

# RECUPERACIÓN DEL SUELO EN EXTRACCIONES DE ÁRIDOS

Álvaro Enríquez de Salamanca Sánchez-Cámara<sup>1</sup> y María José Carrasco García<sup>1</sup>

1. DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L. [www.draba.org](http://www.draba.org); [draba@draba.org](mailto:draba@draba.org)

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un medio complejo, donde se desarrollan procesos físicos, químicos y biológicos, y que sirve de soporte y sustento para los vegetales. Las actividades extractivas conllevan su profunda alteración, por la retirada de las capas superiores, la excavación y retirada de materiales comerciales, y el rechazo de los no rentables.

En las explotaciones de áridos, una vez retirada la capa superficial del suelo, los materiales excavados se clasifican, mediante lavado y tamizado, aprovechando las fracciones granulométricas comercialmente interesantes y desechando el resto. Esto da lugar a una desorganización granulométrica de los suelos, con un balance excesivo de algunas fracciones, como las más gruesas (bolos), y la desaparición de otras, por lavado (limos) o por su comercialización (arenas y gravas).

La mayor parte de los proyectos de restauración de zonas de extracción contempladas, en mayor o menor medida, la implantación de una cubierta vegetal, espontánea, agrícola u ornamental. Sin embargo, con el sistema de explotación empleado en las extracciones de áridos, las condiciones del suelo son tan desfavorables, que a menudo las posibilidades de éxito en la implantación de vegetales son muy bajas.

Es frecuente que en la restauración de estas zonas de extracción se preste poca atención a los aspectos edáficos, pese a ser determinantes en el éxito de las actuaciones. Antes de acometer cualquier intento de recuperar la cubierta vegetal es preciso afrontar la restauración de los suelos, de manera que sus condiciones reúnan unos requisitos mínimos para permitir el posterior desarrollo de los vegetales.

## 2. MATERIALES y MÉTODOS

El Parque regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama, más conocido como Parque Regional del Sureste, abarca las vegas bajas de estos dos cauces fluviales, y los terrenos colindantes, en la Comunidad de Madrid. Una actividad económica muy importante es la extracción de áridos, existiendo numerosas graveras en la vega del Jarama, que han originado, al menos 123 lagunas de cierta entidad (Roblas & García-Avilés, 1997).

Entre los años 2000 y 2008, la dirección del Parque Regional promovió la restauración de algunos vasos lagunares, públicos y privados, con inversiones directas de la Comunidad de Madrid o mediante acuerdos con empresas. Fruto de este esfuerzo ha sido la restauración de cinco lagunas y su entorno, distribuidas por todo el Parque: el Soto de las Cuevas, en Aranjuez; la laguna de Las Arriadas, en Ciem-

pozuelos; la laguna de Villafranca, en Arganda del Rey; el Soto de las Juntas, en Rivas-Vaciamadrid; y las lagunas de Velilla, en Velilla de San Antonio.

Este trabajo se basa en los estudios y seguimiento realizado de estos proyectos de restauración, redactados por los autores del artículo. Por una parte, se recopilieron datos de la situación preoperacional, empleados para el diseño de las actuaciones de restauración, y por otra se han analizado los resultados obtenidos, valorando la adecuación de los tratamientos, y los problemas asociados al sustrato.

Los proyectos que han servido de base para este trabajo son: Bello, Carrasco & Enríquez de Salamanca (2000), Bello, Enríquez de Salamanca & Carrasco (2001, 2002, 2003, 2006a, 2006b), Carralón, Enríquez de Salamanca & Carrasco (2002) y Enríquez de Salamanca & Carrasco (2004).



Figura 1. Tres de las zonas de actuación analizadas. Izquierda: Laguna del Soto de las Cuevas (Aranjuez, Madrid). Centro: Laguna del Soto de las Juntas (Rivas Vaciamadrid, Madrid). Derecha: Lagunas de Velilla (Velilla de San Antonio, Madrid).

### **3. RESULTADOS y DISCUSIÓN**

#### **Características de los suelo aluviales inalterados**

Los terrenos aluviales donde se realizan explotaciones de áridos se caracterizan por la existencia de niveles, más o menos profundos donde se acumulan áridos, fracciones minerales de suelo disgregadas, de diferente tamaño, entre ellas algunas comercialmente interesantes. Estos materiales están organizados en capas, clasificadas por su tamaño (gradadas), que ha llevado a una deposición más o menos rápida, o mezcladas (no gradadas). La actividad extractiva busca zonas con niveles gradados de materiales comerciales de suficiente espesor, preferiblemente poco profundos, para abaratar los costes de extracción y clasificación.

Por lo general, los niveles inferiores los ocupan los bolos gruesos, depositados en las primeras fases de arrastres. Le siguen capas de arenas y gravas más finas. La gradación puede ser única, existir diversas capas gradadas, o ser una mezcla. Sobre estas capas, existen depósitos de suelos menos asociados a la dinámica fluvial, al menos de los lechos, aunque pueden estar influenciados por avenidas extraordinarias. En las áreas de vega el suelo muy frecuentemente está alterado por el cultivo.

En todas las capas existen materiales finos, en general limos. Además, aunque se buscan yacimientos lo más homogéneos posibles, siempre existe mezcla de materiales, por el régimen de circulación de las aguas. En avenidas, la fuerza del agua es capaz de arrastrar materiales más gruesos, que pueden depositarse en cualquier horizonte del suelo. Además, son frecuentes los paleocauces con depósitos gruesos.

### **La explotación de áridos**

La explotación de áridos se basa en retirar los suelos superficiales hasta alcanzar las capas comercialmente útiles. Éstas se excavan, procediendo a su lavado para la eliminación de finos, y a su clasificación mediante un tamizado, para separar las distintas fracciones en función de su posterior comercialización. En general, se separan arenas y gravas, estas últimas en una o varias categorías por su calibre. Los materiales gruesos, bolos, a menudo se rechazan por no ser rentables. Por sus dimensiones, no tienen utilidad comercial, y su machaqueo para obtener fracciones menores es poco rentable.

Como consecuencia, la explotación de áridos se basa en una retirada selectiva de ciertas fracciones del suelo de interés comercial, eliminando las no rentables, que son los suelos superficiales, los finos, eliminados por lavado, y los gruesos, vertidos como rechazo de la explotación.

### **Características del suelo en zonas explotadas**

Una característica común en todas las zonas de extracción en aluviales es la enorme alteración del suelo una vez finalizada la explotación:

- Los materiales finos, limos, se pierden en procesos de lavado.
- Los materiales intermedios, arenas y gravas, se extraen para la venta.
- Los materiales más gruesos se vierten, como rechazo de la explotación.

Esta actividad tiene dos consecuencias sobre los suelos:

- Una detracción de materiales, rebajando la cota de los terrenos.
- Una desorganización del suelo, con un exceso de materiales gruesos.

Un aspecto importante al plantear la recuperación de estos terrenos es la gestión que se haya hecho de los suelos superficiales, los asentados sobre los yacimientos de áridos, y que no son comercialmente útiles. La situación ideal es que estos suelos se retiren de forma previa y se acopien, para la posterior extensión en toda la superficie de la zona de extracción, una vez haya finalizado la explotación.

Sin embargo, en muchas explotaciones antiguas no se realizó esta retirada selectiva, o las tierras retiradas se emplearon en el relleno de vasos lagunares. Cuando el nivel freático es poco profundo, como ocurre en la vega del Jarama, la extracción de áridos genera vasos lagunares. La explotación se mantiene hasta agotar las capas comercialmente útiles, o hasta una profundidad en la que es poco rentable la extracción. Agotada la explotación, se rellena el vaso lagunar, y se abre uno nuevo. Las lagunas existentes en la actualidad suelen ser el último de los vasos excavados, para el que ya no existen materiales para su relleno. El relleno de lagunas al avan-

zar la explotación con frecuencia se realizar con los materiales disponibles, entre ellos los suelos retirados inicialmente. En consecuencia, al llegar el momento de la restauración, no se dispone de suelos adecuados para su extensión.

Los terrenos explotados, quedan cubiertos por suelos donde dominan los elementos gruesos, incluso en ocasiones son simples acumulaciones de bolos, con pocos materiales intermedios, algunas arenas que no se han podido explotar, y escasos finos. Son suelos de textura gruesa, y muy pobres en materia orgánica.

### **Efectos de la degradación del suelo para la restauración**

El resultado de la extracción de áridos suelen ser suelos muy pedregosos, pobres, con una enorme percolación y, en consecuencia, muy baja capacidad de campo, con graves problemas para la reimplantación de vegetales. De una manera muy gráfica, se pueden definir como "desiertos sobre un manantial". El gran tamaño de los poros limita la capilaridad, e incrementa la percolación, por lo que la permanencia del agua en el suelo es muy baja, dando como resultado unos suelos muy áridos. No obstante, es frecuente que poca profundidad se sitúe el acuífero aluvial.

Si la profundidad del suelo permite a los vegetales alcanzar el acuífero, la vegetación se desarrollará a gran velocidad, pero si la profundidad es mayor, el terreno será un desierto fisiológico, donde el desarrollo de vegetales es muy limitado, apenas algunos terófitos efímeros, que no logran apenas aporte de materia orgánica.

### **Medidas aplicables y eficacia**

En las actuaciones realizadas se han probado diferentes medidas para lograr una recuperación de la cubierta vegetal sobre estos suelos.

En las riberas de los vasos lagunares, aunque el sustrato esté alterado queda garantizado el acceso al agua, lo que permite un buen desarrollo de la vegetación, que utiliza el sustrato solo como sostén. Pero fuera de los márgenes de las lagunas la situación cambia de drásticamente, pasando a ser los terrenos desiertos fisiológicos.

Además, por la situación de estos terrenos la elección de especies tiende a ser de hidrófitos, más o menos exigentes, lo que lleva a que las plantaciones en estas zonas resulte, con frecuencia, un fracaso o tenga un elevado porcentaje de marras.

Una de actuación estudiada fue la mejora puntual de los suelos, empleando hoyos de plantación mayores de lo habitual, de 1 m<sup>3</sup>, retirando las tierras excavadas y sustituyéndolas por tierra despedregada y mejorada. Esta actuación eleva mucho el coste de plantación, sin lograr una mejora en los resultados que lo justifique.

La mejora en la fertilidad del suelo es sencilla de realizar, mediante enmiendas orgánicas y abonados, pero no soluciona el verdadero problema de los terrenos, que es la alteración de su textura, y su incapacidad para retener agua.

La mejor alternativa es el aporte de tierras sobre el terreno, pero es una solución con grandes limitaciones. El mayor problema es que en la mayoría de explotaciones activas desde hace años no existe previsión de acopiar los suelos superficiales, por lo que no hay tierras disponibles in situ. Su extracción de fincas colindantes es

una solución parcial, pero genera nuevos problemas en las zonas de excavación. Es interesante aprovechar grandes obras públicas o proyectos de urbanización como fuente de obtención de tierras, siempre que su composición química sea compatible. Por ejemplo, hace años se rellenó una laguna con materiales yesíferos, algo poco recomendable por su solubilidad, que produce contaminación del acuífero.

En zonas donde no ha sido posible disponer de suficientes tierras para rellenos significativos, se han realizado aportes superficiales, que aunque no solucionan los problemas edáficos para los vegetales leñosos, si permiten el desarrollo de una cubierta herbácea más densa, inviable sobre terrenos dominados por bolos.

Ha sido muy útil la eliminación de motas de defensa en márgenes de ríos, sin sentido en la actualidad por ser cauces regulados o por haberse abandonado la actividad agrícola o extractiva. Además de mejorar la conexión del cauce y su ribera, y favorecer un régimen de circulación de las aguas más natural, las motas resultaron estar formadas por tierras de buena calidad, la capa superficial del suelo, y su eliminación permitió disponer de tierras para la extensión en zonas alteradas.

Otra solución interesante ha sido la remodelación morfológica de las lagunas, a menudo con formas muy simples y fuertes taludes. Al suavizar los taludes, e incrementar la irregularidad del perímetro lagunar, se mejora mucho su integración ambiental, y su aptitud para la fauna, a la vez que se obtienen materiales adecuados o, al menos, no tan malos como el sustrato de las zonas explotadas.

La utilidad del riego para asentar la vegetación depende de la textura del suelo. En zonas donde el suelo está dominado por bolos, los riegos de sostenimiento, durante los primeros años son ineficaces, además de costosos. La percolación es tan elevada, que pese al riego la disponibilidad de agua para la planta es efímera, siendo solo efectivo el riego continuo. En una parcela la propiedad plantó una chopera mantenida con riego, con buen resultado, pero condicionado a la disponibilidad constante de agua. En suelos con composición granulométrica más favorable, los riegos si permiten ayudar a los vegetales a superar los primeros años, hasta profundizar sus sistemas radicales, aproximándose al nivel freático.

Una forma de evitar las capas áridas del suelo es realizar plantaciones a raíz profunda, de manera que las raíces de los vegetales queden más próximas al nivel freático, y se garantice así el aporte de agua. La mayor limitación en este sentido es que únicamente se encuentran plantones con dimensiones adecuadas para este tipo de plantación de chopo híbrido (*Populus x canadensis*), especie nada recomendable en labores de restauración ambiental. Si es una buena opción si se pretende recuperar un uso productivo, o si el destino de las zonas es recreativo.

Cuando no son posibles mejoras en la textura del suelo, mediante aportes de tierras, la solución más efectiva ha sido el empleo de especies muy rústicas, capaces de desarrollarse en terrenos muy secos, pese a tratarse de zonas de vega.

#### **4. CONCLUSIONES**

La primera conclusión que se puede obtener es que el resultado de la restauración de la cubierta vegetal en estas zonas está totalmente condicionado al estado

del suelo, lo que exige prestar a éste una mayor atención, ya que de lo contrario los resultados pueden ser muy desfavorables, no logrando los objetivos buscados, y malgastando el dinero invertido en la recuperación.

Con frecuencia se atienden a criterios únicamente geobotánicos en la elección de especies, sin considerar que el suelo existente es incapaz de permitir el desarrollo de esos vegetales. Aunque se trate de zonas de vega, en ocasiones son auténticos desiertos fisiológicos, "desiertos sobre manantiales".

Cuando se trata de **nuevas explotaciones**, las principales medidas deben encaminarse a una adecuada gestión de los suelos, para favorecer la restauración:

- Retirada y acopio de los suelos superficiales, no solo los más ricos en materia orgánica ("tierra vegetal"), sino todos los suelos de textura adecuada y no útiles comercialmente, para su extensión al final de la explotación.
- Gestión diferenciada de materiales según su granulometría, evitando que todos los gruesos queden en superficie. Por ejemplo, si se procede a rellenar un vaso lagunar sin uso, los bolos pueden depositarse en el fondo del vaso, donde hidrogeológicamente no tienen ningún problema, es más, es favorable, reservando tierras adecuadas para las capas superficiales.
- Realización de balsas de decantación de finos, para poder reutilizarlos, mezclados con el resto de materiales, en lugar de verterlos a los ríos, donde además de afectar a la calidad de las aguas, se pierden.
- Diseñar y autorizar la explotación en función de la posterior restauración.

Mucho más desfavorable es la situación en antiguas explotaciones, abandonados o activas, pero donde no se han adoptado las anteriores medidas. En estos casos, las líneas de actuación preferentes son:

- Aporte de tierras externas procedentes de obras civiles o de urbanización.
- Aportes de tierras procedentes de eliminación de motas de tierras o de remodelación morfológica de vasos lagunares.
- Aportes superficiales de suelos despedregados, para permitir la realización de siembras, logrando al menos una capa herbácea de vegetación.
- Realización de riegos de sostenimiento durante los primeros años, pero solo en suelos con una cierta capacidad de retención. En suelos muy pedregosos es una enorme inversión, con unos resultados muy escasos.
- Una solución efectiva, aunque no muy sostenible, es mantener las plantaciones con riego, de la misma manera que los cultivos de esas zonas de vega, aprovechando para ello el agua de las lagunas.
- Entre las mejores soluciones están las plantaciones a raíz profunda, de manera que aunque los suelos sean muy desfavorables se garantice la disponibilidad de agua alcanzando el nivel freático. El problema es la ausencia en el mercado de planta adecuada para ello, salvo el chopo híbrido (*Populus x canadensis*). Debería hacerse un esfuerzo para producir varas largas de otras especies como álamos, fresnos o sauces.
- Adecuar las plantaciones a las condiciones edáficas, y no a la situación geográfica, empleando especies muy rústicas y resistentes a la sequía.



Figura 2. Zona de decantación llena de limos



Figura 3. Bolos de rechazo de la extracción



Figura 4. Zona explotada



Figura 5. Suelo con exceso de bolos



Figura 6. Suelos en zonas explotadas



Figura 7. Bolos vertidos en zona excavada



Figura 8. Llanura en una zonas explotada



Figura 9. Suelos en zonas explotadas

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Bello, A., Carrasco, M.J. & Enríquez de Salamanca, A. (2000). *Proyecto de adecuación para la fauna y mejora de la cubierta vegetal de la laguna de Ciempozuelos (Ciempozuelos)*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Bello, A., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2001). *Proyecto de restauración y mejora del entorno de la Laguna de Villafranca (Arganda del Rey)*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Bello, A., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2002). *Proyecto de restauración y mejora del Soto de las Juntas (Rivas Vaciamadrid). Adecuación del terreno y accesos*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Bello, A., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2003). *Proyecto de restauración y mejora de la cubierta vegetal del Soto de las Juntas (Rivas-Vaciamadrid)*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Bello, A., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2006a). *Proyecto de restauración vegetal en áreas degradadas del Parque Regional del Sureste*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Bello, A., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2006b). *Proyecto de restauración ambiental de las Lagunas de Velilla (Velilla de San Antonio)*. Parque Regional del Sureste. Comunidad de Madrid.
- Carralón, F., Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2002). *Modificación del plan de restauración del espacio natural afectado por la explotación de recursos de la sección A "arenas y gravas" denominada Edeconsa A-55 en el término municipal de Aranjuez*. Iberhormigones.
- Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2004). *Proyecto de reforestación de la finca Soto de las Cuevas*. Tarmac.
- Enríquez de Salamanca, A. & Carrasco, M.J. (2009). *Manual de gestión y restauración de zonas de préstamos y vertederos en obras civiles*. CEDEX. Ministerio de Fomento - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 388 p.
- Roblas, N.; García-Avilés, J. (1997). *Valoración ambiental y caracterización de los ecosistemas acuáticos lénticos del Parque regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama*. Serie documentos nº 24. Centro de Investigaciones Ambientales Fernando González Bernáldez. Consejería de Medio Ambiente.

*Agradecimientos: A Adolfo Bello Mimblera, Director-Conservador del Parque Regional del Sureste durante los años en que se ejecutaron estos proyectos, y promotor y alma de ellos.*