

EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE ESTÉRILES DE UNA EXPLOTACIÓN MINERA CARBONÍFERA JUNTO CON PURÍN PORCINO PARA LA REVEGETACIÓN DE LA PROPIA ESCOMBRERA.

Angela D. Bosch Serra, Rosa M. Poch Claret y Miguel A. Salazar López.

Departamento de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universidad de Lleida. Av. Alcalde Rovira Roure, 177. 25198 Lleida.

Resumen: Se evaluaron dos tipos de estériles procedentes de una explotación carbonífera para la revegetación de la propia escombrera, combinándose con cuatro dosis de purín (140, 280, 420 y 560 m³ ha⁻¹) y la adición (12 Mg ha⁻¹) o no de paja de cereal. El diseño empleado en el experimento factorial fue en bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos se implementaron en tiestos. Se dispuso de un estéril(A) con un 89 % de elementos gruesos (p/p) y de otro estéril (B), sin elementos gruesos, de textura FL. El estéril B se combinó con el estéril A. En los tiestos se sembró una gramínea. Se analizó la biomasa vegetal y la evolución de la salinidad. En base a los resultados se recomienda la dosis de purín cuya composición química equivalga al tratamiento de 420 m³ ha⁻¹, la mezcla de estériles y la aplicación de paja.

Palabras clave: estériles de carbón, revegetación, purín porcino.

INTRODUCCIÓN

En Cataluña la Llei 12/1981 del parlamento catalán, desarrollada mediante el Decret 348/83, establece que toda explotación minera (actividad extractiva) tiene que adoptar las medidas necesarias para restaurar las superficies afectadas una vez ha finalizado la explotación, es decir, que la zona afectada quede integrada en el entorno.

La aplicación del principio de restauración supone un coste para la empresa explotadora y resulta interesante el poder minimizarlo.

En Lleida, en la comarca del Segrià, subcomarca del Baix Segre, concretamente en los términos municipales de Almatret, Seròs i la Granja d' Escarp, existen minas de carbones minerales (lignito), explotadas desde hace más de un siglo que constituyen aproximadamente un 25 % de la producción catalana. En esta zona la restauración presenta una problemática adicional ligada a la aridez del clima (Escuer, 1998), es decir, baja pluviometría (inferior a los 350-400 mm anuales), elevada evapotranspiración (ETo) entre 1000-1100 mm anuales y con fuertes vientos (frecuencia del viento del NW o Cierzo de un 30 %, viento que puede alcanzar rachas de 80 km/h).

En la zona existe también una elevada producción porcina (Junta de Residus, 1996), que para cerdo de engorde se aproxima a las 620.400 plazas, lo que genera un residuo orgánico líquido que tiene que ser gestionado de forma adecuada y de acuerdo con la Llei 6/1993 del parlamento catalán.

En este contexto se desarrolla un proyecto piloto propuesto por el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, en colaboración con la empresa Carbonífera del Ebro, que tiene como objetivo establecer una metodología de restauración de las escombreras generadas en las actividades extractivas de carbón en minería interior y en el cual se integra el presente estudio. Como subobjetivos se considera el realizar la restauración con un mínimo coste, a ser posible con el propio material de desecho de la explotación, y el contribuir de forma positiva a la gestión de los residuos generados en las explotaciones porcinas de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se planteó un experimento de duración anual, desde agosto de 1997 a julio de 1998, en tiestos, al aire libre, en la capital del Segrià (Lleida), para establecer un primer criterio de diseño de grandes parcelas en la zona minera. Los tratamientos experimentales consistieron en combinaciones factoriales del tipo de sustrato o estéril (dos), dosis de purín (cuatro) e incorporación o no de paja. Las combinaciones de tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. No se realizó ningún riego.

Se dispuso de dos tipos de materiales de desecho (estéril A y estéril B) provenientes de la explotación minera ([Tabla 1](#)). El estéril A es un material de tamaño entre 0-25 cm con un 89 % en peso de elementos gruesos, de este porcentaje los elementos con tamaño entre 2 mm y 6 cm representan un 93 %. El material está compuesto mayoritariamente por calizas mezcladas con yeso y lignito. La fracción fina es de textura Franco Arenosa

(USDA). El estéril B es un material de textura Franco Limosa, sin elementos gruesos y que se obtiene en lagunas de sedimentación donde vierten las aguas utilizadas en el lavado de carbón. Ambos estériles presentan unos niveles de fertilidad muy bajos (Urbano,1989). Los elevados contenidos de materia orgánica obtenidos mediante el método de Walkley-Black (Porta *et al.*,1986) son debidos a que el método no permite distinguir el carbón de la materia orgánica del suelo de otras fuentes (Reeder, 1988).Presentan también una elevada salinidad ligada a la presencia de yeso y sales magnésicas.

En agosto, los materiales se distribuyeron en tiestos de 25 L, de profundidad 30 cm, agujereados en la base y recubiertos interiormente por una bolsa de plástico con pequeños agujeros. Se rellenaron hasta una altura de 28 cm. La mitad de ellos con el estéril A y la otra mitad con 18 cm del estéril B recubierto con 10 cm del estéril A. Los tiestos se elevaron 28 cm respecto a la superficie del suelo.

La paja provenía de un cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Ésta se desmenuzó y se aplicó en superficie, ligeramente enterrada, en una cantidad equivalente a 12 Mg ha⁻¹ .

Las dosis de purín aplicadas equivalían a 0, 140, 280, 420 y 560 m³ ha⁻¹ que se distribuyeron superficialmente y de forma fraccionada. Semanalmente, desde el 7 de agosto, se aplicó una dosis de 70 m³ ha⁻¹ , hasta cubrir la cantidad correspondiente al tratamiento. En cada una de las aportaciones (8 en total) se analizaron el nitrógeno orgánico y amoniacal presente en los purines, los contenidos de fósforo y potasio (que se expresaron en forma de P₂O₅ y K₂O como es habitual indicarlo en los fertilizantes), su densidad y contenido en materia seca ([Tabla 2](#)). El contenido de materia seca se determinó mediante secado a estufa a 105 °C, el nitrógeno amoniacal mediante una valoración redox con ácido clorhídrico y el nitrógeno total mediante el método Kjeldahl, obteniéndose el nitrógeno orgánico por diferencia. A partir del extracto de la materia seca de los purines se analizó el contenido de fósforo por colorimetría a 430 nm y el de potasio por fotometría de llama. Los purines se obtuvieron de una granja de ciclo cerrado, de la parte superior de la balsa, por lo que resultaron ser muy líquidos, con bajo contenido en materia seca y nutrientes comparando con la recopilación de Prats (1995); la sexta muestra constituye una excepción.

El 4 de noviembre se sembraron todos los tiestos de una gramínea (*Festuca arundinacea* S.) a una dosis de siembra equivalente a 220 kg ha⁻¹ . Se eliminaron las plantas espontáneas, nacidas previamente a la siembra de la gramínea el 31 de octubre, observándose que solamente habían nacido algunas plantas de cebada en los tiestos donde se había aplicado paja con dosis de purín inferiores a los 560 m³ ha⁻¹ .

La salinidad de los sustratos se midió antes de la siembra de la gramínea y en julio, al finalizar el experimento. Las muestras se obtuvieron de los primeros 15-20 cm de cada tiesto.

La biomasa vegetal aérea de cada tiesto se determinó en estufa a 65 °C . La cuantificación realizada el 26 de junio correspondió a la festuca sembrada y a la de plantas de cebada que aparecieron espontáneamente durante el invierno y la primavera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la salinidad

Se realizaron dos mediciones de salinidad: la primera el día 4 de noviembre tras un periodo de lluvias (desde agosto la precipitación acumulada fue de 100 mm) y la segunda el 15 de julio, aproximadamente al cabo de un año del establecimiento del experimento ([Tabla 3](#)). La precipitación acumulada desde agosto fue de 280 mm y la ETo de 1045 mm.

En el análisis de los factores estudiados no se observaron interacciones significativas entre ellos.

Las diferencias iniciales en los valores de salinidad (4 de noviembre) se hallan únicamente asociadas de forma significativa a la dosis de purín aplicada, incrementándose los valores de salinidad con la dosis de purín. Este incremento asociado a las aplicaciones de purín ha sido también descrito por otros autores, así Bernal *et al.*(1992) describen un incremento en el riesgo de salinización con aplicaciones anuales de purín, en suelos calcáreos, superiores a 400 — 600 m³ ha⁻¹, aunque la presencia de calcio evitó problemas de sodicidad. Posteriormente, en el muestreo de 15 de julio, desaparecen las diferencias de salinidad ligadas a la dosis de purín y éstas se asocian de forma estadísticamente significativa, con el tipo de sustrato y a la utilización o no de paja. Es en el sustrato A, al año de establecerse el experimento, donde la salinidad es inferior comparativamente respecto al sustrato B. También la utilización de paja ha permitido una reducción significativa de la conductividad eléctrica de los sustratos con independencia del tipo de sustrato o de la dosis de purín aplicada. Ello puede ir ligado a que la menor capacidad de retención de agua del sustrato A haya facilitado el lavado de sales y, que la presencia de paja en superficie, haya permitido un lavado más eficiente.

Cubierta vegetal

En el análisis de la biomasa aérea de la cubierta vegetal no existieron interacciones significativas entre los factores estudiados. Cabe remarcar que no existió un flujo externo de semillas fuera de las aportadas por el propio tratamiento, aunque en las aplicaciones de paja hubo involuntariamente aportes de semillas de cebada.

Todos los factores estudiados ([Tabla 4](#)) influyeron en la producción de biomasa vegetal. El sustrato B permite un mayor crecimiento que prácticamente duplica al del sustrato A, a pesar de su mayor salinidad (Tabla 3) y con el condicionante de que la festuca no sea una gramínea apropiada para condiciones salinas. Son las mayores dosis de purín las que permiten también un mayor crecimiento probablemente relacionado con el mayor aporte de nutrientes y a la prácticamente nula fertilidad inicial de los estériles empleados. El aporte de paja también mejora el crecimiento, casi se duplica respecto a la no utilización. Ello podría explicarse por una mejora de las propiedades físicas (agregación de partículas elementales, incremento de la cohesión del material de mayor tamaño y de la soltura de los materiales más finos), químicas (mantenimiento de las reservas de nitrógeno) y biológicas (mejora de la nutrición mineral de las plantas) del sustrato, ligadas al proceso de humificación.

CONCLUSIONES

Se plantea como viable el proceso de restauración de la escombrera en la explotación carbonífera, a partir de los materiales de desecho de la misma combinados con otro residuo de la zona, como es el purín porcino. La mezcla de estériles, a pesar de mantener una salinidad más elevada respecto a la mantenida en el sustrato A, permite un mayor crecimiento de la vegetación que se establece, por lo que es recomendable la mezcla en el proceso de restauración.

La desaparición del efecto dosis de purín en la salinidad del sustrato al avanzar el ciclo, y su efecto positivo en el crecimiento a dosis más altas, establecería la recomendación de dosis de purín equivalente, en cuanto a contenido de nutrientes, a la de 420 m³ ha⁻¹ empleada en este experimento. Dosis superiores no serían adecuadas ya que pueden ser limitantes inicialmente en el establecimiento de plantas cuyas semillas fuesen aportadas espontáneamente por el viento o por los propios materiales utilizados, por ejemplo semillas de cereal o de malas hierbas en la paja.

Se recomienda asimismo la aplicación de paja para facilitar un mayor crecimiento de la cubierta vegetal.

La implementación de las parcelas experimentales en campo requiere además una monitorización detallada de la evolución de la salinidad, de los procesos de mineralización del nitrógeno aportado y de la composición y volumen de los lixiviados para cuantificar posibles impactos en las aguas subsuperficiales.

REFERENCIAS

Bernal, M.P.; Roig, A.; Madrid, R.; Navarro, A.F. (1992). Salinity risks on calcareous soils following pig slurry applications. *Soil Use Management* 8(3),125-130.

Escuer, J.L. (1998). L' aiguabarreig dels rius Cinca i Segre. Cartografia del paisatge vegetal. Institut d' Estudis del Baix Cinca, Fraga, 133p.

Junta de Residus. (1996). Programa de gestió de les dejeccions ramaderes a Catalunya. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 332 p.

Porta, J.; López-Acevedo, M.; Rodríguez, R. (1986). Técnicas y experimentos en Edafología. Col.legi Oficial d' Enginyers Agrònoms de Catalunya, Barcelona, 282 p.

Prats, I.L. ed. (1995). Manual de gestió de purins i de la seva reutilització agrícola. Departament de Medi Ambient, Junta de Residus, Departament d' Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 128p.

Reeder, J.D. (1988). Transformations of Nitrogen-15-labeled fertilizer nitrogen and carbon mineralization in incubated coal mine spoils and disturbed soil. *J. Environ. Qual.* 17,291-298.

Urbano, P. (1989). Tratado de Fitotecnia General. Mundi-Prensa, Madrid, 836p.

Tablas y Figuras.

Tabla 1. Características de la fracción fina (< 2 mm) del estéril A (89 % en peso de elementos gruesos) y del estéril B (sin elementos gruesos).

Parámetro	Estéril		Parámetro	Estéril	
	A	B		A	B
pH (1:2,5)	7,5	7,6	K (AcNH ₄ , ppm)	33	42
CEe (dS/m 25 °C)	6,3	6,3	Mg (AcNH ₄ , ppm)	>600	>600
M.O. (W- B, %)	23,4	13,9	N (Kjeldahl, %)	0,28	0,21
Ca CO ₃ eq. (%)	52	51	Textura (USDA)	FAr	FL
Olsen P (ppm)	2	3			

Tabla 2. Densidad de los purines de cerdo utilizados y composición química.

Muestra (Orden)	Fecha (Día/Mes)	Densidad (g/cm ³)	Materia seca (g/L)	N total (g/L)	N amoniacal (g/L)	N orgánico (g/L)	P ₂ O ₅ (g/L)	K ₂ O (g/L)
1	07/08	1,00	4,5	2,03	1,54	0,49	0,72	1,36
2	14/08	1,01	13,7	2,23	2,04	0,19	1,17	1,29
3	21/08	1,02	12,1	1,98	1,88	0,11	0,89	2,05
4	29/08	1,02	4,0	1,90	1,40	0,50	0,62	2,49
5	04/09	1,03	11,8	2,21	1,62	0,59	1,12	1,22
6	10/09	1,05	105,8	3,27	3,00	0,27	11,26	9,77
7	18/09	1,02	19,0	2,24	1,62	0,62	1,22	1,22
8	25/09	1,01	15,7	2,18	1,93	0,25	0,98	1,36

Tabla 3. Salinidad (CE 1:5, 25°C) en los tiestos a los tres meses (04.11.97) i al año (15.07.98) de establecerse el experimento en función de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTO									
FECHA	SUSTRATO		DOSIS PURÍN (m ³ ha ⁻¹)					PAJA (Mg ha ⁻¹)	
	A	B	0	140	280	420	560	0	12
04/11	ns		**					ns	
	2,66	2,75	2,22c	2,50bc	2,70ab	2,97ab	3,13a	2,69	2,73
15/07	**		ns					**	
	1,93b	2,62a	2,06	2,21	2,34	2,36	2,41	2,40a	2,15b

ns= no significativo **= significativo a nivel 1%

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan (a <0,05).

Tabla 4. Biomasa (g/tiesto) de la cubierta vegetal medida en los tiestos al año de establecerse el experimento en función de los tratamientos utilizados.

TRATAMIENTO									
FECHA	SUSTRATO		DOSIS PURÍN (m ³ ha ⁻¹)					PAJA (Mg ha ⁻¹)	
	A	B	0	140	280	420	560	0	12
15/07	**				**			**	
	2,44b	4,24a	0,58c	2,04bc	3,50b	5,38a	5,19a	2,54b	4,13a

**= significativo a nivel 1%

Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan (a <0,05).