

# RESTAURACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA DEL SUELO EN EL CORREDOR VERDE DEL GUADIAMAR TRAS EL VERTIDO MINERO DE AZNALCOLLAR



**CARREIRA, J.A., M.B. Hinojosa, V. Ochoa, B. Viñepla & García-Ruiz, R.**

Grupo de Investigación "Ecología Forestal y del Suelo"

Departamento de Ecología, Universidad de Jaén, Campus Lagunillas E-23071 Jaén, España.

E-mail: jafuente@ujaen.es

## INTRODUCCIÓN

**Evento contaminante:** Abril 1998, colapso balsa residuos mineros de Aznalcollar. Vertido de 2 Hm<sup>3</sup> de lodos pirríticos y 4 Hm<sup>3</sup> de aguas ácidas, ricos en metales pesados, sobre más de 4600 ha de la cuenca del río Guadamar, que drena hacia el P. Nacional de Doñana.

**Tareas de remediación/Restauración:**

**Corto plazo:** retirada lodos contaminantes superficie del suelo, tratamiento del terreno con diversos enmendantes (calizas, orgánicos y óxidos).

**Medio/largo Plazo:** Reforestación y promoción de la revegetación espontánea, creación del Corredor Verde del Guadamar.

**Programa Monitorización:** PICOVER y SECOVER (Junta Andalucía). Nuestro grupo realizó seguimiento de la recuperación de la funcionalidad ecológica de los suelos, especialmente en relación con los procesos de reciclaje de nutrientes a través de la materia orgánica y el papel de las comunidades microbianas edáficas.

**PLANTEAMIENTO GENERAL:**

**LOS INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS AL USO PARA EVALUAR LA RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS PUEDEN NO SER INDICATIVOS DE SU ESTADO EN TÉRMINOS DE RECUPERACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA.**

## RESULTADOS:

### (1) Evolución de la funcionalidad de los suelos:

La recuperación de los suelos de la Cuenca del Guadamar ha sido notable en términos de su *estatus biogeoquímico general*. Así, para variables físico-químicas generales (pH, materia orgánica), disponibilidad de nutrientes minerales (N y P), y tasas de transformación del N (mineralización y nitrificación), la media geométrica para el conjunto de la cuenca afectada evolucionó desde un valor en el año 2000 de sólo el 50% del observado en áreas comparables no contaminadas, a un valor en torno al 100% cinco años más tarde (Fig. 3A). Sin embargo, respecto al grado de recuperación de la *funcionalidad bioquímica* del suelo (actividad de enzimas relacionadas con el reciclaje de nutrientes a través de la materia orgánica), la evolución está siendo más lenta, aunque también destacable (valor en 2004 por encima del 80% del observado en áreas no afectadas) (Fig. 3B). La subida del pH e insolubilización de metales pesados conseguida con las enmiendas calizas (Hinojosa et al. 2004), así como la acumulación de materia orgánica y el desarrollo de rizosferas, ligados a la reforestación y revegetación espontánea seem to be responsible for such rapid changes

### (3) Efecto de la diferenciación de microhábitats sobre la funcionalidad del suelo:

Estos procesos de diferenciación de microhábitats se reflejan en la formación de un mosaico de parches de suelo con gran variabilidad respecto a su funcionalidad ecológica, según rebela la medida de actividades enzimáticas (Fig. 4). El proceso es especialmente patente en el Tramo medio de la cuenca (Fig. 4B), donde la carga de contaminantes fue menor, y la recuperación de la vegetación y de la dinámica fluvial (inundación, transporte y sedimentación) ha sido más rápida (Foto 2B). En la Fig. 4B, nótese que la actividad enzimática es máxima en el suelo bajo Tarajes ("VL-Tar") y en zonas con acumulación de restos transportados por riadas ("SD-acum").

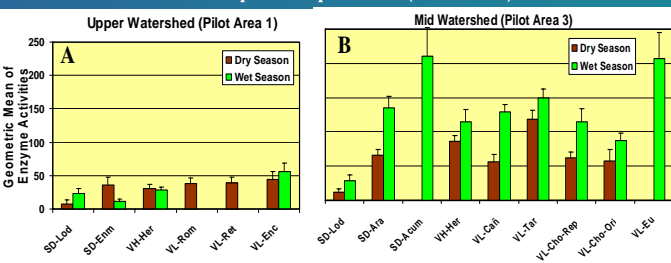


Fig. 4. Media geométrica de actividad enzimática del suelo en 2005, en diferentes microhábitats en dos tramos de la cuenca del Guadamar. Véase la Fig. 2 para la leyenda de las categorías.

## MÉTODOS

- Programa interanual de monitorización de suelos:** 21 estaciones de muestreo de tres tipologías (en restauración, afectadas no restauradas, no afectadas) (Fig. 1). Este diseño permite calcular la evolución en el tiempo del grado de impacto en ausencia de restauración, del éxito de la restauración, y de la distancia que resta para alcanzar la meta de la misma (estado en parcelas restauradas similar al de parcelas comparables no afectadas). Seguimiento de propiedades del suelo, no sólo físico-químicas (textura, pH, materia orgánica, metales pesados...), sino también biogeoquímicas (disponibilidad y tasas transformación de nutrientes), bioquímicas (actividad enzimática) y microbiológicas (estructura de comunidades microbianas).
- Muestreo de heterogeneidad intra-parcela (2005):** Se consideró, en dos secciones de la cuenca (alta-con suelos arenosos, Fig. 2A; media-con suelos francos, Fig. 2B), la diferenciación de microhábitats que se ha ido produciendo por la dinámica de la vegetación (distintas especies) y del sistema fluvial.

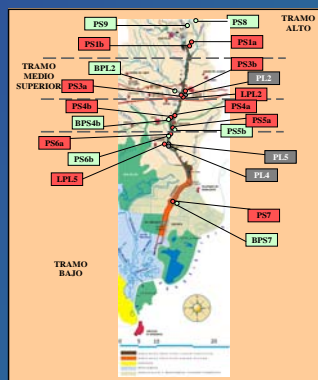
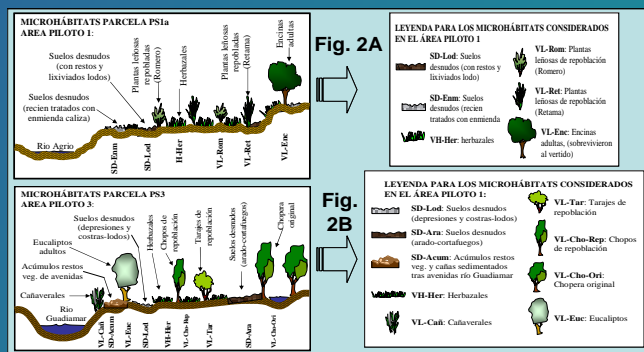


Fig. 1.- Localización Estaciones permanentes monitorización funcionalidad ecológica de los suelos, en tres sectores (alto, medio, bajo) de la cuenca del Guadamar, para comparar tres escenarios: 1) Áreas afectadas, no restauradas (en gris): Control experimental negativo o qué hubiera pasado sin tareas de remediación? 2) Afectadas y en restauración (en rojo): ¿Cómo va la restauración? 3) No afectadas adyacentes (en verde): Control positivo y silencioso.



### (2) Diferenciación de micro-hábitats en distintos sectores de la cuenca:

- Octubre 2000 (justo tras prácticas iniciales de restauración): Variabilidad espacial en actividad enzimática del suelo: la fracción Intra-parcela es sólo el 20% del total (Hinojosa et al. 2004).
- 2005: La interacción entre sucesión vegetal y recuperación de la dinámica fluvial genera diferenciación intraparcela (microhábitats) y diversifica la funcionalidad ecológica del suelo (Fotos 1A-D)



Fotografías aéreas de las Áreas Piloto 1 (parcela PS1a, 1A & 1B) y 3 (parcela PS3a, 1C & 1D), 3 y 6 años después del vertido minero. El mayor incremento en cobertura de vegetación se debe a la ocupación espontánea por herbáceas, pero la reforestación y colonización por plantas leñosas (ver flechas) comienza a dar un patrón vegetal más complejo, especialmente en zonas de los tramos medio y bajo de la cuenca, menos impactados por el vertido (parcela PS3a).



Foto 2A. Vista General de la parcela PS1a (Área Piloto 1, confluencia de los ríos Agro-Guadamar, Junio 2005), que ilustra el proceso en marcha de diferenciación intra-parcela de microhábitats. El paisaje está conformado por una densa matriz herbácea en la que se insertan individuos adultos que sobrevivieron al vertido e individuos jóvenes plantados de especies leñosas (considered as "reference") can be seen.



Photograph 2B. Afforested woody riparian vegetation in the PS3a plot (April 2005), where individuals of different micro-habitats can be identified: black poplar (PS3a-VL-Cho-Rep) and woody shrubs (*Tamarix gallica*, PS3a-VL-Tar)

## REFERENCIAS

- Nakamura, F., Shin, N., Inahara, S. 2007. Shifting mosaic in maintaining diversity of floodplain tree species in the northern temperate zone of Japan. Forest Ecology & Management 241:28-38.  
 Consejería de Medio Ambiente. 1999. Corredor Verde del Guadamar: un modelo de gestión integral de cuenca. In: Junta de Andalucía (ed.), Medio Ambiente en Andalucía. Informe 1999. Sevilla. Pp.22-35.  
 Hinojosa, M.B., García-Ruiz, R., Viñepla, B., Carreira, J.A. 2004. Microbial rates and enzyme activities as indicators of functionality in soils affected by the Aznalcollar toxic spill. Soil Biology & Biochemistry 36:1637-1644.