

**CONAMA 2024**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

# Contribuciones de la restauración de minas y la ecología acústica a la promoción de reservas sonoras de origen natural



# CONAMA 2024

TÍTULO

---

**Autor Principal:** Carlos Iglesias Merchán (ECOPÁS y Universidad Politécnica de Madrid)

**Otros autores:** Raquel Sánchez Torres (Brinzal y Universidad Politécnica de Madrid); Laura Martín Herranz (Holcim España); Iván García Martínez (Brinzal); José María Martínez Gascón (Holcim España); Raúl Alonso Moreno (Brinzal); Pilar Gegúndez Cámara (Holcim España)

## CONTRIBUCIONES DE LA RESTAURACIÓN DE MINAS Y LA ECOLOGÍA ACÚSTICA A LA PROMOCIÓN DE RESERVAS SONORAS DE ORIGEN NATURAL

### RESUMEN

En esta comunicación se presenta un avance de resultados del proyecto RECRESO, un proyecto de Investigación para la monitorización de la rehabilitación de canteras mediante registros sonoros. La aplicación de metodologías características de la ecología acústica (ecoacústica), en el seguimiento de proyectos de restauración ecológica de espacios degradados, permite caracterizar la evolución de los procesos de restauración de la naturaleza en estos lugares a través de su medioambiente sonoro.

Este avance se ilustra mediante el caso del seguimiento sonoro de la rehabilitación de una cantera de Holcim España, que se ubica en la Comunidad de Madrid (La Chanta), y ofrece valiosa información sobre la evolución de la calidad de los hábitats restaurados y su reflejo a través de las interacciones entre los sonidos de distinta naturaleza que, también, componen su paisaje sonoro. Los trabajos de restauración y gestión del lugar han permitido transformar un espacio minero en un humedal de reconocido valor ambiental, al que se añade su posible interés como zona tranquila y/o reserva de sonidos de origen natural. Estas últimas son dos figuras contempladas en la normativa, europea y española respectivamente, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, pero aún pendientes de desarrollo.

**Palabras clave:** biodiversidad; biofonía; contaminación acústica; medioambiente sonoro; paisaje sonoro; restauración de la naturaleza; restauración ecológica; ruido; zona tranquila

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre los años 2020 y 2021 se llevaron a cabo las obras de restauración de la cantera La Chanta, una antigua explotación de caliza de aproximadamente 21,5 ha de superficie, situada en la Alcarria de Alcalá (Comunidad de Madrid) y propiedad de Holcim España (en adelante Holcim). Su proyecto de restauración incluía la demolición de instalaciones de la antigua explotación minera así como la adecuación de otros elementos artificiales por su potencial como refugios de biodiversidad. Además, se realizaron remodelaciones geomorfológicas y siembras y plantaciones de distintas especies vegetales. En concreto, las revegetaciones se enfocaron hacia la creación de diferentes ambientes para potenciar la biodiversidad del nuevo espacio mediante el empleo de especies locales y teniendo en cuenta las particularidades edafológicas, pendiente, orientación, etc. de cada zona a restaurar (Cinclus, 2021).

Como aspectos más destacados de las obras de restauración cabe reseñar que se decidió conservar un gran hueco excavado en la antigua explotación, por su potencial funcionamiento como masa de agua estacional en lugar donde se alojaba la planta de transformación. Dicho hueco se corresponde con lo que se denomina laguna grande en esta comunicación. También se decidió no rellenar el principal hueco de extracción de la antigua cantera, por el interés geológico que ofrece su frente de explotación y porque permite un segundo espacio de acumulación de agua que también funciona como humedal estacional, aunque de menores dimensiones que el primer hueco y que denominamos laguna pequeña. Como consecuencia de estas decisiones, los materiales que inicialmente estaban destinados a rellenar ambos huecos pasaban a permanecer en su lugar de acopio, dando lugar a un pequeño altiplano o meseta con un desnivel de hasta 34 m respecto a algunas zonas de la laguna grande.

Tras la ejecución de la restauración, Holcim firmó un acuerdo de custodia del territorio con la ONG Brinzal. Como resultado de los trabajos de conservación desarrollados en el lugar, en mayo de 2023, la Comunidad de Madrid aprobó la incorporación del Humedal La Chanta al Catálogo de Embalses y Humedales regional (Figura 1), por su relevancia faunística, geológica, hidrológica y educativa (BOCM, 2023). De esta manera, ahora gozan de protección legal 1,15 ha de superficies de humedal y 18,4 ha como superficie de protección.

Por otro lado, en el año 2021, la empresa Holcim firmó un convenio de colaboración con la Fundación Conde del Valle de Salazar (Fucovasa), de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (Universidad Politécnica de Madrid, UPM), para la realización de un proyecto de investigación consistente en el seguimiento sonoro de la restauración de La Chanta.

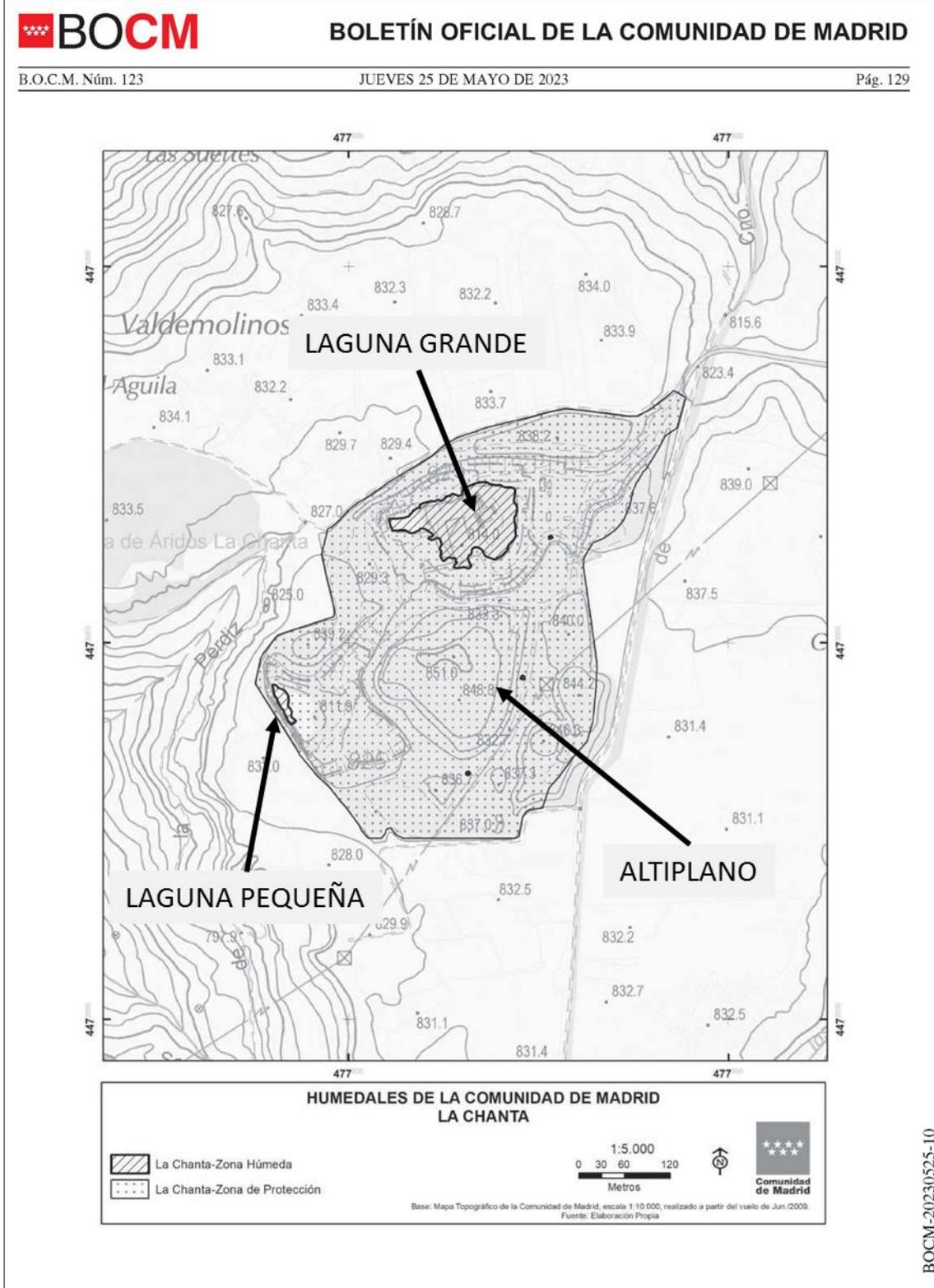


Figura 1. Delimitación oficial del Humedal La Chanta (modificado del BOCM, 2023)

## 2. MÉTODOS Y MATERIALES

### 2.1. Muestreo Sonoro

En este apartado se introduce el potencial de la Ecología Acústica (o Ecoacústica), como ciencia que estudia las relaciones acústicas entre los animales y su entorno (Wrightson, 2000), para evaluar el progreso y la funcionalidad en proyectos de restauración ecológica. Los sonidos forman parte y son un componente más de los ecosistemas y la percepción del sonido, fundamentalmente gracias al oído, permite la comunicación sonora entre individuos (Pijanowski et al., 2011). La concurrencia y mezcla de todos los sonidos de un espacio físico da lugar al medioambiente sonoro que podría reflejar los cambios en los procesos que se dan en los ecosistemas, tanto en el espacio como en el tiempo (Farina, 2014). Una primera clasificación básica de las fuentes sonoras consiste en diferenciarlas por su origen y, de este modo, es posible distinguir entre sonidos producidos por el medio físico (que constituyen lo que se conoce como geofonía), los que pertenecen al medio biótico (biofonía) y los sonidos de origen antrópico (antropofonía).

La actividad sonora de cualquier lugar da lugar a su propia huella acústica que, tradicionalmente, se ha denominado paisaje sonoro (Schafer, 1977; Farina et al., 2011). Aunque el término paisaje se asocia con la necesaria presencia de una o varias personas receptoras que perciban e interpreten las señales en su contexto (ISO, 2014), que es el enfoque tradicional que desde la normativa técnica y legal sobre evaluación y gestión del ruido ambiental se ha dado a la calidad del medioambiente sonoro hasta la fecha. No obstante, a nivel europeo ya existen recomendaciones para identificar y preservar áreas que no estén afectadas por la contaminación acústica, denominadas zonas tranquilas (“quiet areas” en inglés) por sus posibles beneficios sobre la salud humana y, también, con el objeto de favorecer la conservación de la biodiversidad (EEA, 2016). Desde hace más años, en Estados Unidos se contempla la gestión activa de los paisajes sonoros que incluso implica la posibilidad de restaurar estos cuando sea procedente (NPS, 2000).

Para llevar a cabo el seguimiento sonoro de la restauración ecológica de la cantera La Chanta se ha realizado una combinación de métodos y herramientas clásicas de acústica ambiental, basado en el empleo de sonómetros (Figura 2) para la medición de niveles de presión sonora en un punto de muestreo atendido, con otras herramientas más frecuentes en ecología acústica. En este segundo caso se englobarían las grabadoras autónomas de sonido ambiente (Figura 3) y herramientas de análisis de grandes volúmenes de archivos de audio. Para los trabajos de muestreo se consideró la necesidad de guardar cierta distancia de seguridad respecto a lugares aptos para la nidificación de las especies animales más recelosas, y se contó con la asistencia y orientación de Brinzal, que gestiona el lugar en base a un acuerdo de custodia del territorio como parte de la estrategia de biodiversidad de Holcim. Finalmente, para el seguimiento sonoro de la laguna grande, se seleccionó un emplazamiento próximo a una de las orillas en el que instaló una grabadora de audio programable y de intemperie que, cada mes, registraba el sonido ambiente con una pauta de grabación de 5 minutos de audio por cada 15 o 20 minutos, durante las 24 horas del día, hasta que se agotara la capacidad de las tarjetas de almacenamiento o sus baterías. De esta manera, se han obtenido más de 25.000 archivos de audio en el rango audible, que representan casi 2.000 horas de grabación.



**Figura 2.** Escena de la laguna grande de La Chanta y primer plano de un sonómetro integrador de clase 1 (marca Cesva, modelo SC420), instalado sobre un trípode para realizar mediciones en bandas de octava entre 16 Hz y 16 kHz. (Fotografía: Carlos Iglesias)



**Figura 3.** Grabadora programable tipo Song Meter Mini Bat de la empresa Wildlife Acoustics, que consta de un micrófono ultrasónico y un micrófono acústico. En la configuración empleada, capta el sonido ambiente hasta una frecuencia de 12 kHz y permite identificar contaminación acústica así como sonidos de diferentes grupos animales y de la geofonía. (Fotografía: Carlos Iglesias)

## 2.2. Medición de la Biodiversidad Sonora

En este avance de resultados del proyecto de seguimiento sonoro de la restauración de La Chanta, se ha empleado el índice NDSI (“Normalized Difference Soundscape Index”), que tiene por objeto estimar el nivel de perturbación antropogénica del paisaje sonoro a partir del cálculo de la relación entre componentes acústicos de origen antrópico (antropofonía) y biológicos (biofonía) contenidos en las muestras sonoras de un lugar (Kasten et al., 2012). Para ello, la antropofonía se define por su dominio, en términos de frecuencia, entre 1 y 2 kHz y la biofonía por los sonidos registrados en el intervalo de frecuencias entre 2 y 8 kHz. Los posibles valores del índice NDSI oscilan entre -1 y +1, donde +1 indica una señal sin antropofonía. Aunque un valor de NDSI bajo también puede indicar la presencia de ciertos tipos de animales, puede ser un filtro útil para ayudar a limitar el número de grabaciones para su posterior examen. Para el cálculo del índice NDSI se ha empleado el programa informático Kaleidoscope Pro versión 5.6 (Wildlife Acoustics, Inc.).

## 3. RESULTADOS

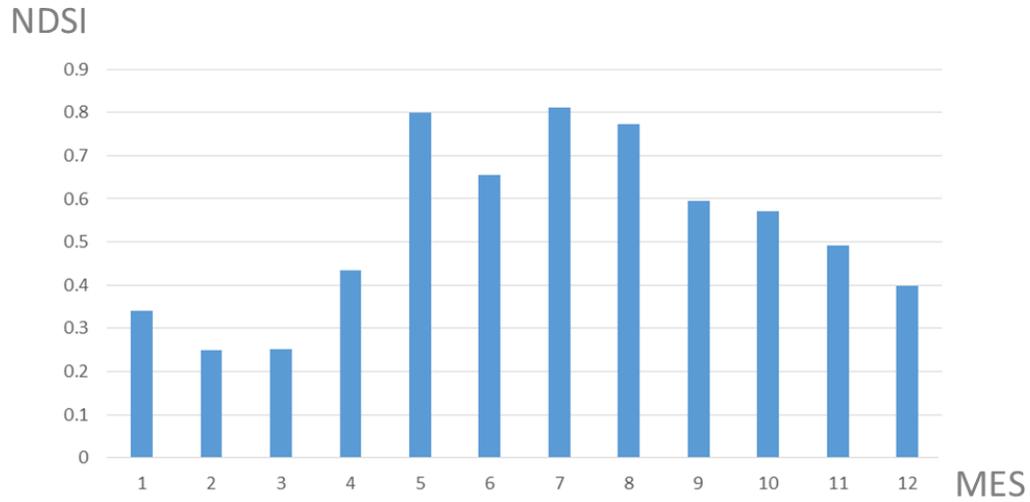
### 3.1. Niveles de Presión Sonora

A partir de los registros de niveles de presión sonora en el punto de muestreo atendido, que como ya se ha dicho se ubicó junto a una orilla de la laguna grande, se estima un nivel continuo equivalente anual de aproximadamente 38 dBA. El nivel continuo equivalente se refiere al nivel promediado en el período de medición, si bien entre los meses de octubre y febrero el nivel promedio se situó más cerca de los 30 dBA. En este sentido, cabe destacar que el nivel de ruido de fondo de la zona de estudio, considerando como tal el nivel sobrepasado durante el 90% del tiempo total de las mediciones (LA90), se sitúa en unos 26 dBA en junto a la laguna grande de La Chanta.

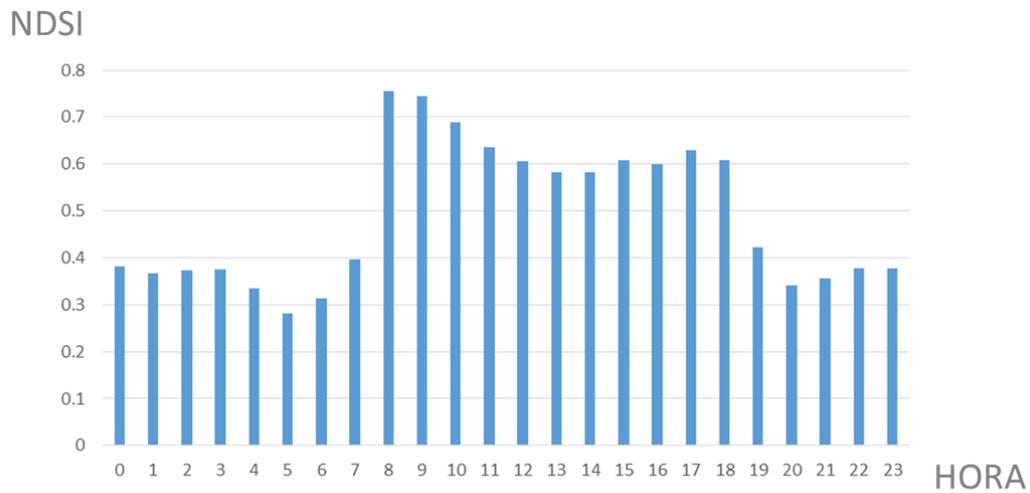
El nivel de ruido de fondo durante un día sin viento ni lluvia y en ausencia de fuentes sonoras antrópicas esporádicas oscila entre 25 dBA (los momentos más “silenciosos”) y 30 dBA. Si bien hay sonidos como cantos de pájaros e insectos en determinadas épocas del año (biofonía) que, en función de la distancia a los mismos, en un momento considerado tranquilo puede elevar estas oscilaciones en torno a los 35 dBA.

### 3.2. Valores de Biodiversidad Sonora

La distribución mensual de los valores de NDSI en la estación de muestreo de la laguna grande de La Chanta (Figura 4) refleja valores positivos durante todo el año, con un ligero descenso de los mismos entre diciembre y abril. Por otro lado, su observación a lo largo de las veinticuatro horas del día (Figura 5), en promedio, tampoco presenta valores negativos durante ninguna hora del día. Estos valores resultan especialmente altos en las primeras horas de día y hacia el atardecer, períodos de actividad característicos de los coros de algunas de las especies de fauna inventariadas en La Chanta.



**Figura 4.** Distribución mensual de los valores del índice NDSI junto a la laguna grande.



**Figura 5.** Distribución horaria (promedio) de los valores del índice NDSI junto a la laguna grande de La Chanta.

### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados iniciales del seguimiento sonoro del proyecto de restauración de La Chanta revelan que los mismos valores que han propiciado la catalogación del humedal por la Comunidad de Madrid (BOCM, 2023) se reflejan en la calidad de su medioambiente sonoro y, también, se puede considerar que las características de su paisaje sonoro refuerzan el valor singular del humedal en el territorio en el que se enclava.

En general, las lagunas de La Chanta poseen bajos valores de contaminación acústica. Los niveles medios de presión sonora en los períodos muestreados son bajos y ofrecen oportunidades para el disfrute de su paisaje sonoro. Aparentemente es un lugar compatible con la declaración de zona tranquila sobre la base de las recomendaciones europeas, por el potencial papel de las zonas tranquilas en la conservación de la biodiversidad, el capital natural y la salud humana (EEA, 2016). Aunque aún no se ha desarrollado esta figura en la normativa.

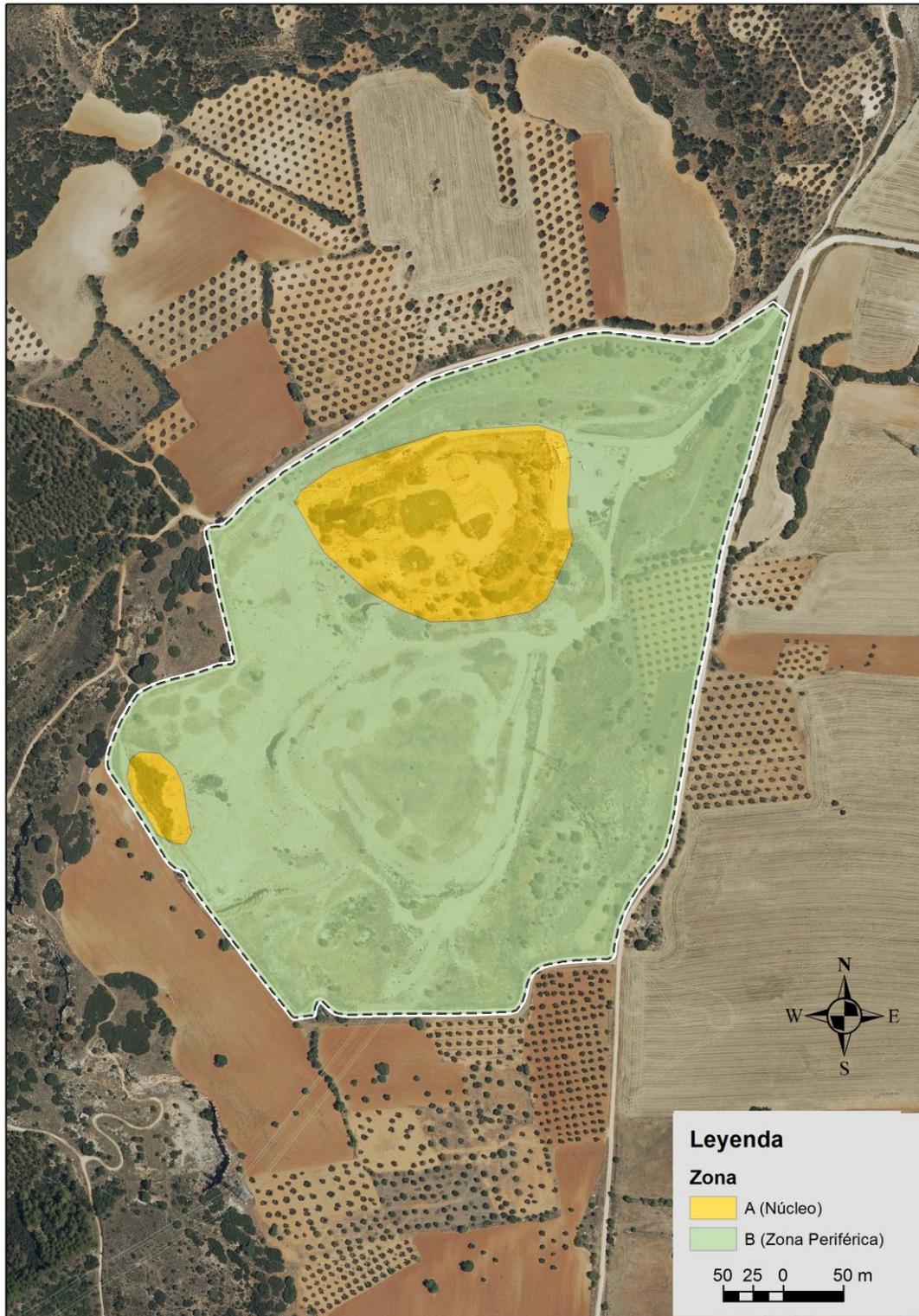
En España, las referencias a los sonidos son muy escasas en la normativa ambiental. La Ley 37/2003, del Ruido (BOE, 2003), introdujo la idea básica de gestionar el territorio a partir del concepto de áreas acústicas, en las que se establece un objetivo de calidad acústica según el uso del suelo. En ese sentido, esta norma contempla la inclusión de una categoría legal denominada “espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica” (conocidas como áreas acústicas “tipo g”). No es requisito que estos espacios hayan sido declarados espacios naturales protegidos aunque, según la Ley, debe *“existir una condición que aconseje su protección bien sea la existencia de zonas de cría de la fauna o de la existencia de especies cuyo hábitat se pretende proteger”*. Es decir, cualquier espacio vital para una especie de interés en cualquier fase de su ciclo biológico podría resultar afectado por esta figura de protección contra la contaminación acústica. Sin embargo, 20 años después, esta figura legal aún no ha sido objeto de desarrollo.

La misma Ley contempla la posibilidad de que las comunidades autónomas definan reservas de sonidos de origen natural (RSON) en determinadas zonas de su territorio, para que la contaminación acústica no perturbe dichos sonidos. No obstante, las RSON constituyen un supuesto especial a la norma por cuanto no tienen consideración de áreas acústicas y, por lo tanto, en ningún caso se establecerían objetivos de calidad acústica para ellas. Se trata de una figura incorporada durante la trasposición de la normativa europea al ordenamiento jurídico español, ausente en la Directiva europea y cuya definición resulta jurídicamente imprecisa (Iglesias Merchán, 2016). Pero, pese al tiempo transcurrido y los posteriores decretos de desarrollo y modificación de la Ley, este concepto tampoco ha sido objeto de desarrollo.

En este sentido, cabe mencionar que la normativa autonómica de Cataluña sí ha dado lugar a la declaración de zonas de especial protección de la calidad acústica (ZEPQA) en algunos espacios naturales en los que no se superan determinados niveles de presión sonora media anual (DOGC, 2009). Si bien, establecen como valores umbrales 50 dBA entre las 08:00 y las 21:00 horas y 40 dBA entre las 21:00 y las 08:00 h. Aunque no se debe asumir por defecto que las zonas tranquilas naturales tengan que ser forzosamente silenciosas. Por ejemplo, las RSON también podrían ubicarse en lugares caracterizados por elevados niveles de presión sonora cuando los originan fuentes emisoras naturales como, por ejemplo, coros de anfibios, dormideros de aves, saltos de agua, etc.

En cualquier caso, teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y los resultados obtenidos en los primeros análisis de datos del seguimiento sonoro de La Chanta, cabe destacar el potencial de La Chanta como zona tranquila y/o reserva de sonidos de origen natural. De esta manera, siguiendo la propuesta para la caracterización de RSON de Iglesias Merchán (2016), La Chanta se podría definir como una RSON localizada en un espacio natural (o seminatural) protegido, de distribución conjunta, inicialmente propuesta para la percepción de sonidos de la biofonía, con prevalencia estacional y marcado carácter crepuscular matutino y vespertino de sonidos continuos e intermitentes aleatorios durante su horario característico de actividad.

En cuanto a la zonificación de la hipotética RSON del Humedal La Chanta, aunque estas reservas no tienen obligatoriamente que pertenecer o coincidir en su delimitación con espacios naturales protegidos por otros motivos, a priori, se podría plantear la diferenciación entre una “zona nuclear” (o de “reserva integral”) constituida por una superficie ligeramente superior a las lagunas grande y pequeña (Figura 6), para incluir un espacio potencialmente dedicado a la apreciación de los sonidos de la naturaleza emitidos desde las zonas húmedas y su ribera. Estas zonas nucleares estarían rodeadas por un espacio mayor, “zona tampón” o “zona periférica” que, sobre la base de este avance de resultados obtenidos, a priori, también podría extenderse hasta los límites del espacio catalogado como zona de protección en el mismo Acuerdo de la Comunidad de Madrid por el que se aprobó la segunda revisión del Catálogo de Embalses y Humedales de la Comunidad de Madrid (BOCM, 2023).



**Figura 6.** Posible zonificación de La Chanta como potencial RSON sobre ortofotografía del PNOA máxima actualidad (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, IGN).

## BIBLIOGRAFIA

BOCM. 2023. Acuerdo de 17 de mayo de 2023, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba la segunda revisión del Catálogo de Embalses y Humedales de la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura. Comunidad de Madrid. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid 123: 108-151.

BOE. 2003. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Boletín Oficial del Estado, 276, 40494-40505.

Cinclus. 2021. Informe final de los trabajos de Restauración del Plan de Abandono de Labores de la Cantera "La Chanta" Nº 3257. T.M. Corpa. LafargeHolcim, Madrid, 2021.

DOGC. 2009. Decret 176/2009, de 10 de novembre, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei 16/2002, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica, i se n'adapten els annexos. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 5506: 85734-85797.

EEA. 2016. Quiet areas in Europe. The environment unaffected by noise pollution. European Environment Agency Report No 14/2016. Publications Office of the European Union. Luxembourg

Farina S. 2014. Soundscape ecology: Principles, patterns, methods and applications, Springer, Netherlands.

Farina, A., Pieretti, N., Piccioli, L. 2011. The soundscape methodology for long-term bird monitoring: a Mediterranean Europe case-study. Ecological Informatics, 6(6), 354-363.

Iglesias-Merchan, C. 2016. Guía para la caracterización de Reservas de Sonido de Origen Natural. Congreso Nacional del Medio Ambiente 2016 (CONAMA 2016). Fundación CONAMA, Madrid.

ISO 12913-1. 2014. Soundscape. Part 1: Definition and conceptual framework. International Organization for Standardization. Switzerland, Geneva.

Kasten, Eric P., Stuart H. Gage, Jordan Fox, and Wooyeong Joo. 2012. The Remote Environmental Assessment Laboratory's Acoustic Library: An Archive for Studying Soundscape Ecology. Ecological Informatics 12: 50-67.

NPS. 2000. Director's Order #47: Soundscape Preservation and Noise Management. National Park Service, United States Department of the Interior, Washington, D.C.

Pijanowski, B.C., L. J. Villanueva-Rivera, S Dumyahn, A. Farina, B. Krause, B. Napoletano, S. Gage and N. Pieretti. 2011. Soundscape Ecology: The Science of Sound in Landscapes. BioScience 61: 203-216.

Schafer, R.M. 1977. The Tuning of the World. Random House Inc., USA, New York

Wrightson, K. 2000. An introduction to acoustic ecology. Soundscape: The journal of acoustic ecology, 1(1), 10-13.