Las áreas naturales a través del análisis de su paisaje sonoro

Ricardo Hernández Molina[1], Francisco Fernández Zacarías[1], José Luis Cueto Ancela[1], Ricardo Gey Flores[1]

[1] Laboratorio Ingeniería Acústica, Universidad de Cádiz, España; Campus de Puerto Real (CASEM)

ricardo.hernandez@uca.es

PACS: 43.50.Rq

Resumen

Los sonidos naturales son elementos intrínsecos del medio ambiente que a menudo se asocian con los parques y áreas naturales. Sin duda son componentes inherentes del paisaje, de los objetos naturales e históricos y por supuesto de la vida salvaje. Constituyen un indicador de la salud de los diversos ecosistemas influyen en el hábitat y es obligado garantizar estos recursos a las generaciones venideras.

En el proceso de planificación de los objetivos de calidad acústica del paisaje sonoro natural, el principio fundamental que subyace para determinar el "medio ambiente sano", con fines de planificación de los parques naturales, es la preservación y la obligación de proteger y/o restaurar los paisajes sonoros a niveles que sean compatibles con los intereses del parque. La finalidad del proyecto es establecer una metodología que nos permita analizar y restaurar a sus condiciones naturales el Paisaje Sonoro Natural que se haya visto degradado por la existencia de ruidos "no-naturales", ajenos al entorno natural, y proteger de los impactos sonoros inadecuados o intrusivos el "Paisaje Sonoro Natural" (Natural Soundscape).

Abstract

The natural sounds are intrinsic components of the environment that are often associated with parks and natural areas. They are inherent components of the landscape, natural and historic objects and of wildlife. They are an indicator of the health of various ecosystems influences the habitat and we are obliged to ensure these resources to future generations.

In the planning process of the acoustic quality objectives of the natural soundscape, the fundamental principle for determining the "healthy environment" for planning purposes of national parks is the preservation and obligation to protect and / or restore soundscapes to levels consistent with the interests of the park. The project aims to establish a methodology that will allows us to analyze and restore natural conditions, of the Natural Soundscape, who are being degraded by the presence of "innatural noise" outside the natural environment, for protecting of the impacts inappropriate or intrusive sounds, the Natural Soundscapes.

1 Introducción

El paisaje sonoro natural está constituido por la suma de todos los sonidos naturales presentes en un ambiente natural, tanto si es un parque, un espacio natural protegido o un área natural, y este concepto engloba la capacidad física para transmitirlos. Por tanto, el paisaje sonoro (Soundscape) puede ser definido como el ambiente acústico "total" asociado a una determinada área como, por ejemplo, un área natural. En un entorno natural el paisaje sonoro puede estar constituido solamente por sonidos naturales –paisaje sonoro natural– o bien por éstos más los generados por ciertas actividades humanas. Sin embargo, aunque existe unanimidad sobre el valor y la importancia que tienen los sonidos naturales, a menudo éstos se ven degradados por los ruidos procedente de la actividad humana de origen industrial, agrícola, minero, transporte, construcción, turístico, deportivos, urbanísticos, deforestación, etc.

Los sonidos naturales trascienden al rango de audición de los seres humanos y pueden ser transmitidos a través de medios diferentes: el aire, el agua o de medios sólidos. Los sonidos naturales son elementos intrínsecos del medio ambiente que a menudo se asocian con el hábitat natural. Sin duda son componentes inherentes

del paisaje, de los objetos naturales y por supuesto de la vida salvaje. En realidad constituyen un indicador de la salud de los diversos ecosistemas presentes en un área natural y debe entenderse como un recurso más del medio ambiente[1].

Los seres humanos con audición normal, pueden percibir sonidos entre los 20Hz y los 20KHz, aunque la distribución de la amplitud de los sonidos varía en función de la frecuencia, de hecho es sabido que la mayor sensibilidad auditiva se encuentra en la frecuencia de los 1000 Hz mientras que ésta es mucho menor a bajas y altas frecuencias. Esta habilidad es compartida con otras especies, sin embargo existen especies que perciben muy bien los sonidos a bajas frecuencias (ballenas) y otras que perciben muy bien los sonidos a altas frecuencias (murciélagos). En contraste con las áreas urbanas, las áreas naturales pueden llegar a tener niveles sonoros muy bajos (25/35dBA frente a 50/70dBA).

En la figura 1[2], se facilita un intervalo libre de ruido antropogénico, de un registro sonoro obtenido en una área natural en la comarca de Anceu (Pontevedra), dentro de un entorno rural, en periodo vespertino. Los picos más sobresalientes, responden a los ladridos de perros, (¿se consideraría este un sonido natural?) el resto responde a la presencia de grillos, el movimiento de las hojas de los árboles y la presencia de ovejas en las cercanías.

Dada la importancia que los sonidos naturales tienen para el ecosistema y para los propios visitantes de un área natural, debemos tener en cuenta que en muchas ocasiones, estos sonidos están siendo enmascarados por una gran variedad de actividades antropogénicas, en algunos su influencia es tan grande que los sonidos naturales han desaparecido o no pueden manifestarse. Si bien es cierto que los sonidos intrusivos, son un motivo de preocupación para los visitantes del parque (en una encuesta realizada por el servicio Nacional de parques en Estados Unidos, se reveló que los visitantes en un 91%, van a los parques para disfrutar del "Paisaje Sonoro" y un 93% para verlo)[3], no es menos cierto que la preservación de los paisajes sonoros en los parques naturales toma una dimensión que va más allá del propio disfrute de los recursos del parque, influye en el hábitat y en todo el ecosistema y es obligado garantizar estos recursos a las generaciones venideras.

1.1 Presentación del Problema: Finalidad y Objetivos

La finalidad de este trabajo es elaborar una metodología que nos permita analizar la calidad sonora del ambiente natural, entendiendo por tal la influencia que sobre estos ambientes tienen los sonidos de origen antropogénico y cuya finalidad debe ser restaurar a sus condiciones naturales, siempre que ello sea posible, los paisajes sonoros en las áreas naturales que se hayan visto degradados por la existencia de sonidos "no-naturales", ajenos al entorno natural y proteger éste de los impactos sonoros inaceptables que pudieran producirse.

Dicho esto, habría que analizar algunas cuestiones: ¿Qué ruidos podemos considerar apropiados y cuáles no?, ¿Cuándo los objetivos del parque entran en colisión con el paisaje natural que se intenta preservar?, ¿es necesario el desarrollo de métodos o protocolos estandarizados que permitan una toma de datos fiables?, y si es así que datos acústicos debemos considerar? En este sentido debemos tener en cuenta que los objetivos del área natural en consideración pueden ser muy variados, de la misma manera que las actividades que se realizan en él, (sistemas de transporte, centros de visitantes, actividades recreativas, eventos culturales y muchos otros). Estas actividades pueden generar elevados niveles de ruido dentro de las áreas que existen en el parque. Por otro lado, es necesario ser consciente que, cuando las actividades (ya sea dentro o fuera del parque) generan niveles excesivos de ruido, pueden llegar a poner en peligro el paisaje sonoro natural del parque y por tanto los recursos y los fines para los cuales éste se creó.

En el registro de la figura 2[3], aparecen los valores registrados segundo a segundo, durante un periodo de tres horas. Y representa el sonido total, por tanto en él se encuentran los sonidos propios del área natural (intervalos libres de ruido no natural) y aquellos sonidos antropogénicos que afectan al entorno natural.

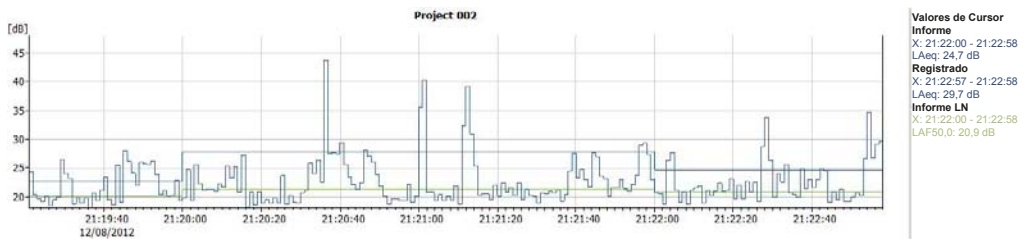


Figura 1. Intervalo de Registro sonoro, LAeq: 29,7 dBA.

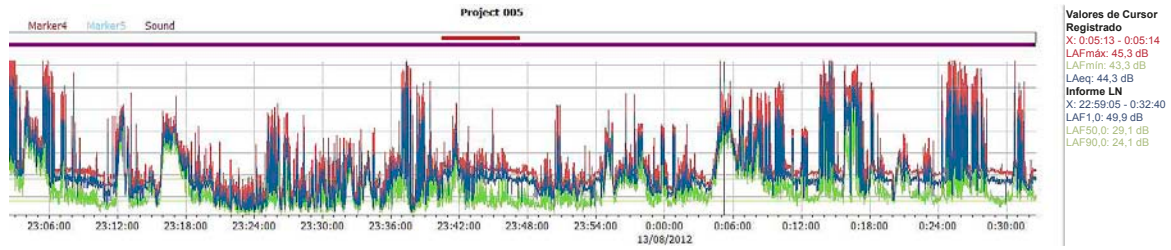


Figura 2. Registro sonoro, Intervalo de 3 horas periodo Nocturno LAeq: 44,3dBA.

La definición que se utiliza como base para determinar el "medio ambiente sano", con fines de planificación de los parques naturales en otros países, así como para definir las acciones de cumplimiento ambiental derivadas de la actividad humana y que pueden dar lugar a impactos inadecuados o intrusivos en el paisaje sonoro de un parque es la de "*Paisaje Sonoro Natural*" (Natural Soundscape), considerado, en la mayoría de los casos como un sinónimo del término (Natural Quiet) o silencio de la naturaleza.

Un estudio reciente publicado en la revista Trends in Ecology and Evolution[4], afirma que los sonidos que son producidos por el tráfico de los coches, las plantas industriales, las máquinas de construcción de inmuebles, transformadores eléctricos, etc., producen interferencias nocivas para la comunicación de muchos animales. Sostienen que la contaminación auditiva se ha vuelto tan intensa que está amenazando la biodiversidad. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los sonidos naturales que dan lugar al paisaje sonoro de un ecosistema forman parte de los propios recursos biológicos y físicos del parque (sonidos producidos por aves, ranas, grillos, murciélagos venados, etc. o los producidos por fenómenos físicos como el viento en los árboles, la lluvia o los truenos)[5].

El estudio de las zonas tranquilas y de los paisajes sonoros en parques naturales son iniciativas multidisciplinares relativamente recientes, no obstante podemos comprobar que, en los últimos diez años, se han desarrollado algunos estudios muy interesantes, algunos orientados a las aglomeraciones, este es el caso del Proyecto: "*Quiet areas definition and management in action-plans*"[6] y otros orientados al estudio de los niveles sonoros en determinados parques naturales. Es el caso del trabajo desarrollado por la Diputación de Vizcaya junto con la empresa Labein sobre el Parque Urquiola[7] en relación con los registros sonoros en los parques naturales de Vizcaya. Aparte de estas iniciativas muy recientes (2010), no tenemos conocimiento de actividades similares en Europa. Sin embargo, en los Estados Unidos y en Japón se han dado pasos muy importantes en la dirección de recuperar y proteger los paisajes sonoros naturales. Es de destacar el proyecto de: "100 Soundscapes of Japan", avalado por el Ministry of the Environment y desarrollado por el Japan Soundscape Study Group desde hace años.

Es en EEUU, y a través del Servicio Nacional de parques (NPS), donde encontramos que esta línea encuentra su mayor expansión desde 1997. En la actualidad mantienen un programa denominado: "Natural Sounds Program" y que es llevado a cabo por el National Park Service; U.S.[8]. Si bien en la elaboración de éste proyecto nos hemos centrado en el marco jurídico vigente en Europa, su planteamiento metodológico se basa en los conocimientos aportados y publicados por el "Natural Sounds Program".

1.2 Objetivo

El propósito de este trabajo es definir una metodología que nos permita analizar la calidad sonora del ambiente natural, entendiendo por tal la influencia que sobre estos ambientes tienen los sonidos de origen antropogénico y cuya finalidad debe ser restaurar a sus condiciones

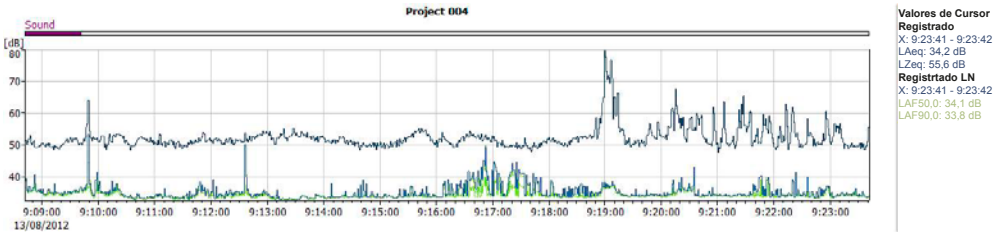


Figura 3. Registro sonoro de la influencia de un transformador de media Tensión, tomado a 1,5 m del equipo, en la misma zona del registro de la figura 1; LAeq: 36,8 dBA[2].

Figura 4. Diferentes entornos de Anceu (Paraje natural del embalse de Eiras)[9].

naturales, siempre que ello sea viable, los paisajes sonoros en las áreas naturales que se hayan visto degradados por la existencia de sonidos ”no-naturales”, ajenos al entorno natural y proteger éste de los impactos sonoros inaceptables que pudieran producirse.

Consecuentemente, es necesario analizar algunas cuestiones: ¿Qué ruidos se consideran apropiados y cuáles no?, ¿Cuándo entran en colisión los objetivos del parque con el paisaje natural que se intenta preservar?, ¿es necesario el desarrollo de métodos o protocolos estandarizados que permitan una toma de datos fiables?, y si es así ¿qué parámetros acústicos se han de considerar? En este sentido, debemos tener en cuenta que los objetivos del Parque, pueden ser muy variados, de la misma manera que las actividades que se realizan en él, (sistemas de transporte, centros de visitantes, actividades recreativas, eventos culturales y muchos otros). Por otro lado, es necesario ser consciente de que, cuando las actividades (ya sea dentro o fuera del parque) generan niveles excesivos de ruido, pueden llegar a poner en peligro el paisaje sonoro natural del parque y por tanto los recursos y los fines para los cuales éste se creó.

2 Materiales y métodos

En el proceso de planificación del análisis de la calidad acústica del paisaje sonoro natural, se deben tener en cuenta algunas consideraciones importantes. Una de ellas es qué objetivos deben establecerse para definir las condiciones futuras del paisaje sonoro. Estos, deben ser consistentes con los objetivos y planes del propio parque, y deben ser capaces de restaurar las condiciones naturales del paisaje sonoro tanto como sea posible y al mismo tiempo permitir a los visitantes su integración en el entorno natural. Estas consideraciones, nos llevan a plantearnos la necesidad de establecer pautas para planificar la obtención de los datos acústicos, la selección de los lugares y de los periodos más adecuados de medición, así como la identificación de los datos acústicos que se deben registrar.

Es necesario por un lado, evaluar el ruido generado por las actividades propias del parque y la existencia de actividades autorizadas que coexistan en el parque o colindantes a él y por otro valorar la influencia de las actividades externas al parque que ejercen una influencia negativa sobre el paisaje sonoro natural. En cualquier caso será necesaria una colaboración constructiva con los responsables de esas actividades para poder implementar acciones correctivas encaminadas a mitigar esa influencia sonora no deseada. También será necesario definir en términos cualitativos y cuantitativos donde se encuentra la línea de referencia ”natural” que nos define un medio ambiente sano. Identificar las fuentes de sonido, los niveles sonoros y sus efectos. Identificar el origen de las fuentes internas y externas de ruido, y finalmente articular las condiciones del paisaje sonoro para el futuro. Todo ello puede proporcionar una información básica para definir los objetivos acústicos en cada área del parque y determinar la naturaleza y el nivel de impacto que el ruido ejerce sobre el entorno, además de indicarnos donde la intervención de la gestión puede contribuir de manera más efectiva a la protección de los recursos del parque.

La frecuencia, la magnitud y la duración de los ”sonidos no-naturales”, varían a lo largo del área de todo el parque, siendo generalmente mayores en aquellos sectores que se encuentran más desarrollados[10]. En estos lugares, así como en los adyacentes al parque, es necesario implementar medidas para evitar y/o reducir todos aquellos ruidos cuyos niveles, frecuencia, magnitud y duración puedan llegar a afectar negativamente al paisaje sonoro del parque. Por ello es necesario llevar a cabo mediciones de ruido y a ser posible el monitoreado de los niveles sonoros en los diferentes ecosistemas que constituyen el área natural, estableciendo qué niveles son aceptables y cuáles requieren de acciones correctivas que permitan su control.

Basándonos en los procedimientos actuales para la evaluación del ruido ambiental, la metodología que se propone debe contemplar tres fases o líneas de actuación importantes: En primer lugar,se deben establecer parámetros capaces de valorar los niveles sonoros del ambiente natural incluyendo los generados por las actividades humanas y su influencia sobre el hábitat; en segundo lugar, se ha de valorar la superficie total (en km^2) expuesta a valores de niveles de presión sonora superio-

res a los 20/25 dB; y en último lugar, a partir de los datos obtenidos anteriormente, se debe analizar en qué medida los niveles sonoros presentes en el área de estudio pueden influir en las especies que allí habitan. Esta última fase, requiere del análisis exhaustivo de la fauna y flora, son necesarios los conocimientos de los naturalistas y biólogos para determinar en qué medida la distribución energética de los sonidos no naturales puede afectar a una especie, bien en su comportamiento habitual o en sus actividades reproductivas. Para ello será necesario realizar estudios de la distribución energética más allá del rango de la audición humana.

En la primera fase y con el objeto de conocer la situación acústica en el interior del área natural, es necesario incorporar las consideraciones metodológicas que intentan establecer parámetros capaces de valorar el ambiente acústico del área natural considerada y su influencia sobre el hábitat. Para ello es necesario definir algunos conceptos que son la base del método y de los factores que se van a valorar.

En la segunda fase es necesaria la realización de mapas de ruido que nos proporcionen una evaluación global de la exposición al ruido de la superficie total del área natural que queremos estudiar. En esta fase es necesario definir con claridad el intervalo temporal (semanas, meses, estaciones o un año), es recomendable que sean intervalos grandes de tiempo a fin de obtener datos representativos del grado de exposición. Otra cuestión importante consiste en determinar los rangos que van a representar las líneas isófonas, entendemos que deben abarcar niveles de presión sonora correspondientes a los sonidos naturales característicos del área natural en estudio. Por ello proponemos obtener mapas de niveles sonoros con la representación de líneas isófonas que delimiten los siguientes rangos: 39>; 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 para los periodos de día (07:00/23:00 horas) y de noche (23:00/07:00 horas).

Estos mapas deben incluir suficiente información sobre la ubicación de las ciudades, pueblos y aglomeraciones situadas dentro de esas curvas, y deben hacer referencia a las infraestructuras más relevantes presentes en la zona (tanto colindante con el área natural como la existente dentro de ella). De tal manera que deben obtenerse mapas para cada tipo de fuente (tráfico rodado, aeroportuario, ferrocarril e industria u otras fuentes puntuales de interés, cuando las hubiera) y para el conjunto de todas ellas incidiendo en la zona.

Estos mapas de niveles sonoros deberán servir para delimitar las zonas de exposición a los rangos de ruido considerados y nos permitirá conocer que superficies del Parque están influenciadas por los ruidos provenientes de actividades e infraestructuras humanas. Este paso es muy importante y ha de ser previo a cualquier otro estudio, ya que establece en qué grado se produce esta influencia y en que periodos temporales es más acusada.

2.1 Parámetros acústicos

Los estudios acústicos en un parque natural deben recoger además de los niveles de presión sonora los niveles de los sonidos naturales presentes en el ambiente, los niveles de los sonidos de naturaleza antropogénica, calcular el porcentaje del tiempo en que estos sonidos son audibles, determinar los intervalos libres de ruido e identificar las fuentes que los provocan.

La restauración sustancial de ambiente sonoro natural requiere que al menos en el 50% del parque predomine el sonido natural ”Natural Quiet” durante el 75% del tiempo[11].Para poder alcanzar este objetivo es necesario identificar los sonidos naturales particulares de cada ecosistema y determinar sus características. Se entiende por sonidos naturales aquellos sonidos autóctonos del ecosistema ajenos a la injerencia de la acción humana.

El término ”paisaje sonoro”, está referido al entorno sonoro real asociado al ambiente natural. En un parque natural, el paisaje sonoro deriva de dos elementos sonoros bien diferenciados: por un lado, los sonidos endógenos a la propia naturaleza y característicos de la misma, que se denomina paisaje sonoro natural, y por otro lado, aquellos sonidos de origen exógeno al paisaje sonoro natural, derivados de la acción del hombre. El nivel de sonido del ambiente natural de un parque está determinado por el paisaje sonoro natural de ese parque. Los sonidos bajo estas condiciones, son muy variados y a menudo se oyen al unísono, como si se tratara de uno sólo. En un ambiente acústico sometido a altos niveles de ruido causado por las actividades humanas, el sonido del ambiente natural puede ser enmascarado por otras fuentes de ruido.

Por este motivo, en un primer paso, es necesario conocer las características sonoras de todos los sonidos existentes en un área determinada, que incluye tanto los sonidos naturales como los sonidos derivados de la acción del hombre. Para ello emplearemos un parámetro conocido como el nivel sonoro ambiental existente. Como regla general, el nivel del sonido ambiente existente en un área se identificará mediante el percentil L50. No obstante, habrá que determinar en casos particulares si este parámetro es el más adecuado o no. El cálculo de los niveles de sonido existentes es sencillo, ya que lo obtendremos del percentil 50 (L50) de todos los datos obtenidos para un periodo de tiempo dado (incluidos los sonidos naturales y no naturales).

Si del valor total obtenido en la medición realizada a lo largo de un intervalo de tiempo determinado excluimos el porcentaje del tiempo en que los ruidos causados por la actividad humana son audibles, obtendremos el nivel sonoro correspondiente a todos los sonidos naturales presentes en un área determinada, durante ese tiempo. A este concepto de le denomina "Nivel sonoro del ambiente natural (**Lnat**)"[12]. A menudo es considerado sinónimo de "silencio natural" sin embargo, cuando se trata de determinar el ruido derivado de la injerencia de la actividad humana en la naturaleza, o el "medio ambiente afectado" u otras evaluaciones ambientales relacionadas con las acciones humanas que producen impactos inadecuados o intrusivos en el paisaje sonoro del parque es más apropiado el término "*ambiente natural*" ya que a menudo la naturaleza no suele ser silenciosa.

El cálculo para cada hora del nivel de sonido del ambiente natural (Lnat) no es sencillo. En cualquier parque natural nos vamos a encontrar con los dos tipos de sonidos: el natural y el antropogénico y obtener el nivel sonoro del ambiente natural (Lnat) implica poder excluir la influencia de los sonidos causados por el hombre. El método más adecuado sería obtener el percentil 50 (L50) de todos los datos en los que no exista influencia de los ruidos generados por las actividades humanas. En este caso el problema que se presenta es de índole económica, haciendo inviable mediciones a largo plazo para eliminar todo el conjunto de datos acústico con sonidos de origen humano. Por esta razón se suele emplear el concepto estadístico Lx(dB) que indica el nivel de presión sonora que es sobrepasado el x% del tiempo de observación.

Si del valor total obtenido en la medición realizada a lo largo de un intervalo de tiempo, tomamos aquel período continuo de tiempo durante el cual sólo son audibles los sonidos naturales o hay silencio, tendremos un intervalo libre de ruido. A este parámetro se le conoce como intervalo libre de ruido (**NFI** "Noise Free Interval") [13], este parámetro no debe calcularse con breves periodos de tiempo. El NFI proporciona mucha información cuando los intervalos de tiempo son lo suficientemente largos.

Los sonidos ambientales atribuibles a las actividades humanas en los parques naturales son todos aquellos que tienen su origen en actividades antropogénicas. En un entorno de un área natural, estos sonidos pueden estar ocasionados por las actividades intrínsecas al funcionamiento cotidiano del parque o pueden ser ajenos al mismo, y provenir de fuera del parque. Estos son los sonidos y los niveles de ruido que deben ser medidos y evaluados en los procesos de planificación del área natural para determinar si son compatibles o destructivos para los objetivos de gestión de los paisajes sonoros. A estos sonidos se les conoce como Niveles de ruidos antropogénicos (Man-made Sound Levels)

En todos los casos, es necesario que los técnicos puedan disgregar los sonidos naturales de los sonidos antropogénicos, y que puedan determinar el porcentaje de tiempo que estos sonidos son audibles. Para este fin es importante contar con un buen registrador de sonido, para reproducirlo con posterioridad en el laboratorio, de forma que podamos garantizar este dato. También será necesario fijar los periodo temporales en los que vamos a evaluar el paisaje sonoro, en este estudio se plantean dos periodo uno diurno entre las 07:00 y las 23:00 horas y otro nocturno, entre las 23:00 y las 07:00 horas, a lo largo de un día, un mes, una estación del año o un año. Es importante llevar un registro, in situ, del tiempo que es audible un sonido considerado no natural (p.e. el paso de un coche, se anotará la hora en que es percibido y la correspondiente a cuando deja de serlo), este intervalo corresponde al tiempo en el cual ese sonido está presente en el medio natural.

Cuando los registros se lleven a cabo durante mediciones en continuo de larga duración, será necesario identificar la fuente de sonido no natural y el intervalo de tiempo que repercute. La relación entre el tiempo total del registro y el tiempo de influencia en que aparecen estas fuentes de sonidos no deseados, nos permitirá establecer el porcentaje de tiempo en que los ruidos causados por la actividad humana son audibles y por tanto el Lnat. Si el conjunto de los datos sólo contiene ruido natural, emplearemos el L50 para determinar el Lnat. Sin embargo cuando se detecta la presencia de sonidos generados por actividades humanas, este valor puede sobreestimar los valores del sonido del ambiente natural.

El valor del L90, representa el valor del sonido que ha estado presente durante el 90% del tiempo de la medición. En estas situaciones el L90 puede llegar a subestimar los valores del sonido del ambiente natural. Por tanto el cálculo del Lx del conjunto de datos basados en la audición de los sonidos humanos en cada lugar de medición y la aplicación del Lx al conjunto de datos puede resultar una estimación más precisa de los sonidos del ambiente natural.

Para nuestro análisis emplearemos el método de superación del tanto por ciento del tiempo (Lx)[14]. Este método consiste en obtener muestras del periodo de medición para determinar el porcentaje de ruido de origen humano audible presente en los registros. Debido a que estos sonidos causados por actividades humanas son audibles por encima de los ruidos naturales, generalmente, no siempre, tienen valores más altos.

Para obtener un conjunto de datos acústicos sin sonidos de origen humano, los datos se clasifican desde los más silenciosos a los más altos (en dB) y el porcentaje más alto determinado a través de muestra de los datos clasificados se desprecia. La mediana del resto del conjunto de datos, y su Lx asociado, es una aproximación del nivel de ruido ambiente natural de la sub-muestra. Para calcular el nivel natural del sonido ambiente para el periodo de medición, este Lx se aplica al conjunto de datos (dBA y bandas en tercio de octava).

El cálculo anterior se puede expresar matemáticamente como sigue:

$$X = \frac{100 - p}{2} + P \qquad (1)$$

Donde P es el porcentaje del tiempo en que los sonidos humanos son audibles.

Por ejemplo, si los sonidos no naturales son audibles durante el 40% del tiempo, del L0 al L40 corresponden a los sonidos más altos (generalmente no naturales), y del L40 al L100 correspondería a los más bajos (generalmente sonidos naturales). La mediana entre el L40 y el L100 es el L70. Por tanto el nivel sonoro que excede durante el 70% del tiempo (L70) será usado como base para caracterizar el nivel sonoro del ambiente natural.

Una de las preocupaciones de este método es que algunos sonidos naturales, como el trueno, podría ser retirado de los datos antes de calcular los niveles sonoros del ambiente natural, y los resultados pueden ser una subestimación de los niveles sonoros del ambiente natural existentes. Pero estos eventos son poco frecuentes y por lo tanto, la eliminación de estos datos no debería tener un impacto significativo en los cálculos de los niveles sonoros del ambiente natural. Por otro lado, puede ocurrir que algunos sonidos no naturales al no ser demasiado elevados sigan presentes dentro de la muestra y los resultados pueden ser una sobrestimación de los niveles sonoros del ambiente natural. Sin embargo, estos eventos podrían acotarse, reduciendo el impacto en los cálculos de los niveles sonoros del ambiente natural.

2.2 Presentación de resultados

Los resultados se presentaran en el siguiente orden:

- *Modelo*: Superficie en Km^2 del total del área natural estudiada expuesta a los rangos: 39>; 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70
- *Parámetros*: Nivel sonoro ambiental existente; Porcentaje del tiempo en que los ruidos causados por la actividad humana son audibles; Nivel sonoro del ambiente natural (Lnat); Período continúo de tiempo durante el cual sólo son audibles los sonidos naturales; Intervalo libre de ruido (NFI)
- *Registros sonoros y Observaciones*: Tiempo de los registros sonoros; Identificación de fuentes de sonido; Distribución de las fuentes de sonidos; Número / duración de los eventos, según la fuente.
- *Índices Acústicos*: Por cada intervalo y periodo de medición (hora, día, mes, estación del año): LAeq: Ln (L10,L50,L90); Lmax; Lmin. Tiempo de integración (1 segundo), espectros en 1/3 de octavas entre 20-20.000Hz; dBA)

Datos meteorológicos:

Estos datos adquieren una especial relevancia en la modelización de los mapas de ruido de las superficies expuestas. En relación con el viento, en general los niveles de ruido ambiental tienden a aumentar con velocidades del viento cada vez mayores, también influye las características del fojalle, una vegetación densa nos dará unos valores de ruido más acusados. Jakobsen and Andersen [14[15]] consideran sonidos naturales al sonido natural del viento (sonidos provocados por las turbulencias del aire) y al provocado por la vegetación y el viento, sin embargo sonidos provocados por las turbulencias del aire sobre el micrófono o sobre la borla antiviento El sonido del micrófono (Son sonidos provocados por las turbulencias del aire sobre el micrófono o sobre la borla antiviento).

Registros sonoros:

Es necesario llevar a cabo registros sonoros que permitan identificar los sonidos propios de cada ecosistema del parque y poder desarrollar un perfil acústico representativo de cada zona.

Estos registros pueden ser reproducidos posteriormente para el conocimiento general de los visitantes. El desarrollo del muestreo espacial y temporal en las diferentes áreas del parque, se llevará a cabo mediante campañas de monitoreado acústico estacionales, registros sonoros y registro de condiciones ambientales. Ello incluye la frecuencia, distribución y la intensidad de los sonidos

Figura 5. Área Natural del Embalse de Eiras[2].

de origen natural y los generados por las actividades humanas. Siendo en esta fase prioritaria la localización de las áreas de sonidos naturales más sensibles.

2.3 Caso práctico

A título de ejemplo, para comprender el procedimiento descrito en este trabajo, y en cualquier caso es interesante, se muestran las medidas realizadas en un área natural. El área de trabajo se circunscribe a la parroquia de Anceu, constituida por Anceu, Esfarrapada y Os Ramís. Ésta tiene una población de 300 habitantes aproximadamente; 85 viviendas con una superficie de 17,4 Ha. Como se observa en la figura 5, las principales infraestructuras que afectan al área de estudio son:

- C Local a su paso entre Esfarrapada y Barbudo C Local a su paso entre Anceu y Barbudo
- PO-250 entre Forzans y Moscoso PO-2802 entre la PO-250 y S. Adrian Calvos
- PO-0201 entre Barbudo y S. Adrian Calvos PO-0203 entre la PO-255 y Ramis
- Pista Forestal a su paso entre Anceu y el embalse de Eiras

Si bien a efectos de este ejemplo sólo tendremos en cuenta la PO-0203 a su paso entre la PO-255 y la Aldea de Os Ramís, dado que es la carretera que pasa por la aldea de Anceu donde se llevo a cabo este estudio.

Características del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en período nocturno, en un punto situado fuera de la aldea de Anceu (Véase ubicación en la figura 5), donde era posible percibir los sonidos provenientes de la aldea y de la carretera PO-0203. La duración del ensayo fue de algo más de 93 minutos (1:33:35), en continuo.

El instrumental empleado en los ensayos fue el analizador 2270 con la borla antiviento UA1650 y micrófono tipo 4189, polarizado de ½'' campo libre. Para el análisis de los datos se empleó el BZ5503 y el Evaluator tipo 7820 V4.16.2 de Brüel & Kjaer. Las medidas se llevaron a cabo los días 12 al 13 de Agosto del 2012, entre las 22:59:05 y las 00:32:40 horas, con una duración total de 1:33:35 horas. Los registros se tomaron cada segundo en 1/3 de octava y de manera simultánea se efectuó un registro sonoro de todo el tiempo de medición. En la figura 6 se puede observar el registro temporal con los marcadores de los eventos registrados.

En la tabla 2 se muestran los datos obtenidos:

Para la determinación del Lnat, se ha procedido como sigue: Para el periodo de evaluación determinado que es de 1hora 33 minutos aprox. (sonido antropogénico + sonido natural) son 93' minutos, durante el cual, el tiempo en el que se han percibido sonidos de origen antropogénico, ha sido de 45 minutos aprox.

El Porcentaje de ruido antropogénico será de: 100x 45/93 = 48,4%;

Por lo tanto,

$$X = \frac{(100 + 48{,}4)}{2} = 74{,}2\%$$

El software Evaluator©, arroja el valor del L_{74} = = 27,3dBA.

Por tanto, el nivel sonoro que excede durante el 74% del tiempo (L_{74}) será usado como base para caracterizar el nivel sonoro del ambiente natural.

El Lnat corresponde al (100-48,4)% ≅ 52% del tiempo; será el correspondiente al L_{50} (del 52%) = 27,3 dBA.

A la vista de estos resultados, podemos concluir que si bien los valores son bajos (en general), porcentualmente el 48,4% del tiempo, son audibles los sonidos generados por las actividades humanas, si aceptáramos que el ruido producido por el tintineo de las ovejas o el de los perros de las viviendas próximas es natural, el porcenta-

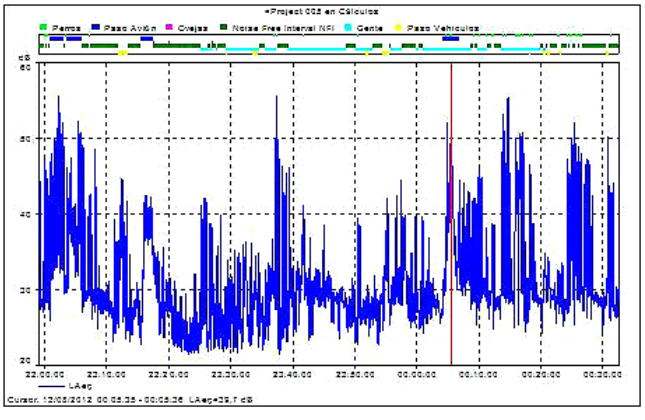


Figura 6. Registro temporal: Anceu, P20 nocturno[2].

Tabla 1. Detalles del Ensayo

Infraestructura	Punto	Descripción	Coordenadas		N.º vehículos (15')			Aviones
					Ligeros	Pesados	Motos	
P00203	20	Anceu	543806.07	468921.16	9	0	1	4

Tabla 2. Datos acústicos Anceu Punto 20 Aldea, Nocturna

Nombre	Duración	Laeq	LAFmáx	LAFmín	LA10	LA50	LA90	% Ruido antropogénico	X (%)	L nat
Ruido existente	**1:33:35**	**37**	**62,4**	**20,8**	**39,3**	**29,1**	**25**			
Paso avión	0:09:14	42,5	59,3	23,2	47,2	37,6	31,2			
Paso vehículos	0:05:43	35,6	56,6	22,2	38,8	30,9	26,3			
Gente	0:29:50	37,1	62,4	21,2	39,6	29,6	26			
Ruido antropogénico	**0:44:47**	**36,8**	**59,3**	**21,2**	**39**	**29,9**	**26,1**	48,4	74,2	28,9
Perros	0:08:59	43,9	62,4	21,4	47,7	40,7	33	**% Ruido natural**		
Ovejas	0:00:35	32,3	42,8	21,7	35,8	31,2	24,3			
Noise Free Interval NFI	0:39:33	28,7	48,1	20,8	30,3	28	23,7			
Ruido natural	**0:48:48**	**37,1**	**62,4**	**20,8**	**39,7**	**28,5**	**24,2**	**51,6**		

je asciende al 57% del tiempo de la medición, lo que supone que sólo el 43% del tiempo de la medición se encuentra libre de cualquier sonido de carácter antropogénico.

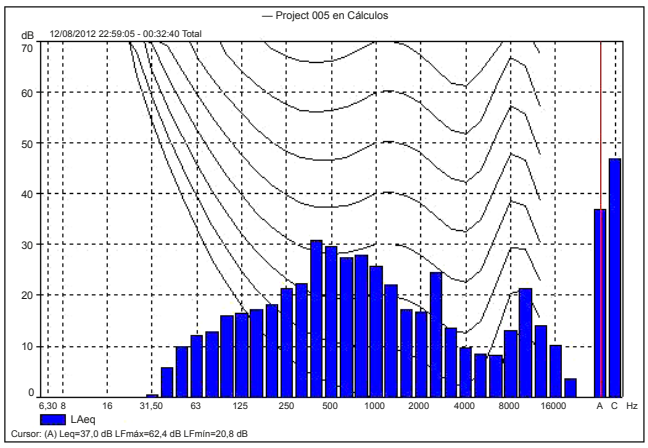


Figura 7. Nivel de ruido (total).

4 Conclusiones

El método de trabajo propuesto en este documento para la gestión del Paisaje sonoro, pretende no sólo la preservación y la recuperación de los sonidos de origen natural (fauna, flora, las interacciones entre ellas y con los fenómenos naturales), sino al mismo tiempo posibilitar a los visitantes experiencias sensoriales que les permita realzar las señales que la naturaleza les brinda.

En el proceso de planificación, cuando el paisaje sonoro no se encuentra afectado por fuentes de ruido inadecuadas, el objetivo será el mantenimiento de esas condiciones. Sin embargo cuando el paisaje sonoro se encuentre degradado por la influencia de ruidos ajenos a él, el objetivo deberá ser desarrollar acciones correctivas encaminadas a restaurar el paisaje sonoro natural. Debe servir, por un lado, para conocer qué sonidos son necesarios preservar, cara a la protección de la biodiversidad, cual es la naturaleza de los sonidos no deseados que tienen un impacto negativo sobre la fauna y la flora en los diferentes ecosistemas del parque, cuáles serían las

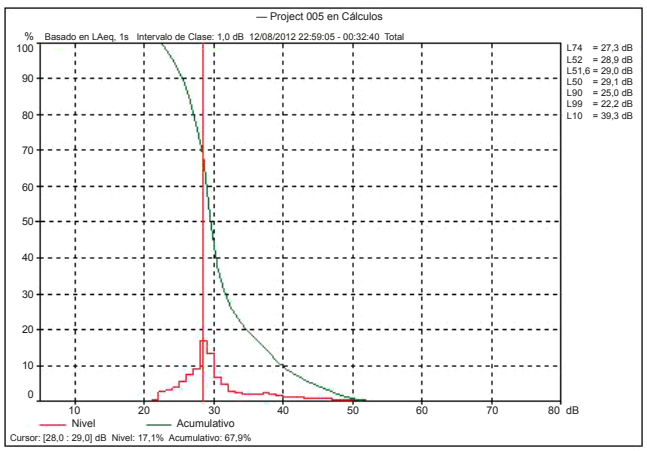


Figura 8. Lx y Lnat.

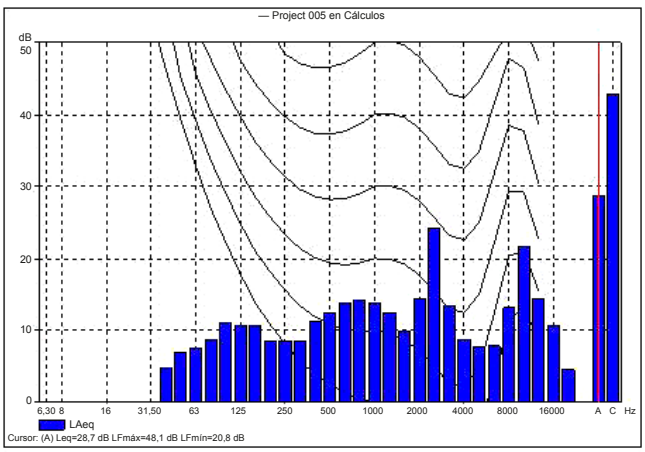


Figura 9. NFI: Intervalo libre de ruidos.

acciones que podrían mitigar este hecho y cara al público ofrecerles la posibilidad de obtener experiencias sonoras vinculadas al mundo natural.

El cálculo de los parámetros descrito representa una aproximación para establecer índices de partida en aras de la restauración y preservación de paisaje sonoro natural. La determinación de parámetros más objetivos para este cometido requiere de conocimientos profundos del entorno natural objeto de estudio, de forma que fuese posible establecer cuáles son los elementos acústicos perniciosos para la vida autóctona del lugar. Los datos analizados muestran que en determinadas zonas, como áreas rurales, no resulta evidente alcanzar con relativa facilidad un estado de "Natural Quiet".

Será necesario llevar a cabo otros estudios para entender mejor el alcance y la naturaleza de los impactos sonoros en los recursos de los parques naturales y de las áreas protegidas, en este sentido la administración debería interesarse, apoyar y fomentar estudios encaminados a la catalogación y conservación de nuestros paisajes sonoros en el hábitat natural.

5 Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la realización de este trabajo, con especial atención a la Agencia Federal de Estados Unidos, National Park Service (NPS), por posibilitar la consulta de sus contribuciones en este campo.

6 Referencias

[1] Skip Ambrose; Shan Burson: "Soundscape Studies in National Parks"; The George Wright FORUM; Volume 21, Number 1 2004, páginas 29-38.

[2] Hernández Molina, Ricardo; Fernández Zacarías, Francisco; Cueto Ancela, José Luis; Gey Flores, Ricardo; Laboratorio de Ingeniería Acústica, Universidad de Cádiz, agosto 2012; "Analysis of the limit value in natural areas through the study of natural soundscape"; XLIII Congreso Español de Acústica; Nº Especial de la Revista de Acústica. (SEA); Vol. 43 nº 3-4; año 2012; ISSN: 2173-663

[3] National Park Service; U.S. Department of the Interior; Soundscape Management Plan; Zion National Park; Utah; September 2010.

[4] Matt Walker; Noise pollution threatens animals; Trends in Ecology and Evolution; Editor, Earth News; 14 Oct 2009

[5] Director's Order #47: Soundscape Preservation And Noise Management; National Park Service¸ December 1. 2000.

[6] LIFE QUADMAP: LIFE10 ENV/IT/000407; QUADMAP.

[7] Tecnalia; Los silencios sonoros de Urkiola; registros sonoros en los parques naturales de Vizcaya Diputación de Vizcaya; 2010.

[8] National Park Service; U.S. Department of the Interior; Natural Sounds Program: Safeguarding the Sounds of Life.

[9] Área natural del embalse de Eiras, se circunscribe a la parroquia de Anceu, constituida por Anceu, Esfarrapada y Os Ramís, situada en la Provincia de Pontevedra, Galicia, España.

[10] Skip Ambrose; Sound Levels in the Primary Vegetation Types in Grand Canyon National Park, NPS Report No. GRCA-05-02; July 2005.

[11] Skip Ambrose; Sandhill Company; NPS Report No. GRCA-05-02; January 25, 2006.

[12] Laura Levy; and Sarah Falzarano; Overflights and Natural Soundscape Program; Grand Canyon National Park NPS Report No. GRCA-07-02; 7 March 2007.

[13] Skip Ambrose; Sound Levels and Audibility of Common Sounds in Frontcountry and Transitional Areas in Grand Canyon National Park, 2007-2008; NPS Report No. GRCA-08-04; 2008.

[14] Skip Ambrose; Sandhill Company; Sound Levels in the Primary Vegetation Types in Grand Canyon National Park, July 2005; NPS Report No. GRCA-05-02; January 25, 2006.

[15] Jakobsen, J. and B. Andersen. 1983. Measurements of Wind-generated Noise from Vegetation and Microphone System. Danish National Agency of Environmental Protection.

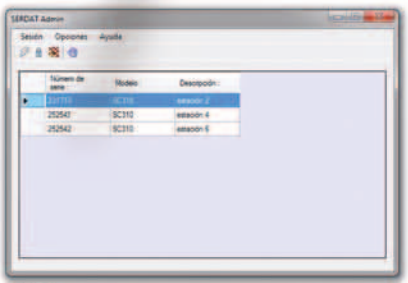
CESVA

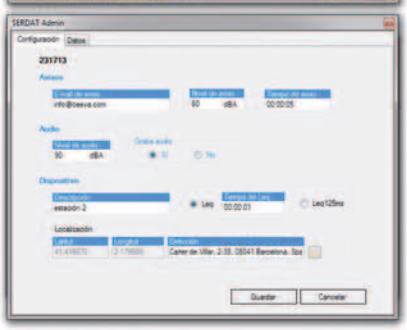
www.cesva.com

Red de vigilancia del ruido

Noise
Surveillance
Network

NSN





Terminales de monitorización de ruido Ambiental

TA024

Software

SERDAT*admin*

Capture Studio

CESVA

GIP, global insulation package

www.cesva.com

MI005

Máquina de impactos

FP 121

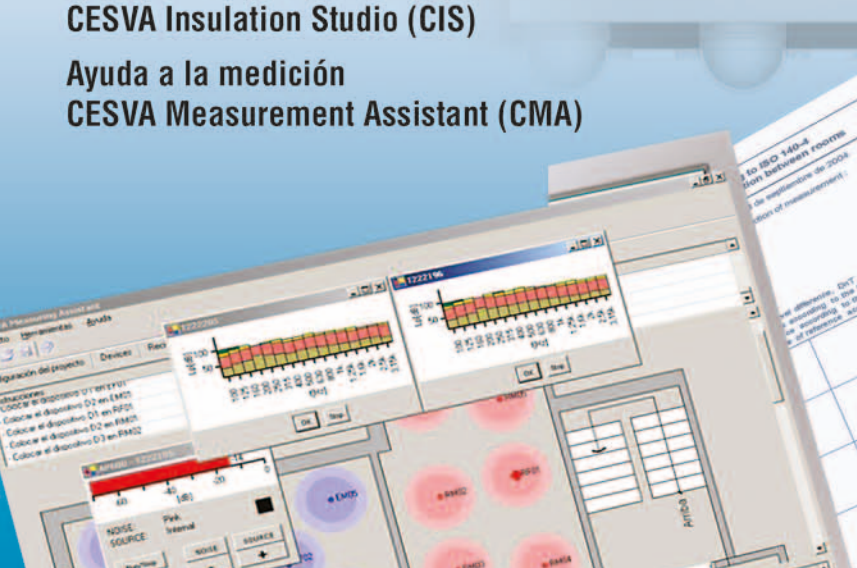
Fuente de presión

Bluetooth

SC 310

Sonómetro analizador de espectro

SOFTWARE

Cálculo de Aislamientos
CESVA Insulation Studio (CIS)

Ayuda a la medición
CESVA Measurement Assistant (CMA)