

Nota técnica

EVALUACIÓN DE UNA FUENTE DE ENMIENDA LÍQUIDA EN EL RENDIMIENTO DEL ARROZ EN UN ULTISOL DE LA ZONA NORTE DE COSTA RICA

Juan Manuel Valerio*, Eloy Molina^{1/**}

Palabras clave: Suelos ácidos, encalado, cal líquida, ultisoles, arroz *Oryza sativa*.

Keywords: Acid soils, liming, liquid lime, ultisols, rice *Oryza sativa*.

Recibido: 07/09/11

Aceptado: 26/03/12

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de una enmienda calcárea líquida sobre el rendimiento del arroz y la fertilidad del suelo. El ensayo se realizó en un Ultisol de Los Chiles, Alajuela. Se utilizó una enmienda líquida que contiene 40% de Ca en forma de CaCO_3 y 6,9% de N en forma de urea (Cal 56®). Los tratamientos fueron: testigo sin cal; Cal 56 8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$; Cal 56 10 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$; y Cal 56 6 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ + Nitro LL 4 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$. El Nitro LL es un fertilizante líquido de liberación controlada, que contiene 33% de N. Los productos fueron aplicados con bomba de espalda, con un volumen de caldo de 200 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$, en forma de aspersión al suelo 8 días después de germinado el arroz. Se utilizaron parcelas de 10x10 m, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. No hubo diferencias significativas con las variables tamaño de panícula en cm, número de espigas por panícula, número total de granos por panícula, número de granos llenos, número de granos vanos y peso de 1000 granos, aunque la mayoría de estas variables presentaron valores más altos que el testigo con la aplicación de enmienda líquida. Hubo diferencias significativas ($p<0,01$) en la variable de rendimiento de arroz en granza.

ABSTRACT

Evaluation of a liquid lime source on the rice yield in an Ultisol from North zone of Costa Rica. A field experiment was conducted, to evaluate the effect of applying a liquid lime amendment on rice yield and soil fertility, in an Ultisol at Los Chiles, Alajuela. The liquid amendment contains 40% of Ca in form of CaCO_3 and 6.9% of N as urea (Cal 56®). The treatments were: control without lime; Cal 56 8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$; Cal 56 10 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$; and Cal 56 6 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ + Nitro LL 4 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nitro LL is a controlled-release liquid fertilizer that contains 33% of N. The products were applied in water with a back pump, using a volume of mixture of 200 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$, spraying on the ground 8 days after rice germination. Plots 10x10 m were used, with an experimental design of randomized complete block with 4 treatments and 4 replicates. There were no significant differences in panicle size (cm), number of spikelets per panicle, total number of grains per panicle, number of grains filled, empty grains, and 1000-grain weight, although most of these variables showed higher values than the control with the application of the liquid amendment. There were significant differences ($p<0.01$) in rice grain yield. The dose of 8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ of Cal 56 showed the best agronomic

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: eloy.molina@ucr.ac.cr

* Palmatica S.A., Quepos, Costa Rica.

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica.

La dosis de 8 l.ha⁻¹ de Cal 56 presentó el mejor rendimiento agronómico. La dosis de 10 l.ha⁻¹ de Cal 56 incrementó levemente el contenido de Ca y la CICE del suelo.

yield. The dose of 10 l.ha⁻¹ of Cal 56 increased slightly the content of Ca and ECEC in the soil.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los alimentos más importantes en la dieta del país, con un consumo promedio estimado de 57 kg.persona⁻¹.año⁻¹. En Costa Rica el arroz se siembra en diversas zonas del país (Villegas et al. 2008), desde suelos de origen aluvial ricos en Ca y Mg y de pH moderadamente ácido a neutro, hasta suelos ácidos. Los primeros son los suelos arroceros de Guanacaste, Zona Pacífico Central y Zona Sur, que clasifican como Vertisoles, Molisoles e Inceptisoles eútricos (Murillo y González 1983). También existe un área importante de siembra de arroz en la Zona Norte y Atlántica, principalmente en los cantones de Upala, Los Chiles, San Carlos, Sarapiquí y Pococí, donde predominan suelos ácidos y con contenidos medios a bajos de Ca y Mg (Molina 1998). Estos suelos se clasifican principalmente como Ultisoles, Andisoles e Inceptisoles dísticos.

La acidez en los suelos se origina a partir de la presencia de altos contenidos de iones ácidos como Al⁺³ e H⁺ que reducen el pH e incrementan el nivel de acidez intercambiable, que llegó a afectar el crecimiento de las plantas y la fertilidad del suelo (Espinosa y Molina 1999). La acidez afecta de forma significativa algunas de las características químicas y biológicas del suelo, redujo el crecimiento de las plantas y provocó la disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como Ca, Mg, K y P, etc., aspecto que favoreció la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el Al, Fe y Mn (Molina 1998, Bertsch 1998, Kass 2007).

La acidez del suelo causa una disminución en la producción debido a los problemas que ocurren en el sistema radical de las plantas de arroz. Para resolver este problema, la técnica del

encalado constituye la forma más apropiada y económica para corregir los problemas de acidez y mejorar la producción de arroz (Molina 1998).

El encalado permite la neutralización de la acidez causada por Al⁺³, H⁺, Fe⁺² ó Mn⁺², y además causa una respuesta favorable de los cultivos como resultado del suministro de Ca y/o Mg (Kamprath 1984).

La respuesta al encalado en suelos de Costa Rica ha sido documentada en varios cultivos. Molina y Rojas (2005) encontraron respuesta a la aplicación de cal en un Ultisol de la Zona Norte cultivado con naranja, al obtener el rendimiento más alto con la aplicación de 3 t.ha⁻¹ de una mezcla de CaCO₃+MgO. La aplicación de enmienda también mejoró la fertilidad del suelo.

Salas et al. (1996) encontraron respuesta a la aplicación de cal en un Ultisol de Sarapiquí cultivado con tiquisque blanco, con el mayor rendimiento con una dosis de 4 t.ha⁻¹ de CaCO₃.

En un estudio del efecto de la cal en el cultivo del arroz en un Ultisol de Panamá, Name (1992) encontró un efecto favorable a la aplicación de 4 t.ha⁻¹ de CaCO₃, que resultó en un incremento del 66% en el rendimiento de grano con respecto al testigo sin cal, y un aumento del pH de 4,9 a 5,6.

Los materiales utilizados como correctivos de acidez del suelo son principalmente carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca o Mg (Alcarde 1992). Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable (Chaves 1993). En Costa Rica, la principal fuente de encalado es el CaCO₃, debido a la abundancia natural de yacimientos de roca caliza y su bajo costo. En otros países como Guatemala y Honduras, existen yacimientos de cal dolomita (carbonatos de Ca y Mg), material

que es más conveniente como enmienda en suelos ácidos debido a su aporte de Mg, pero que resulta de alto costo en nuestro país (Molina 1998).

La cal es usualmente aplicada al suelo en forma de sólido, pero también puede ser aplicada en forma líquida como una suspensión. El carbonato de calcio y otras enmiendas molidas son muy poco solubles en agua. Con el uso de algunos coadyuvantes como las arcillas atapulgita y bentonita, y un agente dispersante, es posible hacer suspensiones de cal en agua, en donde una parte del producto es agua y el resto es el material de enmienda y la arcilla (Barber 1984, Peters et al. 1996).

La cal líquida es ideal para uso en cultivos de cero o mínima labranza donde la cal sólida no podría incorporarse con maquinaria. La cal líquida también es útil para cultivos ya establecidos ya que permite la aplicación de la enmienda en forma muy localizada directo al sitio donde crecen las raíces, como en el caso de muchos cultivos perennes. Puede ser una opción para aplicaciones en drench alrededor de las plantas. En tierras alquiladas la cal líquida puede ser una mejor opción debido a que se utiliza en dosis más bajas que la cal convencional y en aplicaciones localizadas (Peters et al. 1996). El uso de cal líquida no requiere equipo especial de aplicación, puede utilizarse un equipo convencional de aspersión foliar, lo que facilitaría su aplicación en el caso del cultivo del arroz.

Existe una enmienda líquida de reciente introducción en el mercado que contiene 56% de CaO, en forma de carbonato de calcio micronizado (<2 micras), grado farmacéutico. El tamaño de partículas es de malla 625 mesh, y contiene además 6,9% de N en forma de urea, lo que aparentemente favorecería una mejor respuesta a su aplicación. Contiene además un coadyuvante que se llama goma *Xanthana* que permite la suspensión del material en agua. Esta goma es un polisacárido obtenido de la fermentación de la glucosa por medio de las bacterias *Xanthomonas campestris*, que permite que el carbonato de calcio de grado farmacéutico pueda suspenderse en el agua y luego disolverse sin problema al preparar la mezcla para la aplicación (Suplidora Verde

2010); además es compatible con gran cantidad de agroquímicos y se puede aplicar con diferentes equipos de fumigación, como bombas de espalda o motor, spray boom, etc.

Debido a la generalizada percepción de que el arroz en Costa Rica se siembra principalmente en suelos aluviales de alta fertilidad, no hay información local disponible acerca del efecto del encalado en arroz, a pesar de que existe un área de siembra importante en zonas como Los Chiles, Upala, San Carlos, etc., donde predominan suelos con problemas de acidez y/o bajos contenidos de Ca y Mg.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de esta nueva enmienda líquida como una alternativa viable para el control de la acidez de suelo y para mejorar el rendimiento del cultivo del arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre mayo y octubre del 2010, en el cantón de Los Chiles, Alajuela, Costa Rica, en la localidad de San Gerardo de Cuatro Esquinas, en la finca de un productor de arroz.

Como fuente de enmienda líquida se utilizó Cal 56 de la empresa Suplidora Verde. Es un material en presentación líquida que tiene 40% de Ca p/v (56% de CaO), en forma de CaCO_3 , y 6,9% de N p/v en forma de urea. Se utilizaron 3 dosis de Cal 56: 6, 8 y 10 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$, diluidas en un volumen de 200 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ de agua. La dosis más baja se mezcló con 4 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ del fertilizante líquido Nitro LL, que contiene 33% de N p/v, la tercera parte en forma de urea, y las otras 2 terceras partes en forma de N de lenta solubilidad (Agrichem 2010).

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1- Testigo sin enmienda
- 2- Cal 56 en dosis de 6 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Nitro LL en dosis de 4 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- 3- Cal 56 en dosis de 8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- 4- Cal 56 en dosis de 10 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$

El área total del ensayo fue de 1600 m^2 . La parcela experimental fue un área de 100 m^2

Figura 1 (10 m de ancho x 10 m de largo), y el diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

3	4	1	2
1	2	3	4
2	3	4	1
4	1	2	3
Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4

Fig. 1. Representación de la distribución de los tratamientos y repeticiones en el campo.

El terreno experimental fue preparado con un tractor y 2 pases de rastra previamente a la siembra. Después de esta tarea se procedió a realizar un muestreo de suelo para tomar una muestra compuesta de toda el área experimental, con la finalidad de realizar un análisis de suelo antes de aplicar las enmiendas. El mismo se realizó en el Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR) y consistió en un análisis químico completo, según la metodología del laboratorio (Díaz-Romeu y Hunter 1978). El suelo es un Ultisol moderadamente ácido (Cuadro 1), con acidez intercambiable baja y contenidos medios de Ca y Mg. El P y Zn se encuentran muy bajos, y el Fe y Mn están altos.

En la siembra del arroz se utilizó la variedad Palmar 18 y se colocó una semana después de la preparación del terreno. La aplicación de las enmiendas líquidas se llevó a cabo 8 días después de la germinación del arroz, la cual se realizó de

forma independiente en cada parcela según el tratamiento, por medio de una bomba de espalda marca Carpi de 18 l de volumen y un recipiente con una escala volumétrica (en ml) para realizar las mediciones de la enmienda líquida que se aplicó en cada parcela. Las cantidades se calcularon según la dosis y el área de cada tratamiento disuelto en un volumen final de 16 l de solución, con el objeto de simular un consumo de 200 l.ha⁻¹ de caldo de aplicación, que es el volumen promedio que se utiliza en una aspersión foliar por la mayoría de los productores de arroz.

Una vez aplicadas las enmiendas, todos los tratamientos recibieron el programa convencional de fertilización edáfica de arroz recomendado para los suelos de Los Chiles, y que fue de 120 kg.ha⁻¹ de N, 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg.ha⁻¹ de K₂O, 15 kg.ha⁻¹ de S. Todo el P se aplicó con voleadora a la siembra, el N se aplicó fraccionado a la siembra, a los 20, 35 y 50 días después de la germinación del arroz, el K y S se aplicó a los 35 y 50 días junto al N. Como fuentes de fertilizantes se utilizaron MAP (10-52-0), Daphos (0-25-0-6-35(CaO)-3(S)-22(SiO₂)), Urea (46-0-0), KCl (0-0-60) y Sulfato de amonio (21-0-0-24(S)). Aunque no se hizo análisis de S en el suelo, el conocimiento y experiencia en los suelos ácidos de Los Chiles indica que este elemento generalmente se encuentra deficiente, por lo que los productores de arroz lo incluyen de rutina en sus programas de fertilización. Además se hicieron 2 aplicaciones de quelato de Zn foliar en dosis de 1 l.ha⁻¹, en macollamiento y prefloración. El control de malezas, plagas y enfermedades fue el mismo manejo comercial que se le dio a la plantación.

Antes de la cosecha se hizo un muestreo de 10 panículas por tratamiento y repetición, para evaluar las variables de rendimiento, las cuales

Cuadro 1. Análisis químico del suelo del área experimental, San Gerardo, Los Chiles 2010.

pH	cmol(+).l ⁻¹					%	mg.l ⁻¹				
	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE		SA	P	Zn	Cu	Fe
5,1	0,50	3,78	2,05	0,16	6,49	8	2	1,9	7	139	102

fueron: tamaño de panícula en cm, número de espigas por panícula, número total de granos por panícula, número de granos llenos, número de granos vanos y peso de 1000 granos.

Una vez tomada estas muestras, se procedió a cosechar un área de 4 m² (2x2) en cada tratamiento de cada una de las repeticiones, esto con el fin de obtener la variable de rendimiento de grano en granza. Tanto la cosecha como la aporrea se realizaron de forma manual, con un cuchillo para cortar las plantas y un manteado con una tarima de madera para aporrear las plantas y de esta manera desprender los granos de arroz.

Una vez que se cosechó y aporreó el arroz de cada parcela, se procedió a pesarlo, para lo cual se utilizó una balanza de campo, con una capacidad hasta de 15 kg. Con el fin de obtener los resultados de las variables de calidad de molienda, se procedió a tomar una muestra de 1 kg de grano por cada parcela y se enviaron al laboratorio de la empresa DEMASA, en Parrita, en donde fueron procesadas según la metodología del reglamento técnico de arroz en granza estipulada por el CONARROZ (CONARROZ 2009).

Después de la cosecha se tomaron 5 muestras con un barreno, por cada muestra tomada en cada parcela. Esto con el fin de obtener un análisis químico de suelos para cada tratamiento de cada repetición, los cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y Foliars del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Se realizó el análisis estadístico de todas las variables mediante el programa de Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las variables de rendimiento. El análisis estadístico presentó diferencias significativas entre tratamientos con las variables de rendimiento de arroz en granza y grano pilado.

Los resultados muestran que hubo diferencias significativas entre tratamientos en el rendimiento de arroz en granza. Todos los tratamientos

de enmienda líquida superaron al testigo en rendimiento. El tratamiento de Cal 56 en dosis de 8 l.ha⁻¹ presentó el rendimiento más alto, con 6300 kg.ha⁻¹, que mostró diferencias significativas con respecto al testigo y superándolo en 1,8 t.ha⁻¹ de grano (Cuadro 2). La enmienda líquida suministró Ca a las plantas de arroz, elemento que se encontraba ligeramente bajo en este suelo (Cuadro 1). El Ca es necesario para favorecer el crecimiento de raíces y la división celular, lo cual aumenta el crecimiento y por ende la producción de grano. Además es probable que el contenido de N de la Cal 56 (6,9%), estimuló también un mayor crecimiento de las plantas de arroz que ayudó a mejorar el rendimiento de grano en los tratamientos con la enmienda líquida.

El rendimiento de pilado o % de arroz pilado corresponde a los granos de arroz a los cuales se les ha removido la cáscara, la mayor parte de las capas exteriores al endosperma, y el embrión, se le conoce como arroz elaborado o blanqueado (CONARROZ 2009). Hubo diferencias significativas entre el tratamiento testigo y la dosis de 10 l.ha⁻¹ de Cal 56 con respecto a esta variable, aunque la diferencia entre ellos fue muy estrecha. El % de grano quebrado no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Con las variables tamaño de espiga y granos totales no hubo efecto significativo de tratamiento, pero todos los tratamientos de enmienda líquida fueron superiores al testigo, al ser el tratamiento de Cal 56 en dosis de 8 l.ha⁻¹ el que mostró el valor más alto con ambas variables.

Con las variables número de granos vanos y peso de 1000 granos, tampoco se presentaron diferencias significativas, pero si hubo la misma tendencia de mejorar los valores con la aplicación de enmienda líquida en comparación con el testigo. En ambas variables el mejor tratamiento fue la Cal 56 en dosis de 10 l.ha⁻¹.

Los resultados indicaron que hubo respuesta del cultivo del arroz al uso de enmiendas en estos suelos de acidez moderada y niveles medios de bases intercambiables. La aplicación de enmiendas es la forma más práctica y económica de reducir los problemas de acidez del suelo

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de enmienda líquida en las variables de rendimiento de arroz, Los Chiles, Alajuela.

Tratamiento	Tamaño	Número espigas	Número granos totales	Número granos vanos	Peso 1000 granos g	Rendimiento	Grano quebrado	Rendimiento kg.ha ⁻¹
	panícula cm					pilado %		
Testigo sin enmienda	27,75	13,45	139	24,7	32,75	70,2 a	11,9	4500 a
Cal 56 6 l.ha ⁻¹ +Nitro LL	28,27	13,50	143	21,6	33,03	69,5 ab	14,3	5660 ab
Cal 56 8 l.ha ⁻¹	29,10	14,15	158	23,1	33,33	69,6 ab	11,4	6300 b
Cal 56 10 l.ha ⁻¹	28,15	13,38	146	20,6	33,63	69,1 b	12,5	5560 ab

Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa con $p < 0,01$.

(Espinosa y Molina 1999, Bernier y Alfaro 2006), y de suplir Ca como nutrimento para las plantas (Molina 1998). Estos resultados respaldan la respuesta positiva del encalado en el cultivo del arroz en suelos ácidos, tal y como ha sido documentado por Name (1992) y Sánchez y Owen (2001).

La enmienda líquida se utilizó a una dosis relativamente baja (6 a 10 l.ha⁻¹), lo que representa un costo entre \$80 y \$100.ha⁻¹. Una de las ventajas del uso de enmiendas líquidas reside precisamente en su costo más bajo en comparación con otro tipo de enmiendas convencionales (Peters et al. 1996). Además, la cal líquida es más fácil de aplicar porque se puede mezclar con otros productos fitosanitarios durante las prácticas normales de aspersión foliar (Suplidora Verde 2010).

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de suelo que se realizó posterior a la cosecha del arroz. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos para las variables de fertilidad de suelos. Sin embargo, el Ca y la CICE del suelo fueron ligeramente modificadas como consecuencia de la aplicación de enmienda líquida. El tratamiento de 10 l.ha⁻¹ de Cal 56, causó un aumento de más de 1 cmol(+).l⁻¹ en la concentración de Ca y CICE con respecto al testigo. El aumento del

Ca probablemente se debió al suministro de este nutrimento por parte de la enmienda líquida, la cual tiene una concentración de 56% de CaO. Esto se presentó a pesar de que la enmienda se utilizó en una dosis baja. Si bien el pH subió ligeramente con la aplicación de enmienda líquida, que presentó el valor más alto obtenido con Cal 56 en dosis de 10 l.ha⁻¹, esto se podría explicar en gran parte por la variación normal que se presenta en los resultados de análisis de suelos.

Los efectos de la cal en el mejoramiento de la fertilidad del suelo están bien documentados (Espinosa y Molina 1999, Molina y Rojas 2005, Kass 2007). La cal reduce la acidez intercambiable y sube los contenidos de Ca y/o Mg según el tipo de fuente (Lopes et al. 1991, Bernier y Alfaro 2006).

El beneficio de la Cal 56 en este suelo se podría atribuir a que es un CaCO₃ de alta fineza, de malla 625 mesh, que permite una reacción química en el suelo muy fuerte y rápida, de manera similar a como reaccionaría un óxido de calcio. Además, la presencia de la goma *Xanthana* como coadyuvante probablemente favoreció que la cal persistiera más en el suelo debido a la acción adhesiva de la goma y que favoreció su penetración a través del suelo.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de enmienda líquida en las características químicas del suelo, Los Chiles, Alajuela.

Tratamiento	pH H ₂ O	cmol(+).l ⁻¹					%	mg.l ⁻¹				
		ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE		SA	P	Zn	Cu	Fe
Testigo sin enmienda	5,1	0,54	4,29	2,46	0,10	7,48	7	1	1,7	8	146	94
Cal 56 6 l.ha ⁻¹ +Nitro LL	5,2	0,49	4,64	2,52	0,11	7,75	6	3	1,8	8	151	107
Cal 56 8 l.ha ⁻¹	5,2	0,38	4,69	2,40	0,12	7,59	5	2	1,9	8	160	107
Cal 56 10 l.ha ⁻¹	5,3	0,42	5,45	2,67	0,10	8,64	5	2	1,7	8	178	77

CONCLUSIONES

La aplicación de enmiendas líquidas incrementó el rendimiento del arroz en forma significativa, siendo la dosis de 8 l.ha⁻¹ de Cal 56 el mejor tratamiento resultante. La Cal 56 mejoró levemente el contenido de Ca en el suelo y otras variables de rendimiento como el número de granos y el peso de 1000 granos.

LITERATURA CITADA

- AGRICHEM. 2010. Hoja técnica Nitro LL. Agrichem, Sao Paulo, Brasil. 2 p.
- ALCARDE J.C. 1992. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. ANDA, Sao Paulo, Brasil. Boletim técnico N°. 6. 26 p.
- BARBER S. 1984. Liming materials and practices, pp. 171-209. In: F. Adams (ed). Soil Acidity and Liming. ASA, Wisconsin.
- BERNIER M., ALFARO M. 2006. Acidez de los suelos y encalado. Boletín INIA N°. 151, Osorno, Chile, 46 p.
- BERTSCH F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, San José, Costa Rica. 157 p.
- CHAVES M.A. 1993. Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo. DIECA, San José, Costa Rica. 41 p.
- CONARROZ. 2009. Reglamento técnico de arroz en granza. Boletín técnico. San José, Costa Rica. 28 p.
- DÍAZ-ROMEY, R., HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- DOBERMANN A., FAIRHURST T. 2000. Rice: nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute, USA. 190 p.
- ESPINOSA E., MOLINA E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS, Quito, Ecuador. 42 p.
- KMPRATH E. 1984. Crop response to lime in soils of the tropics pp. 349-369. In: F. Adams (ed). Soil acidity and liming. ASA, Wisconsin.
- KASS D. 2007. Fertilidad de los suelos. EUNED, 2 reimpresión. San José, Costa Rica. 272 p.
- LÓPES A.S., SILVA M.C., GUILHERME L.R. 1991. Acidez do solo e calagem. 3 ed, ANDA. Boletim técnico N°. 1. Sao Paulo, Brasil. 22 p.
- MOLINA E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS. San José, Costa Rica. 45 p.
- MOLINA E., ROJAS A. 2005. Efecto de encalado en el cultivo de naranja Valencia en la Zona Norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(3):81-95.
- MURILLO J., GONZÁLEZ R. 1983. Manual para la producción de arroz de secano en Costa Rica. CAFESA. San José, Costa Rica. 127 p.
- NAME B. 1992. Dinámica de fósforo en un Ultisol de Panamá. Reporte del ciclo 1991-1992, Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá, Divisa, Panamá.
- PETERS J.B., KELLING K.A., SCHULTE E.E. 1996. Choosing between liming materials. University of Wisconsin, Madison, Extension Cooperative Publication A3671. 4 p.
- SALAS R., MOLINA E., BOULDIN D. 1996. Lime response on tanager in an Ultisol of Costa Rica. Communications in Soil Science and Plant Analysis 27(9/10):2477-2484.
- SÁNCHEZ L.F., OWEN E.J. 2001. Fertilidad de los suelos y fertilización de los cultivos en los Llanos Orientales, pp. 345-402. In: F. Silva (ed), Fertilidad de Suelos: diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia.
- SUPLIDORA VERDE 2010. Aspectos técnicos de Cal 56. Hoja Técnica, Suplidora Verde, Cartago, Costa Rica. 2 p.
- VILLEGAS O., VARGAS F., PÉREZ J., GARCÍA R., PORRAS S., MENESES R., QUESADA A., DELGADO G., ALPIZAR D., MORA B., LEON R., ALFARO D. 2008. Programa nacional de producción de alimentos región Huetar Norte. Boletín técnico, MAG, San José, Costa Rica. 35 p.