

## CONECTANDO GRAVERAS Y SU ENTORNO MEDIANTE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Rocío de Torre Ceijas<sup>1,2</sup>, María Dolores Jiménez Escobar<sup>1</sup> y Daniel Martín-Collado<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid.

<sup>2</sup>Consultora especialista en restauración ecológica.

<sup>3</sup>Dpto. de Mejora Genética Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

### Introducción y objetivos del proyecto

La extracción de áridos de las graveras puede provocar la aparición de afloramientos de masas de agua artificiales que adecuadamente restaurados generan oportunidades para la colonización de distintas especies, algunas de ellas con algún grado de amenaza. La aparición de estos nuevos hábitats acuáticos-terrestres, tan escasos como vulnerables en el ámbito mediterráneo, suponen una oportunidad para la conservación y el aumento de biodiversidad, especialmente en zonas altamente antropizadas donde los ecosistemas están degradados. Un aspecto clave para mantener la funcionalidad de éstos ecosistemas acuático-terrestres asociados a las graveras es asegurar su conectividad ecológica con los hábitats de su entorno. La conectividad ecológica de las graveras con su sistema fluvial permite el mantenimiento de la dinámica asociada a los procesos hidrológicos y geomorfológicos que rigen el funcionamiento de éste tipo de ecosistemas, y además facilitan los procesos de migración, relación, reproducción e intercambio genético, vitales para su estabilidad y sostenibilidad.

En esta comunicación se presentan parte de los resultados de uno de los proyectos finalistas de la 3ª edición de la convocatoria internacional *The Quarry Life Award 2016* organizado por el grupo HeidelbergCement. En la convocatoria nacional los proyectos se realizaron en la Gravera Áridos Sanz (La Cistérniga, Valladolid). El **objetivo general** de este proyecto fue mejorar el conocimiento del funcionamiento integrado de ecosistemas lagunares en graveras restauradas a través del estudio de su biodiversidad y de la conectividad de estos sistemas con su entorno.

La gravera Áridos Sanz alberga un sistema lagunar en una zona ya restaurada, rodeado principalmente por fincas de uso agrícola y/o forestal. El sistema lagunar está formado por ocho lagunas muy heterogéneas en cuanto a su diseño inicial, tamaño y condiciones ambientales de sus orillas y alrededores cercanos. La red hidrográfica en el entorno de la gravera, es igualmente heterogénea y compleja. El sur la gravera linda con el río Duero y el norte con el canal de riego del río Duero. El canal de riego fue construido a finales del s. XIX, y tiene entre 5 y 7 m de anchura y cientos de kilómetros de longitud. Además, en el límite oeste de la gravera existe una acequia que comunica el canal de riego con el río Duero. Por otro lado, hay que señalar que la gravera se localiza en un entorno fuertemente antropizado; el uso del suelo en el entorno de la gravera del área estudiada ( $\approx 700\text{km}^2$ ) es principalmente agrícola y pastos (57%; Corine, 2012), con alrededor de un 8% de zonas urbanas e industriales y aproximadamente un 35% de zonas forestales, que principalmente corresponden a plantaciones de chopos y pinos. Esta gran variabilidad de condiciones ambientales y hábitats convierten la gravera Áridos Sanz en un buen caso

para estudiar la conectividad con su sistema fluvial y su entorno. En este contexto, los mamíferos semiacuáticos, por su selección y requerimientos de hábitat, son buenas “especies paraguas” de los ecosistemas acuático-terrestres y, por ende, un buen indicador de su estado funcional. Por estos motivos, y aprovechando que en la gravera Áridos Sanz existían indicios de la presencia de nutrias (*Lutra lutra*), se seleccionó esta especie como especie indicadora para abordar el análisis del estado, conservación y conectividad de un ecosistema lagunar y con su entorno.

## **Material y métodos**

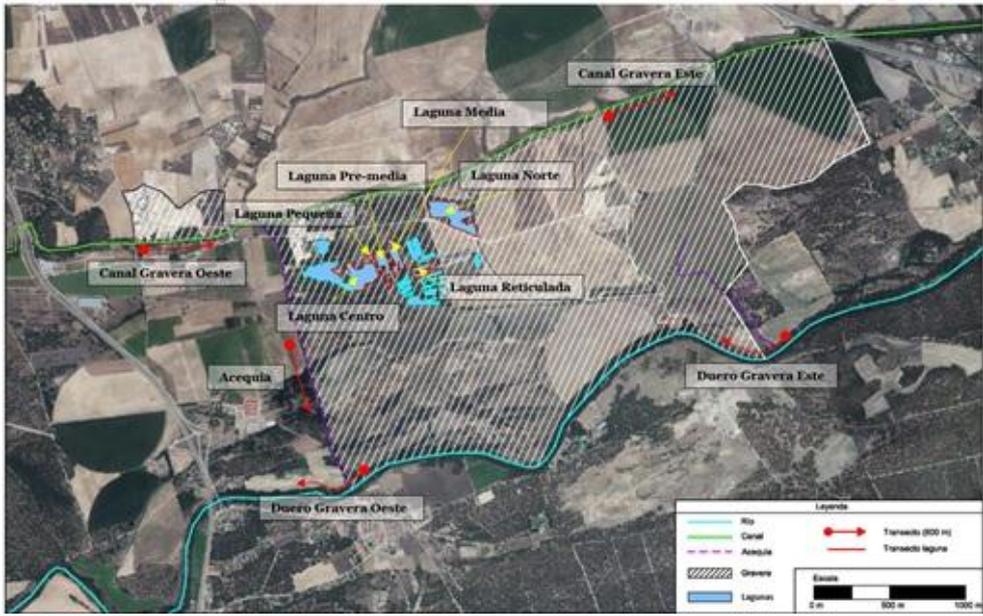
El proyecto se aborda como una evaluación del estado ecológico de una gravera restaurada en parte, haciendo especial hincapié en la conectividad del sistema lagunar de la gravera con su entorno. Para llevar a cabo el proyecto se emplearon tres aproximaciones metodológicas complementarias: (1) Análisis poblacional de nutrias, (2) Análisis de idoneidad de hábitat para la nutria, y (3) Análisis de conectividad del ecosistema lagunar de la gravera con su entorno.

**1) El análisis poblacional** de nutrias se llevó a cabo mediante tres tipos de análisis interrelacionados:

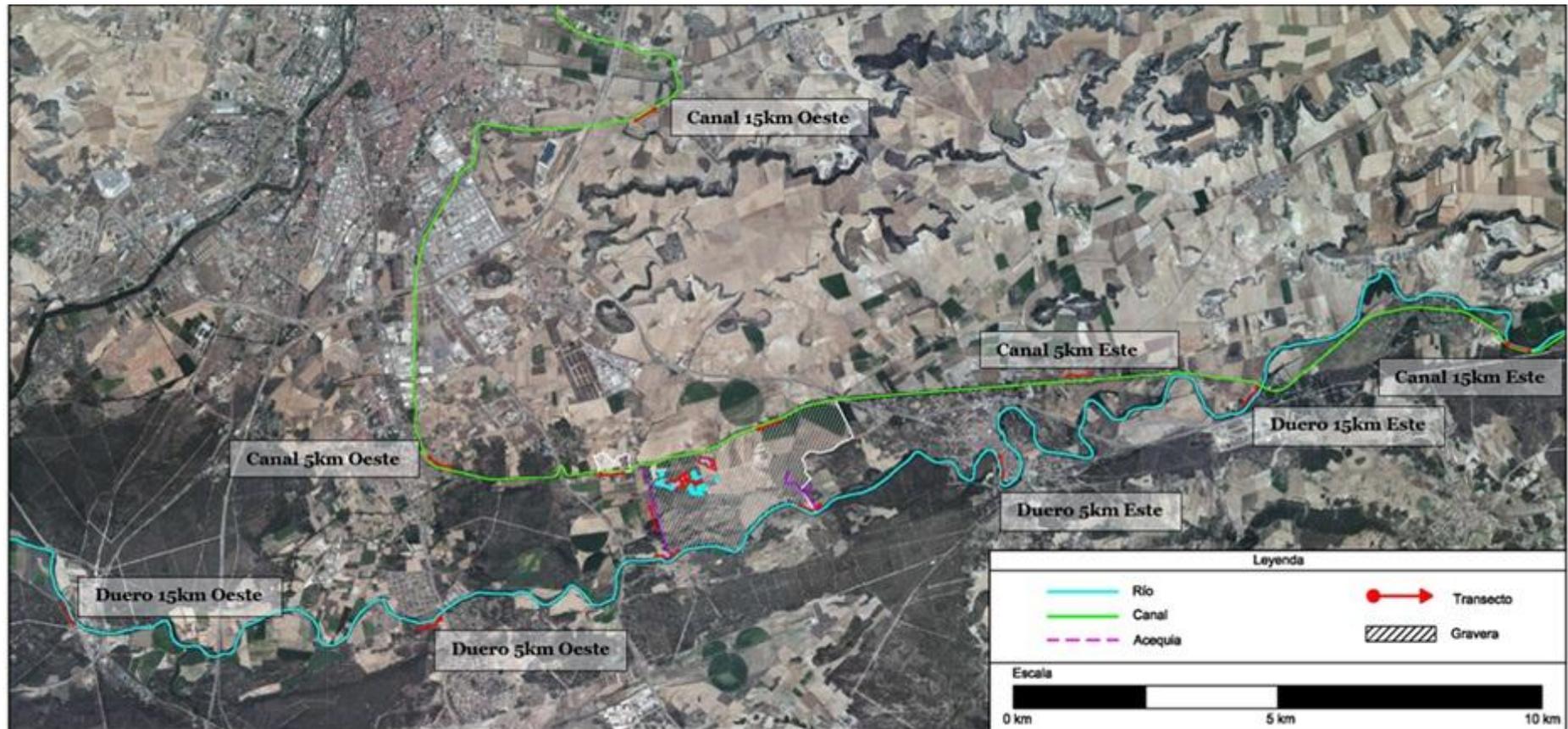
**a) Análisis de imágenes de cámaras de fototrampeo**, que permitió caracterizar los patrones de comportamiento de la nutria y su selección territorial dentro del sistema lagunar, así como conocer la biodiversidad de macrofauna en la gravera. Se utilizaron 10 cámaras que se colocaron en distintas localizaciones del sistema lagunar y su entorno cercano durante los meses que duró el trabajo de campo (de abril a julio). Se hizo un seguimiento especialmente intenso, de una de las lagunas, la Laguna Media, pues en esta existían mayores indicios de la presencia de nutrias.

**b) Análisis de intensidad de marcaje excrementos** tanto dentro del sistema lagunar como en su entorno, que indicó la intensidad de uso que hacían las nutrias de los diferentes hábitats existentes y complementa los estudios de conectividad del territorio. Para este estudio se definieron 19 transectos de muestreo, de 600m de longitud, tanto dentro de la gravera como en su entorno, representando todos los tipos de masas de agua: lagunas artificiales, acequias, río Duero y canal de riego (Figuras 1 y 2). Se realizaron cuatro campañas de muestreos con periodicidad mensual en las que se recorrieron a pie todos los transectos buscando excrementos, georreferenciando los puntos donde se localizaron, y analizando visualmente el contenido correspondiente a la dieta de las nutrias.

**Figura 1.** Localización de los once transectos de muestreo en la gravera: canal de riego, río Duero, acequia y sistema lagunar.



**Figura 2.** Localización de los ocho transectos de muestreo sobre el río Duero y el canal de riego en el entorno de la gravera.



A partir de los excrementos recogidos en los transectos, se determinaron dos indicadores de intensidad de uso del territorio por nutria: a) intensidad de excrementos total (número de puntos totales con excrementos/100m) b) intensidad de excrementos frescos (número de puntos con excrementos frescos o semifrescos/100m).

**c) Un análisis genético de excrementos**, que permitió identificar individuos y su sexo, estimar el tamaño de la población y conocer la conectividad actual del territorio de las nutrias. Se analizaron todos los excrementos frescos recogidos en las campañas de muestreo siguiendo la metodología puesta a punto por Vergara y colaboradores (2014) que consta de cuatro fases: a) la extracción del ADN de los excrementos, b) la replicación del ADN de nutria mediante PCR usando un set de 11 microsátélites, c) la identificación del sexo mediante tipificación de ADN, y d) el análisis de fragmentos de ADN, que es la electroforesis capilar de la PCR.

**2) Análisis de idoneidad de hábitat** para la nutria. El conocimiento de las características de los hábitats seleccionados por la especie permite proponer medidas concretas para la mejora de los ecosistemas restaurados. En este análisis se integran las características ambientales de los transectos muestreados (Figuras 1 y 2) con los datos de intensidad de marcaje del estudio poblacional.

En concreto se exploró el efecto de 13 variables de hábitat sobre la intensidad de marcaje de excrementos frescos de nutria como indicador de uso de hábitat. Las variables de hábitat seleccionadas están relacionadas con los usos del suelo a distintas distancias de la gravera, la cobertura de vegetación de las orillas, las molestias de origen antrópico y la distancia a la carretera. Con estos datos, se realizaron modelos de regresión lineal múltiple para calcular el efecto de las variables de hábitat sobre la intensidad de marcaje.

**3) Análisis de conectividad** del ecosistema lagunar de la gravera con su entorno. Mediante Sistemas de Información Geográfica, se analizó la permeabilidad de la matriz a la dispersión y presencia de nutrias, es decir, lo fácil o difícil que es para las nutrias atravesar el territorio entre las masas de agua. Se desarrolló un modelo espacial de permeabilidad compuesto por tres capas, las cuales se seleccionaron en función de los resultados del análisis de idoneidad de hábitat: a) usos del suelo, b) distancia a molestias antrópicas y c) distancia a masas de agua. Las tres capas se crearon usando un modelo de 6 categorías. A cada una de las categorías se le asignó un valor de 1 a 6, de menos a más favorable al movimiento y presencia de nutrias. Las categorías de la capa de usos de suelo fueron: masas de agua (6), forestal (5), pastos (4), recreativo (3), agrícola (2) y urbano e industrial (1). Las categorías de las capas de distancia a molestias antrópicas y a masas de agua se determinaron en base a las distancias a edificaciones y carreteras, y a las masas de agua respectivamente.

## **Resultados y discusión**

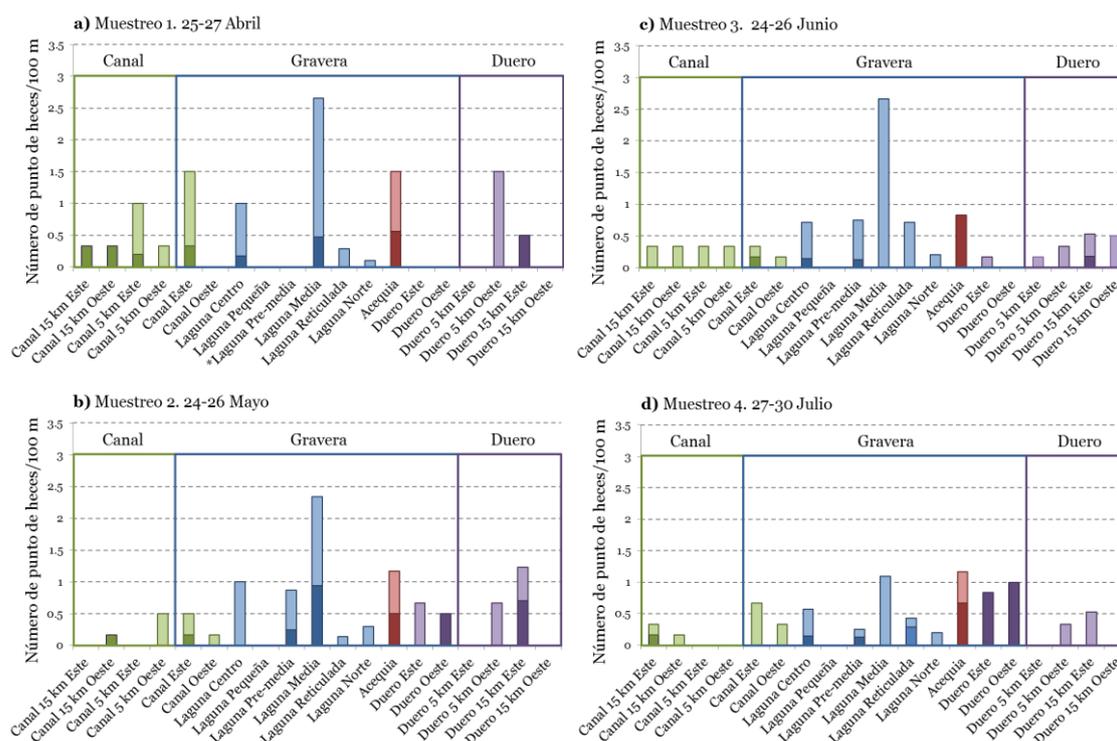
**1a) Estudio de fototrampeo.** Obtuvimos un total de 3199 fotografías y 417 videos de animales. Uno de los resultados más importantes del estudio es que se confirmó la presencia de nutria criando en el sistema lagunar de la gravera, lo cual refleja que este espacio reúne unas condiciones suficientemente buenas para ser seleccionado como un hábitat idóneo para la reproducción de dicha especie y no solo como zona de paso. Sin embargo, la intensidad de uso de las distintas lagunas por la nutria fue muy variable. Otro resultado de especial interés es la confirmación del uso de la acequia de riego por parte las nutrias. Además, se identificaron 35 especies animales, incluida la nutria. Merece una mención especial la rata de agua (*Arvicola sapidus*), especie vulnerable (Lista roja de la

UICN, 2016) cuya presencia en el ecosistema lagunar de la gravera ha sido definitivamente confirmada gracias al presente proyecto.

Los resultados del estudio de fototrampeo indican que la biodiversidad observada en éste espacio restaurado es elevada en relación a grandes vertebrados terrestres, demostrando que biodiversidad local de especies en la gravera Áridos Sanz no es nada desdeñable. También, se pone de manifiesto como las graveras restauradas exitosamente pueden llegar a convertirse en puntos calientes de biodiversidad y refugios para la fauna.

**1b) Análisis de intensidad de marcaje excrementos.** Se encontraron excrementos de nutria en el 95% de los transectos, aunque la intensidad de uso del territorio por parte la nutria varía considerablemente entre localizaciones y fechas de muestreos (Figura 3). Las lagunas de la gravera, especialmente la Laguna Media, y la acequia son las localizaciones con mayor intensidad de marcaje, posiblemente debido a la presencia de nutrias criando, avalada por el estudio de fototrampeo. Con una intensidad intermedia, están los transectos del río Duero, con la excepción de los transectos 5km este y 15km oeste localizados en zonas urbanas. Por último, los transectos del canal de riego del Duero son las localizaciones que en general tuvieron menor intensidad de marcaje. Posiblemente las nutrias visiten dicho canal de forma esporádica, usándolo como vía de comunicación para moverse entre otras zonas más favorables, ya que debido a la degradación de sus orillas y a la falta de refugio es un hábitat poco óptimo para la especie. Por otro lado, la variación de la intensidad de marcaje entre muestreos implica que en estudios poblacionales de especies de fauna, especialmente en zonas restauradas, es importante realizar muestreos repetidos para tener estimas más robustas del uso del hábitat por parte de las especies de interés.

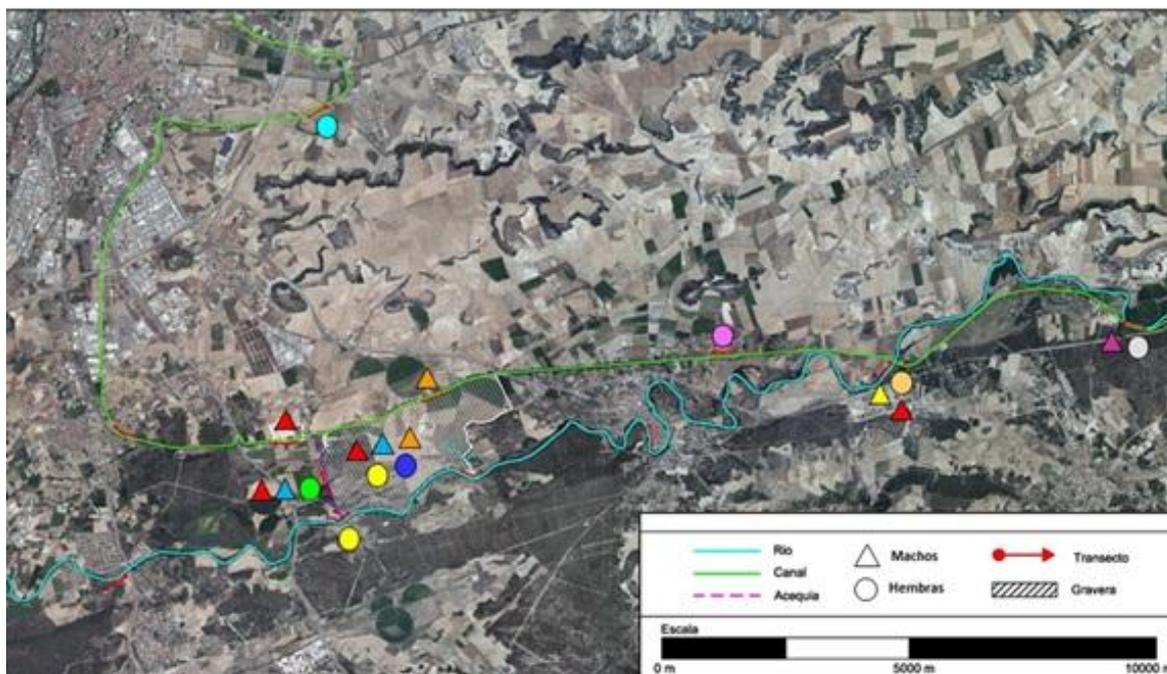
**Figura 3.** Intensidad de marcaje en los diferentes transectos en cada uno de los muestreos. Los colores claros indican excrementos secos y los intensos excrementos frescos y semi-frescos. \*En el primer muestreo no se muestreo la Laguna Pre-Media.



Analizando el contenido de los excrementos recogidos, se observó que el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) es muy abundante en la alimentación de las nutrias en todas las zonas muestreadas y especialmente en el ecosistema lagunar, donde el 99% de los excrementos contenía mayoritariamente cangrejo. La abundancia del cangrejo rojo es, con alta probabilidad, uno de los motivos por lo que las nutrias seleccionan dicho hábitat como zona de cría. Sin embargo, como algunos autores apuntan, la dependencia de la cría de nutria del cangrejo rojo americano es reflejo de hábitats de baja estabilidad que son escogidos en los años de alta disponibilidad de dicho recurso (Ruiz-Olmo et al., 2009). No debemos olvidar que el cangrejo rojo se trata de una especie invasora, perjudicial para muchas especies autóctonas y que puede ser indicadora de ecosistemas desequilibrados. Debido a la amenaza para los ecosistemas que supone esta especie, se deben realizar seguimientos específicos que evalúen periódicamente el estado sus poblaciones.

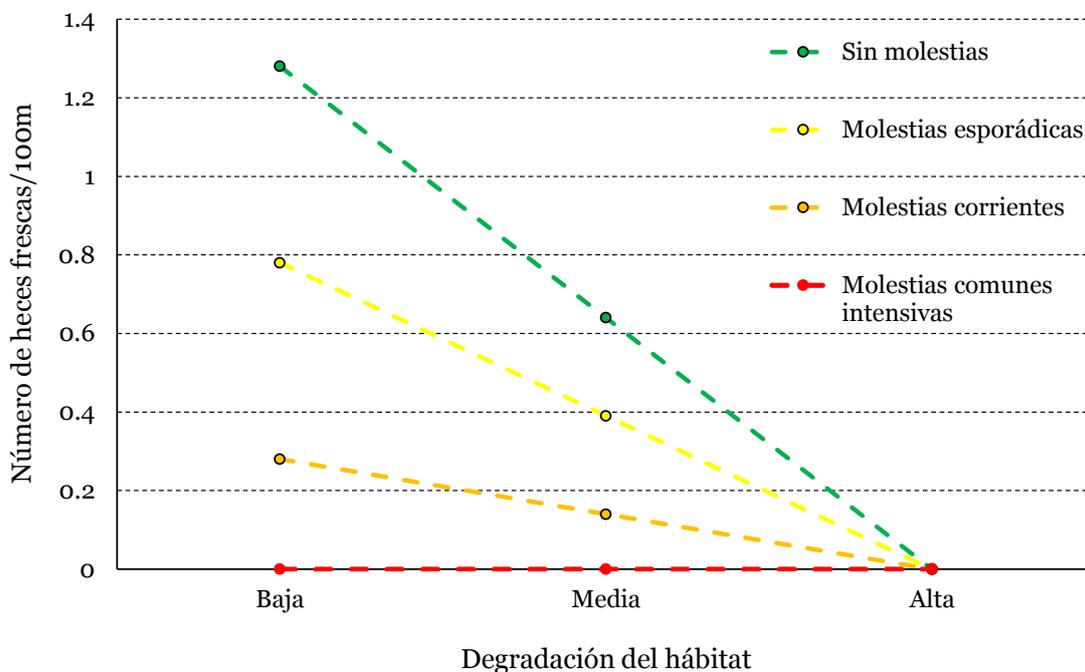
**1c) Análisis genético de excrementos.** En total, se recogieron y analizaron 55 excrementos frescos en los cuatro muestreos. Se identificaron 12 individuos; 7 hembras y 5 machos (Figura 4). En cuanto a la distribución de los individuos en el territorio, fueron identificados 6 individuos en la gravera (3 machos y 3 hembras), seguramente correspondiendo con la familia identificada en el estudio de fototrampeo. Cinco de estos individuos fueron detectados exclusivamente en la gravera y un macho fue detectado tanto en la gravera como a 15km al este en el río Duero, pudiendo ser el macho alfa o territorial, que realiza grandes desplazamientos. Fuera de la gravera, se identificaron 6 individuos más (4 hembras y 2 machos). Todo ello apunta a un buen estado de la población de nutrias en el área de estudio y a que el sistema lagunar de la gravera se ha convertido en una parte importante de su territorio.

**Figura 4.** Distribución espacial de los individuos de nutria identificados mediante el análisis genético con microsatélites en el sistema lagunar de la gravera y su entorno.



**2) Estudio de idoneidad de hábitat.** Aunque, por la naturaleza del proyecto, se trata de un caso de estudio, con las limitaciones que eso conlleva, los modelos de idoneidad de hábitat desarrollados son robustos y están en consonancia con los resultados de otros estudios científicos. En concreto, los modelos estadísticos desarrollados muestran como una buena calidad de hábitat (por ejemplo, altas coberturas de vegetación) compensan las molestias antrópicas sobre las poblaciones de nutria (Figura 5). Estas molestias están relacionadas con el uso del suelo, siendo mayores en las zonas agrícolas, urbanas y recreativas, que en conjunto ocupan un porcentaje por encima del 60% del territorio estudiado. Hay que subrayar que prácticamente todas las zonas estudiadas presentaron molestias humanas de mayor o menor intensidad, lo que refleja que las nutrias tienen relativa tolerancia a los ambientes antrópicos, como ha sido señalado en multitud de estudios científicos (e.g. Clavero et al., 2010; Ruiz-Olmo, 2014). La zona donde se ha realizado el proyecto es un ejemplo de una de estas áreas claramente antropizadas (a 10 kms de la ciudad de Valladolid), con amplia influencia humana y, como hemos corroborado en el proyecto, habitada por nutrias. Incluso dentro de estas zonas sub-óptimas, las nutrias llevan a cabo una selección activa de los hábitats con más recursos y mejor calidad, que constituye la zona núcleo del territorio de las nutrias (Saavedra, 2002). Un aspecto positivo de la tolerancia de las nutrias a las molestias es que determinadas zonas de baja calidad de hábitat son usadas por las nutrias como zonas de paso entre hábitats más idóneos. Tal es el caso del canal de riego del Duero, donde encontramos rastros de nutrias en zonas urbanas, y como nos ha mostrado el estudio genético de los excrementos, es visitado por los individuos de nutria desde el sistema lagunar de la gravera.

**Figura 5.** Estimaciones del modelo de regresión lineal múltiple de los efectos de la degradación del hábitat y las molestias sobre la intensidad de marcaje de excrementos frescos.



Degradación baja: *cobertura de arbustos=50% y bosque a 300 m=70%*  
 Degradación media: *cobertura de arbustos=25% y bosque a 300 m=35%*  
 Degradación alta: *cobertura de arbustos=0% y bosque a 300 m=0%*

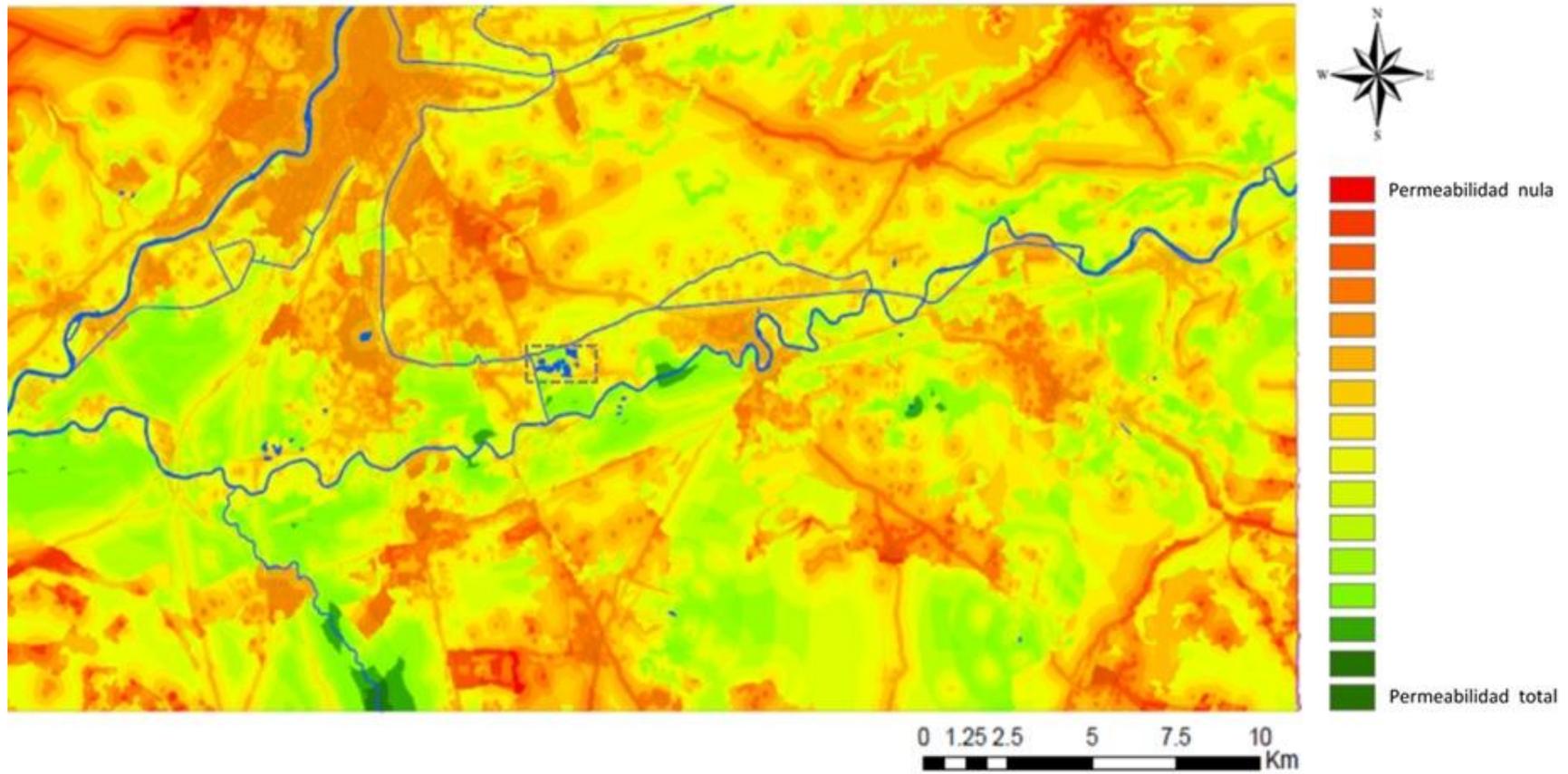
Los modelos también muestran que en ambientes antrópicos las áreas de amortiguamiento de las zonas núcleo de los territorios de la nutria son importantes para reducir el impacto negativo de las molestias de origen humano. En el área de estudio, las zonas forestales (naturales o plantaciones) de amortiguamiento alrededor de las masas de agua de 300-500 m de anchura protegen de forma efectiva las zonas núcleo del territorio de las nutrias. De la misma forma, la cobertura vegetal en las orillas de las masas de agua provee del refugio y la tranquilidad tan necesarios para las nutrias, a la vez que crea hábitats favorables para muchas otras especies.

**3) Análisis de conectividad.** Los análisis espaciales realizados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica son una herramienta idónea para la toma de decisiones que permite entender patrones y procesos a escala de paisaje y analizar conjuntamente información de distintas características. Este tipo de herramientas contribuyen a la selección y priorización de zonas para el establecimiento de corredores y para adoptar medidas que mejoren la conectividad. El resultado del modelo final de permeabilidad de la matriz es un mapa en el que se puede evaluar fácilmente la permeabilidad del territorio al paso de las nutrias, así como los mejores hábitats, sirviendo de herramienta para planificar actuaciones y mejorar la conectividad entre zonas óptimas (Figura 6). Para el caso específico de la gravera Áridos Sanz, el mapa muestra que la permeabilidad de la matriz es mayor hacia el sur, dirección al río Duero, y como una vez llegado al río los mejores hábitats se localizan hacia el este. Así, las actuaciones de restauración con el mayor potencial para mejorar la conectividad de la gravera con su entorno deben realizarse en esa dirección.

## **Conclusión**

Este estudio en profundidad del caso de la población de nutrias en el ecosistema lagunar de la gravera Áridos Sanz y su entorno es una experiencia de gran valor que ha permitido generar importantes implicaciones prácticas, así como determinar acciones prioritarias para la restauración ecológica de graveras a dos niveles. Por un lado, medidas relacionadas con el fortalecimiento y diseño de hábitats idóneos para las nutrias en sistemas lagunares de graveras en entornos antropizados. Por otro lado, medidas que mejoren la conectividad mediante la priorización de zonas para el desarrollo de corredores ecológicos y la construcción de canales de abastecimiento de agua (acequias, canales de riego, etc.) que contribuyan a la integración espacial del sistema lagunar con su entorno. Al mismo tiempo, este proyecto pone de manifiesto que la aplicación de herramientas científicas, proporciona puentes de entendimiento entre la gestión medioambiental, la ciencia y las actividades económicas que benefician a todas las partes, creando sinergias entre el sector científico, técnico, social y empresarial.

**Figura 6.** Resultado final del modelo de permeabilidad de la matriz. Mapa de permeabilidad del entorno para el movimiento de nutrias en la gravera Áridos Sanz y su entorno, en función de los usos del suelo, la distancia a infraestructuras y edificaciones humanas y la distancia a masas de agua. La localización del sistema lagunas de la gravera está marcado con un marco gris.



## Implicaciones prácticas

En base a los resultados de este proyecto, las implicaciones prácticas que se proponen para mejorar de la conectividad de los ecosistemas acuático-terrestres restaurados en graveras para mamíferos semiacuáticos son:

**1) La restauración ecológica** de las lagunas de gravera debería permitir la integración de las mismas en el sistema fluvial al que pertenecen, asegurando su funcionalidad y favoreciendo su conectividad con el entorno. Entre los objetivos de la restauración, por lo tanto, habría que: 1) mantener en buen estado una red de drenaje que aporte a las lagunas agua en cantidad y calidad suficientes, 2) favorecer la movilidad de la fauna por todo el territorio que comprende el sistema fluvial mediante la creación de corredores, y 3) proponer medidas de restauración integrada en las graveras y zonas afectadas por la actividad extractiva.

**2) La restauración y adecuación de hábitat para la fauna en ecosistemas lagunares de graveras requiere de una gestión integrada de las lagunas, las orillas y las áreas de amortiguamiento.** La restauración de las graveras debe asegurar la presencia de cobertura vegetal suficiente en los primeros cinco metros próximos a las orillas. Además, debe asegurarse una zona de amortiguamiento, aproximadamente de unos 300 metros de anchura, que minimice el efecto negativo de las molestias antrópicas sobre la fauna en general y los mamíferos semiacuáticos en particular. En el caso de la gravera estudiada, la existencia de plantaciones forestales alrededor de las lagunas cumplió dicha función.

**3) Los sistemas de información geográfica son una herramienta idónea para la toma de decisiones relativa a la integración de ecosistemas lagunares restaurados con su entorno y para la identificación de corredores ecológicos.** El diseño de canales de agua artificiales, incluyendo pequeñas acequias, que conecten con el sistema lagunar debería ser contempladas en los proyectos de restauración ecológica ya que pueden mejorar la conectividad y funcionalidad del sistema. Los proyectos de restauración ecológica deben incluir el estudio de la conectividad del territorio a una escala territorial amplia, y debe constar al menos de la identificación de las zonas mejor conservadas del entorno, junto con un análisis de la permeabilidad de la matriz, con el fin de planificar las medidas y actuaciones necesarias para mejorar la movilidad de las especies.

**4) El seguimiento y evaluación sistemáticos y periódicos son fundamentales para dirigir y corregir, si fuera necesario, la trayectoria de los ecosistemas restaurados hacia estados saludables** con poblaciones estables de mamíferos semiacuáticos aplicando la **gestión adaptativa**. Algunos indicadores para la evaluación de la trayectoria de los sistemas lagunares son: variaciones bruscas de la calidad/cantidad de agua o variaciones de las condiciones ambientales, tasa de destrucción de hábitats, evolución de las poblaciones de fauna y la presencia de especies invasoras. Además, los estudios de seguimiento deben incluir una caracterización ambiental que permita realizar estudios de idoneidad de hábitat para la especie objetivo en la zona concreta de trabajo, y que a su vez marquen las medidas para la mejora de dichos hábitats.

Los mamíferos semiacuáticos, y particularmente la nutria, por sus requerimientos de hábitats son considerados buenas especies paraguas y, por lo tanto, indicadores de la calidad del ecosistema. Existen tres métodos validados no invasivos y complementarios para el seguimiento de poblaciones de mamíferos semiacuáticos: fototrampeo, muestreos de excrementos y análisis genético de excrementos. Este último análisis aunque tiene un coste elevado tiene mucho interés científico y técnico, ya que permite estudiar la

conectividad del territorio, confirmando definitivamente las posibilidades de intercambio genético y movimiento de los individuos de la población dentro y fuera de la zona restaurada.

La presencia de especies invasoras en zonas restauradas, como es el caso el cangrejo rojo americano en la gravera genera, riegos y oportunidades para la fauna y las especies de mamíferos semiacuáticos. Por ello, las poblaciones de dichas especies invasoras deben ser monitorizadas periódicamente para controlarlas con el fin garantizar un buen nivel de funcionamiento del ecosistema.

## Referencias

Clavero, M., Hermoso, V., Brotons, L., & Delibes, M. (2010). Natural, human and spatial constraints to expanding populations of otters in the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, 37, 2345-2357.

Ruiz-Olmo, J., & Jiménez, J. (2009). Diet diversity and breeding of top predators are determined by habitat stability and structure: a case study with the Eurasian otter (*Lutra lutra* L.). *European Journal of Wildlife Research*, 55, 133-144.

Ruiz-Olmo, J. (2014). Nutria – *Lutra lutra*. Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles.

Saavedra, D. (2002). Reintroduction of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in Muga and Fluvià basins (north-eastern Spain): viability, development, monitoring and trends of the new population. PhD Thesis, Universitat de Girona, Girona.

Vergara, M., Ruiz-González, A., de Luzuriaga, J. L., & Gómez-Moliner, B. J. (2014). Individual identification and distribution assessment of otters (*Lutra lutra*) through non-invasive genetic sampling: recovery of an endangered species in the Basque Country (Northern Spain). *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 79, 259-267.