

Requerimientos de encalado en tres suelos ácidos de la región Centro occidental de Venezuela^a

Lime requirements in three acid soil of the centro occidental region of Venezuela

Mildred Pérez¹, Carlos Meza¹ y Shirley Fernández¹

¹Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía

RESUMEN

Un experimento de incubación fue conducido para evaluar tres métodos de estimación de requerimientos de encalado y el efectos de las calizas calcítica y dolomítica en la neutralización de la acidez de los suelos Villa Nueva, Nirgua y Carorita de la región Centro Occidental de Venezuela. Los métodos de estimación de encalado evaluados fueron: aluminio intercambiable (Al-int.), acidez total y titulación. Luego de un mes de incubación se determinó: pH, Ca, Mg y Al³⁺, además de las correlaciones entre la MO, CIC, contenido de arcilla y arena con los requerimientos de encalado calculados por los diferentes métodos. Los resultados obtenidos evidencian que los tres métodos utilizados son eficientes para neutralizar el Al³⁺ y elevar el pH del suelo; sin embargo, el método del aluminio intercambiable resultó el más sencillo de aplicar y con el cual se requiere la menor cantidad de caliza. La caliza calcítica presentó un efecto inmediato sobre el pH del suelo por poseer una granulometría más fina y un poder neutralizante relativo (PNR) mayor que la caliza dolomítica; no obstante, la caliza dolomítica tiene mayor concentración de Mg.

ABSTRACT

An incubation experiment was made to compare some methods used to determine lime requirements and the effects of calcite and dolomite as lime amendments, on acid soils at the central western region of Venezuela (Villa Nueva, Nirgua and Carorita). The methods were: total acidity, exchangeable aluminium and titulation. Factor as pH, Ca, Mg and Al³⁺ concentrations were determined after a month period. The results indicated that the tested methods were efficient in neutralizing the exchangeable Al³⁺ and also in increasing soil pH. Calcitic lime showed a rapid effect on soil pH probably due to its fine grain size and relative neutralization power (RNP), both factors higher than in the dolomitic lime. The Carorita soil showed the highest pH buffer capacity, due to its highest clay concentration.

Key words: calcitic lime, dolomitic lime, total acidity, exchangeable aluminum.

^a Recibido: 09-07-09 ; Aceptado: 03-02-11

El suelo de Carorita mostró una mayor capacidad buffer de pH, debido al mayor contenido de arcilla presente.

Palabras claves: Caliza calcítica, caliza dolomítica, acidez total, aluminio intercambiable.

INTRODUCCIÓN

Los suelos ácidos se caracterizan por tener una elevada concentración de iones H^+ y pH menor de 5,5; escasas bases y elevados porcentajes de los iones aluminio (Al^{+3}), hierro (Fe^{+2}) y manganeso (Mn^{+2}) en la solución del suelo, los cuales ejercen una acción fitotóxica que impide el normal desarrollo radical y la adecuada absorción de nutrientes disminuyendo el rendimiento potencial de los cultivos (González-Fernández *et al.*, 2005). Para corregir la acidez del suelo se recurre a la práctica del encalado que no es más que la aplicación de una enmienda calcárea al suelo que incrementa el pH e intercambia el calcio por el aluminio el cual precipita en forma de hidróxido (Sumner y Yamada, 2002), en términos generales, el encalado incrementa la recuperación de los nutrientes por las plantas, mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo y por ende el rendimiento y la calidad de los cultivos, tal como se ha reportado en zanahoria, lechuga (Trani *et al.*, 2006), sorgo (L. de Rojas, 1986), melón y tomate (Faria *et al.*, 2003).

Para calcular la dosis del material encalante existen diferentes metodologías, entre las cuales se encuentra el método del aluminio intercambiable (L de Rojas, 1977 y Bravo, 2000), el método de la acidez total (Bravo, 2000) y el método de titulación (L. de Rojas, 1977 y Liu *et al.*, 2004); cada uno de estos métodos se basa en principios diferentes lo que origina que la dosis de caliza recomendada por cada uno de ellos sea diferente. Una vez establecida la dosis en toneladas de $CaCO_3 \cdot ha^{-1}$ por cualquiera de los métodos empleados, esta debe ser ajustada en función del poder neutralizante (PN) de la caliza a utilizar. El PN representa la cantidad de equivalentes de $CaCO_3$ puro presente en el material encalante y está definido como la capacidad de un material calcáreo para disminuir la acidez del suelo en términos relativos al efecto producido por el $CaCO_3$ puro. Así, el $CaCO_3$ puro tiene un PN de 100 % (Halvin *et al.*, 1999). En trabajos realizados por Pinochet *et al.* (2005a), se demostró la necesidad de considerar también la finura de la caliza, ya que ésta representa una medida de la velocidad de reacción, surgiendo el término poder neutralizante relativo (PNR), el PNR está definido como el producto entre el PN y la reactividad efectiva (RE), siendo el RE una medida de la efectividad de la finura estimada por la proporción del material encalante en una distribución de tamaño de partículas dadas por los rangos de malla. Se ha establecido que las partículas de material encalante capaces de atravesar por un tamiz menor a la malla 60 son 100 % efectivas, aquellas partículas entre los tamices de malla 20 y 60 tienen una eficiencia del 60 %, mientras que las partículas entre los tamices malla 10 y 20 son 20 % efectivas, finalmente, aquellas que quedan en el tamiz malla 10 son 0 % efectivas (Alcarde, 1992), por lo tanto, una caliza con 100 % de PN, pero con un tamaño mayor a la malla 10 es ineficiente como material de encalado.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar tres métodos para determinar requerimientos de encalado y los efectos de las calizas calcítica y dolomítica sobre la neutralización de la acidez en tres suelos de la región Centro Occidental de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Química III de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) del Edo. Lara. Para el experimento se utilizaron tres suelos agrícolas con problemas de acidez, seleccionados por su importancia en la Región Centro Occidental. Los suelos seleccionados fueron los siguientes: Nirgua en el Edo. Yaracuy, Villa Nueva en el Edo. Lara y el suelo de Carorita en el Edo. Lara. Las características químicas y físicas de los suelos estudiados se presentan en el cuadro 1.

Como correctivo se utilizó la caliza dolomítica (Minya) constituida por carbonato de calcio ($CaCO_3$) y carbonato de magnesio ($MgCO_3$) y una caliza Calcítica (Malla cien) compuesta principalmente por $CaCO_3$. Las características físico-químicas de las calizas estudiadas se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1: Características químicas y físicas de los suelos de Villa Nueva, Carorita y Nirgua.

Suelos	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CIC	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
		%			mg·kg ⁻¹			cmol·kg ⁻¹		%		
Villa Nueva	4,26	6,1	3	75	435	104	4,7	8,93	32	32	36	FA
Carorita	4,01	4,3	1	62	255	33	4,4	6,72	31	15	54	A
Nirgua	4,75	3,3	1	74	1120	62	1,2	3,77	35	28	37	FA

Cuadro 2. Características físicas, químicas y físico-químicas de los materiales caliza calcítica y dolomítica

Material	Granulometría				CaO	MgO	PN	RE	PNR
	> 10	10-20	20 y 60	< 60					
	malla						%		
Calcítica	0	0,01	2,4	97,3	51,7	1,7	97	98,7	96,1
Dolomítica	0,01	29,8	27,3	42,3	35,8	17,9	108	62,2	67,2

PNR: Poder neutralizante relativo. PN: Poder neutralizante y RE: Reactividad efectiva.

Cálculo del poder neutralizante relativo (Alcarde, 1992):

$$RE = \%F(10-20) \cdot 0,2 + F(20-60) \cdot 0,6 + F(<60) \cdot 1$$

$$PNR = PN \cdot RE / 100.$$

Donde:

RE: reactividad efectiva

F: % de cada fracción dentro de los diferentes rangos de tamaño de partículas

PNR: Poder neutralizante relativo.

Se utilizaron 3 métodos de cálculo de requerimiento de encalado para neutralizar la totalidad del Al⁺³ y llevar el pH a 5,5 en cada uno de los suelos evaluados. Los métodos utilizados fueron:

- Método del Al intercambiable (Al-int.), el cual indica la cantidad de CaCO₃ necesario para neutralizar el Al⁺³ que se encuentra en el complejo de cambio (L. de Rojas, 1977 y Bravo, 2000).
- Método de la acidez total mediante el cual se obtiene la cantidad de CaCO₃ necesaria para neutralizar la acidez activa y la acidez potencial de los suelos (Bravo, 2000).
- Método de titulación en el cual las muestras de suelo fueron sometidas a dosis crecientes de una solución de Ca(OH)₂ y a ebullición durante 5 minutos, luego en frío (25° C) se determinó el pH. Con el pH y las dosis de calcio añadidas se elaboraron las ecuaciones de regresión, a partir de las cuales se estimó la cantidad de caliza requerida para llevar los suelos al pH deseado (L. de Rojas, 1977 y Liu *et al.*, 2004). Las ecuaciones de regresión obtenidas por este método para los suelos estudiados fueron las siguientes:
 - Villa Nueva: $y = 0,0182x + 4,304$ ($r^2 = 0,981$)
 - Carorita: $y = 0,0232x + 3,9471$ ($r^2 = 0,985$)
 - Nirgua: $y = 0,0383x + 4,6219$ ($r^2 = 0,951$)

En el cuadro 3 se muestra la cantidad aplicada de los diferentes materiales correctivos de acidez, calculada con los diferentes métodos para cada uno de los suelos evaluados.

Cuadro 3. Cantidad aplicada de las calizas calcítica y dolomítica utilizando los 3 métodos de cálculo de requerimientos de encalado

Suelos	Método del Al-int		Método de la acidez total		Método de titulación	
	mg Caliza 50·g ⁻¹ suelo					
	Calcítica	Dolomítica	Calcítica	Dolomítica	Calcítica	Dolomítica
Villa Nueva	181,7	163,19	201,05	180,57	248,39	223,09
Carorita	170,1	152,77	185,61	166,70	253	227,23
Nirgua	42,95	41	53,26	50,20	86,63	77,81

El diseño experimental utilizado fue un completamente aleatorizado con arreglo de tratamientos factorial con tres factores: métodos para determinar requerimiento de encalado (3), tipos de suelo (3) y materiales de encalado (2). Para un total de 18 tratamientos con 3 repeticiones y 54 unidades experimentales. Las muestras de suelo seco y tamizadas (50 g) fueron colocadas en envases con la dosis del material correctivo correspondiente según el tratamiento, se humedecieron a 75 % de la capacidad de campo y se incubaron en condiciones ambientales durante 1 mes.

En las muestras de suelo seco se determinó: pH en agua a una dilución de 1:2; Al-int por extracción con KCl y titulación con NaOH, método de Van Raij. Se determinó Ca y Mg por extracción con acetato de amonio y cuantificación por absorción atómica (Gilbert *et al.*, 1990).

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Statistix versión 8, donde se comprobó el cumplimiento de los supuestos básicos estadísticos, se realizó el análisis de la varianza, la prueba de media de Tukey al 5 % de probabilidad y la correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Comparación de métodos y materiales de encalado

En el suelo de Villa Nueva no se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en las variables pH, Ca, Mg y Al^{+3} al aplicar los diferentes métodos de cálculo de requerimiento de encalado. En el suelo de Carorita el método de titulación logró incrementos significativos en el pH. En el suelo de Nirgua el método de titulación aumentó significativamente el pH y los contenidos de Ca y Mg (Cuadro 4). Estos resultados coinciden con los reportados por Serpa y González (1979) quienes en tres suelos ácidos de Costa Rica encontraron que el pH y el contenido de Ca de los suelos encalados fue mayor cuando la dosis fue calculada por el método de titulación que cuando se calculó por el método del Al-int. Esto se debe a que el método de titulación presenta las mayores dosis de caliza (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se observa que los tres métodos de cálculo de requerimientos de encalado son similares estadísticamente neutralizando el Al^{+3} en los tres suelos evaluados. Cabe destacar que al momento de aplicar el encalado la finalidad más importante es neutralizar el Al^{+3} , por lo tanto, al no existir diferencias entre los métodos en la neutralización del mismo, cualquiera de ellos puede ser seleccionado para calcular los requerimientos de encalado. En tal sentido, Paraqueima y Sánchez (1972) estudiando suelos ácidos del Nororiente de Venezuela, encontraron que no hay diferencias entre los métodos de acidez total y Al-int., los cuales se aproximaron bastante a las cantidades de cal necesarias para obtener su máximo aprovechamiento por el sorgo.

En el Cuadro 5 se presentan las correlaciones entre los parámetros variación de Al^{+3} (ΔAl^{+3}) y variación de pH (ΔpH) con los requerimientos de encalado calculados por los tres métodos en estudio, observándose que existe una alta correlación entre ellos, lo que permite corroborar que los tres métodos son aceptables para el cálculo de requerimientos de encalado. Resultados similares fueron observados por L. de Rojas (1977) quien para todos los suelos estudiados obtuvo un coeficiente de correlación bastante alto con el método del Al intercambiable ($r = 0,88^{**}$).

Cuadro 4. Valores medios de pH, Ca, Mg y Al⁺³ de los suelos de Villa Nueva, Carorita y Nirgua encalados con las calizas dolomítica y calcítica, utilizando tres métodos de cálculo de requerimientos de encalado

Suelo			pH	Ca	Mg	Al ⁺³
				mg·kg ⁻¹	mg·kg ⁻¹	cmol·kg ⁻¹
Villa Nueva	Método	Al-int.	5,61 a	2294,5 a	216,70 a	0,15 a
		Acidez total	5,53 a	2333,8 a	217,35 a	0,10 a
		Titulación	5,82 a	2502,0 a	223,65 a	0,03 a
	Caliza	Dolomítica	5,47 b	1926,0 b	278,08 a	0,16 a
		Calcítica	5,83 a	2827,5 a	160,39 b	0,03 b
		Al- int.	5,30 b	1586,1 a	129,06 a	0,35 a
Carorita	Método	Acidez total	5,33 b	1575,3 a	123,36 a	0,33 a
		Titulación	5,70 a	1818,7 a	136,33 a	0,23 a
		Dolomítica	5,06 b	1196,1 b	195,59 a	0,54 a
	Caliza	Calcítica	5,82 a	2123,9 a	63,58 b	0,07 b
		Al- int.	5,58 ab	888,5 b	86,98 b	0,050 a
		Acidez total	5,51 b	913,5 b	100,88 ab	0,092 a
Nirgua	Método	Titulación	5,77 a	1229,7 a	112,92 a	0,067 a
		Dolomítica	5,54 a	826,5 b	113,97 a	0,08 a
	Caliza	Calcítica	5,70 a	1236,7 a	86,56 b	0,06 a

Columnas con las mismas letras no son diferentes para la prueba de Tukey P < 0,05.

Al-int.; método del Al intercambiable

Cuadro 5. Correlaciones entre los requerimientos de encalado calculados por los diferentes métodos y las variaciones obtenidas en el Al⁺³ y el pH

	Al-int	Acidez Total	Titulación
Δ Al ⁺³	0,994 **	0,988 **	0,983**
Δ pH	0,753 **	0,744 **	0,669**

Por otra parte, L. de Rojas (1977) también mencionó que los requerimientos de encalado basados en el método del Al intercambiable son los más bajos en todos los suelos evaluados, lo que coincide con los resultados de este ensayo (Cuadro 3), situación importante desde el punto de vista económico.

Al no existir diferencias estadísticas en la neutralización del aluminio entre los tres métodos evaluados y resultar menor la cantidad de caliza necesaria calculada con el método del Al-int., al momento de seleccionar uno de ellos este método sería el más recomendable, además por resultar el más sencillo de aplicar.

Con respecto al efecto de las calizas, en los suelos de Villa Nueva y Carorita se encontraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, observándose el mayor incremento de pH y Ca con la caliza calcítica, mientras que el mayor contenido de Mg se obtuvo con la dolomítica. También se observó que la caliza calcítica neutralizó mayor cantidad de Al⁺³ que la caliza dolomítica. En el suelo de Nirgua las calizas no mostraron diferencias significativas para el pH y Al⁺³. Los contenidos de Ca y Mg fueron significativamente diferentes entre las dos calizas evaluadas, aportando más calcio la calcítica y más Mg la dolomítica (Cuadro 4). Rojas y Adams (1980) señalaron que las calizas dolomíticas son menos efectivas que las calcíticas en aumentar el pH y neutralizar el Al⁺³, asociando esto a la solubilidad y finura del material.

Al evaluar las características de las calizas se observó que la dolomítica tiene un poder neutralizante (PN) de 108 % y la calcítica de 97 % (Cuadro 2), se podría esperar que la caliza dolomítica reaccionara de mejor manera; sin embargo, fue la calcítica la de mayor reacción, esto se debe a que la calcítica tiene un tamaño de partículas en el rango < 60 malla de 97,3 %, mientras que la otra caliza solamente tiene el 42,3 % dentro de este rango de malla; el mayor porcentaje de partículas en este rango favoreció la velocidad de la reacción de la enmienda. El material calcáreo afecta un pequeño volumen de suelo alrededor de cada partícula, mientras más fino es el material mayor es el área superficial total que esta en contacto con el suelo para neutralizarlo y por lo tanto es mayor la velocidad de la reacción (Pinochet *et al.*, 2005a). L. de Rojas (1986) evaluando el efecto de diferentes fuentes de enmiendas, encontró que las calizas que alcanzaron mayores pH fueron aquellas que presentaron el mayor porcentaje de partículas menores a la malla 100. Bravo (2000) señaló que las calizas con un tamaño de partículas lo más fino posible tienen un efecto inmediato sobre el pH del suelo, mientras que las partículas más gruesas tienen un efecto más lento en el tiempo. Por lo tanto, es de suponer que la caliza calcítica tendrá un mayor efecto inmediato sobre el pH del suelo, mientras que la caliza dolomítica tendrá un efecto más lento sobre las variaciones de pH debido a que el material empleado es más grueso.

Pinochet *et al.* (2005a) demostraron que la calidad de la cal agrícola esta determinada principalmente por el contenido de CaCO_3 equivalente o poder neutralizante (PN) y por la finura o tamaño de las partículas (RE), es decir por el poder neutralizante relativo (PNR). En el Cuadro 2 se observa el poder neutralizante relativo (PNR) calculado para las dos calizas, donde la caliza dolomítica presentó un valor de 67,2 % y la calcítica de 96,1 %, incidiendo en estos resultados.

En los tres suelos estudiados la mayor concentración de Ca fue observada cuando se aplicó la caliza calcítica y la mayor concentración de Mg cuando se aplicó la caliza dolomítica, estos resultados se deben a la composición química que tipifica cada uno de los materiales, la caliza calcítica aporta 51,7 % de CaO, mientras que la dolomítica aporta solamente 35,8 %, sin embargo, esta última además de Ca aporta 17,9 % MgO (Cuadro 2).

En el cuadro 6 se muestran los valores medios de Ca^{+2} y Mg^{+2} intercambiables y la relación entre ambos elementos (Ca:Mg), se puede observar que con la aplicación de caliza dolomítica esta relación se encuentra entre 3:1 y 4:1, mientras que con la caliza calcítica esta relación se encontró entre 8:1 y 20:1. Al respecto, Moreira *et al.* (1999) y Muñoz (1999) señalaron que la relación Ca:Mg donde se obtiene una mejor respuesta de los cultivos (alfalfa y maíz) y donde existe una mayor disponibilidad de otros elementos como P, K y algunos microelementos se encuentra entre 3:1 y 4:1, en este trabajo, cuando se utilizó la caliza calcítica esta relación fue ampliamente superada, lo que puede ocasionar un desbalance entre los elementos nutritivos del suelo. Según, L. de Rojas (1977) cuando se encala es necesario considerar los requerimientos de Ca y Mg del cultivo y la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

Cuadro 6. Valores de Ca relacionados con el Mg en los suelos Villa Nueva, Carorita y Nirgua encalados con las calizas dolomítica y calcítica.

Suelo	caliza	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$\text{Ca}^{+2}:\text{Mg}^{+2}$
		cmol·kg ⁻¹		
Villa Nueva	Dolomítica	9,63	2,32	4:1
	Calcítica	14,14	1,34	10:1
Carorita	Dolomítica	5,98	1,63	3:1
	Calcítica	10,62	0,53	20:1
Nirgua	Dolomítica	4,13	0,95	4:1
	Calcítica	6,18	0,72	8:1

2. Comparación entre los suelos evaluados

Aun cuando se aplicó la cantidad de enmienda necesaria para llevar el pH a 5,5 y neutralizar la totalidad del Al^{+3} en los tres suelos evaluados se observaron diferencias estadísticas entre ellos. Los mayores valores de pH y la mayor neutralización del Al^{+3} se observaron en los suelos Villa Nueva y Nirgua,

mientras que el suelo de Carorita presentó un valor de pH más bajo y una mayor cantidad de Al^{+3} sin neutralizar (Figuras 1 A y B).

Los suelos de Villa Nueva y Nirgua presentaron una clase textural FA con un contenido de arcilla para ambos entre 36 y 37 %, mientras que el suelo de Carorita con una clase textural A y un porcentaje de arcilla de 54 % es un suelo más pesado que los otros dos (Cuadro 1). El mayor contenido de arcilla en los suelos aumenta la capacidad buffer del mismo y por lo tanto la resistencia que estos ofrecen al cambio de pH. Según, Sumner (1979) la arcilla expone mayor superficie, lo que le permite absorber más carga (H^+ , Al^{+3}). Por otra parte, Bravo (2000) señaló que la capacidad buffer de pH de los suelos está relacionada, entre otros parámetros con la textura, mientras el suelo sea más pesado ésta será más alta y por lo tanto mayor el requerimiento de encalado para que se realice un determinado cambio de pH. Según Casanova (2005), el Al^{+3} es el catión más fuertemente retenido por las arcillas del suelo. Por su parte, Pinochet *et al.* (2005b) observaron que el nivel de acidez inicial influye en la capacidad buffer de pH de los suelos y sobre la disminución del Al^{+3} . El suelo de Carorita presentó un pH final menor y un Al^{+3} significativamente superior a los suelos de Villa Nueva y Nirgua, debido a que su pH inicial fue más bajo (4,01) siendo su capacidad buffer mayor a la de los otros dos suelos.

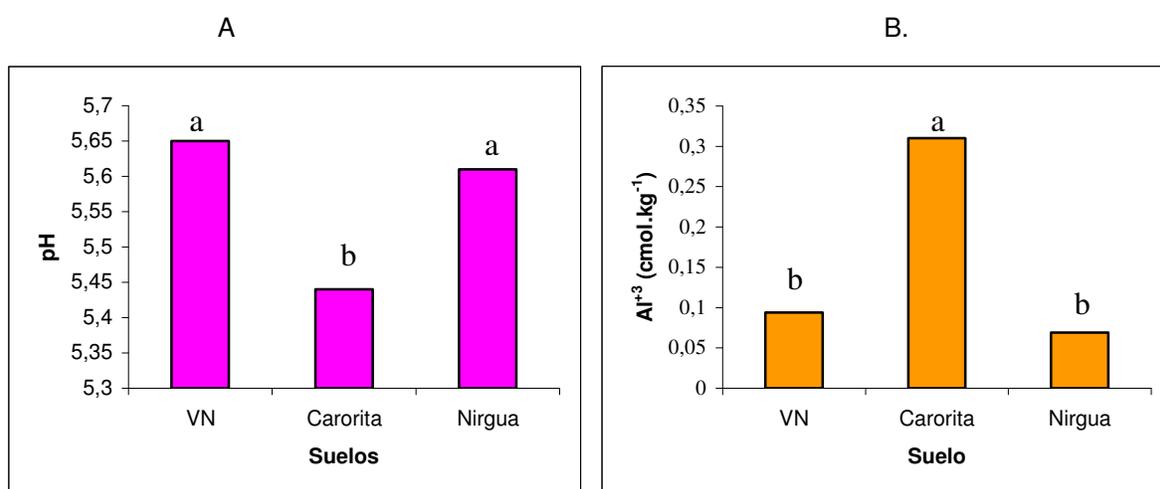


Figura 1. (A) Valores medios de pH y (B) valores medios de Al^{+3} en los suelos Villa Nueva (VN), Carorita y Nirgua encalados.

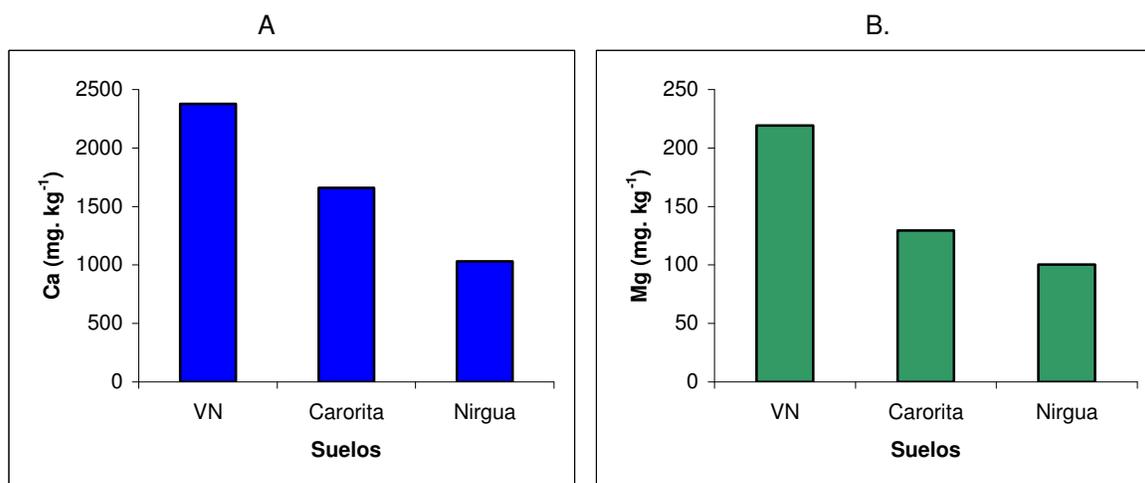


Figura 2. (A) Valores medios de Ca y (B) valores medios de Mg en los suelos Villa Nueva (VN), Carorita y Nirgua encalados

Resultados similares fueron observados por Paraqueima y Sánchez (1972) quienes encontraron que no hay diferencias entre los métodos de acidez total y Al-int, excepto en suelos con alta capacidad amortiguadora.

Al relacionar algunas de las características de los suelos con los requerimientos de encalado calculados por los tres métodos en estudio, se observó que la materia orgánica (MO), la capacidad de intercambio catiónica (CIC) y la concentración de arcilla están positivamente correlacionadas con el requerimiento de encalado, mientras que la concentración de arena se encontró negativamente correlacionada (Cuadro 8). Estas correlaciones sugieren que en la medida que los valores de concentración de MO, CIC y arcilla sean mayores es necesario aplicar más enmienda para lograr los objetivos propuestos con el encalado, sin embargo, en la medida que el suelo contenga mayor concentración de arena estos requerimientos son menores. Según, Bravo (2000) y Pinochet *et al.* (2005b) mientras más alta sea la capacidad de intercambio catiónica, el suelo sea más pesado y mayor sea el contenido de materia orgánica más alta será la capacidad buffer de ese suelo y por lo tanto mayor el requerimiento de encalado para que se realice un determinado cambio de pH.

Cuadro 8. Correlaciones entre los requerimientos de encalado calculados por los diferentes métodos y algunas características de los suelos

	MO	CIC	Arena	Arcilla
Requerimiento de encalado	0,73 **	0,85 **	-0,88**	0,38**

* significativo al 0,05 %, MO: Materia orgánica, CIC: Capacidad de Intercambio catiónico

CONCLUSIONES

- Los tres métodos evaluados para calcular requerimientos de encalado fueron similares.
- El método del aluminio intercambiable resultó el método más sencillo de aplicar y con el cual se requiere la menor cantidad de caliza, por lo tanto es el más recomendable.
- La caliza calcítica presentó un efecto inmediato sobre el pH del suelo por presentar una granulometría más fina y un poder neutralizante relativo (PNR) mayor que la caliza dolomítica.
- La caliza dolomítica tiene una mayor concentración de Mg que la caliza calcítica, la selección entre una u otra dependerá de los requerimientos del cultivo y de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.
- El suelo de Carorita presentó una mayor capacidad buffer, debido al mayor contenido de arcilla presente.

LITERATURA CITADA

- Alcarde, J.** 1992. Correctivo de acidez. Características e interpretación técnica. Asociación Nacional de Cacao. Sao Paulo. Boletín técnico N° 6.
- Bravo, S.** 2000. Aspectos básicos de química de suelos. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Barinas-Venezuela. Pp 1-249.
- Casanova, E.** 2005. Introducción a la ciencia del suelo. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 479 p.
- Faria, C. M. B., N. D. Costa y A.F. Faria.** 2003. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. *Horticultura Brasileira*. 21(4):615-619.
- Gilabert, J., I. López y R. Pérez.** 1990. Análisis de los suelos para el diagnóstico de fertilidad. Manual de método y procedimiento de referencias. FONAIAP. Serie D, N: 26. Maracay-Venezuela.
- González-Fernández, P., R. Ordóñez-Fernández, R. Espejo-Serrano y F. Peregrini-Alonso.** 2005. Efectos a medio plazo de la espuma de azucarería, caliza magnesiana y yeso sobre las bases intercambiables y el aluminio en el perfil de un suelo ácido. (Eds. F.J. Samper Calvete y A. Paz González). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII*. Pp. 185-189.

- Halvin, J., J. Beaton, S. Tisdale y W. Nelson.** 1999. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient Management. 6^o Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA 497 p.
- Moreira, A., J. Guedes y A. Evangelista.** 1999. Influência da relação cálcio:magnésio do correctivo na nodulação, produção e composição mineral da alfalfa. *Pesq. Agropec. Bras.* 34(2):249-255.
- Muñoz, R.** 1999. Efecto de la saturación por bases, relación Ca:Mg en el suelo y dosis de fósforo sobre el crecimiento y nutrición mineral del maíz. XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de suelos. San José, Costa Rica. pp 102.
- L. de Rojas, I.** 1986. Efectos de diferentes fuentes de enmiendas sobre la reacción del suelo y respuesta del cultivo de sorgo (*Sorghum vulgares* pers). *Agronomía Tropical.* 36 (1-3):129-141.
- L. de Rojas, I.** 1977. Evaluación biológica de métodos químicos para requerimientos de cal en suelos ácidos de Venezuela. *Agronomía Tropical.* 27(4):393--411.
- Liu, M., D. E. Kissel, P. F. Vendrell y M. L. Cabrera.** 2004. Soil lime requirement by direct titration with calcium hydroxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1228-1233.
- Paraqueima, O. L. y Sanchez P.** 1972. Relación entre el requerimiento de cal de algunos suelos del Nororiente Venezolano, determinados por varios métodos químicos, y la respuesta del sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers) a la aplicación de cal. Trabajo de grado. Jusepín Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 20 p.
- Pinochet, D., F. Ramírez y D. Suarez.** 2005a. Evaluación de la calidad agrícola de cuatro enmiendas calcáreas en un suelo ácido derivado de cenizas volcánicas. *Agro Sur.* 33(1):29-35.
- Pinochet, D., F. Ramírez y D. Suarez.** 2005b. Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura técnica (Chile).* 65(1):55-64.
- Rojas, I. y Adams, M. J.** 1980. Naturaleza de la acidez de suelos representativos de Venezuela y su influencia en Los requerimientos de cal. 2. Comparaciones de caliza calcítica y dolomítica como materiales de enmienda. *Agronomía Tropical.* 30(1-6):241-268.
- Serpa, R., y M.A. González.** 1979. Necesidades de cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agron. Costarr.* 3(2):101-108.
- Sumner, M.** 1979. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agron. J.* 71:343-348.
- Sumner, M. E. y T. Yamada.** 2002. Farming with acidity. *Communications in soil science and plant análisis.* 33(15-18):2467-2496.
- Trani P. E, K. Minami, B. Raij, E. Sakai, S.C. Mello y S.W. Tivelli.** 2006. Calagem em cultivos sucesivos de cenoura e alface. *Horticultura Brasileira.* 24:59-64.