

## Una paradoja en la restauración de canteras de caliza en el área mediterránea: características físicas del sustrato como condicionante de la dinámica del sistema creado

M. Jorba <sup>(1)</sup>, A. Hereter <sup>(2)</sup>, R. Josa March <sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Biología Vegetal, Universidad de Barcelona. Diagonal, 645 08028. Barcelona (España) E-mail: [montsejorba@ub.edu](mailto:montsejorba@ub.edu)

(2) Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universidad Politécnica de Catalunya, Campus del Baix Llobregat 08860 Castelldefels Barcelona (España). E-mail: [ramon.josa@upc.edu](mailto:ramon.josa@upc.edu)

### ABSTRACT

The restoration of opencast mining land looks for the quick integration in the landscape and the erosion control of derelict areas. The characteristics of substrate can determinate the behaviour of novel system. The stony substrates used have a great Ks and a very low water storage capacity. This paper presents the results of an experiment performed on stony mineral substrates amended with sewage sludge under Mediterranean climatic conditions in a limestone quarry in the SW of Barcelona (NE of Spain). The experiment was carried out at container scale and the aim was to evaluate the vegetation response in two substrates with different stoniness and with irrigation during dry period. Water content in the mineral substrate was monitored using vertical TDR probes during the experiment. The growth of introduced plants was monitored monthly. Throughout the experiment, populations of sown plants fluctuated according to the available water in the substrate. The irrigation applied was not sufficient to maintain the vegetation in summer (period of higher evaporative demand at that time of year). The volume of leachate was high and nitrates, sulfates and chlorides were washed.

### RESUMEN

La restauración de zonas afectadas por minería a cielo abierto busca una rápida integración en el paisaje y el control de la erosión de las zonas degradadas. Las características del sustrato pueden determinar el funcionamiento del nuevo sistema. Los sustratos pedregosos que se usan tienen una elevada conductividad hidráulica y una baja reserva hídrica. En este documento se presentan los resultados de un experimento con sustratos pedregosos corregidos con lodos de EDAR bajo condiciones mediterráneas en una cantera de caliza del SW de Barcelona (NE España). La experiencia se realizó en contenedores y el objetivo era evaluar la respuesta de la vegetación en 2 sustratos de distinta pedregosidad y con riegos de soporte durante los periodos secos. El contenido de agua del sustrato se controló en primavera-verano mediante sondas TDR verticales. El crecimiento de las especies introducidas se medía mensualmente. Se observa que las poblaciones de las especies sembradas fluctúan en función del agua disponible en el sustrato. Los riegos aplicados fueron insuficientes para mantener la vegetación en verano (periodo con mayor demanda evaporativa). El volumen de lixiviados fue elevado y se lavaron nitratos, sulfatos y cloruros.

**Palabras clave:** suelos pedregosos, restauración de canteras de caliza, especies herbáceas, lixiviación

### INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la restauración de canteras es la integración paisajística relativamente rápida de los taludes de explotación y/o de los acúmulos de material de rechazo. Una buena respuesta se obtiene utilizando mezclas de semillas que provienen de la agricultura y de la jardinería que se aplican mediante hidrosiembra para controlar la ero-

sión y para reducir el impacto visual que provocan estas explotaciones (Ashby, 1991). Estas especies son de respuesta rápida y elevada productividad pero necesitan riegos de soporte, dado el elevado consumo de agua en los periodos de primavera – verano. Esta alta productividad, de interés en agricultura y jardinería, probablemente limita la introducción, en los taludes sembrados, de las especies autóctonas (Wade, 1989) menos competitivas en circunstancias favorables, pero mejor adaptadas cuando las condiciones hídricas son restrictivas.

Los sustratos utilizados en la restauración de zonas afectadas por minería suelen ser muy pedregosos y poco fértiles (Bradshaw & Chadwick, 1980). Para corregirlos se añaden enmiendas orgánicas y posteriormente se siembra con herbáceas, aplicándose riegos de mantenimiento durante el periodo seco del primer año de implantación de la vegetación. Para reducir los costes de mantenimiento, la irrigación suele ser escasa, esperando que la capacidad de adaptación a condiciones de sequía de la vegetación mediterránea sea suficiente para mantener permanentemente una cubierta vegetal que cumpla los objetivos de control de erosión y de integración paisajística.

En esta comunicación se muestran los resultados de una experiencia con sustratos pedregosos corregidos con lodos de depuradora a escala de contenedor, pero en condiciones de campo, sembrados con especies comerciales habitualmente utilizadas y regados en dosis deficitarias, especialmente para evitar la generación de posibles lixiviados contaminantes. Paralelamente se recogieron y analizaron los lixiviados generados durante los intensos episodios lluviosos del periodo de estudio.

### MÉTODOS

La experiencia se ha desarrollado en contenedores lisimétricos de 150L en condiciones de campo. El depósito de recepción de lixiviados se situaron a un desnivel entre 0,5 y 1,0 m. El conjunto está situado en el macizo del Garraf (UTM 31T 407200E 4577000N) a menos de 10 km de la línea de costa y a 350 m snm. El ensayo se mantuvo activo durante 12 meses desde otoño – invierno hasta otoño del año siguiente.

Se probaron dos tipos de sustratos preparados con residuos inertes procedentes de los procesos de extracción y trituración de caliza para la obtención de áridos:

- i) Residuo de explotación. Rechazos procedentes del decapado mezclados con material de escaso interés económico que aparece junto a las capas con interés económico
- ii) Residuo de trituración. Rechazos procedentes de los procesos de trituración y posterior cribado en seco ( $\varnothing < 4$  cm).

Se han aplicado lodos de “EDAR” para aumentar la fertilidad de los rechazos, pero la carga contaminante de los lodos y la pedregosidad de los sustratos ha limitado la dosis de riego. Así pues, se ha aplicado un tratamiento de riego (riego de soporte y control sin riego) en dosis que no generasen lixiviados (20 mm). Los riegos se han concentrado en el periodo estival. El primer riego se ha aplicado 23 días después de la última precipitación y se han aplicado riegos posteriores cada 20 días.

Para cada tratamiento (tipo de sustrato + riego) se han establecido 5 réplicas lo que proporciona un total de 20 muestras.

Los contenedores se han sembrado al inicio de la experiencia (septiembre) con una mezcla de *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa* en la misma proporción con una dosis total de 30g/m<sup>2</sup>. Estas especies aparecen habitualmente en las hidrosiembras de taludes. Para evaluar la evolución de la vegetación sembrada se han contabilizado mensualmente los tallos basales totales (TB) en una retícula de 25 cm<sup>2</sup> de luz instalada previamente a la siembra.

Para cada tratamiento se ha monitorizado el contenido de agua de los sustratos mediante una sonda de reflectometría en el ámbito temporal (TDR) en dos periodos no consecutivos: periodo inicial de otoño – invierno y periodo de verano – otoño del año siguiente. Después de cada periodo lluvioso se han recogido los lixiviados y se han analizado los nitratos, sulfatos y cloruros. Al inicio y al final de la experiencia se analizó el % de carbono orgánico y de nitrógeno total de los sustratos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han utilizado sustratos muy pedregosos (tabla 1) con un porcentaje de finos próximo al 20% (textura franco o franco-arenosa) y una rápida Ksat (0.1-0.8 m/h). Dadas las características granulométricas de los sustratos preparados a partir de rechazos minerales de la explotación, se ha puesto atención especial en la generación de lixiviados. En las condiciones de la experiencia (precipitación total durante el periodo de 300 mm) se han lixiviado entre 1-2 g de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0.5-0.6 g de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y 0.6 g de Cl<sup>-</sup> por cada Kg de lodo seco aplicado.

Tabla 1. Características de los sustratos utilizados y lixiviación observada

Parámetro	Extracción	Trituración
% tierra fina (Ø < 2mm)	34,9	20,2
% arcillas (Ø < 2 µm)	29,2	17,8
% volumen lixiviado	36,9	39,9

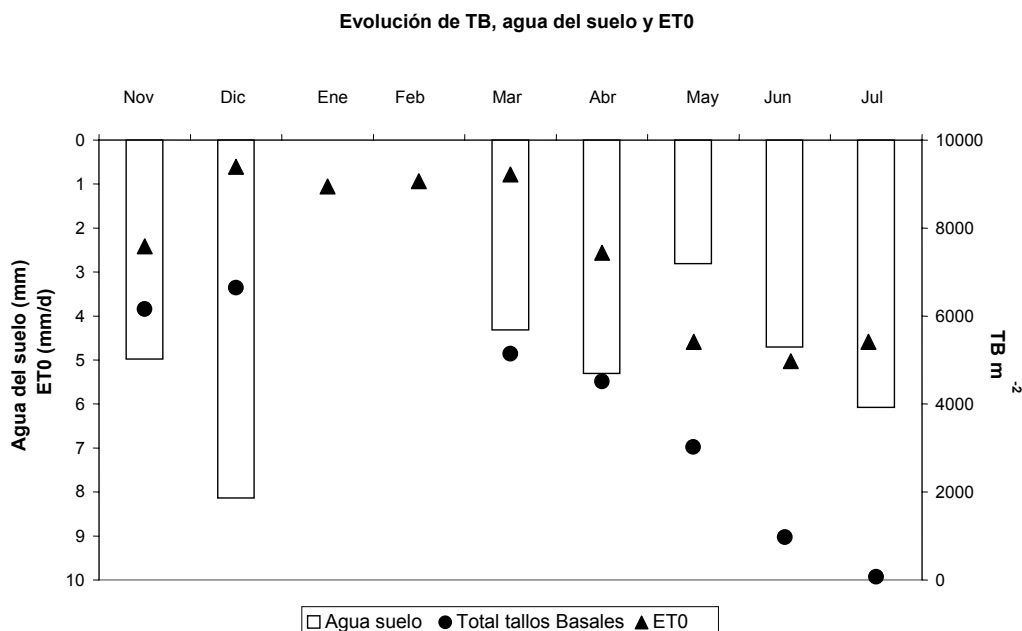


Figura 1. Evolución del total de tallos basales (TB), contenido de agua del suelo y ET0 a lo largo del tiempo.

Al cabo de 12 meses, el contenido de carbono orgánico y el nitrógeno total en los sustratos representa el 77-80% y el 56-64% respectivamente respecto a los valores iniciales y no se observan diferencias entre sustratos ni aplicación de riego.

Por otra parte, los sustratos tienen poca capacidad de almacenamiento de agua, que se agota rápidamente durante los periodos secos (Figura 1). Como consecuencia, la vegetación herbácea sembrada sufre una fuerte reducción de su biomasa para adaptarse a las condiciones cambiantes de disponibilidad de agua durante los momentos con mayor demanda evaporativa. Prácticamente la biomasa verde se ha reducido en un 100% al final de la experiencia y la cobertura vegetal se reduce hasta un 10% a finales de verano. Los riegos aplicados no determinan cambios significativos en la evolución de la vegetación ni tampoco existen diferencias entre sustratos.

### CONCLUSIONES

La pedregosidad puede favorecer drenajes rápidos y lavados de sales y nutrientes en caso de adición de enmiendas orgánicas. En este sentido, los riegos pueden programarse para no sobrepasar la capacidad de campo de este tipo de sustratos pero las precipitaciones mediterráneas suelen superar con frecuencia estos límites.

La escasa capacidad de retención de estos sustratos pedregosos afectan a la evolución de la vegetación y los riegos aplicados no han sido suficientes para mantener vivas las plantas ensayadas al final del periodo seco. El resultado de la reducción observada de esta vegetación puede representar una pérdida de protección de la superficie del suelo ante episodios lluviosos intensos (Thornes 1990) y una pobre integración en el entorno, que a su vez son dos de los objetivos que justifican su introducción. Si bien los suelos pedregosos son frecuentes en los sistemas naturales, difícilmente pueden sostener cubiertas herbáceas densas como las desarrolladas en esta experiencia, especialmente en clima mediterráneo. Posiblemente, los objetivos generales de la restauración deben contemplar el uso de especies más adaptadas a las condiciones de sequía edáfica de los sustratos obtenidos a partir de rechazos.

### REFERENCIAS

- ❖ Ashby, W.C. 1991. Surface mine tree planting in the midwest pre- and post- Public Law 95-87. En: Oaks, W., Bowden, J. (Eds.), *Technologies for success. Proceedings of the American Society for Surface Mining and Reclamation*, vol. 2, pp. 617-623.
- ❖ Bradshaw, A.D. & Chadwick, M.J. 1980. The restoration of land: the ecology and reclamation of derelict and degraded land. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 1980.
- ❖ Thornes, J.B. 1990. The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes. En: Thornes, J. B. (Ed.), *Vegetation and Erosion*, pp. 41-53. John Wiley and Sons Ltd. Chichester. UK.
- ❖ Wade, G.L. 1989. Grass competition and establishment of native species from forest soil seed banks. *Landscape and Urban Planning* 17:135-149.