.

Las herramientas utilizadas para la obtención de esta cartografía son: 1º – Los datos obtenidos en campo, 2º El software ArcGis 9.3, 3º - La herramienta de aplicación en ArcGis 3D Analyst. 4º - La herramienta de aplicación en ArcGis SPreAD-GIS version 2.0 (Reed et al. 2010). Los mapas de niveles sonoros los obtenemos con los datos cuantitativos obtenidos en cada punto de muestreo realizamos la interpolación de los datos con la herramienta de ArcToolbox, 3D Analyst, Raster Interpolation. Existen múltiples métodos de interpolación, entre este caso usaremos el método IDW, que interpola los valores asignando valores inferiores a medida que nos alejamos de los puntos de referencia. Por lo tanto, es aplicable en casos en los que la variable disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto inicial, como por ejemplo el ruido.

#### 4. Resultados

Como primer resultado en la **figura 2** se muestra la distribución de los puntos de muestreo para el desarrollo de trabajo.

**Figura 2 : Distribución de los puntos de muestreo**



En la **figura 3** se muestra la localización y clasificación de las principales fuentes sonoras que se observaron a lo largo de las mediciones en los puntos de muestreo. En la **tabla 1** se muestran los niveles sonoros promediados por día, por punto de muestreo y por fuente emisora

Figura 3 : Localización y clasificación de las fuentes sonoras

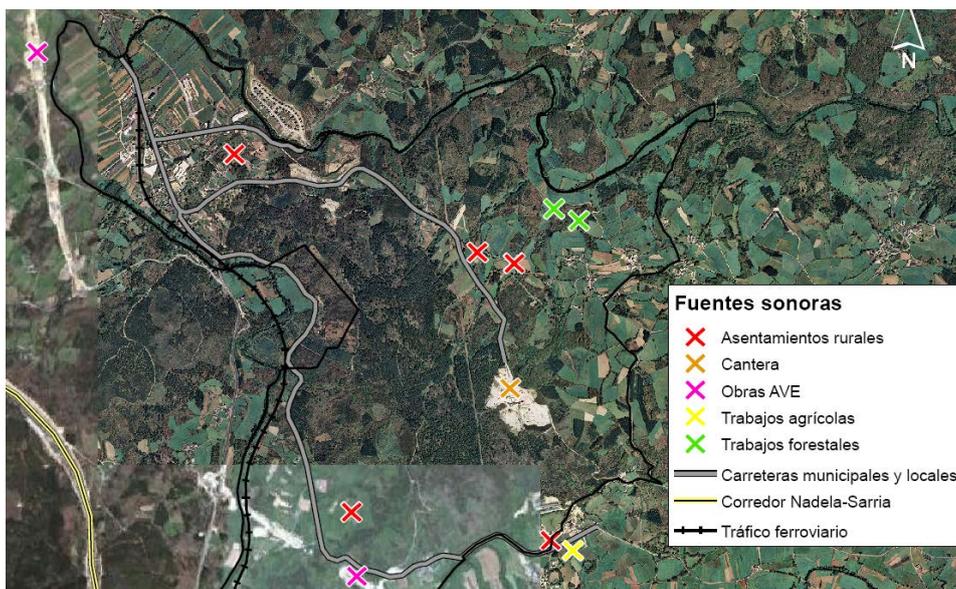


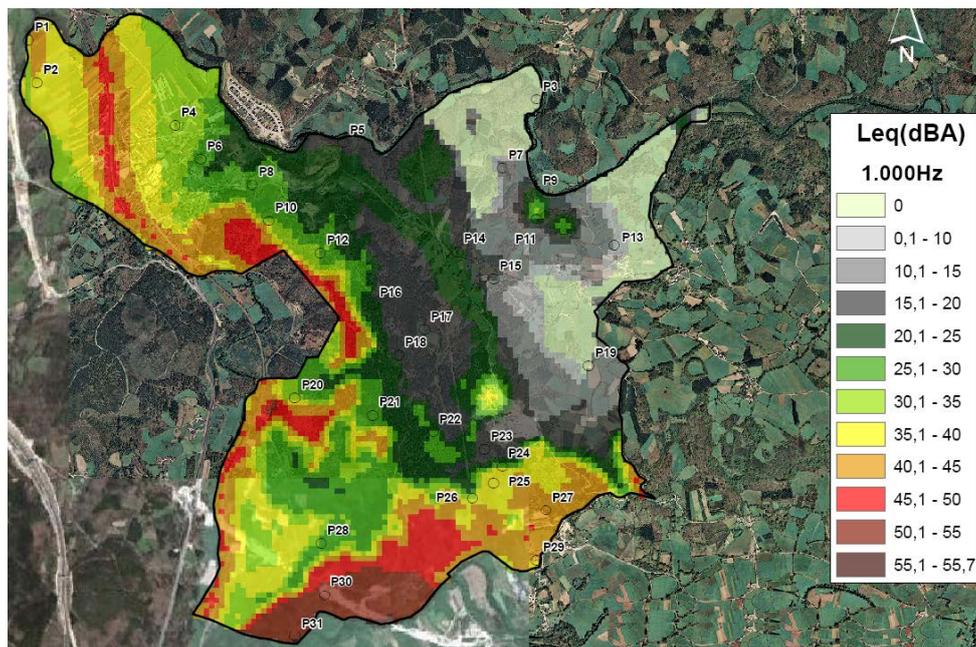
Tabla 1. Niveles sonoros promediados para el periodo día por punto de muestreo y fuente/s emisora/s

PUNTO	L <sub>eq</sub> (dBA)	L <sub>90</sub> (dBA)	L <sub>50</sub> (dBA)	L <sub>10</sub> (dBA)	FUENTES EMISORAS
					Día
1	55,5	54,3	55,3	56,3	Obras AVE; Naturaleza: río
2	52,2	48,9	50,7	54,2	Obras AVE; Naturaleza: río
3	44,8	44,0	44,6	45,5	Naturaleza: río
4	57,9	44,9	50,1	62,6	Tráfico rodado ;Gente
5	55,8	54,9	55,8	56,3	Naturaleza: río
6	50,6	41,3	45,6	52,9	Asentamiento rural: perros
7	45,8	44,9	45,6	46,6	Naturaleza: río; Trabajos forestales
8	64,0	31,2	35,5	59,3	Tráfico rodado
9	48,0	46,8	47,4	49,0	Naturaleza: río; Trabajos forestales
10	39,0	33,8	36,6	40,6	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
11	44,1	40,1	41,3	44,7	Trabajos forestales; Naturaleza: pájaros, río
12	39,6	35,1	38,6	42,1	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
13	35,2	29,8	32,1	38,9	Naturaleza: pájaros; Trabajos forestales
14	53,1	40,1	43,7	48,9	Cantera; Asentamiento rural: perros, gente
15	46,6	39,2	42,5	48,5	Cantera; Tráfico rodado; Asentamiento rural: perros, gente; Naturaleza
16	27,1	24,5	25,7	28,4	Naturaleza: pájaros; Cantera; Ferrocarril
17	39,1	36,3	38,2	41,0	Cantera; Asentamiento rural: perros, gallos
18	33,3	30,8	32,6	35,0	Cantera
19	47,9	44,7	47,6	49,3	Cantera
20	33,7	29,2	32,4	36,4	Naturaleza; Tráfico rodado
21	32,5	29,1	31,2	34,7	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
22	35,0	30,3	33,1	36,1	Naturaleza
23	34,9	30,8	33,1	36,5	Naturaleza
24	31,6	27,7	29,1	32,1	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
25	39,6	30,2	33,1	43,4	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
26	35,1	30,8	33,0	36,8	Naturaleza; Tráfico rodado y ferroviario
27	42,5	34,8	39,5	44,4	Naturaleza: pájaros; Trabajos agrícolas; Ferrocarril; Asentamiento rural: gallos, perros
28	45,6	38,3	42,1	49,2	Asentamiento rural: perros; Tráfico rodado; Obras AVE
29	45,9	32,5	37,4	46,9	Asentamiento rural: perros, tractor agrícola, gente, gallos; Tráfico rodado
30	44,9	41,2	43,0	47,2	Naturaleza; Obras AVE
31	38,9	36,5	37,9	40,7	Naturaleza; Obras AVE; Tráfico rodado

Los valores del nivel sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ), oscilan entre los 27,1dB y 64,0dB, alcanzando el mayor valor en el punto número 8 donde se registró el ruido del tráfico rodado, dominando el tráfico de camiones procedentes de la cantera. Los valores del nivel percentil 90 ( $L_{90}$ ), oscilan entre los 24,6dB y 54,9dB. El mayor valor se alcanza en el punto número 5, donde el ruido dominante es el procedente del río. Los valores del nivel percentil 50 ( $L_{50}$ ), oscilan entre 25,7dB y 55,8dB, el mayor nivel sonoro se alcanza, al igual que el  $L_{90}$  en el punto de muestreo número 5. Los valores del nivel percentil 10 ( $L_{10}$ ) oscilan entre los 28,4dB y 62,6dB. El mayor valor se alcanza en el punto número 4, en el núcleo de A Pobra de San Xiao y donde domina el ruido del tráfico rodado y la gente del pueblo. Los valores más bajos de ruido ambiental se registran en todos los casos, en el punto número 16, donde domina el ruido de la naturaleza y únicamente se distingue el ruido de la cantera y del ferrocarril pero de manera muy lejana.

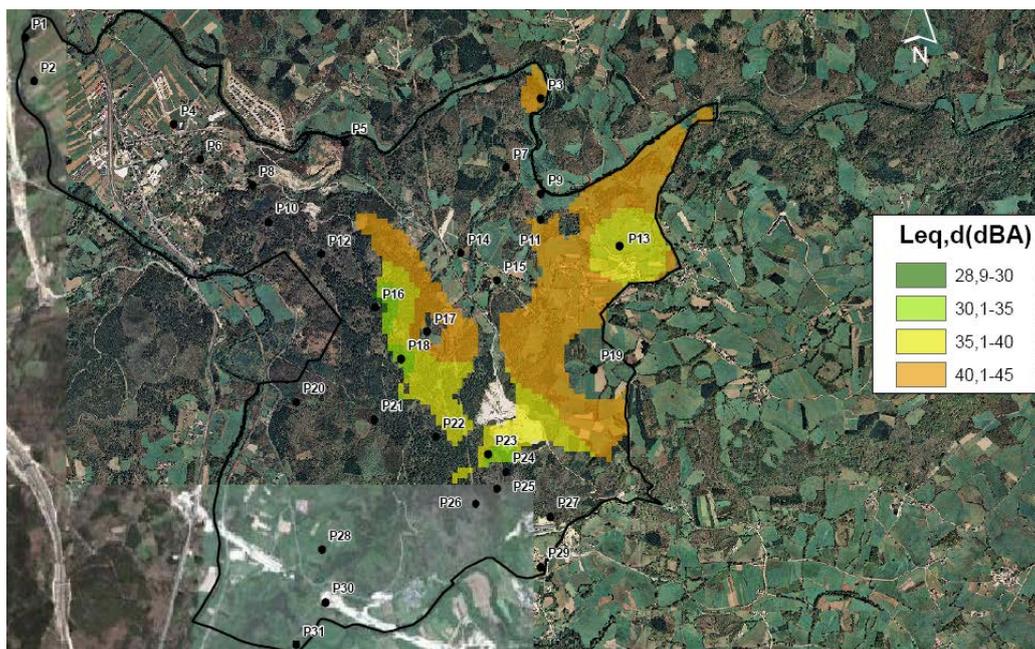
En la **figura 4** se muestra el mapa global de propagación del sonido. Los valores más elevados de ruido, entre los 50dB y 65dB, se alcanzan en el extremo noroeste del territorio alcanzando hasta el punto número 8. En esta área y en sus proximidades se encuentran el núcleo de A Pobra de San Xiao, la zona 1 de las obras del AVE y, se concentra mayor número de infraestructuras de tráfico rodado y ferroviario. Por el contrario, la zona donde menos nivel sonoro equivalente se registra es en la zona montañosa del centro-sur del área, con valores comprendidos entre los 24,5dB y 40dB. En esta zona se localizan las principales masas arbóreas y también es donde se ubica la cantera.

**Figura 4 : Mapa global de propagación del sonido para el indicador  $L_{eq}$ (dBA)**



Si consideramos las zonas tranquilas no como aquellas ausentes de ruido, sino en las que domina el ruido de la naturaleza, se ubicarían en el nor-noreste, centro y centro-este del área, donde, a pesar de que la influencia de las fuentes antrópicas es leve o nula, sí que existen puntos donde se registran niveles sonoros de alrededor de 50dB por el ruido ejercido por la naturaleza, principalmente el río. En la **figura 5** se muestran las áreas tranquilas delimitadas para la zona de estudio de acuerdo a la metodología utilizada.

**Figura 5 : Localización de las áreas tranquilas**



En el Centro del área domina el ruido de las masas arbóreas, en el Norte el del río, y, en el Noreste y Centro-Este, el piar de los pájaros. Sí que se detecta también el ruido antrópico del tráfico rodado, ferroviario y la cantera aunque de manera muy lejana, así como los aprovechamientos forestales y algunos asentamientos rurales, cuya incidencia en el territorio es reducida. En éstas zonas (donde la influencia de las fuentes antrópicas es muy baja o inexistente y el nivel sonoro equivalente en periodo diurno no sobrepasa los 45dBA) se localizan en el centro y este del territorio de estudio.

En el Norte del área domina el ruido del río, ruido constante que genera valores diurnos de  $L_{eq}$ ,  $L_{90}$  y  $L_{10}$  de alrededor de 40dB, y de  $L_{10}$  alrededor de 45dB. La parte Este del territorio se trata de una zona predominantemente ganadera donde el ruido dominante es el de la naturaleza, que, en ocasiones se ve interrumpido por la cantera o las labores de aprovechamiento forestal más próximas. Los valores diurnos de  $Leq$  oscilan entre los 35-45dB,  $L_{90}$  entre los 30 y 40dB,  $L_{50}$  entre los 30-45dB y  $L_{10}$  entre los 35-46dB. En el centro del área también domina el ruido de la naturaleza, de las masas arbóreas y fauna asociada, que, al igual que en el este, también se ve en ocasiones interrumpido por la cantera, e, incluso, el ruido del tráfico ferroviario y rodado. Obtenemos los valores más bajos de nivel sonoro diurno, el  $L_{eq}$  oscila desde aproximadamente los 30dB hasta los 45dB,  $L_{90}$  entre los 25-40dB,  $L_{50}$  entre 26-40dB y  $L_{10}$  entre 30-45dB.

#### 4. Conclusiones

El paisaje acústico debería ser incluido en los objetivos y criterios de calidad ambiental, indicadores de la calidad de vida y base de la ordenación y planificación territorial. Las propuestas de planificación territorial en los entornos rurales deberían concienciarse de su necesidad de protección, controlar las acciones y actividades además de la aplicación de determinados niveles límite de ruido.

Este estudio presenta una aproximación a lo que podría ser un primer paso para caracterizar

el paisaje sonoro de las áreas rurales. Demuestra el hecho de que para una completa definición del paisaje acústico de estas zonas es necesario tener en cuenta criterios cuantitativos y cualitativos que caractericen las fuentes sonoras y el tipo de ruido existente y cotejar diversos índices. Los niveles  $L_{90}$  y  $L_{50}$  caracterizan mejor el ruido ambiental o de la naturaleza, y, los índices  $L_{eq}$  y  $L_{10}$  están más influenciados por los eventos sonoros generados normalmente por las fuentes antrópicas.

El ruido de la naturaleza se presenta generalmente como un sonido constante disminuyendo la diferencia entre los distintos niveles percentiles. El ejemplo más claro es el ruido emitido por la circulación del agua del río o de las copas de los árboles con el viento. El tráfico ferroviario y rodado son dos fuentes antrópicas que ejercen una elevada influencia en el paisaje acústico rural, y dos factores determinantes que influyen en su propagación son la cobertura del suelo y la topografía existente. Se escuchan como eventos sonoros, que en función de su frecuencia e intensidad aumentan en mayor o menor valor el nivel sonoro y la molestia percibida. Dentro de los asentamientos rurales existentes, la fuente dominante de ruido es el ladrido de los perros, que, a pesar de la molestia percibida en sus proximidades, apenas influyen en la configuración del paisaje sonoro. Otras fuentes antrópicas como el ruido generado en la planta de machaqueo de la cantera o la maquinaria de los aprovechamientos forestales, generan un ruido más continuo y también localizado.

La delimitación de las áreas tranquilas se basa en la mayor o menor contribución de las fuentes antrópicas al nivel sonoro total, y, además, ciertos autores establecen también diferentes valores límite. No obstante existen zonas en que el propio ruido ejercido por la naturaleza produce elevados niveles sonoros y, la consideración de estas áreas como tranquilas o no se basa en criterios meramente subjetivos.

## 5. Referencias

- Ambrose, S. and Burson, S. (2004). Soundscape Studies in National Parks. The George Wright FORUM. Vol.21, Number 1.
- Botteldooren, D. and De Coensel, B. (2006a). Quality assessment of quiet areas: a multicriteria approach. Euronoise 2006. Tampere, Finland.
- Botteldooren, D. and De Coensel, B. (2006b). Quality labels for the quiet rural soundscape. Inter-noise 2006. Honolulu, Hawaii, U.S.A.
- Brambrilla, G. and Maffei, L. (2006). Responses to noise in urban parks and in rural quiet areas. Acta Acustica united with Acustica. 92:881-886.
- Brown, A.L. (2007). Areas of High Acoustic Quality: Soundscape Planning. 14th International Congress on Sound & Vibration. Cairns, Australia.
- De Coensel (2005). Dynamics in the Soundscape. Sixth FirW PhD Symposium, Faculty of Engineering, Ghent University, paper nr.014.
- De Coensel, B. and Botteldooren, D. (2006). The quiet rural soundscape and how to characterize it. Acta Acustica united with Acustica. 92: 887-897.
- Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Feijóo S. (2008). Niveles sonoros en un municipio rural. VI Congreso Iberoamericano de Acústica-FIA 2008. Buenos Aires.
- Fleming, G.; Roof, C.; Read, D. (1998). Draft guidelines for the measurement and assessment of low-level ambient noise. U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration. Cambridge.

Fyhri, A. and Klæboe, R. (2009). Road traffic noise, sensitive, annoyance and self-reported health-A structural equation model exercise. *Environment International*, 35:91-97.

Krause, B. (1999). *Loss of Natural Soundscapes Within the Americas*. Wild Sanctuary, Inc. Glen Ellen.

Miller, N.P. (2007). US National Parks and management of park soundscapes: A review. *Applied acoustics*. 69: 77-92.

Symonds Group LTD (2003). European Union Service Contract. Report on Definition, Identification and Preservation of Urban and Rural Quiet Areas. Symond House: East Grimstead, West Sussex, UK, 2003.

Waugh, D.; Durucan, S.; Korre, A.; Hetherington, O.; O'Reilly B. (2003) Environmental quality objectives, Noise in quiet areas (2000-MS-14-M1). Synthesis Report prepared for the Environmental Protection Agency (EPA).Ireland

**Correspondencia** (Para más información contacte con): Manuel Fco. Marey Pérez

Secretaría VIX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

Phone: +0034 982823248

Fax: + 0034 982 285926

E-mail : manuel.marey@usc.es

URL : <http://www.usc.es>