Producción de biomasa en suelos ácidos corregidos con enmiendas calizas

Ensayos realizados en León en suelos de raña enmendados con dolomita, caliza, yeso y espumas de azucarera

En este estudio, realizado en la raña de Camposagrado (Rioseco de Tapia, León), se compara el efecto que sobre la producción de biomasa en cultivos de centeno, cebada y praderas, tiene la aplicación de enmiendas calizas. Como conclusión se puede afirmar que la producción de biomasa casi se triplica con dolomita y caliza, siendo aún mayor ésta con espumas de azucarera.

Dr. E. Villa Bermejo.
Área de Edafología y Química Agrícola. Departamento de Ingeniería Agraria. Universidad de León.

Los suelos de las rañas formados sobre estas formas antiguas de erosión (ver recuadro: Formación y usos de los suelos de raña) son los más antiguos de la Península Ibérica, desarrollados sobre materiales no consolidados, junto con los que se localizan sobre depósitos similares en la zona de los Montes de Toledo. Su vejez y alteración les dan características parecidas a las que presentan los suelos de las zonas subtropicales y tropicales tipificados en Edafología como Ultisoles y Acrisoles.

Su característica principal es su carácter extremadamente ácido, con un pH inferior a 5, un reducidísimo contenido en bases de cambio y, como consecuencia, una elevada proporción de aluminio en su complejo de cambio, superando ampliamente el 20% de la CICE, considerado ese porcentaje el umbral fitotóxico para la mayoría de los cultivos Kamprath (1970). Al pH indicado el aluminio se presenta en forma de Al^{3+}, siendo esta forma monomérica especialmente tóxica para la mayoría de plantas cultivadas. Otra característica de estos suelos es la formación de horizontes argílicos (Bt) debido a la iluviación de arcillas. Estas características tan desfavorables han provocado que solamente hayan podido ser cultivados estos suelos con especies tolerantes a la acidez como el centeno y, desde mediados del siglo pasado, con repoblaciones de *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*.

A continuación se recoge en los **cuadros I, II** y **III** las características, tanto físicas como químicas, de los distintos horizontes que componen el perfil del suelo.

Material y métodos

Tradicionalmente, para evitar los efectos desfavorables que la acidez provoca en los suelos, se ha recurrido al empleo de enmiendas calizas tales como la dolomita y la caliza.

En el trabajo desarrollado, hemos comparado el efecto que so-

CUADRO I.

ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS DIFERENTES HORIZONTES DEL PERFIL.

Horizonte	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo fino (%)	Limo grueso (%)	Arcilla (%)	Limo/ Arcilla	Clase USDA
A	0-25	57,7	11,5	11,5	19,2	1,20	F-Ar
AB	25-35	54,3	11,5	7,0	27,3	0,68	F-a-Ar
Bt1	35-55	42,5	5,8	5,5	46,3	0,24	a
Bt21	55-142	51,3	7,5	4,3	37,0	0,32	a-Ar
Bt22	142-190	59,0	6,3	4,5	30,3	0,35	F-a-Ar
BtC1	190-230	53,8	11,8	3,3	31,3	0,48	F-a-Ar
BtC2	230-340+	53,5	10,3	4,3	32,0	0,45	F-a-Ar

Corresponde (F-Ar) a la clase textural franco-arenosa, (a) a la arcillosa, (a-Ar) a la arcillo-arenosa y (F-a-Ar) a la franco-arcillo-arenosa.

CUADRO II.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS HORIZONTES DEL PERFIL.

Horizonte	Profun. (cm)	pH-H_2O	pH-KCl	P (mg kg^{-1})	M.O. (g kg^{-1})	N (g kg^{-1})	C/N
A	0-25	5,01	3,95	16,50	24,6	0,67	21,33
AB	25-35	4,83	3,93	4,40	6,5	0,29	12,97
Bt1	35-55	4,69	3,64	3,90	6,8	0,46	8,58
Bt21	55-142	4,42	3,48	2,50	4,9	0,38	7,42
Bt22	142-190	4,52	3,56	1,50	1,6	0,29	3,24
BtC1	190-230	4,59	3,59	1,30	1,9	0,24	4,70
BtC2	230-340+	4,52	3,62	2,20	1,6	0,19	4,95

bre la producción de biomasa en cultivos de centeno, cebada y pradera tiene la aplicación de dolomita, caliza, yeso y espumas de azucareras. La caracterización química de las enmiendas se expone en el **cuadro IV**.

En trabajos previos, mediante incubación de muestras de tierra con $CaCO^3$ puro en el laboratorio, se había determinado la idoneidad de una dosis de 6.000 kg ha^{-1} de este compuesto como necesaria para reducir el aluminio de cambio a niveles inferiores al 20% (Vidal *et al.*, 2004 a y b).

CUADRO III.

CONTENIDO EN BASES DE CAMBIO Y CIC EXTRAÍDO CON $AcONH_4$ 1N A pH 7. CONTENIDO EN Al DE CAMBIO EXTRAÍDO CON KCL 1N

Horizonte	Prof. (cm)	Ca-acetato	Mg-acetato	Na-acetato	K-acetato	Ca/Mg	Al-KCl	CIC	PSB (%)	CICE	Al/CICE
A	0-25	1,40	0,20	0,03	0,21	7,0	1,14	5,70	32,18	2,97	38,33
AB	25-35	1,32	0,18	0,02	0,13	7,3	1,64	5,48	30,12	3,29	49,84
Bt1	35-55	1,87	0,30	0,03	0,12	6,2	3,10	9,45	24,68	5,43	57,07
Bt21	55-142	2,38	0,14	0,04	0,06	17,0	4,14	8,03	32,62	6,76	61,25
Bt22	142-190	0,47	0,06	0,03	0,05	7,8	3,39	6,23	9,82	4,00	84,72
BtC1	190-230	0,35	0,04	0,04	0,06	8,8	3,66	6,15	8,04	4,15	88,10
BtC2	230-340+	0,36	0,03	0,02	0,06	12,0	3,67	5,85	8,22	4,15	88,42

Valores de Ca, Mg, Na y K en cmol(+)kg^{-1}. Valores de Al, CIC y CICE en cmol(+) kg^{-1} y Al/CICE en %.

CUADRO IV.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS SUSTANCIAS ENMENDANTES SOBRE MATERIA SECA

	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	M.O.
Espuma	403,8	14,7	0,4	1,0	2.469	1.420	121	32	12	79,0
Caliza	437,0	20,8	0,4	3,5	7.869	5.787	299	24	11	0,0
Dolomita	311,0	184,0	1,2	3,5	9.529	10.483	361	26	12	0,0
Yeso	331,6	17,5	0,7	1,5	3.351	1.826	41	16	4,6	0,0

Los valores CaO, MgO, Na_2O, K_2O y M.O. están expresados en (g kg^{-1}).
Los valores Al, Fe, Mn, Zn y Cu están expresados en (mg kg^{-1}).

CUADRO V.

PRODUCCIONES PARCIALES SEGÚN TRATAMIENTO. MEDIA.

Tratamiento	kg/ha paja-2002	kg/ha grano-2002	kg/ha total-2002	kg/ha paja-2003	kg/ha grano-2003	kg/ha total-2003
Testigo	582,1	472,1	736,8	764,7	580,3	898.2
Caliza	1095,0	736,1	1338,1	1355,4	1001,0	1644,8
Dolomita	1054,2	765,3	1291,1	1550,9	1115,7	1893,2
Espuma	1176,0	835,5	1450,2	1796,8	1246,9	2169,1
Yeso	824,6	579,0	985,0	1066,2	811,2	1276,1

*La producción en kg/ha se corresponde a la suma de cada uno de los cultivos (cebada, pradera, centeno) aunque realmente la producción de la cebada y de las praderas es muy pequeña, correspondiendo la mayoría al centeno.





Arriba, perfil de un suelo típico de raña. Abajo, distribución de las enmiendas en las parcelas de ensayo.

Una vez establecida la dosis, la corrección del suelo se realizó con el criterio de incorporar la misma cantidad de Ca en todas las enmiendas, por lo que utilizamos las siguientes dosis: de caliza 7.692 kg ha^{-1}, de dolomita 10.909 kg ha^{-1}, de yeso 10.169 kg ha^{-1} y de espumas 14.880 kg ha^{-1}.

En el caso de las espumas, la superioridad de esta dosis se debe a que el contenido en Ca^{2+} del análisis está expresado sobre materia seca y al hecho de que este producto presentaba una humedad del 44% en el momento de su utilización.

Métodos de campo

Para la realización del trabajo se diseñaron tres bloques al azar y en cada uno de ellos se distribuyeron veinte parcelas rectangulares de 3x5 m^2 dejando pasillos de 2 m entre ellas (**figura 1**). La separación entre los bloques fue de 5 m.

En cada bloque y también al azar se enmendaron cuatro parcelas con espumas de azucarera, cuatro con dolomita, cuatro con caliza y cuatro con yeso, quedando las otras cuatro como testigos.

FORMACIÓN Y USOS DE LOS SUELOS DE RAÑA

A finales del Terciario y principios del Cuaternario, bajo un clima muy diferente del actual (árido pero con fuertes lluvias torrenciales), la erosión hídrica provocada por esas lluvias, desmanteló de la Cordillera Cantábrica una gran cantidad de cantos y gravas que quedaron depositados, formando una extensa planicie, en el pie de monte de dicha cordillera. Esta superficie originalmente tenía unos 80 km desde Guardo a La Magdalena y varias decenas de km en dirección Norte-Sur, siendo el espesor del depósito de unos 10 m. Posteriormente, movimientos tectónicos intracuaternarios, junto al progresivo encajamiento de los siete grandes cauces fluviales que drenan la provincia leonesa en dirección Norte-Sur, dividieron esa formación en seis plataformas que quedaron fosilizadas, no recibiendo desde entonces ningún nuevo aporte de materiales que hayan rejuvenecido su composición. El depósito original estaba formado por cantos de caliza, pizarras y cuarcitas, pero dado el tiempo transcurrido, las calizas y pizarras se han alterado en su totalidad, integrándose sus restos en la matriz que empasta los cantos de cuarcita. Éstos también se encuentran muy alterados y basta la presión ejercida con la mano para lograr su desintegración y reducirlos a partículas de arena.

VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

La raña de Camposagrado queda dentro del dominio del clima mediterráneo, aunque el rigor del invierno y unas precipitaciones relativamente abundantes hacen que no sea *Quercus ilex* subp. Ballota, sino *Quercus pyrenaica*, la especie climática correspondiente a la zona (Rivas Martínez, 1987).

Históricamente, este bosque potencial ha sido alterado por el hombre, que ha llevado a cabo talas, podas, quemas y roturaciones, generándose un paisaje muy diferente al primitivo.

Actualmente, se presenta un mosaico de vegetación compuesto por las siguientes comunidades:

- Rebollares. Son bosquetes y matorrales de *Quercus pyrenaica*, en formaciones de monte bajo. Los ejemplares de rebollo presentan una talla baja, inferior a 10 metros. Los ejemplares más altos se presentan en pies aislados o en grupos de pocos ejemplares. Estas formaciones están mejor representadas sobre las laderas que enlazan la raña con las riberas de los ríos, donde son la comunidad dominante.
- Matorral de degradación. Ocupa los terrenos de cultivo que han sido abandonados. Las especies que aparecen son pioneras en la colonización de estos espacios, destacando cistáceas como *Halimium alyssoides*, leguminosas como *Cytisus escoparius* y *Adenocarpus complicatus* y una labiada como *Lavandula stoechas*.
- Cultivos. Hasta hace unos años prácticamente toda la superficie de la raña se encontraba roturada. Actualmente un porcentaje importante sigue cultivándose, dedicándose al cultivo de centeno *(Secale cereale)* cada dos años y dejando en el intervalo el suelo de barbecho.
- Repoblaciones. A mediados del siglo XX comenzaron a realizarse importantes repoblaciones forestales en la zona. Se han llevado a cabo principalmente con *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*. Actualmente estos pinares se encuentran en una fase de explotación maderera.

Durante las campañas agrícolas 2001/2002 y 2002/2003 se sembró uno de los bloques de centeno como especie tolerante a la acidez, otro de cebada como especie sensible y el tercer bloque de una pradera gramíneas-leguminosas en cuya composición entraban los *raygrass* inglés e italiano, el dactilo y los tréboles blanco y ladino.

Durante la realización del trabajo se tuvo especial cuidado en realizar las labores de cultivo, así como elegir las dosis de siembra y fertilizantes lo más parecidas posible a las que son tradicionales en la zona.

Resultados

Se exponen a continuación en el **cuadro V**, las producciones globales de los tres cultivos según los diferentes tratamientos y los rendimientos diferenciados entre grano y paja para el caso del centeno y de la cebada.

Conclusiones

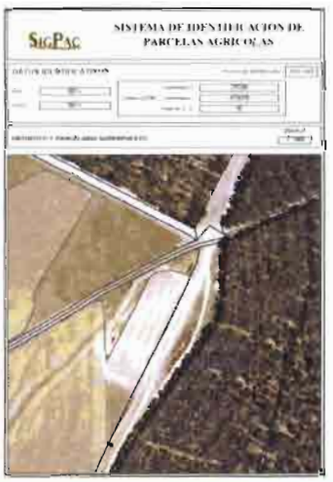
La producción de biomasa se duplica e incluso casi se triplica, según los años, con dolomita y caliza, siendo las producciones obtenidas con espumas de azucarera ligeramente superiores a las anteriores todos los años. La aplicación de yeso aumenta en menor medida la producción.

La producción de biomasa expuesta en este trabajo se debe en su mayoría a la obtenida en el bloque cultivado con centeno.

La producción de cebada es pequeña en todos los casos, manifestando síntomas de toxicidad incluso en las parcelas enmendadas y siendo nula su producción en los testigos.

También es nula la producción en los testigos de pastizal. Sin embargo, en las parcelas enmendadas con espumas de azucarera, dolomita y caliza se asegura su establecimiento y permanencia aun en condiciones de secano, mejorando notablemente su producción con el transcurso de los años. ■

FIGURA 1



Agradecimientos

A la Consejería de Educación y Universidades de la Junta de Castilla y León por la concesión del proyecto de investigación LE-04/01, gracias al cual hemos podido realizar este trabajo.
A la Junta vecinal de Rioseco de Tapia (León) por la cesión de la superficie para la realización de los ensayos.

Bibliografía

Kamprath, E.J. (1970). Exchangeable aluminium as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 252-254.

Rivas-Martínez, S. (1987). Mapa y memoria de las series de vegetación de España. Madrid. MAPA.

Vidal, M.; Garzón, E.; García, V.; Ontañón, A. and Villa, E (2004 a) Models for predicting the composition and temporal structure of chemical parameters for leachater from amended acid soils. Comm. Soil Sci. Plant Ana, 35: 1517-1542, 2004.

Vidal, M.; Garzón, E.; Garcia, V. and Villa, E. (2004 b) Diferentiating the amending effects of calcareous materials applied to acid soils by use of factor methods. Agrochimica.(aceptada para publicación).

Villa, E. (2005). Incidencia de la aplicación de espumas de azucarería y otras enmiendas calizas sobre la producción de biomasa. Mejora a corto plazo de los condicionantes agronómicos de los suelos ácidos de raña del norte de León. Tesis doctoral. Universidad de León.