

Interacciones en espacios mineros restaurados: vegetación y avifauna

M. Jorba^{1,2}, J.M. Ninot^{1,2,*}, C.A. Bracho¹

(1) Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona.

(2) IRBIO (Institut de Recerca de la Biodiversitat). Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona.

* Autor de correspondencia: J.M. Ninot [jninot@ub.edu]

> Recibido el 30 de abril de 2019 - Aceptado el 19 de junio de 2019

Jorba, M., Ninot, J.M., Bracho, C.A. 2019. Interacciones en espacios mineros restaurados: vegetación y avifauna. *Ecosistemas* 28(1): 78-81. Doi.: 10.7818/ECOS.1756

La minería genera espacios altamente denudados que deben restaurarse con el objetivo de crear ecosistemas funcionales y autosostenibles. Esta recuperación debe asumir la creación de una nueva morfología con su correspondiente red de drenaje eficiente, crear o reponer suelo, y promover la revegetación y la entrada de distintos grupos faunísticos, con el objetivo final de que se establezcan todas las relaciones bióticas y abióticas que estructuran y estabilizan un ecosistema. El tamaño y la composición de las comunidades faunísticas acaban siendo buenos indicadores de la efectividad de la restauración, ya que informan de las oportunidades tróficas y de los hábitats generados. Además, ciertos grupos faunísticos promueven la diseminación de especies vegetales dentro y fuera de la explotación minera. Este documento se basa en cinco zonas restauradas hace 15 años, donde se han desarrollado diferentes tipos de vegetación. Tanto el reclutamiento espontáneo de especies leñosas como los censos de avifauna muestran relaciones entre vegetación y diferentes grupos de aves. Todo indica que la creación temprana de mosaicos de hábitats diversos, que incluyan elementos forestales, tiene efectos positivos en la sostenibilidad y complejidad de los ecosistemas recientemente restaurados

Palabras clave: avifauna; hábitats; minería; restauración ecológica; vegetación

Jorba, M., Ninot, J.M., Bracho, C.A. 2019. Interactions in restored mining spaces: vegetation and bird fauna. *Ecosistemas* 28(1): 78-81. Doi.: 10.7818/ECOS.1756

Mining activities produce deeply denudated areas that must be restored towards functional and self-sustainable ecosystems. This includes making up new land morphology with efficient drainage network and acceptable soil, and promoting plant succession and the incorporation of different faunal groups; which finally should facilitate the biotic and abiotic relationships sustaining those ecosystems. The amount and composition of faunal communities is a key descriptor of the faunal biotopes and trophic opportunities achieved. Moreover, some of these communities nourish plant dissemination and vegetation complexity. Here, we refer to five different mining areas restored 15 years ago, which have developed into distinct vegetation mosaics. Both the spontaneous recruitment of woody species and the censuses of bird fauna are indicative of relationships between vegetation and bird groups. Overall, they suggest that the early recreation of contrasted habitats mosaics, including forest elements, enhance the self-sustainability and complexity of the young restored ecosystems.

Key words: bird fauna; ecological restoration; habitats; mining; vegetation

Introducción

Las actividades extractivas generan espacios particularmente adversos a la restauración ecológica, principalmente por sus pendientes pronunciadas, suelos o sustratos de estructura desequilibrada y baja fertilidad, y extrema escasez de elementos biológicos. La colonización vegetal espontánea suele limitarse a corto y medio plazo a unas pocas especies anemócoras, con cierto éxito tan sólo en las zonas marginales (Ninot et al. 2001; Matínez-Ruiz et al. 2007).

Cuando los ecosistemas de referencia son maquias o bosques esclerófilos, el proceso de restauración puede ser lento. Sin embargo, la colonización espontánea puede jugar un papel importante en este proceso, para lo cual es clave la actividad de la fauna dispersora de semillas. La mayoría de especies vegetales de dichos

ecosistemas producen pequeñas bayas o drupas (*Rhamnus alaternus*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus*, *Pistacia lentiscus*, etc.) dispersadas principalmente por aves frugívoras; las semillas de encinas, robles, coscojas y palmitos son dispersadas tanto por aves de cierto porte como por mamíferos (Herrera 2004; Escribano-Ávila et al. 2015). La intensidad dispersora por zoocoria radica en buena medida en la calidad de los hábitats restaurados, en términos de la disponibilidad de alimento y refugio que proporcionan.

Tradicionalmente, en la restauración ecológica de espacios mineros ha primado conseguir con cierta rapidez una cobertura vegetal herbácea que minimice la erosión y que incentive la sucesión vegetal. Dada la lentitud de la sucesión a formaciones más estables y complejas, como son matorrales o maquias, con frecuencia se ha complementado la recreación de cubiertas herbáceas con la plantación de leñosas (Jorba et al. 2011).

No obstante, la plantación de leñosas presenta resultados solo parcialmente satisfactorios tanto en supervivencia como en crecimiento. Así, algunas especies como coscojas y brezos, son de difícil implantación y se establecen fuertes relaciones de competencia con la cubierta herbácea (Jorba et al. 2013). Los filtros ecológicos propios de estos ambientes o las intervenciones convencionales muy simplificados, con siembras y plantaciones ralas, dan como resultado formaciones vegetales adehesadas, con pinar disperso que convive con retazos de vegetación herbácea o subarborescente (Jorba et al. 2002).

Por otro lado, en la restauración también debe valorarse la creación de mosaicos vegetales (retazos de matorral y herbazales, zonas húmedas o lagunas, bosquetes) y la presencia de elementos funcionales dentro de los hábitats (árboles dispersos, desniveles o paredes rocosas) que favorezcan la presencia de diversos grupos faunísticos. Éstos proporcionan complejidad y biodiversidad al sistema, tanto por su función diseminadora como por las redes tróficas que se acaban desarrollando. Estos dos aspectos se comentan en este documento a partir de diversos ejemplos analizados.

Una interacción clave para la revegetación: la diseminación de leñosas por la fauna

La restauración de espacios mineros debe planearse teniendo en cuenta las interacciones interespecíficas que se establecerán. En primer lugar, es importante limitar las interacciones negativas derivadas del desarrollo de herbáceas proclives a dificultar el establecimiento de leñosas (Jorba et al. 2011). En segundo lugar, deben favorecerse las interacciones de facilitación que ejercen ciertas herbáceas o subarborescentes hacia juveniles de leñosas, principalmente en hábitats con factores ambientales estresantes (p.ej. ambientes secos; Gómez-Aparicio 2009).

Por otra parte, la evolución hacia ecosistemas forestales mediterráneos de referencia ha de incentivar la actividad de la fauna dispersora de semillas mencionada anteriormente, y la complejidad de la comunidad faunística. Según García et al. (2010), la estructura de la vegetación leñosa y la producción de frutos guía la actividad de la fauna frugívora, ya que ésta conecta con sus desplazamientos, distintas unidades de paisaje de diferente nivel de degradación o calidad. La translocación de semillas se convierte así en una función clave para el funcionamiento de los ecosistemas restaurados a escala de paisaje, siendo la abundancia de aves frugívoras un buen indicador del grado de naturalización.

A menor escala, la aparición temprana de pies arbóreos que actúan como percha o posadero para aves, incentiva la colonización de una alta diversidad de leñosas, como se ha comprobado en distintas áreas en restauración (de Torre et al. 2015, Lozada et al. 2007). Incluso podría ser recomendable en algunos casos la instalación de perchas artificiales diseñadas y situadas estratégicamente (Vicente et al. 2010; Athie y Díaz 2016), con el objetivo de conseguir el efecto que se observa en perchas naturales, como *Dittrichia viscosa*, *Foeniculum vulgare*, *Pinus halepensis* o simplemente rocas de grandes dimensiones (M. Jorba, datos sin publicar).



Las dos restauraciones que se analizan a continuación corresponden a zonas tratadas dentro del proyecto EcoQuarry (LIFE04 ENV/ES/000195, 2004-2007) donde se realizaron las mismas siembras de herbáceas y plantaciones de leñosas (Tabla 1). Se prepararon dos sustratos diferentes: con tierras externas (Zona 1; fracción <2 mm superior al 60%) y con mezclas de estériles (Zona 2; fracción < 2 mm inferior al 50%). La vegetación establecida al cabo de 15 años presenta estructuras y composiciones muy distintas (Tabla 2). Como se puede observar, los suelos con estériles presentan una vegetación predominantemente leñosa y en las tierras externas domina la vegetación herbácea.

Tabla 1. Composición de las siembras y plantaciones realizadas en 2005.
Table 1. Composition of sowings and plantations carried out in 2005.

Especies sembradas	Especies plantadas
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Psoralea bituminosa</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Sanguisorba minor</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Helichrysum stoechas</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	<i>Rhamnus lyciodes</i>
<i>Anthyllis cytisoides</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>

Tabla 2. Características de la vegetación desarrollada en dos restauraciones contrastadas.

Table 2. Characteristics of the vegetation developed in two contrasting restorations.

	Indicadores	Herbácea	Arbustiva	Arbórea
Zona de tierras externas 	% Cobertura	58.67	12.63	9.12
	Pies/ha	--	630	250
	Especies dominantes	<i>Oryzopsis miliacea</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Pinus halepensis</i>
		<i>Brachypodium phoenicoides</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>	
		<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	
		<i>Medicago sativa</i>		
Zona de estériles 	% Cobertura	10.65	25.26	50.77
	Pies/ha	--	1530	757
	Especies dominantes	<i>Oryzopsis miliacea</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Pinus halepensis</i>
		<i>Psoralea bituminosa</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>	
		<i>Rubia peregrina</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	

En el estudio de campo se observó que la aparición de nuevos individuos de especies leñosas estaba ligada a aves dispersoras de semillas por efecto percha, y se relaciona positivamente con la densidad final de los ejemplares plantados (Tablas 2 y 3). Así, en la zona con tierras externas (Zona 1 con 880 pies/ha de especies leñosas), los escasos reclutamientos de leñosas se concentran en las superficies donde las plantaciones han prosperado, ya sea por el efecto percha o porque la cubierta vegetal de herbáceas existente en otras áreas los haya limitado. En la zona con estériles (Zona 2 con 2287 pies/ha de especies leñosas) se observan individuos jóvenes de una gran variedad de especies y con densidades más elevadas, especialmente para el lentisco (Tabla 3). Así, tanto las diferencias de paisaje como las diferencias en la disponibilidad de alimento conducen a interacciones diferentes tanto entre las comunidades vegetales establecidas, como entre éstas y la fauna que visita y explota cada zona.

Hábitats en restauración minera y avifauna: una interacción por explorar

En las últimas décadas se ha identificado el papel que pueden ofrecer los espacios mineros restaurados para la biodiversidad, especialmente creando hábitats singulares y minoritarios (European Commission 2011). Más allá de esta posibilidad, también es importante valorar su función a nivel territorial como corredores biológicos o en la conservación de la avifauna, aunque falta información para identificar los factores que determinan la aparición de los distintos grupos de aves.

En este documento se aportan resultados preliminares sobre el efecto de la restauración minera en la avifauna en tres canteras con restauraciones muy contrastadas. En la cantera 1, de restauración más reciente, se emplearon materiales externos para rellenar la cubeta extractiva, que condicionaron el predominio de vegetación ruderal y herbácea, a pesar de las siembras y plantaciones efectuadas. En la cantera 2 únicamente se emplearon materiales propios de la explotación, dejando amplios espacios dominados por paredes verticales y espacios con baja densidad vegetal, aunque parcialmente se habían realizado siembras y plantaciones. La cantera 3, a diferencia de las anteriores, se restauró a finales del siglo XX y actualmente predominan los hábitats forestales, básicamente desarrollados espontáneamente (Fig. 1A).

Los censos se han realizado en otoño-invierno de 2018-2019, aplicando el método de la SOCC (Seguiment d'Ocells Comuns a Catalunya). Para su realización se definió un transecto de 600 metros en cada cantera. Cada transecto se realizaba en 30 minutos y los censos se repitieron ocho veces en el período de estudio. Durante los mismos, se anotaba la abundancia de cada especie de ave observada, así como el hábitat donde se detectaba.

En el conjunto de las zonas censadas, los fringílidos son la familia más abundante (61.2% de las observaciones), siendo *Fringilla coelebs* y *Serinus serinus* las especies más representadas. Los sílvidos aparecen en el 18.9% de las observaciones y la especie más abundante es *Sylvia melanocephala*. Les siguen muscicápidos (9.4%) con *Phoenicurus ochruros*, motacílidos (5%) con *Anthus pratensis*, páridos (4.4%) con *Parus major*, rapaces (0.7%) con *Falco tinnunculus* y aláudidos (0.5%) con *Alauda arvensis*.

Las diferencias en la oferta de hábitats de las áreas restauradas conducen a una respuesta dispar en la comunidad avifaunística (Fig. 1B). La elevada oferta trófica que suponen los herbazales de *Chenopodium album* provoca una abundancia destacable de fringílidos en la cantera 1, donde verdecillos y pinzones comunes consumen sus semillas (Tabla 4; Fig. 1B).

La amplia representación de hábitats con pobre oferta trófica (roquedos y herbazales dispersos de *Dittrichia viscosa*) explican la baja abundancia de aves en la cantera 2 (Fig. 1B). Sílvidos, muscicápidos, páridos y fringílidos abundan especialmente en la cantera 3 debido a la oferta de hábitats forestales (Fig. 1B).

A escala de paisaje, cabe remarcar el estrecho vínculo de páridos a los medios forestales, siendo aláudidos y motacílidos los más vinculados a medios abiertos (Tabla 4). Las rapaces están asociadas a hábitats rupestres, debido principalmente a requerimientos reproductivos.

Desde el punto de vista del proceso de revegetación, fringílidos y páridos son considerados frugívoros depredadores, poco eficaces en la dispersión de semillas, a diferencia de grupos considerados frugívoros legítimos, entre los que destacan muscicápidos y sílvidos (Herrera 2004).

Tabla 3. Individuos juveniles de especies leñosas establecidos espontáneamente en dos restauraciones de 15 años de antigüedad.

Table 3. Young individuals of woody species spontaneously established in two 15-years-old restorations.

Reclutamientos (pies/ha)	Zona 1	Zona 2
<i>Pinus halepensis</i>	0	17
<i>Pistacia lentiscus</i>	20	123
<i>Juniperus oxycedrus</i>	0	53
<i>Juniperus phoenicea</i>	0	35
<i>Rhamnus alaternus</i>	40	88
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0	123
<i>Asparagus acutifolius</i>	88	18
<i>Rubia peregrina</i>	0	88

Tabla 4. Porcentajes de las categorías ornitofaunísticas consideradas para cada una de las cinco categorías de hábitat más relevantes.

Table 4. Percentages of the bird categories considered, according to the most relevant habitat categories.

Categoría ornitofaunística (%)	Herbazal <i>C. album</i> <i>A. retroflexus</i>	Herbazal <i>M. sativa</i> <i>D. glomerata</i>	Paredes verticales	Herbazal <i>D. viscosa</i>	Pinar <i>P. halepensis</i>
Fringílidos	87.1	34.7	2.5	43.2	24.4
Sílvidos	11.4	0	0	29.7	28.9
Motacílidos	0	50.8	0	21.6	0
Muscicápidos	1	6.8	80	5.4	19.4
Páridos	0.5	0	0	0	26.9
Rapaces	0	1.7	17.5	0	0
Aláudidos	0	5.9	0	0	0

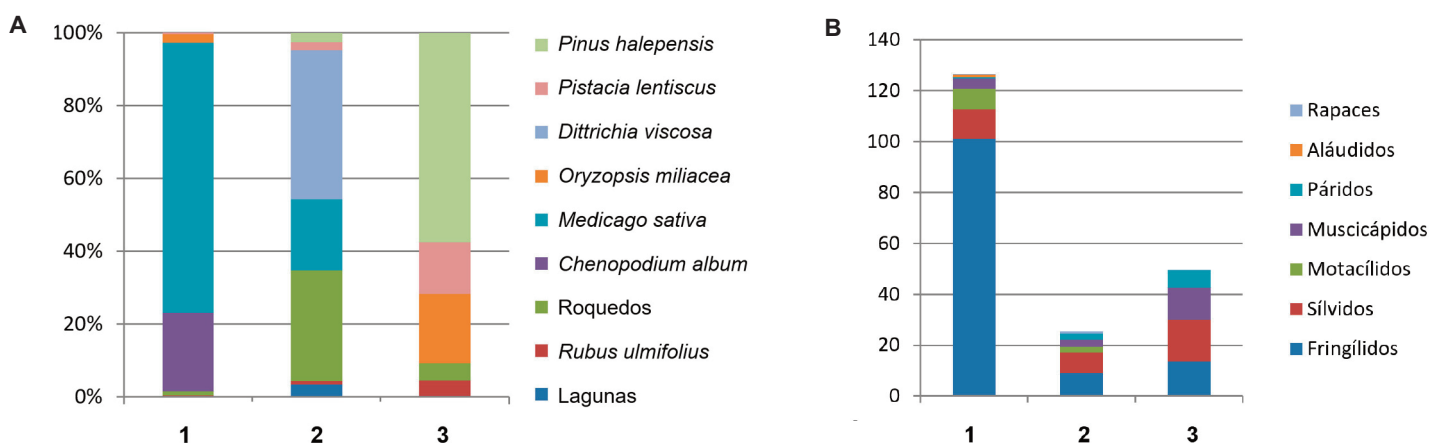


Figura 1. Distintos paisajes promueven importantes diferencias en avifauna. En tres canteras de caliza (1: 5.6 ha; 2: 16.4 ha; 3: 9.1 ha) la restauración ha resultado en proporciones muy contrastadas de unidades de paisaje (A, en porcentaje), y en cantidad y tipología de la comunidad ornítica igualmente muy distintas (B, en número de observaciones en los censos).

Figure 1. Distinct landscapes promote great differences in bird fauna. In three lime quarries near Barcelona (1: 5.6 ha; 2: 16.4 ha; 3: 9.1 ha) reclamation actions have led to very contrasting proportions of landscape units (A, in percentage), and also to very contrasting amount and composition of the bird community (B, as number of records in the censuses).

Perspectivas

Los resultados sugieren posibilidades sobre el uso de las restauraciones de espacios mineros en la matriz de infraestructura verde que promueve la UE y en la gestión de la biodiversidad. Las intervenciones de restauración más testadas permiten ya diseñar programas con objetivos concretos de funcionalidad ecológica, que pueden tener en cuenta la creación de hábitats contrastados en mosaico. Sin embargo, las interacciones con la fauna tienen una base trófica aún poco conocida, posiblemente muy dinámica y adaptativa a los recursos de cada espacio y época. Las observaciones sobre el aprovechamiento de *Chenopodium album* por algunas especies son inéditas y ponen de manifiesto este vacío de información. En cambio, el efecto de atracción que ejerce la presencia de frutos carnosos en la fauna ha sido más ampliamente estudiado. Un conocimiento más detallado sobre estos aspectos mejorará el rendimiento de las interacciones vegetación-fauna con efectos en la sostenibilidad y complejidad de los ecosistemas jóvenes creados mediante restauración ecológica.

Referencias

- Athiê, S., Dias, M.M. 2016. Use of perches and seed dispersal by birds in an abandoned pasture in the Porto Ferreira state park, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 76(1): 80-92.
- de Torre, R., Jiménez, M.D., Ramírez, Á., Mola, I., Casado, M.A., Balaguer, L. 2015. Use of restoration plantings to enhance bird seed dispersal at the roadside: failures and prospects. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 23(4): 302-311.
- Escribano-Ávila, G., Pías, B., Escudero, E., Virgós, E. 2015. Importancia ecológica de los mamíferos frugívoros en la dinámica de regeneración de campos abandonados en ambientes mediterráneos. *Ecosistemas* 24(3): 35-42.
- European Commission 2011. *Non-energy mineral extraction and Nature 2000*. Publications Office of the European Union, 2011. Luxemburgo.
- García, D., Zamora, R., Amico, G.C. 2010. Birds as Suppliers of Seed Dispersal in Temperate Ecosystems: Conservation Guidelines from Real-World Landscapes. *Conservation Biology* 24(4):1070-1079.
- Gómez-Aparicio, L. 2009. The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life forms and ecosystems. *Journal of Ecology* 97(6): 1202-1214.
- Herrera, C.M. 2004. Ecología de los pájaros frugívoros ibéricos. En: Tellería, J.N. (ed.), *La ornitología hoy: homenaje al Profesor Francisco Bernis Madrazo*, pp. 127-153. Universidad Complutense, Madrid, España.
- Jorba, M., Romanyà, J., Rovira, P., Vallejo, R., Josa, R., Herreter, A. 2002. La restauración ecológica aplicada a la minería a cielo abierto en Cataluña. *Ingeopres* (106): 56-63.
- Jorba, M., Ninot, J.M., Vallejo, R.V. 2011. Respuesta de las intervenciones de restauración a medio plazo: resultados del proyecto EcoQuarry en Cataluña. *Cemento Hormigón* 947: 48-58.
- Jorba, M., García, C., Ninot, J.M. 2013. Efectos de la aplicación de biosólidos en plantaciones de especies leñosas para restauración de canteras de caliza mediterráneas *Ecología* 25: 109-120.
- Lozada, T., de Koning, G.H.J., Marché, R., Klein, A.-M., Tschamtké, T. 2007. Tree recovery and seed dispersal by birds: Comparing forest, agroforestry and abandoned agroforestry in coastal Ecuador. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8(3): 131-140.
- Martínez-Ruiz, C., Fernández-Santos, B., Putwain, P.D., Fernández-Gómez, M.J. 2007. Natural and man-induced revegetation on mining wastes: Changes in the floristic composition during early succession. *Ecological engineering* 30: 286-294.
- Ninot, J.M., Herrero, P., Ferré, A., Guàrdia, R. 2001. Effects of reclamation measures on plant colonization on lignite waste in the eastern Pyrenees, Spain. *Applied Vegetation Science* 4: 29-34.
- Vicente, R., Martins, R., Zocche, J.J., Harter-Marques, B. 2010. Seed dispersal by birds on artificial perches in reclaimed areas after surface coal mining in Siderópolis municipality, Santa Catarina State, Brazil. *Brazilian Journal of Biosciences* 8(19): 14-23.