INTERACCIÓN COMPOST-RIEGO EN LA RESTAURACIÓN DE UNA CANTERA DE ÁRIDOS EN MEDIO SEMIÁRIDO

Monerris, J.J. Soliveres-Codina, S. Cortina, J.
Departamento Ecología e Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio, Universidad de Alicante, Apartado de correos 99, 03080 Alicante, España.

INTRODUCCIÓN

En la restauración de explotaciones mineras a cielo abierto se pretende promover una cubierta vegetal provisional que evite la pérdida de recursos del sistema (Tongway y Ludwig 1996; Bochet et al. 1999) y mejore las propiedades del suelo. Por otra parte, esta cubierta debería facilitar el establecimiento de especies leñosas.

Los sustratos empleados suelen ser de mala calidad, siendo recomendable la mezcla con enmiendas orgánicas. Además, en estos sistemas el riego resulta necesario para garantizar tasas de supervivencia y crecimiento aceptables.

Ambas técnicas, aplicación de enmiendas orgánicas y riego, con frecuencia muestran un efecto positivo sobre el crecimiento de especies herbáceas y el establecimiento de leñosas. Cuando ambos tipos de vegetación son introducidos simultáneamente (algo que puede resultar deseable desde un punto de vista de la gestión), cabe la posibilidad de que el rápido desarrollo de las herbáceas pudiera tener un efecto negativo sobre las leñosas. Existen numerosas evidencias de exclusión competitiva de especies leñosas por vegetación herbácea en medios mediterráneos (Conard,1995). Sin embargo, en medios semiáridos, interacciones positivas (facilitación) o la propia fenología de las especies (agostamiento estival de las herbáceas) podría atenuar e incluso revertir el balance negativo de las interacciones.

En este estudio hemos evaluado el efecto de la aplicación de compost y de regímenes de riego contrastados sobre el desarrollo de la vegetación herbácea y el establecimiento de especies leñosas en una cantera de áridos situada en un medio mediterráneo semiárido. Nuestras hipótesis son: I) El aumento del volumen de riego y la aplicación de compost afectan positivamente al crecimiento y la riqueza específica de herbáceas. II) Ambos tratamientos tienen un efecto positivo sobre las especies leñosas, ya que su efecto directo neutraliza el aumento de competencia provocada por el acelerado crecimiento de las herbáceas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una cantera de áridos, propiedad de CEMEX S.A., situada en Serra Mitjana, Alicante (SE de España). La zona de estudio cubre 3.000 m^2, con pendiente <17º y orientación N-NE. En septiembre 2005, se depositaron 40 cm de suelo (profundidad media cuantificada posteriormente), estableciendo un diseño factorial completo con 2 tratamientos y 2 niveles: compost (procedente de lodos de depuradora, 0 y 4 kg p.s. m^{-2}) y riego (por gotero, equivalente a 3,96 y 11,9 mm semanales). Se establecieron 3 parcelas de 210 m^2 para cada una de las combinaciones de riego y compost.

En cada una de las zonas se plantaron 25 brinzales de *Salsola genistoides, Anthyllis cytisoides, Juniperus oxycedrus, Pinus halepensis, Rhamnus lycioides* y *Pistacia lentiscus*.

Posteriormente se aplicó una hidrosiembra compuesta por una mezcla de especies comerciales (*Dactylis glomerata, Lolium rigidum, Medicago lupulina, Trifolium alexandrinum* y *Agropyrum cristatum;* 30 g m^{-2}), agente estabilizante, fibra de madera, agua y fertilizante.

En enero (tras la plantación) y finales de mayo de 2006 se evaluó la supervivencia, altura del tallo y diámetro del cuello de la raíz de los brinzales.

La cobertura de herbáceas se evaluó mediante 2 transectos de 13 m por parcela (método punto-contacto). La composición específica de herbáceas se midió tomando inventarios florísticos.

El efecto de los tratamientos sobre crecimiento de leñosas y cobertura de herbáceas fue analizado mediante ANOVA de 2 factores fijos (riego y compost), incluyendo, en el caso de los brinzales, la profundidad del suelo como covariable. En todos los casos se cumplieron los requisitos de normalidad y homocedasticidad. El efecto de compost y riego sobre la supervivencia fue analizado mediante análisis de frecuencias loglineal. Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS 12.0 para Windows.

.

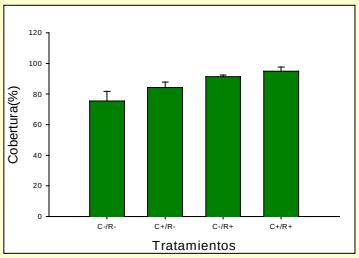


Fig. 1 Efectos de la adición de compost (C+/C-) y distintos niveles de riego (R+/R-) sobre la cobertura de herbáceas Resultados significativos del riego (F = 1.99, p=0.009, n =6).

Tabla 1
Riqueza específica por parcela y agrupada por tratamientos. Se señalan en negrita las especies aportadas en hidrosiembra. No se observan efectos significativos de los tratamientos (n=3).

	C-/R-			C+/R+			C-/R-			C+/R+		
Nº parcela	5	7	10	4	6	12	1	8	3	2	9	11
Dactylis glomerata L.	**0**	**0**	**0**	0	0	0	**0**	**0**	**0**	0	0	0
Agropyrum cristatum Gaertn.	**0**	**0**	**0**	0	0	0	**0**	**0**	**0**	0	0	0
Trifolium alexandrinum L.	**0**	**0**	**0**	0	0	0	**0**	**0**	**0**	0	0	0
Lolium rigidum Gaudin	**1**	**1**	**1**	1	1	1	**1**	**1**	**1**	1	1	1
Medicago lupulina L.	**1**	**1**	**1**	1	1	1	**1**	**1**	**1**	1	1	1
Alyssum hispanicum L.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Anacyclus valentinus L.	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Beta macrocarpa Guss.	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Beta vulgaris L.	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carrichtera annua (L.) DC.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Chenopodium album L.	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Chenopodium murale L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coronopus didymus (L.) Sm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diplotaxis ensoides (L.)DC.	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Diplotaxis tagascana DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Emex spinosa (L.) Campd.	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
Eruca vesicaria (L.) Cav.	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
Euphorbia helioscopia L.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Hirschfeldia incana(L.) Lagrèze-Fossat	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Hordeum murinum Hods.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lavatera cretica L.	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1
Malva parviflora L.	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Mercurialis ambigua L.	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mesembryanthemum crystallinum L.	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Misricandia arvensis (L.)DC.	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Oropodium macracanthum Schousb.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Pallenis spinosa (L.) Cass.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pipatherum milaceum (L) Coss.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poa pratensis L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reichardia tingitana (L.) Roth.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Senecio sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sisymbrium irio L.	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Solanum nigrum L.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonchus tenerrimus L.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Spergularia diandra (Guss.) Boiss.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Urtica urens L.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Zygophillum fabago L.	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
TOTAL ESPECIES	12	13	15	15	16	11	14	16	21	19	14	15

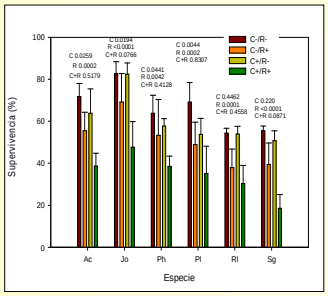
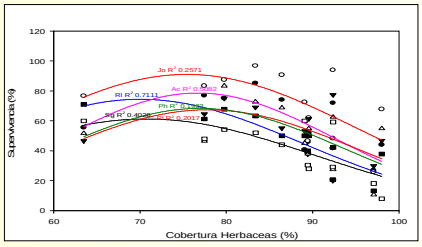


Fig 2. Efectos de la adición de compost (C+/C-) y distintos niveles de riego (R+/R-) en la supervivencia según especies plantadas. Se muestran niveles de significación (n=3) para los diferentes tratamientos obtenidos en el análisis de frecuencias loglineal (C= compost; R= riego; C+R= efecto conjunto de compost y riego; Ac= *Anthyllis cytisoides*; Jo =*Juniperus oxycedrus*; Ph= Pinus halepensis; Pl = *Pistacia lentiscus*; Rl = *Rhamnus lycioides*; Sg = *Salsola genistoides*).

Fig 3. Relación entre cobertura de herbáceas y supervivencias medias por parcela. Se muestran en distintos colores las rectas de ajuste y sus respectivas R^2_{adj} para cada especie.



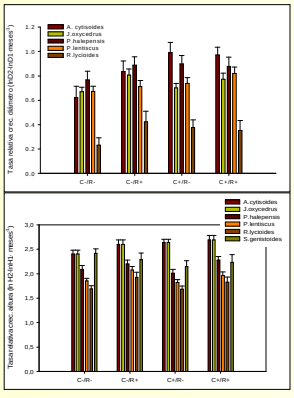


Fig. 4 Efectos de la adición de compost (C+/C-) y diferentes niveles de riego (R+/R-) sobre las tasas relativas de crecimiento en altura y diámetro de las especies utilizadas. Se observan efectos positivos del riego (n=3) sobre la altura de *P. halepensis* (0,042), *P. lentiscus* (0,029) y *R. lycioides* (0,075), no así en el caso del diámetro.

No se ha encontrado una relación clara entre la cobertura de herbáceas y el crecimiento de los arbustos; si bien parece ser que existe una tendencia a aumentar este crecimiento tanto en *P. halepensis* (R^2_{adj}=0,221 y 0,205 para altura y diámetro respectivamente) y en *R. lycioides* (R^2_{adj}=0,132 y 0,205 para altura y diámetro respectivamente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura y diversidad de herbáceas
El aumento del riego tuvo un efecto positivo sobre la cobertura de herbáceas (**Fig. 1**). Los niveles de cobertura alcanzados, incluso en las zonas con mayor separación entre líneas de riego (2,4 m) son probablemente suficientes para el control de la erosión (Andrés y Jorba 2000). Es posible que la elevada cobertura obtenida se haya visto favorecida por la presencia de *Poa pratensis* en el suelo aportado y a un régimen de precipitaciones primaverales favorable. Aunque los resultados no fueron significativos, se apreció una tendencia a aumentar la riqueza específica con la aplicación de compost (**Tabla 1**). Esto apoyaría lo observado en otros estudios (Moreno-Peñaranda et al, 2004; Bochet & García-Fayos et al, 2004). Por otra parte, cabe mencionar, que la totalidad de las especies colonizadoras son nitrófilas.

Crecimiento y supervivencia de arbustivas
El aporte de compost y el aumento del riego tuvo un efecto negativo sobre las supervivencia pre-estival de especies leñosas (exceptuando *R. lycioides* y *S. genistoides* en el caso del compost), dándose incluso efectos sinérgicos de ambos tratamientos, en el caso de *J. oxycedrus y S. genistoides* (**Fig. 2**). Este hecho podría estar relacionado con el mayor desarrollo de la vegetación herbácea, por lo que la competencia con ésta tendría un efecto más negativo que el efecto directo de la aplicación de compost y aumento de riego sobre el comportamiento de las especies leñosas (**Fig. 3**). Estos resultados corresponden a medidas pre-estivales, y podrían cambiar tras el agostamiento de la vegetación herbácea (que ocurrió a finales de junio).

El aumento del riego tuvo un efecto positivo sobre la altura del tallo de *P. halepensis, P. Lentiscus* y *R. Lycioides*, pero no sobre la altura de las otras tres especies o sobre el diámetro del cuello de la raíz de ninguna de ellas (Fig. 4). Esta respuesta sugiere el ahilamiento de los brinzales como consecuencia de la competencia por la luz.

La profundidad del suelo tuvo poca influencia en el crecimiento de y la supervivencia de las especies leñosas, exceptuando el crecimiento de *A. cytisoides*, cuyos plantones estaban muy desarrollados en el momento de la plantación (37 cm de altura media; datos no mostrados). Será necesario, no obstante, analizar la respuesta de la vegetación leñosa a este factor a escala de planta, ya que la variabilidad dentro de cada parcela experimental era considerable.

Conclusiones
La cobertura de especies herbáceas fue suficiente, incluso en ausencia de compost y con dosis de riego bajas. Sin embargo, estos resultados están muy condicionados por las propiedades del suelo y el régimen de precipitaciones. El análisis del conjunto de canteras del proyecto ECOQUARRY (11 canteras en un gradiente climático), permitirá profundizar en este aspecto.

El incremento de la cobertura de herbáceas con el aumento del volumen de riego tuvo un efecto negativo sobre el establecimiento de leñosas, especialmente a partir de una cobertura >75%. De acuerdo con estos resultados, y teniendo en cuenta las condiciones de nuestro estudio, la dosis mínima de riego, además de representar un ahorro de agua y de garantizar la protección del suelo, permitiría optimizar el establecimiento de especies leñosas.

BIBLIOGRAFÍA

Andrés, P. and Jorba, M. 2000. Mitigation strategies in some motorway embankments (Catalonia, Spain). Restoration Ecology vol. 8 nº 3:268-275

Bochet, E.; Rubio, J.L. and Poesen, J. 1999. Modified topsoil islands within patchy Mediterranean vegetation in SE Spain. Catena 38: 23-44.

Bochet, E.; García-Fayos, P. 2004. Factors controlling vegetation establishment and
water erosion on motorway slopes in Valencia, Spain. Restoration Ecology vol. 12 nº 2:166-174

Bote-Corralo, D.;Valladares, F.; Matesanz, S. and Tena, D.. 2005. Importancia de la tierra vegetal en la restauración de desmonte. Ciencia y Técnica nº80:19-23

Conard, S.; Beyers, J.L. and Wohlgemuth, P.M. 1995. Impactos de la siembra post-fuego de gramíneas en sistemas de chaparral- ¿qué se sabe y hacia donde dirigirse desde aquí? In: Restauración de la cubierta vegetal en ecosistemas mediterráneos, edited by L. Pastor, A. and Seva, E. 121-150.

Moreno-Peñaranda, R.; Lloret, F.; Alcañiz, J.M. 2004. Effects of sewage sludge on plant community composition in restored limestone quarries. Restoration Ecology vol. 12 nº 2:290-296

Tongway, D.J. and Ludwig, J.A. 1996. Rehabilitation of Semiarid Landscapes in Australia, Restoring Productive Soil Patches. Restoration Ecology, 4:4, 388-397.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto ECOQUARRY Life04 Env/ES000195, con la colaboración de CEMEX SA (España).
Agradecemos la colaboración de R. Sempere, J.M. Moreno y J. Arroyo (CEMEX España), L. Esparcia (VAERSA), F. Gil (CTV; Generalitat Valenciana) por su ayuda en diferentes fases del estudio, a S. Constán-Nava, E. Pigem, V. Santana, M. Blanes, J.J. Torrecillas, R. Monerris, J.D. García, C. Sánchez, M. Sánchez, F. García-Romeu y R. Montilla, por su colaboración en las tareas de campo, y a M. Jorba, J. Cardona, J. Baeza J. Fort y M. Pérez por el asesoramiento técnico.