

EFECTOS DE LOS ENCALADOS CON CALIZA, ROCA DE YESO Y ESPUMAS DE AZUCARERIAS SOBRE LA FERTILIDAD QUIMICA DE LOS SUELOS DE LAS RAÑAS DEL NORTE DE LEON

R, BLÁZQUEZ RODRÍGUEZ*, M, VIDAL BARDÁN* y A, LÓPEZ FABAL*

* Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago. Campus Universitario, 27002-Lugo

** Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia. Mabegondo, 15318-La Coruña.

Abstract: The profile of an acid soil from the northern "rañas" of the province of León (Spain) has been reproduced in methacrilatic columns. During five months, under laboratory conditions, it has been studied and compared the distinguishing effect that over the chemical properties have three traditional liming materials: sugar foam, conventional limestone and gypsum rock. Changes happened in all exchangeable compound basis have been analyzed as well as the differences of the percentage of aluminium saturation, and all of them have been related to the control soil evolution too. Besides, the efficiency of those three products as removing the aluminium from the exchangeable compound is quantified. As well is analyzed the effect that these correctives of the acidity induce on the availability of Fe, Mn, Cu and Zn. Finally, it was weekly analyzed the contents of basis, E.C. and pH of the dripping water obtained reproducing the average rainfall of the surveyed area.

Key words: liming, sugar foam, limestone, gypsum rock, exchangeable compound, liming efficiency, Fe, Mn, Cu and Zn.

Resumen: Se ha reproducido en columnas de metacrilato el perfil de un suelo ácido de las rañas del N de la provincia de León. Durante cinco meses y bajo condiciones de laboratorio se ha estudiado y comparado el efecto diferencial que sobre las propiedades químicas tienen tres materiales encalantes tradicionales: espumas de azucarería, caliza convencional y roca de yeso. Se han analizado las variaciones experimentadas por todas las bases del complejo de cambio, así como las variaciones del porcentaje de saturación de aluminio, y todas ellas con relación a la evolución de las columnas del suelo testigo. Además, se cuantifica la eficiencia de aquellos tres productos como desplazantes del aluminio del complejo de cambio. También se analiza el efecto que estos correctores de la acidez inducen sobre la disponibilidad del Fe, Mn, Cu y Zn. Por último, se analizaron semanalmente el contenido en bases, CE y pH de los percolados obtenidos al reproducir la precipitación media de la zona de estudio.

Palabras clave: encalado, espumas de azucarería, caliza, roca de yeso, complejo de cambio, eficiencia encalante, Fe, Mn, Cu y Zn.

INTRODUCCION

Como en otras situaciones análogas, los suelos de las rañas de la zona norte de la provincia de León se caracterizan por su marcada acidez (Vidal,

1997), con porcentajes de saturación de aluminio superiores al 40% en todos los horizontes, y una notable deficiencia de algunos oligoelementos tales como cobre y zinc. Estas circunstancias

imponen una marcada marginalidad y abandono de estas tierras de cultivo.

Los residuos de espumas de azucarera presentan una notable riqueza de calcio que los configura en potenciales materiales correctores o encalantes de estos suelos de cultivo. Por otra parte, estos residuos agroindustriales, procedentes de la floculación de las sustancias no azucaradas del jugo extraído por aplicación de lechadas de cal o defecación, generan problemas de almacenamiento durante la campaña de trabajo invernal de las fábricas que resulta preciso solventar.

En este trabajo se analiza y compara la eficiencia encalante de la utilización de las espumas de azucarera de las fábricas de Veguellina de Orbigo (León), frente a dos tradicionales productos encalantes: la caliza y el yeso.

Se ha trabajado bajo condiciones de laboratorio (20°C de temperatura media) con un suelo ácido de las rañas pliocenas del lugar denominado Valleiglesia, situado a una altitud de 1.169 m, y municipio de La Robla, León (lat. 4738,5 N UTM y Long. 286,0 W UTM). El encajamiento fluvial ha fosilizado a estas superficies de erosión a una altitud de 250 m sobre el cauce actual.

La precipitación media anual es de 744 mm y la temperatura media anual de 10,3 °C. En la tabla nº1 se presenta un resumen del balance de humedad de Thornthwaite (M.A.P.A., 1998), así como los principales índices y la clasificación climática.

El régimen de temperatura del suelo es méxico y el de humedad xérico.

MATERIAL Y METODOS

El suelo de estudio es un Palexerult Aquic con marcados síntomas de hidromorfía y deficiente drenaje. Los horizontes A y AB, previamente secados al aire y tamizados a 2,0 mm, se reprodujeron en columnas de metacrilato de 9,20 cm de diámetro interior. Sólomente el horizonte A del suelo fue objeto de corrección de la acidez con tres productos encalantes diferentes: caliza, espumas de azucarera y roca de yeso, todos ellos íntimamente incorporados al horizonte A, una vez tamizados a 0,25 mm.

Los ensayos se prolongaron durante cinco meses, realizándose dos repeticiones por tratamiento, además de las dos columnas control o testigo. Durante este periodo de tiempo se reprodujo la precipitación media mensual de los cinco meses comprendidos entre noviembre y marzo, mediante simulaciones de lluvia diaria de 2,80 mm. En el último percolado semanal se analizaban la conductividad eléctrica y pH, así como el calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio por electroforesis capilar.

Además de la caracterización general del suelo por medio del análisis textural (escala USDA), se determinó el contenido de materia orgánica mediante digestión húmeda (Walkley y Black, 1934), contenido de nitrógeno total (Kjeldahl) y el pH en agua y CIK 0,1 N (en ambos casos suspensión suelo/agua 1:2,5). La capacidad de intercambio catiónico se determinó con AcONH_4 1 N a pH 7, según el procedimiento de Peech (1947). Las bases de cambio se

Tabla nº1. Clasificación climática de C.W. Thornthwaite. Estación de La Robla (León)

Obser	Exceso medio anual (mm)	Falta media anual (mm)	E.T.P media anual (mm)	Ih	Ia	Im	% E.T.P verano	Clima
La Robla	259	217	702	36.9	30.9	18.4	51.0	C ₂ sB ₁ b ₁ y

extrajeron con la solución anterior y la determinación fué realizada por absorción atómica. Además de lo anterior, los cationes cambiabiles se extrajeron con una solución de Cl_2Ba 0,6 N (Mehlich, 1976). El contenido de fósforo asimilable se estimó mediante el método de Olsen (1954). Los contenidos asimilables de Fe, Mn, Cu y Zn se extrajeron mediante solución de DTPA (Lindsay y Norwell, 1978) y se determinaron todos ellos por absorción atómica. Finalmente, el contenido total de estos cuatro oligoelementos en los tres productos empleados en los tratamientos se determinó, previo

ataque de ácido nítrico y perclórico, por absorción atómica.

El cálculo de la dosis teórica de encalado en base a la reducción deseada de saturación efectiva en aluminio ($\%V_e\text{Al}$) del complejo de cambio, se realizó aplicando la fórmula Cochrane (1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

La caracterización general del suelo de estudio queda reflejada en las tablas n° 2, 3 y 4.

Por otra parte, en la tabla n° 5 se presentan

Tabla n°2. Caracterización general del suelo.

Hor	Prof (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	M.O. (%)	pH _{H₂O} 1:2.5	pH _{ClK} 1:2.5	C/N
A	0-20	53.7	27.3	18.0	3.62	5.3	4.2	19.0
AB	20-50	48.6	28.9	24.0	0.5	4.9	3.8	6.8
B _g	>50	39.4	26.5	34.2	0.58	4.5	3.6	6.6

Tabla n°3. Caracterización general del suelo (continuación), cationes de cambio extraídos con Cl_2Ba 0,6 N (cmol(+)/kg), P y K asimilables (mg/kg)

Hor	Al	Ca	Mg	K	Na	V _e Al (%)	P asim	K asim
A	1.63	1.86	0.08	0.10	0.08	43.5	9	39
AB	1.51	0.64	0.04	0.08	0.09	63.9	<1	31
B _g	3.84	2.49	0.60	0.12	0.16	53.3	<1	47

Tabla n°4. Capacidad de intercambio catiónico y bases de cambio mediante AcONH_4 pH 7 (cmol(+)/kg)

Hor.	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	V (%)
A	6.91	1.25	0.25	0.03	0.08	23.3
AB	6.70	0.20	0.20	0.03	0.07	7.5
B _g	7.22	0.70	0.40	0.04	0.08	16.9

los resultados correspondientes al análisis de oligoelementos asimilables (DTPA) de los tres horizontes del suelo, así como los correspondientes elementos totales obtenidos mediante ataque de ácido nítrico y perclórico de los tres productos encalantes utilizados.

Con relación a estos primeros resultados cabe destacar, en primer lugar que, como suelos ácidos saturados en Al^{+3} , las diferencias encontradas en $pH_{H_2O} - pH_{CaCl_2}$ resultan ser siempre superiores a 1. Por otra parte, la elevada saturación de aluminio que presenta el complejo de cambio, supera ampliamente el nivel del 20% que es el umbral que se establece como deseable después de la corrección, y que no resulta ser fitotóxico para la mayoría de las especies de cultivo (Mombiola, 1984). Por otra parte, el método del $AcONH_4$, aunque poco adecuado para este tipo de suelos por el aumento que se experimenta de carga negativa dependiente del pH, prueba de igual modo la reducida saturación en bases de cambio existente. De igual modo, los contenidos de fósforo y potasio asimilables caen en el rango de baja y muy baja disponibilidad respectivamente.

En relación con el contenido de oligoelementos, el cinc se encuentra como deficiente y, entre marginal y deficiente el cobre,

resultando ricos los contenidos encontrados de hierro y de manganeso.

De acuerdo con la fórmula de Cochrane, para un $V_c Al$ final y deseable del 20% y considerando un factor de 2 para cultivos sensibles la dosis final calculada fue de 2,32 T/ha de CO_3Ca . El contenido de Ca^{+2} total en los materiales encalantes empleados resultó ser: 370.000 mg/kg en la espuma (riqueza del 92,5% en CO_3Ca), 349.000 mg/kg en la caliza (riqueza del 87,3%) y 76.750 mg/kg en la roca de yeso (riqueza del 19,2%), lo que justificó, según el tipo de tratamiento, la incorporación de 1,77 g de caliza en el horizonte A de cada columna; 1,66 g de espuma o 8,03 g roca de yeso.

Al finalizar la prueba, se muestrearon las profundidades comprendidas entre los 7-14 cm (muestra A2) del horizonte A y los intervalos comprendidos entre 21-28 cm (muestra AB4) y 35-42 cm (muestra AB6) correspondientes estas dos últimas al horizonte de transición AB.

En la tabla nº 6 se recogen los valores de Al inicial y final, así como la eficacia encalante de cada uno de los materiales, expresándose ésta por medio de la relación de $cmol(+) de Al^{+3}$ desplazados por $cmol(+) de Ca^{+2}$ incorporado al suelo.

Estos resultados junto con los valores de

Tabla nº5. Elementos asimilables(DTPA) del suelo y elementos totales de los materiales correctores empleados(mg/kg)

Horizonte	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A	88	9	0.58	0.1
AB	22	4	0.22	0.1
Btg	26	3	0.36	0.1
Producto	Fe total (mg/kg)	Mn total (mg/kg)	Cu total (mg/kg)	Zn total (mg/kg)
Espuma	3925	335	<3	16
Caliza	9920	442	<3	12
Roca de yeso	5965	81	<3	8

pH en CIK finales prueban un incremento de 1,04 unidades de pH en la muestra A2 y 0,10 en el AB4 en el caso de la utilización de espumas, frente a incrementos de pH de 0,92 unidades en el A2 y de 0,32 en el AB4 cuando se encaló con caliza comercial. Estos resultados prueban una mayor eficiencia encalante de las espumas en la zona superficial, alcanzándose en la muestra A2 un desplazamiento de 1,35 cmol(+) de Al por cmol(+) de Ca aplicado y 0,0 en la AB4, cuando se compara con un efecto más en profundidad de la caliza que logra 1,17 cmol(+) de Al por cmol(+) de Ca en la capa A2 y 0,32 en la AB4.

Con relación a los resultados de P final de la muestra A2, en todos los tratamientos se obtuvieron valores inferiores a los 9,0 mg/kg iniciales. Todo hace pensar que el aumento de pH incrementa la precipitación de los compuestos hidroxialumínicos cargados positivamente, favoreciéndose de esta manera una mayor adsorción de los fosfatos (Santano, 1995)

Los análisis de los percolados muestran, como resultado del desplazamiento del Al⁺³ del complejo de cambio, una acidificación progresiva y conjunta de todos los lixiviados (figura nº1), más

acentuada como es lógico en las columnas tratadas con roca de yeso, hasta aproximadamente dos meses después del inicio del ensayo (percolado nº19, pH=4,0), a partir del cual empiezan a remontar todos aquellos valores.

Simultáneamente, la CE de los percolados se incrementa de forma progresiva también hasta el percolado nº19, decreciendo hacia el final de la prueba. Dada la mayor solubilidad del yeso frente a la caliza y espuma, mientras que en estos dos últimos tratamientos no se superan valores de 0,3 dS/cm, en las columnas de yeso se alcanzan los valores propios, correspondientes al máximo de solubilidad (30 meq/L), lo que corresponde aproximadamente a los 2,5 dS/m registrados. Por esta misma razón, en las columnas tratadas con yeso los percolados alcanzan las máximas concentraciones de calcio (360 mg/L), de magnesio (45 mg/L), amonio (23 mg/L), sodio (12 mg/L) y potasio.

Los resultados correspondientes a la capacidad efectiva de cambio (Cl₂Ba 0,6N) se representan en la figura nº2. En ésta cabe destacar la mejora que experimenta el porcentaje de saturación de aluminio medio final (V_eAlmf) corres-

Tabla nº6. Eficacia encalante de los materiales.

Producto	Muestra	Al inicial	Al medio final	cmol(+)Al/ cmol(+)Ca
Caliza	A2	1.63	0.70	1.17
Caliza	AB4	1.51	1.125	0.32
Caliza	AB6	1.51	1.81	0.00
Espuma	A2	1.63	0.56	1.35
Espuma	AB4	1.51	1.53	0.00
Espuma	AB6	1.51	1.81	0.00
Roca yeso	A2	1.63	1.25	0.48
Roca yeso	AB4	1.51	1.67	0.00
Roca yeso	AB6	1.51	1.67	0.00

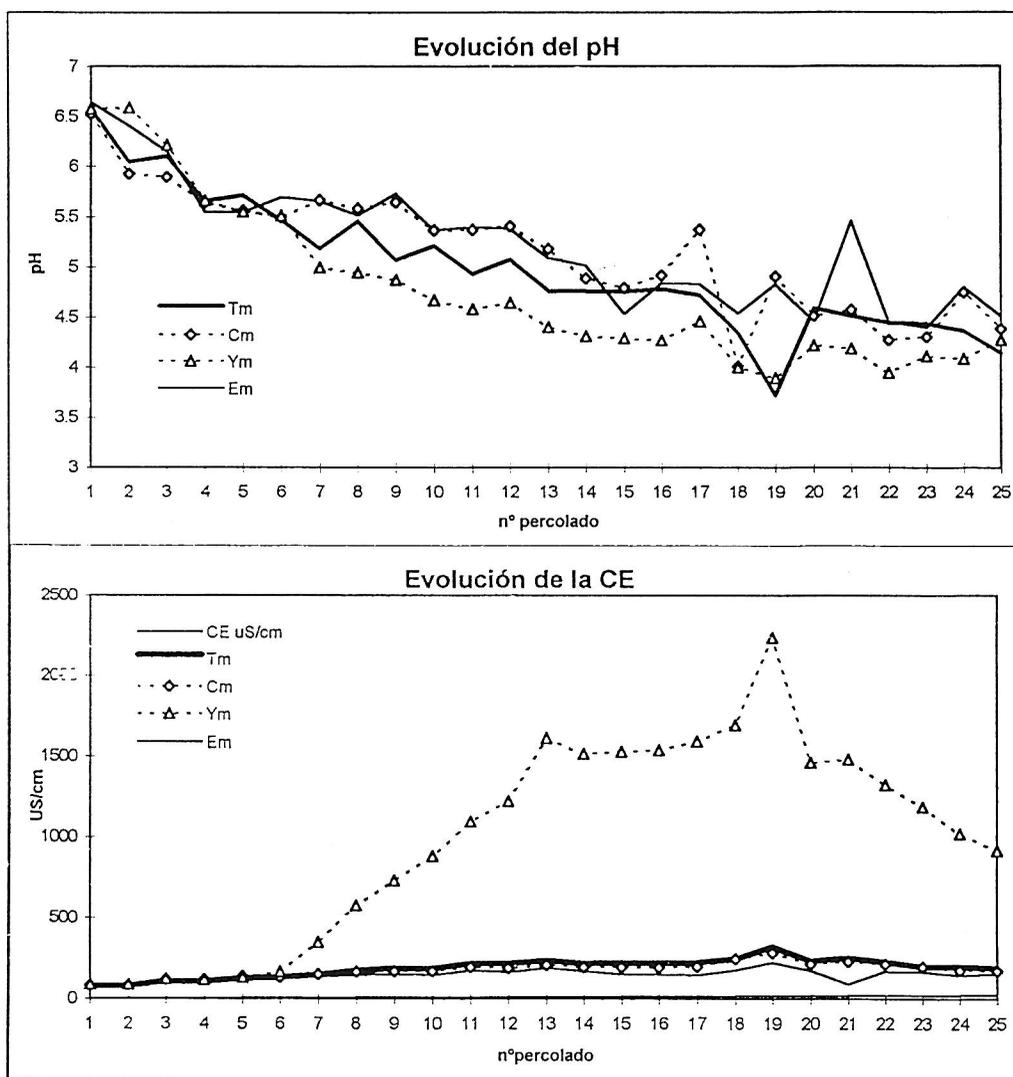


Figura 1. Evolución de la CE y pH de los percolados.

pondiente a la media de las dos columnas de cada tratamiento con relación a las del testigo ($V_c Almf - V_c AlTmf$). Estos resultados corroboran el mayor rendimiento en calante y superficial de la espuma, deducido anteriormente. Como consecuencia de lo anterior, se comprueba también el mayor incremento superficial del pH en CIK que genera la espuma frente a la caliza, resultando mínimo en el caso del yeso. Sin embargo, la variación entre

contenidos finales e iniciales de Ca resulta mayor en el caso de la aplicación de la roca de yeso, mientras que en el caso del magnesio resulta más enriquecedor la espuma. Finalmente, la saturación media y final de calcio y de magnesio con relación a la CIC_c resulta también superior en el caso de la corrección con espumas, debido probablemente al propio contenido de $(OH)_2Ca + CO_3Mg$ que presenta este último material, que aunque bajo, incrementa

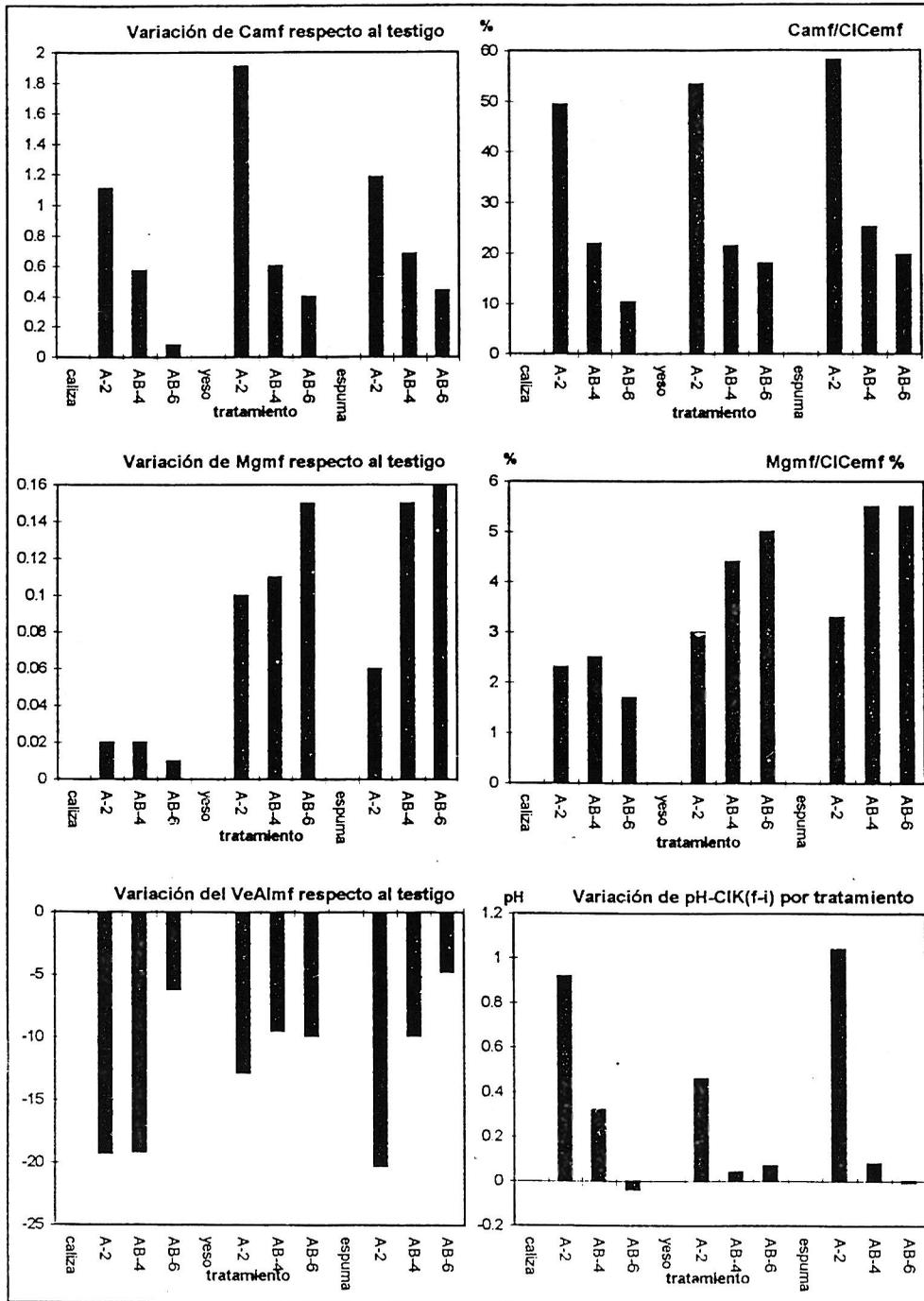


Figura 2. Valoración de VeAl, Ca y Mg medios y finales con relación al testigo. Porcentaje de saturación de Ca y Mg. Incrementos de pH en CIK.

el aporte de bases por unidad de peso de carbonatos (Santano, 1995)

En la figura nº3 se presentan las variaciones, con relación al testigo, entre los valores medios y finales correspondiente a los cuatro oligoelementos estudiados bajo el efecto de los tres tratamientos. Cabe destacar de estos resultados que, salvo en el caso del cobre en el que se experimenta siempre un enriquecimiento, los tres tratamientos, como consecuencia directa del incremento del pH, inducen una reducción

en la disponibilidad del cinc, hierro y manganeso, a excepción de las espumas que incrementan los contenidos de estos dos últimos elementos en la muestra superficial A2.

Finalmente, en la tabla nº7 se presentan las ecuaciones de correlación obtenidas entre el conjunto de todos los valores de V_{Al} medio final, y los contenidos finales medios de Al, Ca, Mg y CIC_0 , correspondientes a los tres tratamientos, incluido el valor medio de las columnas testigo. También se recogen las

Figura 3. Variación de Fe, Mn, Cu y Zn medios finales respecto al testigo.

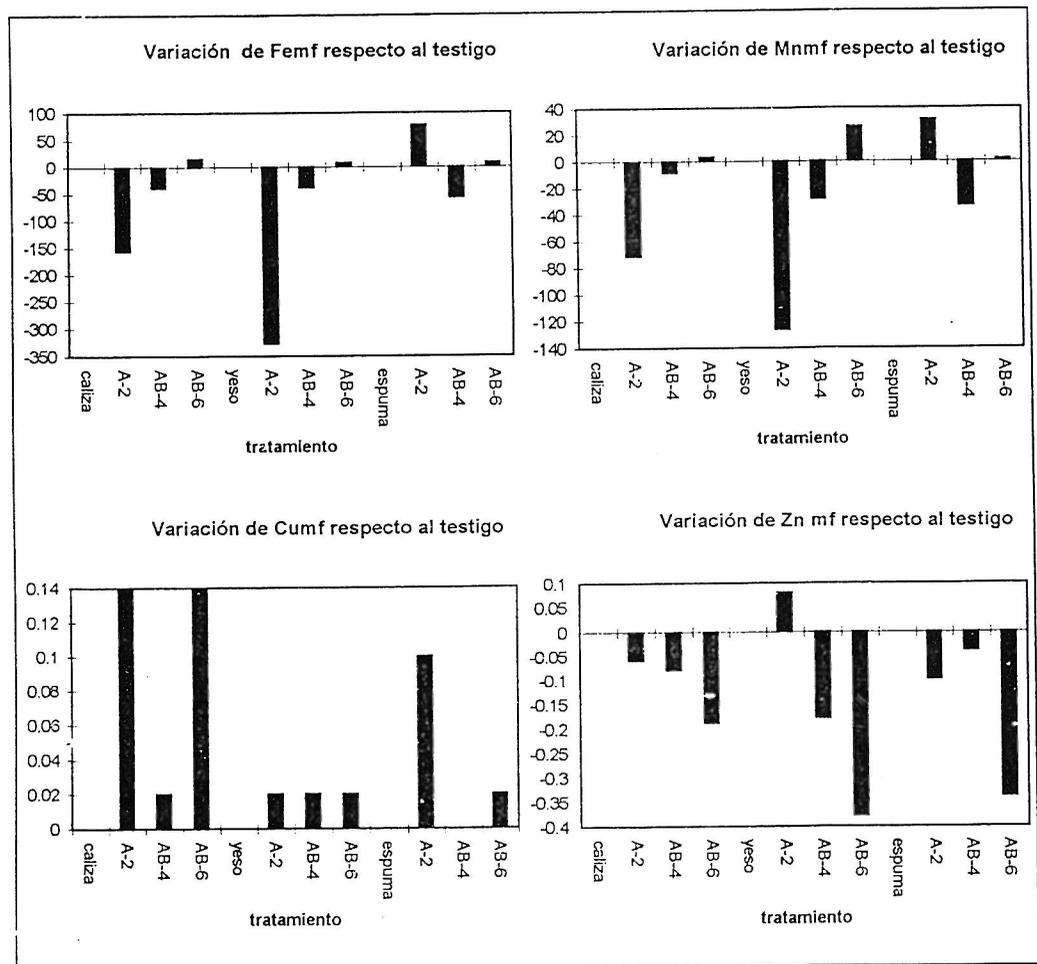


Tabla nº 7. Correlaciones obtenidas.

Correlación	Ecuación	r ²
V _e Almf - Almf	y = 0.51 * 10 ^{0.01x}	0.88
V _e Almf - CIC _o mf	y = 5.65 * 10 ^{-0.001x}	0.37
V _e Almf - Camf	y = 6.58 * 10 ^{-0.02x}	0.85
V _e Almf - pH _{CIK} mf	y = 5.74 * 10 ^{-0.001x}	0.89
V _e Almf - pH _{H₂O} mf	y = 6.24 * 10 ^{-0.001x}	0.59
(V _e Almf - V _e AlTmf) - ΔpH _{CIK}	y = - 0.44 - 0.06x	0.76
(V _e Almf - V _e AlTmf) - ΔpH _{H₂O}	y = - 0.59 - 0.06x	0.64

correlaciones finales entre V_eAl medio final y los valores de pH en agua y CIK medios finales, así como la correlación establecida entre (V_eAlmf - V_eAlTmf) y los incrementos correspondientes de pH.

CONCLUSIONES

De las pruebas de encalado de un suelo ácido de las rañas del N de la provincia de León, y bajo condiciones de laboratorio, con espumas de azucarería, caliza y roca de yeso, se concluye que las espumas residuales de las azucarerías resultan más eficientes en el aumento del pH-CIK del suelo y en el desplazamiento del Al de cambio en la zona superficial comprendida entre los 7-14 cm. Por todo ello, con la aplicación de estas espumas se alcanza la mayor reducción de la saturación efectiva de Al(V_eAl) en la zona superficial de aquel suelo. Por otra parte, este es el único material de los tres empleados que genera un mejoría de la disponibilidad de Fe y Mn, además del incremento del Cu que, por otra parte, resulta ser un efecto común para los tres materiales.

REFERENCIAS

COCHRANE, T.T, SALINAS, J.G. and

SANCHEZ, P.A.(1980): An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance. *Trops. Agric.(Trinidad)*. **57**(2), 133-140.

LINDSAY, W.L. and NORWELL, W.A.(1978): Development of a DTPA soil test for Zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci.Soc.Am.J.***42**,421-428.

M.A.P.A.(1998): *Caracterización agroclimática de la provincia de León*. Dirección General de la Producción Agraria, Madrid, 155p.

MEHLICH, A.(1976): New Buffer PH method for rapid estimation of exchangeable acidity and liming requirement of soils. *Com. Soil Sci. Plant. Anal.***7**,637-652.

MOMBIELA, F.A. y MATEO, M.E.(1984): Necesidades de cal para praderas en terrenos «a monte». *An. INIA/Ser. Agrícola* **N.25**,129-143.

OLSEN, S.R., COLE, C.V. and WATANABEE, F.S.(1954): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U.S. Dept Agric. Cir.* **939**. Washington, USA.

PEECH, M. and ALEXANDER, L.T.(1947): Methods of soil analysis for soil fertility investigations. *U.S. Dept. Agr. C.757*, 25p.

SANTANO, J.(1995): *Incidencia de la aplicación de diferentes enmiendas calizas y yesíferas sobre la dinámica del aluminio y*

- disponibilidad de algunos nutrientes en un Palexerult de la Raña de Cañamero (Cáceres).* Tes. Doc. U.P.M., 187p.
- VIDAL, M. and LÓPEZ, A.(1997): Usefulness and efficiency of the waste of the sugar foam used as liming matter. *11th World Fertilizer Congress*. Gent, Belgium.
- WALKLEY, A. and BLACK, A.(1934): An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.***37**, 29-38.
-