

INCIDENCIA DE LA DOLOMITA Y DE LAS ESPUMAS DE AZUCARERÍA SOBRE EL pH, BASES DE CAMBIO Y AI DE CAMBIO

Aplicación de dos enmiendas calizas en suelos ácidos dedicados al cultivo de la variedad Mencía



Foto 1. Viñedo objeto de la investigación.

En este artículo se muestran los resultados de la aplicación de dos enmiendas calizas (dolomita y espumas de azucarería) en un suelo ácido dedicado al cultivo de *Vitis vinifera* L. cv. Mencía. Se ha estu-

diado el efecto que las enmiendas calizas han presentado para los parámetros nutricionales pH (H₂O), materia orgánica, Ca, Mg, K y Al en los primeros 30 cm del perfil del suelo.

M. A. Olego, J. E. Garzón, J. J. Rubio,
V. M. García J. M. Álvarez, M. J. Quiroga.

Instituto de Investigación de la Viña y el Vino (IIVV).
Universidad de León.

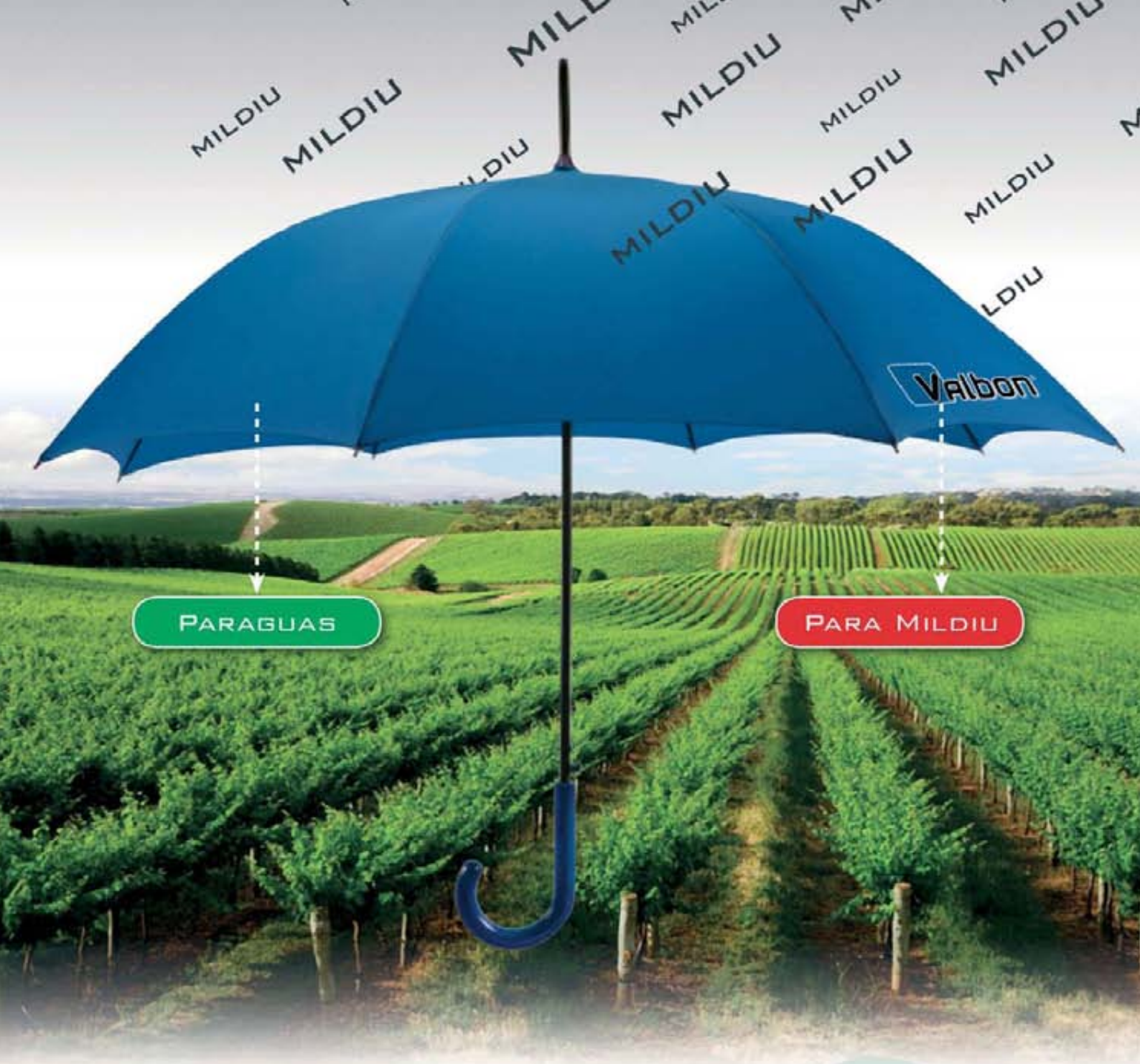
La acidificación del suelo es un proceso natural que puede ser acelerado o aminorado en función de las prácticas de cultivo desarrolladas. El proceso de acidificación del suelo, se manifiesta de diversas maneras: (a) disminución de la reacción del suelo (pH), (b) disminución del porcentaje de saturación de bases en el complejo de cambio, (c) desequilibrios de elementos nutritivos en el entorno radicular y (d) disminución de la capacidad de neutralizar

ácidos del medio edáfico (van Breemen, 1991). Uno de los motivos más comunes por los cuales los suelos comienzan a sufrir procesos de acidificación, es la generación de iones H₃O⁺ como resultado de la reacción de los iones Al³⁺ con el agua del suelo, constituyendo la presencia de estos iones de Al en la solución del suelo, uno de los principales motivos de la reducida fertilidad de los suelos ácidos.

La concentración y actividad de los iones Al³⁺ en el suelo dependen de una serie de reacciones que tienen lugar en la solución acuosa del suelo. La magnitud de estas reacciones depende de: (a) pH del suelo, (b) fuerza iónica, (c) naturaleza y concentración de los ligandos complejantes, y (d) naturaleza y concen-

tración de los cationes competidores. Entre estas reacciones, se pueden reflejar como más importantes las siguientes: hidrólisis, polimerización y complejación con aniones inorgánicos y orgánicos (Nordstrom y May, 1996).

Las especies predominantes de iones Al presentes en el suelo varían con el pH. Así, el incremento de la acidez del suelo provoca una solubilización del Al, el cual es la principal fuente de toxicidad para las plantas cuando el pH del suelo es inferior a 5,5 (Bohn *et al.*, 2001). En condiciones de mayor acidez (pH < 4,5), la especie iónica Al³⁺ se muestra con una mayor potencialidad de intercambio que las especies iónicas Al-hidroxilo que se presentan a pH más elevados (4,5 - 6,5).



PARAGUAS

PARA MILDIU

Eficacia anti-mildiu

Para el Mildiu, Valbon®.
En todas las fases de tu cultivo protege tus beneficios con Valbon®,
el ANTIMILDIU todoterreno.

Valbon®



SIPCAM
IBERIA

www.sipcamiiberia.es



La adición de enmiendas calizas es uno de los principales métodos empleados en la mejora de las condiciones de fertilidad de los suelos ácidos, de tal forma que su principal misión es la neutralización de las especies iónicas tóxicas de Al. La aplicación de las enmiendas calizas en tiempo y dosis adecuadas, provoca diversos cambios en el suelo desde un punto de vista biológico, físico y químico. Así, mediante su empleo, se neutraliza la acidez del suelo (pH) y la toxicidad provocada por las elevadas concentraciones de Al, Mn y H_3O^+ , se mejoran las condiciones estructurales del medio edáfico (aireación), se aumenta la biodisponibilidad de los nutrientes P, Ca, Mg y Mo, mientras que por otra parte, se ve reducida la biodisponibilidad de los nutrientes Fe, Mn, Cu y Zn (Fageria y Baligar, 2008). Como han comprobado Álvarez *et al.* (2009), en sus ensayos con dolomita, el tamaño de partícula (\emptyset mm) que presentan las enmiendas calizas, influenciará de una forma decisiva su rapidez de acción. No obstante, se pueden definir tres componentes importantes que determinan la calidad de una enmienda caliza: el poder neutralizante, su dureza (determinada en gran medida por la composición química de la enmienda) y el ya citado tamaño de partícula (Edmeades y Ridley, 2003).

Los efectos que la acidez del suelo presenta sobre el desarrollo de la vid, no ha sido una cuestión ampliamente documentada, habiéndose constatado, sin embargo, una reducción de las producciones y un pobre desarrollo de la planta, especialmente de su sistema radicular. De esta forma, Kirchoff *et al.* (1991), en sus estudios llevados a cabo sobre *Vitis vinifera* cv. Chardonnay, observaron como la acidez del medio edáfico, especialmente en el subsuelo, inhibía el desarrollo del sistema radicular. Por su parte Wooldridge *et al.* (2010), observaron en sus estudios sobre una combinación de los cv. Pinot noir y Chardonnay con cuatro portainjertos diferentes, cómo las vides desarrolladas sobre suelos ácidos presentaban un menor vigor y un mayor estrés radicular, que aquéllas que se desarrollaban sobre suelos sometidos a programas de enmiendas calizas.

Las enmiendas calizas empleadas de forma tradicional para contrarrestar los efectos desfavorables que sobre los cultivos presenta la acidez del suelo, son los compuestos cálcico

CUADRO I.

Temperatura media y precipitación anual durante los años 2009, 2010 y 2011.

	Año 2009	Año 2010	Año 2011
Temperatura media (°C)	13,1	12,5	13,2
Precipitación anual (mm)	549,2	910,2	464,6

cos y magnésicos en forma de carbonatos, óxidos e hidróxidos, siendo la caliza ($CaCO_3$) la de uso más común. Tanto la caliza, como el resto de enmiendas calizas, generan por hidrólisis grupos OH^- en el medio edáfico, que neutralizan la acidez e incrementan el pH. Entre estas enmiendas calizas, se encuentran la dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) y las espumas de azucarería. La dolomita, destaca por sus aportes de Mg, así como por presentar un poder neutralizante mayor que el de la caliza ($CaCO_3$), pero una acción más lenta que esta última. Las espumas de azucarería, subproductos del proceso de fabricación de azúcar a partir de la remolacha, destacan por su elevado contenido de caliza activa, lo cual provocará una rápida acción sobre las desfavorables condiciones que presentan los suelos ácidos, y por su apreciable contenido de materia orgánica y micronutrientes esenciales (Vidal *et al.*, 1997a). No obstante, la composición de las espumas de azucarería presenta una gran variabilidad en función de la procedencia variable de la roca caliza empleada en los procesos de floculación de las materias coloidales durante el proceso de fabricación del azúcar, y de los diferentes procedimientos inherentes al propio proceso de fabricación (Urbano, 2002).

La principal motivación de la realización de este trabajo, ha consistido en observar cómo

evoluciona los parámetros de fertilidad pH (H_2O), materia orgánica, Ca, Mg, K y Al en el perfil de un suelo ácido dedicado al cultivo de *Vitis vinifera* L. cv. Mencía, cuando se han incorporado a su perfil labrado las enmiendas dolomita y espumas de azucarería, con el objetivo de poder concluir si las condiciones de fertilidad son más favorables para el desarrollo del cultivar Mencía.

Material y métodos

Zona de estudio

El estudio fue llevado a cabo durante un período de tres años (2009-2011), sobre un suelo de viñedo situado a 556 m de altitud en el municipio de Cacabelos (León), ubicado en el entorno geográfico delimitado por la DO Bierzo. Desde un punto de vista climatológico, el viñedo se encuentra en una zona que corresponde a un clima dubárido atendiendo a la clasificación climática de Thornthwaite, superando la evapotranspiración potencial anual (Thornthwaite) los 700 mm (Atlas del territorio en Castilla y León, 1995). Desde un punto de vista bioclimático, atendiendo a nivel de termotipos, se clasificaría como mesomediterráneo superior, mientras que atendiendo a nivel de ombrotipos, correspondería a una región mediterránea de tipo subhúmedo medio (Atlas del medio natural de la provincia de León, 1995). Las temperaturas medias y la precipitación acumulada para cada uno de los años durante los cuales se desarrolló la investigación, aparecen reflejadas en el **cuadro I**.

El viñedo sobre el cual se ha realizado la investigación, presenta plantas de *Vitis vinifera* L. cv. Mencía injertada sobre patrón 110 Richter que en el inicio de la toma de muestras presentaba sesenta años de edad (**foto 1**). El sistema de conducción es en vaso, con cuatro o cinco brazos por planta. En la poda de invierno se deja un pulgar con dos yemas en cada brazo y aproximadamente en el mes de junio, se efectúa una poda en verde. El viñedo no presenta ningún sistema de riego de apoyo, y ni en el año anterior al comienzo de la toma

Las espumas de azucarería han exhibido la mayor eficiencia como enmienda caliza, aunque en cualquier caso, el empleo de ambas enmiendas calizas ha supuesto un incremento en el suelo de las concentraciones de Ca y Mg de cambio

ESPECIALIDADES PARA VID Y PARRAL MASSÓ

IPRODIONA 50% SC

FUNGICIDA CONTRA BOTRYTIS, CLASBOTRYTIS Y NISULIA




PARA VID, UVAFRUTOS, CUCURBITACEAS, MEL, CEBOLLA, CANTALOUPE, PASTOR, ZANAHORA, NARANJA, ARZOBISPO, ALICANTE, NARANJA, FRUTAS DE SECO Y DE PIEL, CILLO, PASADURA, TIRAMISU, GORGONJOLA, AGUARO, SANJUANITA, REGULADORA DE HORM. VEGETAL, ALFARROBA, PRODUCTO OBTENIDO MEDIANTE PROCESOS ANIMALES Y VEGETALES.

USAR SIEMPRE LA ETIQUETA ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y/O REFERIRSE A RESUMENES Y APLICACIONES PROFESIONALES




ALIADO[®] FM

FUNGICIDA ORGANICO DE PENETRACION Y CONTACTO




PARA: VID, NARANJA, PARRAL, NISULA Y FRUTAS




COBRELINE[®] TRIPLE

FUNGICIDA ORGANICO CUPRICO DE PENETRACION Y CONTACTO




PARA: VID, NARANJA Y FRUTAS




COBRELINE[®] FOLPET

FUNGICIDA ORGANOCUPRICO DE LARGA PENETRACION



PARA: VID, NARANJA, PARRAL Y FRUTAS



SPONSOR[®] COMBI

FUNGICIDA ANTIBOTRIS SISTEMICO Y DE CONTACTO





PARA: VID, NARANJA Y FRUTAS DE VID



COBRE NORDOX[®] 75 WG

FUNGICIDA CUPRICO DE ALTA CONCENTRACION



MASSOCUR 12,5 EC

FUNGICIDA SISTEMICO CONTRA BOTRYTIS, NISULIA, VITICOLA, BOTRYTIS Y ALBIS-SPH







THIOCUR[®] COMBI

FUNGICIDA SISTEMICO, ANTIBOTRIS Y SISTEMICO CON ACCION PREVENTIVA CONTRA ALBIS-SPH



ATOMINAL[®] 10 EC

INSECTICIDA CONTRA COCHINILLAS DE LA VID

DASKOR[®]

INSECTICIDA DE AMPLIO ESPECTRO

La respuesta más eficaz para la fertirrigación del futuro

GROWEL[®]

LEONARDITA

Totalmente soluble y a la vez estable a pH muy ácido o alcalino.



WELGRO[®] POTASIO

GF-55

K⁺

THE MIRACLE FERTILIZER







Foto 2. Aplicación manual de las enmiendas.

de datos, ni en aquéllos durante los cuales se desarrolló la investigación, se incorporó algún tipo de fertilizante o enmienda extra a la planteada en esta investigación.

Dosis de enmienda aplicada

La dosis de enmienda caliza empleada para reducir el porcentaje de saturación de Al en el complejo de cambio ha sido calculada atendiendo a las condiciones de porcentaje de saturación por Al del complejo de cambio que presentaba el suelo objeto de ensayo en el inicio de la investigación, en base a la fór-

mula propuesta por Cochrane *et al.* (1980), en la cual se establece el objetivo de porcentaje de saturación de Al en el complejo de cambio que se desea alcanzar, que en este caso se ha situado en el 20%. De esta forma, se obtiene una dosis de $725,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$, que se han correspondido con 3.000 kg ha^{-1} de dolomita y 2.854 kg ha^{-1} de espumas de azucarería. La aplicación de las enmiendas se efectuó de forma manual en el mes de diciembre de 2008 (**foto 2**), realizando un pase de cultivador de forma posterior a la aplicación de la enmienda (**foto 3**).



Foto 3. Incorporación de las enmiendas calizas sobre el viñedo objeto de ensayo.

Diseño estadístico y análisis de suelos

Se empleó un diseño aleatorio, en el cual se evaluó la influencia de la variable independiente enmienda caliza (tres niveles: control, dolomita y espumas de azucarería), sobre las variables dependientes, pH (H_2O), MO, Ca, Mg, K y Al. Se efectuaron tres replicaciones para cada uno de los niveles de la variable independiente definida.

Las muestras de suelo durante los tres años de monitoreo (2009-2010-2011) fueron tomadas a la profundidad de 0-30 cm en los estados fenológicos de brotación, floración, cuajado, envero y caída de hojas. Estas muestras se dejaron secar en condiciones ambientales hasta que alcanzaron un peso constante, momento en el cual se tamizaron a través de un tamiz de 2 mm de \emptyset malla. La fracción fina ($\emptyset < 2 \text{ mm}$) del suelo original ha sido empleada para caracterizar su textura, así como para determinar el contenido de materia orgánica (MO) vía digestión húmeda (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1993), así como el pH en agua (en una suspensión suelo/agua 1:2,5). A partir de esta fracción fina, también fueron determinadas las concentraciones de Ca, Mg y K de cambio mediante espectroscopia de absorción atómica (AAS) empleando como agente extractante acetato amónico ($\text{NH}_4 \text{ OAc}$) 1N a pH 7 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1993), mientras que el Al de cambio ha sido determinado mediante ICP-AES empleando KCl 1 N como agente extractante (Little, 1964).

De forma previa al procesamiento estadístico de los resultados finales de las muestras de suelo, se procedió a contrastar la normalidad de cada una de las variables dependientes estudiadas, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, obteniéndose en todas ellas un nivel de significación $p > 0,05$. Posteriormente, estos datos han sido procesados mediante el modelo lineal general a través de un análisis de la varianza de las seis variables dependientes pH (H_2O), MO, Ca, Mg, K y Al), las cuales fueron empleadas como variables respuesta para los tres niveles de la variable independiente enmienda caliza (control, dolomita y espumas de azucarería), desarrollando el procedimiento de contrastes múltiples bien mediante el método de Tukey de las Diferencias Significativamente Honestas, o bien mediante el método de Games-Howell para un nivel de significación de $p < 0,05$, atendiendo a los resultados del test de Levene para la homogeneidad de las varianzas.

Resultados y discusión

Caracterización de las enmiendas calizas

El **cuadro II** muestra la composición mineral de las dos enmiendas calizas empleadas en la investigación. Por una parte, destaca el mayor contenido en Mg exhibido por la dolomita frente a las espumas de azucarería, mientras que en el caso de la materia orgánica (MO), sobresalen, de forma notoria, los contenidos de las espumas de azucarería. El mayor contenido en Ca presente en las espumas de azucarería, responde, de forma habitual, a la presencia de cantidades sustanciales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de forma adicional a CaCO_3 (Espejo, 2001).

Caracterización inicial del suelo

El **cuadro III** muestra los datos analíticos preliminares para la profundidad de muestreo 0-30 cm. Para los fines de esta investigación, resulta interesante observar la saturación moderada del complejo de cambio por el Al (VeAl = Al/CiCe), que no supera el 30% en el inicio de la

CUADRO II.

Composición química de las enmiendas calizas. Contenidos referidos a materia seca.

	CaO g · kg ⁻¹	MgO g · kg ⁻¹	Na ₂ O g · kg ⁻¹	K ₂ O g · kg ⁻¹	Al mg · kg ⁻¹	Fe mg · kg ⁻¹	Mn mg · kg ⁻¹	Cu mg · kg ⁻¹	Zn mg · kg ⁻¹	MO g · kg ⁻¹
Dolomita	310,9	184,0	1,2	3,5	9.529	10.483	361	12	26	0,0
Espumas	403,8	14,5	0,4	0,9	2.469	1.420	121	12	32	79,0

investigación; en cualquier caso, el valor de VeAl se sitúa por encima del 20% (umbral de toxicidad marcado de forma habitual a nivel local). La acidez y la presencia de Al^{3+} en el suelo se ve reflejada de forma especial en la diferencia existente entre el pH (H_2O) y el pH (KCl) (superior a la unidad). Como cabría esperar, son reseñables las bajas concentraciones de Ca y Mg de cambio, mientras que las concentraciones de P y K, también se encuentran en valores deficitarios. De forma opuesta, también se puede observar en el **cuadro III** cómo los valores de los micronutrientes, principalmente Fe, Mn y Cu, se encuentran en valores superiores a los considerados como adecuados desde un punto de vista de la fertilidad de los suelos. Mención especial

merecen los datos analíticos referidos al Cu, cuyos elevados valores previsiblemente se encuentren motivados por las aplicaciones de fungicidas con base cúprica empleados de forma habitual en el cultivo de la vid.

Análisis de parámetros nutricionales

El **cuadro IV** muestra los valores medios y sus desviaciones estándar para los parámetros nutricionales pH (H_2O), MO, Ca, Mg, K y Al a la profundidad de 0-30 cm. Observando las medias de los resultados analíticos mostrados en el **cuadro IV**, se observa cómo en aquellos suelos en los cuales se aplicaron las enmiendas calizas, se ha producido, desde el primer año, un incremento tanto de los valores del pH (H_2O),

Sugar Transfer

TESTADO Sugar Transfer

Aumenta 1-2º Brix

Uniformidad

Aumenta color

arvensis agro, s.a.
Carretera de Castellón Km. 21,1
50740 Fuentes de Ebro
(ZARAGOZA)
Tel +34 976 169 181
Fax +34 976 19 183
mail@arvensis.com
www.arvensis.com

OKO-GARANTIE BCS

CAAE INSUMO PARA LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

arvensis

CUADRO III.

Características principales y datos analíticos del suelo en el momento previo al inicio de la investigación a la profundidad de 0-30 cm.

Profundidad	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CE dSm ⁻¹	
0-30 cm	17,50	52,22	30,29	Franco arcillo limosa	5,12	3,83	0,046	
	MO (%)	P mg · kg ⁻¹	Ca ²⁺ cmol · kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol · kg ⁻¹		K ⁺ cmol · kg ⁻¹	Al ³⁺ cmol · kg ⁻¹	
0-30 cm	1,74	8,20	1,40	0,50		0,15	0,82	
	Fe mg · kg ⁻¹	Mn mg · kg ⁻¹	Cu mg · kg ⁻¹	Zn mg · kg ⁻¹	ClCe cmol · kg ⁻¹	VeAl (%)	Ca/Mg	K/Mg
0-30 cm	88,30	28,84	5,17	0,99	2,87	28,57	2,80	0,30

como de las concentraciones de Ca y Mg de cambio, mientras que de forma opuesta se puede observar una disminución de las concentraciones de Al de cambio. Estas variaciones existentes entre el control y las enmiendas calizas, parecen ser más acusadas para el tratamiento efectuado con espumas de azucarera, de tal forma que se manifestaría lo citado por Vidal *et al.* (1997a), al respecto de su mayor velocidad de actuación respecto de la dolomita.

En la **figura 1** se muestran los diagramas de caja de los parámetros nutricionales pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al para los diferentes ni-

veles de la variable independiente definida como enmienda caliza. A partir de la observación de los mismos, se puede realizar una valoración preliminar de la evolución que se ha producido en los parámetros nutricionales estudiados. De esta forma, a través de los diagramas de caja se observa un incremento en los niveles de pH y las concentraciones de Ca y Mg de cambio en aquellos suelos en los cuales se aplicaron las enmiendas respecto de los suelos empleados como control. Este incremento, parece ser más notorio en las espumas que en la dolomita. Se muestra también en la **figura 1** la evolución en el caso del

Al de cambio, de tal forma que los valores más elevados se observan ahora en el control con respecto a ambas enmiendas, siendo en estas últimas, las espumas de azucarera, las que parecen haber provocado un descenso más intenso en las concentraciones de Al de cambio en el medio. Este comportamiento del Al de cambio para cada una de las enmiendas empleadas, está en sintonía con lo referido por González *et al.* (2005). En las variables MO y K de cambio no se observa un patrón de comportamiento claro para los diversos niveles de ambas variables independientes.

Análisis de la normalidad

En el **cuadro V** se puede observar el contraste de normalidad efectuado sobre los datos pertenecientes a las variables independientes estudiadas, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. A partir de los datos mostrados por los niveles de significación del citado test, y habiendo observado tanto los histogramas de frecuencias como los gráficos Q-Q normal, se ha determinado que no es necesario realizar ninguna transformación de las variables sometidas a estudio.

Análisis univariado del modelo lineal general

El **cuadro VI** muestra los resultados de comparaciones múltiples post hoc obtenidas a través del procedimiento de Tukey en el caso de los parámetros pH (H₂O), MO, Ca, Mg y K, y a través del procedimiento de Games-Howell en el caso del Al, para los tres niveles del factor enmienda caliza. En el **cuadro VI** se puede observar la inexistencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para los parámetros MO y K de cambio. González *et al.* (2005) en sus ensayos sobre suelos de raña con dolomita y espumas, y Sikiric *et al.* (2011) en sus ensayos sobre suelos de cultivo de frambuesa con dolomita, tampoco hallaron diferencias significativas en los niveles de K de cambio entre los suelos empleados como control y aquéllos sobre los cuales se habían aplicado las enmiendas.

Sí se hallaron diferencias significativas entre los niveles del factor enmienda caliza para el resto de parámetros nutricionales estudiados. Así, en el caso del pH (H₂O), se presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, de tal forma que la secuencia creciente para los valores de las medias para

CUADRO IV.

Medias y desviaciones estándar anuales para los parámetros objeto de estudio (profundidad 0–30 cm).

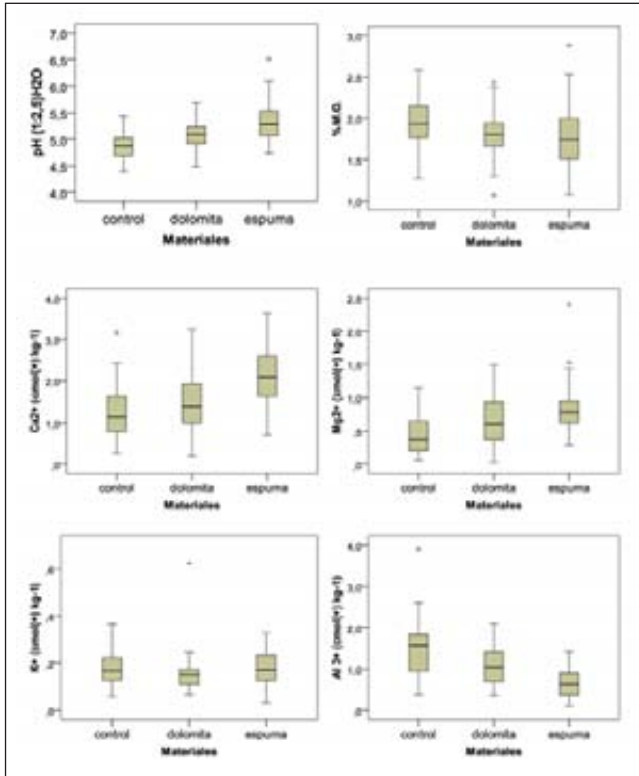
Enmienda caliza	Valores	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	Ca ²⁺ cmol · kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol · kg ⁻¹	K ⁺ cmol · kg ⁻¹	Al ³⁺ cmol · kg ⁻¹
2009							
Dolomita	Media	5,01	1,84	1,32	0,43	0,14	1,14
	D.E.	0,24	0,37	0,59	0,31	0,05	0,37
Espumas	Media	5,38	1,94	2,17	0,68	0,19	0,58
	D.E.	0,29	0,27	0,69	0,26	0,08	0,33
Control	Media	4,94	2,05	1,31	0,39	0,17	1,37
	D.E.	0,26	0,30	0,57	0,22	0,08	0,54
2010							
Dolomita	Media	5,18	1,81	1,59	0,79	0,13	0,98
	D.E.	0,31	0,31	0,79	0,37	0,03	0,46
Espumas	Media	5,38	1,83	2,26	0,97	0,15	0,74
	D.E.	0,41	0,49	0,85	0,51	0,07	0,32
Control	Media	4,82	1,98	1,32	0,45	0,16	1,74
	D.E.	0,19	0,29	0,71	0,31	0,07	0,72
2011							
Dolomita	Media	5,03	1,80	1,52	0,82	0,20	1,08
	D.E.	0,24	0,18	0,75	0,39	0,12	0,53
Espumas	Media	5,23	1,62	2,11	0,79	0,21	0,62
	D.E.	0,35	0,33	0,78	0,33	0,06	0,38
Control	Media	4,83	1,81	1,06	0,48	0,22	1,38
	D.E.	0,25	0,31	0,58	0,31	0,09	0,65



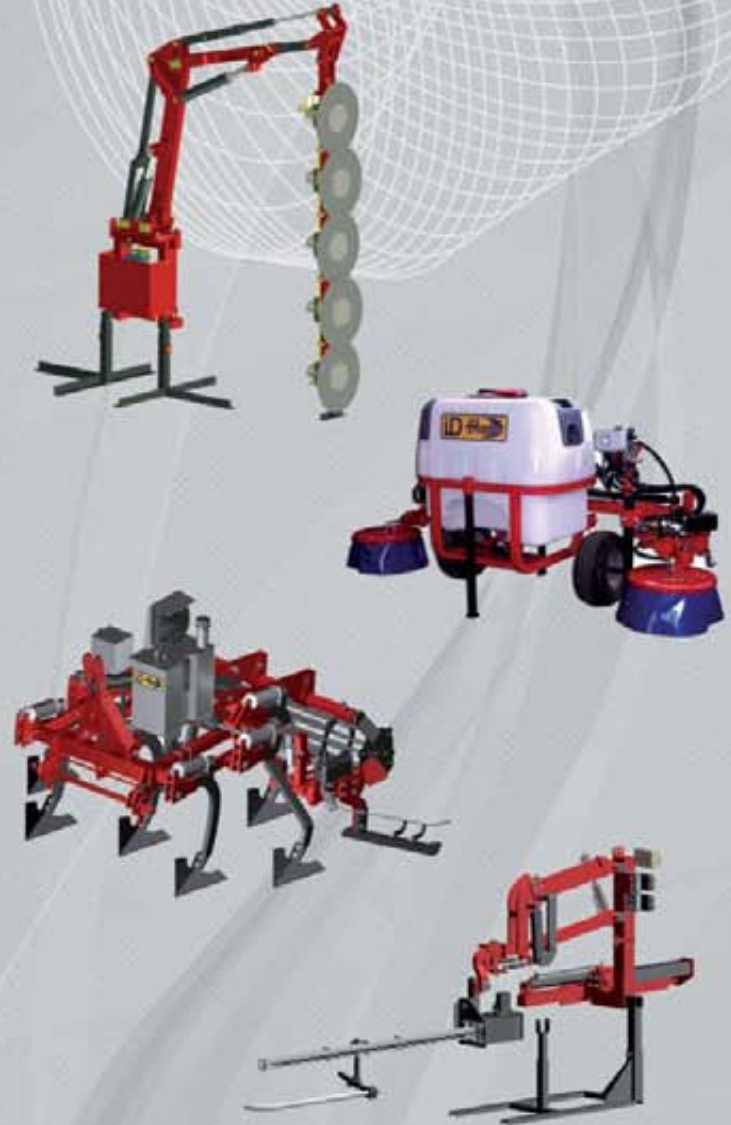
MAQUINARIA DE PRECISIÓN PARA CULTIVOS ESPECÍFICOS, PODA, DESHERBAJE ECOLÓGICO, ABONADO Y PREPARACIÓN DE SUELOS

FIGURA 1.

Diagramas de caja de las variables pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al a la profundidad de 0-30 cm.



este parámetro, fue la siguiente: control < dolomita < espumas. En el caso del Ca de cambio, las diferencias significativas tuvieron lugar exclusivamente entre las espumas y el resto de tratamientos; no obstante, la secuencia creciente para los valores de las medias, ha sido de nuevo control < dolomita < espumas. No se hallaron diferencias significativas entre ambas enmiendas para el Mg de cambio, pero sí las hubo entre éstas y el control, siendo la secuencia creciente de las medias la misma que para el caso del Ca de cambio. Para el Al de cambio, se hallaron diferencias significativas entre los tres tratamientos; en esta ocasión, la secuencia creciente de las medias para este parámetro ha sido la siguiente: espumas < dolomita < control. Estos resultados, parecen indicar la mayor rapidez de acción encaicante de las espumas de azucarería frente a la dolomita. Por otra parte, a la vista de estos resultados, se certifica cómo las enmiendas calizas empleadas cumplen el objetivo principal de su empleo: incrementar las concentraciones de Ca y Mg de cambio en el medio de cultivo, y disminuir, de forma simultánea, las concentraciones fitotóxicas de Al de cambio con el objeto de mejorar las condiciones de cultivo para la vid. Estas mismas conclusiones para el Ca, Mg y Al de cambio, fueron obtenidas por González *et al.* (2005) en un suelo de raña en su horizonte Ap. Estos investigadores, para este mismo horizonte, también observaron como el K de cambio no presentaba diferencias significativas en las comparaciones entre el control y las enmiendas dolomita y espumas.



INDUSTRIAS-DAVID

Eficacia y tecnología para sus cultivos

WWW.INDUSTRIASDAVID.COM



TLF: 968 71 81 19

CUADRO V.

Contrastes de normalidad para los parámetros pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al.

Test de Kolmogorov - Smirnov (Sig.)						
Enmienda caliza	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	Ca ²⁺ cmol · kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol · kg ⁻¹	K ⁺ cmol · kg ⁻¹	Al ³⁺ cmol · kg ⁻¹
0 - 30 cm						
Dolomita	,982	,741	,914	,847	,042	,766
Espumas	,669	,600	,460	,532	,082	,166
Control	,669	,600	,460	,532	,082	,166

CUADRO VI.

Comparaciones múltiples de las medias de los parámetros pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al. Letras idénticas denotan diferencias no significativas ($p = 0,05$)

Parámetro edáfico	Enmienda caliza		
	Dolomita	Espumas	Control
pH (H ₂ O)	5,07a	5,33b	4,87c
Materia orgánica (%)	1,82a	1,80a	1,95a
Ca ²⁺ cmol · kg ⁻¹	1,48a	2,18b	1,23a
Mg ²⁺ cmol · kg ⁻¹	0,68a	0,81a	0,44b
K ⁺ cmol · kg ⁻¹	0,16a	0,18a	0,18a
Al ³⁺ cmol · kg ⁻¹	1,07a	0,64b	1,49c

Todas estas comparaciones múltiples, se pueden apreciar de forma visual, a través de los gráficos de las medias estimadas para las variables pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al para cada nivel de la variable independiente enmienda caliza (**figura 2**).

Conclusiones

- Ambas enmiendas calizas, dolomita y espumas de azucarera, se han mostrado como una fuente útil de Ca y Mg de cambio, presentando asimismo, un efecto alcalinizante significativo con respecto al control.

- Ambas enmiendas han incrementado la concentración de Mg de cambio y disminuido la concentración de Al de cambio en el medio de cultivo de forma significativa con respecto al control.

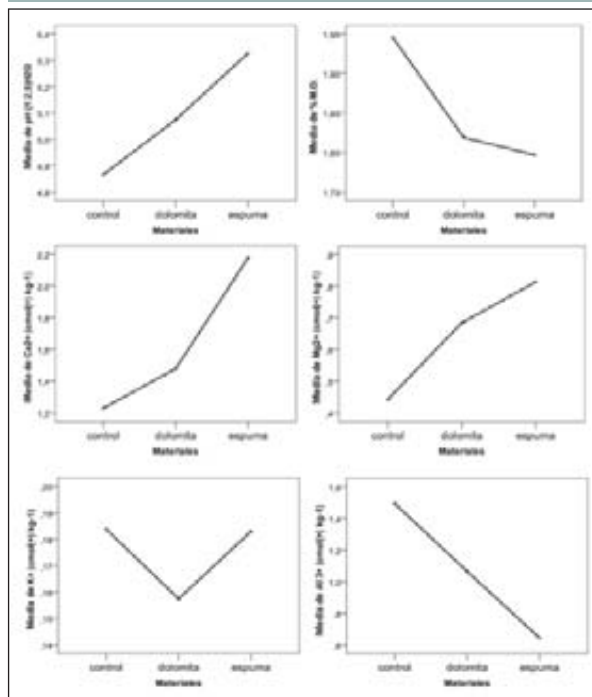
- Las espumas de azucarera parecen haber mostrado una mayor rapidez de actuación frente a la dolomita.

- De forma contraria a lo que cabría esperar, la acción

de las espumas sobre el contenido en Mg de cambio del medio de cultivo, ha resultado más enérgica que la mostrada por la dolomita.

FIGURA 2.

Medias estimadas para las variables pH (H₂O), MO, Ca, Mg, K y Al para cada nivel de la variable independiente enmienda caliza.



- No se han apreciado efectos significativos entre el control y las enmiendas calizas, sobre el contenido de materia orgánica y las concentraciones de K de cambio en los suelos de estudio.

- Tanto la dolomita como las espumas, se constatan como enmiendas adecuadas para la mejora de las condiciones de fertilidad de los suelos ácidos dedicados al cultivo de *Vitis vinifera* L. cv. Mencía. ●

Agradecimientos

A la Excm. Diputación Provincial de León por su apoyo en la financiación de esta investigación, y a Losada Vinos de Finca S.A. por la cesión del viñedo en el cual se desarrolló la experiencia.

Bibliografía

Álvarez, E., Viadé, A. y Fernández-Marcos, M. L. Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma*, 2009, 152, 1 - 8.

Bohn, H., McNeal, B. L. y O'Connor, G. A. *Soil Chemistry*, 3ª Ed. New York: Wiley & Sons, 2001.

van Breemen, N. Soil acidification and alkalization. En: *Soil Acidity* (B. Ulrich y M. E. Sumner, Eds.), New York, USA: Springer, 1991, 1 - 7.

Cochrane, T.T., Salinas, J. G. y Sánchez, P.A. An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminium tolerance. *Tropical Agriculture*, 1980, 57, 2, 133 - 140.

Edmeades, D. C. y Ridley, A. M. Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. En: *Handbook of Soil Acidity* (Ed. Zdenko Rengel), 2003.

Espejo, R. El uso de la espuma de azucarera, fosfoyeso y residuos dolomíticos de convertidor como enmendantes de suelos ácidos. En: *Proceedings of the First International Congress on the Management of Organic Waste in Rural Land Grange Areas*, 2001, 377 - 386.

Fageria, N. K. y Baligar, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production. *Advances in Agronomy*, 2008, 99, 345 - 399.

González, P., Ordoñez, R., Espejo, R. y Peregrini F. Efectos a medio plazo de la espuma de azucarera, caliza magnesiana y yeso sobre las bases intercambiables y el aluminio en el perfil de un suelo ácido. *Estudios de la zona no saturada del suelo*, 2005, 7, 185 - 189.

Little, I. The determination of exchangeable aluminium in soils. *Australian Journal of Soil Research*, 1964, 2, p. 76 - 82.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Métodos oficiales de análisis*. Tomo III. Madrid: Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1993.

Nordstrom, D.K. y May, H.M. Aqueous equilibrium data for mononuclear aluminum species. En: *The Environmental Chemistry of Aluminum* (G. Sposito, Ed.), Boca Raton, USA: CRC Press, 1996, 39 - 80.

Sikić, B., Cakmak, D., Saljnikov, E., Mrvic, V., Jakovljevic, M., Stajkovic, O. y Bogdanovic, D. Optimization of macroelement contents in raspberry leaves by liming in an extremely acid soil. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2011, 9, 1, 329 - 337.

Urbano, P. *Fitotecnia. Ingeniería de la producción vegetal*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2002.

Vidal, M., Urbano, P., López, A., Blázquez, R. y Roquero, C. Usefulness and efficiency of the waste of the sugar foam used as liming matter. *Proceedings 11th World Fertilizers Congress*, 1997a, Vol. III, 116 - 125.