

**EVALUACIÓN DE DOSIS Y FUENTES DE ENMIENDAS  
CALCÁREAS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL CRECIMIENTO  
DE PIÑA EN FINCA TRES AMIGOS, PITAL, SAN CARLOS.**

**RICHARD IGNACIO ORTIZ MIRANDA**

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía como requisito  
parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2013**

**EVALUACIÓN DE DOSIS Y FUENTES DE ENMIENDAS CALCÁREAS  
EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL CRECIMIENTO DE PIÑA EN  
FINCA TRES AMIGOS, PITAL, SAN CARLOS.**

**Richard Ignacio Ortiz Miranda**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.

\_\_\_\_\_  
Asesor interno

Ing. Agr. Eloy Molina Rojas, M. Sc.

\_\_\_\_\_  
Asesor externo

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M. Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado interno

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador de Trabajos  
Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, M. Sc.

\_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

**2013**

## **DEDICATORIA**

A DIOS TODO PODEROSO por permitirme culminar con éxito este largo camino y superar con perseverancia y empeño cada uno de los retos y procesos de la vida.

A mis padres Ignacio Ortiz Berrocal y Mireya Miranda Barahora, por todo su amor, sacrificio, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por enseñarme a valorar el esfuerzo propio y por ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanos Maribel, Yerlin, Héctor y Berny, por su apoyo, compañía, sacrificio y comprensión.

A mi novia Keilyn Picado Bravo, por su amor y apoyo incondicional.

A cada uno de mis familiares y amigos que siempre me han tendido su mano en lo que les ha sido posible para ayudarme a concluir mis estudios.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todo el personal de Finca Tres Amigos que muy amablemente me abrieron las puertas de su empresa, brindándome la oportunidad de aprender con ellos y aplicar mis conocimientos; muy en especial a Don Mario Pavón.

A la empresa Coopecalifornia R.L representada en cada uno de sus asociados y colaboradores desde el inicio de su creación, por todo el apoyo que me han dado desde niño en mi preparación profesional, laboral y en mi desarrollo como persona, por creer en mis capacidades y en la de cada uno de mis familiares.

A los Ingenieros Arnoldo Gadea Rivas, Parménides Furcal Berigüete y Eloy Molina Rojas que como asesores hicieron posible la realización de este estudio y fueron una guía constante en la elaboración de esta investigación, quienes además han dedicado de su tiempo personal en la guía para la realización del mismo y me han ofrecido su amistad; yendo más allá de sus obligaciones laborales.

A todo el personal docente, administrativo y funcionarios del ITCR - SSC, gracias por permitirme ser parte de esta prestigiosa institución formadora de excelentes profesionales. Gracias por permitirme ser parte de esta gran familia y ser amigo de muchos de sus colaboradores en todos los niveles. En especial a la familia Benavides Macré, que siempre me han ofrecido su amistad y su apoyo.

A mis compañeros y amigos, por lo mucho que me han enseñado, por todas las experiencias compartidas durante todos estos años, por ser los mejores motivadores y ser mi soporte para seguir adelante en la realización de este trabajo.

A todas las personas que siempre me han brindado su apoyo y que hicieron posible la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE CUADROS DEL ANEXO A .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE CUADROS DEL ANEXO B .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general .....	1
1.1.1 Objetivos específicos .....	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Generalidades del cultivo de piña .....	3
2.1.1 Clasificación de la piña.....	3
2.1.2 Características del híbrido MD-2 .....	3
2.1.3 Ciclo de cultivo de la variedad MD-2 .....	3
2.1.4 Sistema radical de la planta de piña .....	4
2.2 Clasificación y ubicación de los suelos ácidos en Costa Rica .....	6
2.3 Efectos de la agricultura en la acidez del suelo.....	7
2.4 Efectos de la acidez del suelo en la planta de piña .....	9
2.5 Materiales utilizados en la corrección de la acidez del suelo .....	10
2.6 Efectos del encalado sobre la acidez del suelo .....	10

2.7	Crecimiento de las plantas .....	13
2.8	Niveles de interpretación para análisis de suelos. ....	14
2.9	Niveles de interpretación para análisis foliares en piña. ....	15
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1	Localización del estudio.....	16
3.2	Condiciones climáticas.....	17
3.3	Período de evaluación .....	17
3.4	Definición de la población y parcelas experimentales .....	18
3.5	Enmiendas utilizadas .....	19
3.6	Tratamientos aplicados .....	20
3.7	Aplicación de los tratamientos .....	21
3.8	Diseño experimental.....	22
3.9	Muestreos de suelo realizados .....	22
3.10	Muestreos foliares realizados .....	23
3.11	Variables evaluadas .....	24
3.12	Análisis estadístico .....	26
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
4.1	Efecto de dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el control de la acidez y el mejoramiento de la fertilidad del suelo. ....	27
4.1.1	pH .....	27
4.1.2	Acidez intercambiable .....	29
4.1.3	Acidez potencial .....	32
4.1.4	Saturación de acidez.....	36
4.1.5	Fertilidad del suelo .....	38
4.2	Efecto de dosis y tipo de enmienda utilizada sobre el estado nutritivo de la planta de piña. ....	43

4.3	Efecto de la dosis y tipo de enmienda utilizada sobre las variables de crecimiento. ....	47
4.4	Efecto de dosis y tipo de enmienda utilizada sobre la incidencia de Phytophthora. ....	53
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>56</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>69</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO A. ....</b>	<b>73</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXO B. ....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Niveles para la interpretación de análisis de suelos. (Molina 2008).	<b>14</b>
<b>2</b>	Niveles para la interpretación de análisis foliares en piña. (Molina 2009).	<b>15</b>
<b>3</b>	Resultados promedios de los análisis de suelo realizados al inicio en el área de investigación en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.	<b>16</b>
<b>4</b>	Aportes y calidades de las enmiendas utilizadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.	<b>19</b>
<b>5</b>	Efecto de la aplicación de los tratamientos en las variables de crecimiento de las plantas de piña a los 3,5 y 6,5 meses de edad en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>47</b>
<b>6</b>	Efecto de la aplicación de los tratamientos sobre el porcentaje de la incidencia de Phytophthora de las plantas de piña a los 1, 2, 3, 4 y 5 meses de edad en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>53</b>



## LISTA DE CUADROS DEL ANEXO A

Cuadro	Descripción	Página
<b>A 1.</b>	Fuentes de variación y grados de libertad utilizados en el ANDEVA para las variables evaluadas en este estudio.	<b>73</b>
<b>A 2.</b>	Efecto de la aplicación de los tratamientos en los análisis de suelos realizados a los 0 – 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>73</b>
<b>A 3.</b>	Efecto de la aplicación de los tratamientos en los análisis foliares realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>74</b>
<b>A 4.</b>	Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada elemento según los resultados de los análisis de suelo realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>75</b>
<b>A 5.</b>	Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada elemento según los resultados de los análisis foliares realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>76</b>

## LISTA DE CUADROS DEL ANEXO B

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>B 1.</b>	Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada variable de crecimiento evaluada según los resultados obtenidos a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>77</b>
<b>B 2.</b>	Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado al porcentaje de la incidencia de Phytophthora según datos obtenidos a los 1, 2, 3, 4 y 5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>77</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Datos climáticos de precipitación y temperatura de enero a agosto en la zona de Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>17</b>
<b>2</b>	Enmiendas utilizadas en la aplicación de los tratamientos en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.	<b>20</b>
<b>3</b>	Preparación y diseño del área para la aplicación de los tratamientos de enmiendas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.	<b>21</b>
<b>4</b>	Diagrama de distribución de los tratamientos y bloques experimentales en finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.	<b>22</b>
<b>5</b>	Preparación de las muestras de suelo tomadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>23</b>
<b>6</b>	Preparación de las muestras foliares tomadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>24</b>
<b>7</b>	Equipo y herramientas utilizadas en la toma de datos del trabajo de investigación realizado en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>25</b>
<b>8</b>	Enfermedades presentes en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>25</b>
<b>9</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el pH a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>27</b>

<b>10</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el pH a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>28</b>
<b>11</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el pH a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>28</b>
<b>12</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>29</b>
<b>13</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>30</b>
<b>14</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre la acidez intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>31</b>
<b>15</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la diferencia de la acidez intercambiable obtenida entre los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>32</b>
<b>16</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez potencial a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>33</b>
<b>17</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez potencial a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>33</b>

<b>18</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre la acidez potencial a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>34</b>
<b>19</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la diferencia de la acidez potencial obtenida entre los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>35</b>
<b>20</b>	Comportamiento de la acidez intercambiable y potencial en los testigos a los 0 - 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>35</b>
<b>21</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la saturación de acidez a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>36</b>
<b>22</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la saturación de acidez a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>37</b>
<b>23</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre la saturación de acidez a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>38</b>
<b>24</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>39</b>
<b>25</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>39</b>

<b>26</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el Ca intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>40</b>
<b>27</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>41</b>
<b>28</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>41</b>
<b>29</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el K intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>42</b>
<b>30</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>44</b>
<b>31</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el Ca Foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>45</b>
<b>32</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>46</b>
<b>33</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el Mg foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>46</b>

<b>34</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso fresco promedio de raíz a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>48</b>
<b>35</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso fresco promedio de raíz a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>49</b>
<b>36</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el número de hojas a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>50</b>
<b>37</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el número de hojas a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>51</b>
<b>38</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el diámetro promedio del tallo a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>51</b>
<b>39</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso promedio de la hoja "D" a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>52</b>
<b>40</b>	Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el porcentaje de la incidencia de <i>Phytophthora</i> a los 4 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>54</b>
<b>41</b>	Efecto del carbonato de calcio sobre el porcentaje de la incidencia de <i>Phytophthora</i> a los 4 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.	<b>55</b>

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de las enmiendas calcáreas, carbonato de calcio en dosis de 2, 4, 6 y 8 ton/ha; dolomita en una dosis de 2 ton/ha, la mezcla de dolomita y yeso en una dosis de 0,75 ton/ha y la mezcla de yeso, dolomita y óxidos de Ca y Mg en una dosis de 0,75 ton/ha en el cultivo de piña (*Ananas comosus*, L. Merr) híbrido MD-2. La investigación se desarrolló en la comunidad de Pital, en el cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones del trópico húmedo, en el año 2011.

Se evaluó la acidez intercambiable, la fertilidad del suelo, el estado nutritivo de las plantas, número de hojas, peso de parte aérea, peso de raíces, ancho, peso y largo de la hoja "D", y diámetro de tallos a los 3,5 y a los 6.5 meses después de sembrado. La incidencia de *Phytophthora* se midió en forma mensual.

Los resultados reflejaron que hubo diferencias significativas en el control de la acidez intercambiable y en el mejoramiento de la fertilidad del suelo en los elementos Ca, Mg y K. En cuanto al estado nutritivo de la piña se observó diferencias significativas en los elementos Ca y Mg. Con respecto a las variables de crecimiento hubo diferencia significativa en peso fresco de la raíz, peso fresco de la Hoja "D", número de hojas y diámetro del tallo. Para el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* solo hubo diferencia significativa en los datos obtenidos en la cuarta evaluación.

Se concluye que para el manejo de las variables evaluadas en esta investigación, los tratamientos que mejor resultados presentaron fueron la aplicación de la mezcla de dolomita y yeso a una dosis de 0,75 ton/ha y la aplicación de carbonato de calcio a 6 ton/ha.

**Palabras clave:** piña, enmiendas calcáreas, acidez intercambiable, fertilidad del suelo, nutrición vegetal, *Phytophthora* sp.



## ABSTRACT

The effect of liming doses and sources on soil fertility and growth of pineapple (*Ananas comosus*, L. Merr). MD-2 hybrid, was evaluated in Tres Amigos Farm, in Pital, San Carlos. The treatments were calcium carbonate in doses of 2, 4, 6 and 8 tons / ha, dolomite at a dose of 2 ton / ha, the mixture of dolomite and gypsum at a dose of 0,75 ton / ha and the mixture of gypsum, dolomite and oxides of Ca and Mg in a dose of 0,75 ton / ha, and control without lime. Soil exchangeable acidity, soil fertility, plant nutritional status, number of leaves, weight of shoot, root weight, width, weight and blade length "D" leaf, and the stem diameter at 3,5 and at 6,5 months after planting, was evaluated. The incidence of *Phytophthora* was measured monthly.

The results showed that there were significant differences in exchangeable acidity control and improvement of soil fertility in the elements Ca, Mg and K. Regarding the nutritional status of pineapple, there were significant differences in Ca and Mg content. With respect to the growth variables, there were significant difference in root fresh weight, leaf fresh weight "D", number of leaves and stem diameter. For *Phytophthora* incidence rate only significant difference was obtained in the fourth assessment.

It is concluded that for handling the variables evaluated in this study, the treatments were presented better results applying the mixture of dolomite and gypsum at a dose of 0,75 ton / ha and application of calcium carbonate at 6 and 8 ton / ha.

**Key words:** pineapple, liming, exchangeable acidity, soil fertility, plant nutrition, *Phytophthora* sp.

# 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas frescas a nivel mundial se ha convertido en una opción saludable que cada día se utiliza más como parte de la dieta en pro de la nutrición y la salud humana, esto ha hecho que en Costa Rica las áreas de producción de frutas y en especial las áreas cultivadas de piña para la exportación se incrementen en forma acelerada.

Esta gran expansión del cultivo de piña ha provocado que para el 2007 se hayan superado las 40.000 Hectáreas cultivadas, las cuales en su mayoría se han establecido en los últimos seis años, especialmente en la zona norte del país y en algunos cantones del Caribe, como Pococí, Siquirres y Guácimo. Aunque no hay un censo de la actividad, se estima que existen unos 1.050 productores pequeños en el país, de los cuales un 98% se ubica en la región Huetar Norte del país (Barquero 2007).

La actividad piñera se desarrolla como un monocultivo intensivo rentable y por ello los agricultores no permiten el adecuado descanso de los suelos ni la rotación con otros cultivos; esto hace que las características químicas del suelo se hayan modificado, haciendo que la producción de piña sea cada vez más costosa a razón de mantener la buena producción y calidad que permitan la rentabilidad de los proyectos en cada finca.

Por lo anteriormente citado es que el Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Universidad de Costa Rica han unido esfuerzos en la investigación dirigida al uso de diferentes dosis y tipos de enmiendas, con el fin de mejorar la calidad de los suelos para el cultivo de piña. El presente estudio se realizó en la Finca Tres Amigos S.A. situada en la Región Huetar Norte, la principal zona productora de piña híbrido MD-2 del país.

## 1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes dosis y tipos de enmiendas calcáreas en el control de la acidez de un suelo cultivado con piña y en el crecimiento del cultivo.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- a) Evaluar el efecto de ocho dosis y cuatro tipos de enmiendas en el control de la acidez y el mejoramiento de la fertilidad del suelo.
- b) Evaluar el efecto de ocho dosis y cuatro tipos de enmiendas en el estado nutritivo de las plantas de piña.
- c) Evaluar el efecto de ocho dosis y cuatro tipos de enmiendas en el crecimiento de las plantas de piña.
- d) Evaluar el efecto de ocho dosis y cuatro tipos de enmiendas en la incidencia de *Phytophthora* en las plantas de piña.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del cultivo de piña

#### 2.1.1 Clasificación de la piña

La piña es conocida como *Ananas comosus* (L) Merr, perteneciente a la familia de las Bromeliaceae y al Género Ananas, las cuales en su totalidad son originarias de América del sur (Guido 1983).

Taxonómicamente, Jiménez (1999) indica que la piña es perteneciente al Reino Vegetal, División Monocotiledónea, Clase Liliopsidas, Orden Bromeliales, Familia Bromeliaceae, Género Ananas, especie comosus e identificada por Linneo.

#### 2.1.2 Características del híbrido MD-2

El híbrido comercial de piña MD-2, fue introducido y desarrollado en Costa Rica por la compañía Pineapple Development Corporation (PINDECO), subsidiaria de Del Monte Corporation y fue lanzado al mercado de fruta fresca en mayo de 1996, en mercados de Europa y Estados Unidos donde ha superado el nivel de ventas de las demás variedades y ha logrado un espacio importante bajo el nombre comercial de “Del Monte Gold” (Castro 2000).

El ciclo del cultivo es corto, la fruta es de forma cilíndrica y de pulpa amarilla con alto contenido de vitamina C. La fruta es susceptible a la degradación poscosecha, presenta vulnerabilidad a plagas y enfermedades, y además es susceptible a la pudrición del tallo y raíces (afección fungosa por *Phytophthora parasítica* y *P. cinnamomi*) (Castro 2000).

#### 2.1.3 Ciclo de cultivo de la variedad MD-2

El ciclo vegetativo de la piña es muy variable, inicia con el desarrollo del hijuelo mediante la emisión de raíces adventicias por su sección basal y hojas nuevas por la sección apical (Castro 2000).

La planta de piña se desarrolla a una velocidad que responde a las condiciones de manejo y sanidad a la que es sometida. Bajo las condiciones de desarrollo del

cultivo en Costa Rica, la planta logra alcanzar el tamaño y peso necesarios para iniciar la etapa de floración y producción en un periodo de ocho a nueve meses, momento en que es “obligada”, mediante la aplicación de técnicas de inducción floral, a iniciar la etapa de producción. Desde el momento de la inducción floral hasta la cosecha transcurren alrededor de 22 semanas (cinco meses y medio); tiempo necesario para la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto (Castro 2000).

#### **2.1.4 Sistema radical de la planta de piña**

La anatomía interna de las raíces de piña son típicas de una monocotiledónea; de afuera hacia el centro presenta la epidermis con pelos radicales, la corteza está compuesta de exodermis la cual es la parte más externa con esclerénquima y canales aéreos, y la parte interna se presenta con parénquima lagunar; la endodermis presenta periciclo, conductos y médula (Bartholomew et al. 2002).

Py (1969) describe que bajo la epidermis, cuyas excreciones forman los pelos absorbentes, la corteza comprende cuatro partes: exodermo, corteza externa, compuesta de células poligonales de los tabiques gruesos y perforados que cubren hileras de células más voluminosas llenas de rafidios cuya desaparición da lugar a verdaderos canales de aireación, lo que brinda el típico aspecto de médula a las bromeliáceas, la corteza interior con células pequeñas y vastos espacios lagunares y, finalmente, el endodermo formado por una sola capa de células cuyas membranas son, en su parte central muy gruesas. El cilindro central comprende el periciclo (pericambium), capa simple de células, los tejidos vasculares, en donde alternan las masas de floema y xilema y en el centro, la característica médula, con sus células esclerenquimatosas de membranas gruesas.

Con excepción del exodermo y de los rafidios de la zona cortical, la raíz del ananás posee ya todos sus tejidos cuando emerge del tallo. Su crecimiento se detiene cuando las condiciones del medio le son desfavorables, produciéndose una suberización de la cofia o piloriza; cuando aquellas vuelven a ser favorables,

la cofia se desgarrar al ser presionada por los tejidos meristemáticos y se produce una nueva prolongación de la raíz con formación de nueva cofia. El conjunto del sistema radical de la planta adulta es muy superficial, pero su importancia depende esencialmente de las características físicas del suelo: estructura, aireación y humedad. Su longitud puede llegar hasta dos metros cuando el medio es favorable; algunas se encuentran a los 30 centímetros de profundidad y muy excepcionalmente a 60 centímetros o más (Py 1969).

Sin embargo, la piña posee un sistema radical superficial cuya extensión varía de acuerdo con el tipo de suelo y el estado nutricional de la planta. Las raíces no se extienden mucho lateralmente y la planta extrae los nutrimentos dentro de una distancia de 30 cm de su base. La penetración de las raíces no es muy profunda y su vida es corta. Bajo condiciones ideales, las raíces pueden extenderse hasta 1,5 metros y penetrar a una profundidad de 0,3-0,5 metros (FDA 1988).

La piña según FDA (1988), tiene dos tipos de raíces:

- Raíz primaria: Se encuentran en plantas de piña originadas de semillas, es de vida corta, cesando de funcionar y desprendiéndose a los dos meses de edad. Las raíces primarias se encuentran solamente en semilleros muy jóvenes, estas mueren poco después de la germinación y son reemplazadas por las raíces adventicias (Bartholomew et al. 2002).
- Raíces adventicias: Estas se dividen en raíces de suelo y raíces axilares.
  - Raíces de suelo. En la piña hay dos sistemas radicales en suelo: uno ocurre alrededor de la base del tallo formando una masa esférica de raíces activas y gruesas que utilizan el agua capturada por las hojas y que escurre a lo largo del tallo; el otro sistema consiste en raíces finas y alargadas que emergen de la planta y penetran alrededor de un metro, se ramifican y desarrollan una cofia bien activa que utiliza el agua disponible a mayor profundidad (Bartholomew et al. 2002).
  - Raíces axilares. Estas emergen de los entrenudos en las axilas de las hojas inferiores, son distorsionadas y achatadas. Las hojas capturan y

conducen el agua hacia su base, donde estas raíces aéreas pueden usarla. Probablemente estas raíces absorben fertilizante cuando es asperjado (Bartholomew et al. 2002).

## **2.2 Clasificación y ubicación de los suelos ácidos en Costa Rica**

La mayoría de los suelos cultivados con piña en Costa Rica son de naturaleza ácida, siendo principalmente Ultisoles, Inceptisoles dístricos y Andisoles. Los suelos ácidos en Costa Rica están distribuidos en muchas zonas de importancia agrícola. Los órdenes de suelos que presentan los problemas más serios de acidez se conocen como: Ultisoles, Andisoles e Inceptisoles (Dystropepts) (Bertsch 1995).

Uno de los sitios en donde se encuentran los suelos clasificados como Ultisoles es la zona norte del país, incluyendo Sarapiquí, San Carlos y Cutris. Los Ultisoles se originan por el efecto prolongado de los factores climáticos (principalmente por altas precipitaciones) perteneciendo a los suelos más viejos y meteorizados, caracterizándose por su bajo nivel de bases y la formación de un horizonte de acumulación de acillas iluviadas que poseen buenas condiciones de agregamiento; lo cual representa condiciones ideales para la lixiviación de nutrimentos (especialmente las bases Ca, Mg y K), lo que conduce a acentuados problemas de acidez en estos suelos (Bertsch 1995).

Gran parte de los suelos agrícolas del país tienen algún grado de problemas de acidez. Entre las regiones del país donde se ubican suelos ácidos se encuentra la Zona Norte en los cantones de San Carlos, Sarapiquí, Los Chiles, Guatuso y Upala. En la Zona Atlántica principalmente en Pococí y Guácimo. En la Zona sur en San Isidro del General, Buenos Aires y San Vito de Coto Brus; y en el Valle Central principalmente en suelos derivados de cenizas volcánicas y en los Ultisoles de Cartago, Turrialba, Grecia, Naranjo, San Ramón, etc. (Molina 1998).

### 2.3 Efectos de la agricultura en la acidez del suelo

La acidez en los suelos también puede ser causada por efecto del manejo agrícola del suelo. El cultivo intensivo de la tierra, la extracción de nutrimentos por parte de la cosecha, el efecto residual ácido que dejan los fertilizantes nitrogenados, y el incremento en los problemas de erosión por mal manejo del suelo, todos juntos han contribuido a incrementar los problemas de acidez en muchos suelos de Costa Rica (Molina 1998).

El pH se define en términos de la concentración de H, y en una escala que va de 1 a 14. Se dice que el  $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$  ó  $\text{pH} = \log 1/(\text{H}^+)$

a) Químicamente el pH afecta:

- La solubilización, disponibilidad y absorción de algunos elementos en el suelo (Ca, Mg, K, P, menores).
- El porcentaje de saturación de bases y el porcentaje de saturación de acidez.
- La generación de carga variable, y por tanto, la CIC y la CIA (Bertsch 1995).

b) Biológicamente el pH actúa sobre:

- Los tipos de organismos presentes y su actividad. A  $\text{pH} < 5,5$  la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja; los hongos son más adaptables y se desarrollan en un ámbito de pH más amplio, hasta soportar pH más ácidos. La nitrificación, la fijación de N, la mineralización y la amonificación prosperan mejor bajo condiciones neutras, ya que la participación de las bacterias en estos procesos es decisiva. Una elevada acidez inhibe la actividad de las lombrices.
- El desarrollo vegetal de las plantas. A  $\text{pH} < 4,0$  se producen trastornos en el sistema radical por efectos directos del ión  $\text{H}^+$ .
- Los requerimientos específicos genéticos de pH de cada planta. (Bertsch 1995).



Se ha logrado comprobar que el cultivo continuo de piña en el suelo incrementa la acidez en el tiempo. Es comúnmente aceptado que la piña se desarrolla mejor en suelos ácidos (Mite et al. 2009), pero condiciones ácidas extremas pueden causar problemas al cultivo.

La acidez del suelo puede ser causada por:

**a) Pérdida de bases.**

- Por la inclemencia constante del clima tropical. En los suelos de las regiones tropicales ocurre una precipitación que excede a la evapotranspiración durante la mayor parte del año, alcanzando niveles de percolación muy altos y por esto las bases Ca y Mg son lixiviadas en abundancia con esa agua y son sustituidas en sus posiciones por iones ácidos en el suelo.
- Por la extracción de cationes básicos por el cultivo intensivo. Las plantas absorben nutrimentos del suelo para llenar sus requerimientos, y el suelo, en forma natural posee los mecanismos para restituir esas salidas, sin embargo, cuando se cultiva en forma intensiva es posible que se agote la agilidad del intercambio iónico y de la solubilización a partir de otras fracciones para reponer esas extracciones, y por lo tanto, van quedando lugares en el complejo de cambio del suelo que pueden ser ocupados por iones ácidos (Bertsch 1995).

**b) Producción de iones ácidos.**

- Fuentes permanentes que generan iones ácidos al medio: las exudaciones radicales, la mineralización de la materia orgánica y la solubilización de fertilizantes nitrogenados; estos últimos dos aumentarán según el manejo que reciba el cultivo y la intensidad del mismo.
- Fuentes progresivas que generan iones ácidos al medio sin poder ejercer control sobre ellas: la ionización de OH y la liberación de Al (Bertsch 1995).

## 2.4 Efectos de la acidez del suelo en la planta de piña

La piña está bien adaptada a suelos ácidos y tolera cantidades altas de Al y Mn solubles (Silva et al. 2006). Sin embargo, la acidez de los suelos afecta algunas de sus características químicas y biológicas que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrimentos como Ca, Mg, K y P, y la proliferación de elementos como el Al y Mn que en cantidades altas pueden ser tóxicos para las plantas (Espinosa y Molina 1999).

Altos niveles de saturación de  $Al^{+3}$  reducen el crecimiento de raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo, y consecuentemente, reduciendo la absorción de agua y nutrimentos, así como la capacidad de las raíces de llegar a éstos en el subsuelo (Sánchez y Salinas 1983a). El  $Al^{+3}$  también obstaculiza la translocación de nutrimentos a la parte aérea, los cuales se manifiestan principalmente como deficiencias de P, Ca y Mg (Sánchez y Salinas 1983b).

El porcentaje de la saturación de acidez es una proporción del complejo de intercambio catiónico del suelo que está ocupado por la acidez y se determina por:  $\% SA = (Acidez / CICE) * 100$ ; si el % SA es mayor a 60 el suelo alcanzaría niveles que serían tóxicos para la mayoría de plantas cultivadas (Bertsch 1995). Además, Molina (2008) cita que los valores medios del porcentaje de saturación de acidez del suelo se encuentran entre 10 y 30 (Cuadro 1), lo que viene a ser reforzado por Bertsch (1995) al citar que el cultivo de piña soporta niveles de hasta 30 % de saturación de acidez.

El exceso de manganeso en el suelo causado por condiciones de acidez causa la aparición de deficiencia de hierro en la piña, la que normalmente se corrige con aplicaciones foliares de hierro (Silva et al. 2006).

Niveles de pH entre 4,5 y 5,5 favorecen la disponibilidad de Fe, Mn, Zn, Cu y Co, mientras que valores de pH entre 5,5 y 7 favorecen la disponibilidad de Ca, Mg, S, Mo y B, finalmente los niveles de pH entre 7 y 8 favorecen la disponibilidad de N, P y K (Molina 2008)

## 2.5 Materiales utilizados en la corrección de la acidez del suelo

Los materiales utilizados como correctivos de acidez del suelo son principalmente carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca y/o Mg (Alcarde 1992). Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable (Chaves 1993).

El encalado constituye el manejo más convencional para contrarrestar el efecto de la acidez y consiste en la aplicación de sales básicas (comúnmente Ca y en forma preferencial el carbonato de calcio), buscando la neutralización de la acidez intercambiable (Bertsch 1995).

En Costa Rica la principal fuente de encalado es el carbonato de calcio, 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).

## 2.6 Efectos del encalado sobre la acidez del suelo

Mediante el encalado el ácido carbónico se descompone en H<sub>2</sub>O y en CO<sub>2</sub> que se volatiliza, permitiendo que ocurra la neutralización, mediante la siguiente acción

$$\text{SUELO]-2Al} + 3\text{CaCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SUELO]-3Ca} + 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2 \text{ (Bertsch 1995).}$$

La respuesta favorable de los cultivos al encalado se da principalmente como resultado de la neutralización de la acidez causada por Al<sup>+3</sup>, H<sup>+</sup>, y/o Mn<sup>+2</sup>, y del suministro de Ca, Mg o ambos (Kamprath 1984). Sin embargo, existe el criterio de algunos productores y técnicos de que la piña necesita condiciones ácidas en el suelo y que aplicaciones de cal que incrementen el pH del suelo pueden causar un aumento en la incidencia de la pudrición radical provocada por *Phytophthora* (Swete Kelly 1993), y de acuerdo con Frossard (1976), el problema es más severo cuando el pH del suelo está por encima de 5,5.

Las relaciones o cocientes Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K suponen predecir, bajo ciertos rangos, las cantidades más adecuadas de las bases relacionadas entre sí; cuando estos cocientes se encuentran alejados de ese rango es probable que se presenten problemas con algunos de los elementos involucrados en el equilibrio, especialmente si alguno está en niveles bajos (Bertsch 1995).

Las dosis de encalado normalmente recomendadas en muchos países de Latinoamérica oscilan entre 0,5 y 2 ton/ha, y en algunos casos hasta 3 ton/ha. Sin embargo, algunos experimentos y pruebas comerciales recientes han mostrado que en suelos fuertemente ácidos, la dosis de cal podría ser mayor. Así por ejemplo, Salas et al. (1996) encontraron respuesta casi lineal a la aplicación de cal en tiquizque blanco sembrado en un Ultisol de Costa Rica. La dosis más alta utilizada (4 ton/ha) no logró maximizar el rendimiento, mostrando que esta dosis fue probablemente insuficiente.

Molina y Rojas (2005) también encontraron una respuesta lineal a la aplicación de diferentes dosis de cal en naranja Valencia. La dosis más alta utilizada de 3 ton/ha produjo el mejor rendimiento, en un Ultisol de Río Cuarto de Grecia, Costa Rica, con 66% de saturación de Al, luego de tres cosechas de frutas de naranja (1995 a 1997). En la mayoría de los años evaluados, la dosis de 3 ton/ha produjo más del doble de rendimiento que el testigo sin cal, independientemente de la fuente utilizada, si bien con una ligera tendencia de la mezcla física de carbonato de calcio y óxido de magnesio a mostrar los mejores resultados. Chaves y Alvarado (1994) también encontraron que la dosis de 3 ton/ha de carbonato de calcio presentó el mejor rendimiento de caña de azúcar en un Andisol de Grecia deficiente en bases y con alta saturación de acidez.

En un ensayo realizado por Guong et al (1998) en Vietnam, encontraron respuesta positiva en rendimiento a la aplicación de 1 ton/ha de carbonato de calcio en la variedad "Smooth Cayenne", cuando se combinó con una aplicación de 7 g de  $P_2O_5$ /planta. En el mismo estudio se encontró que la aplicación de cal disminuyó el contenido de aluminio en la hoja "D".

Para evitar el incremento del pH y el riesgo de aumentar la incidencia de *Phytophthora*, se ha sugerido el uso de enmiendas a base de yeso o sulfato de calcio, que neutralizan el exceso de aluminio y manganeso en suelos ácidos sin variar el pH del suelo (Silva et al. 2006).

Un estudio reciente demostró que la piña responde bien al encalado con carbonato de calcio en suelos ácidos de origen volcánico en Ecuador (Mite et al 2009). En dicho estudio se comprobó que una dosis de 3 ton/ha fue suficiente para reducir la acidez intercambiable del suelo y aumentar el rendimiento de piña, y que dosis más altas estaban asociadas con un aumento en la incidencia de *Phytophthora*. El estudio concluye que es crítico determinar la dosis exacta de enmiendas para neutralizar la acidez intercambiable en suelos cultivados con piña.

Las correlaciones entre el pH y la acidez del suelo establecen que el Al precipita a niveles de pH alrededor de 5,5 – 6,0 y por esto, los problemas de acidez se encontrarán por debajo de ese nivel; a niveles superiores de ese pH se puede considerar que no existen problemas de acidez, pues el suelo estará saturado de bases. En síntesis los indicadores de acidez son: pH <5,5; acidez > 0,5 cmol(+)/L; suma de bases < 5 cmol(+)/L y %SA 10% – 60% dependiendo de cada cultivo (Bertsch1995).

Dosis de encalados mayores a 2 – 3 ton/ha pueden asociarse con sobre encalado y por eso las recomendaciones no deben exceder esos niveles.(Bertsch1995).

Las consecuencias del sobre encalado son:

- Reducción del rendimiento de los cultivos por afectarse otras funciones del suelo y de la planta.
- Deterioro de la estructura. Al subir el pH el Fe se transforma y su efecto agregante se disminuye, por lo que se forman agregados más pequeños que reducen la tasa de infiltración y pueden favorecer la erosión.
- Disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos, como: P, B, Zn y Mn (Bertsch 1995).

## **2.7 Crecimiento de las plantas**

Crecimiento y desarrollo son palabras usadas para indicar el incremento en tamaño y los cambios en forma y complejidad que ocurren en una planta a lo largo de su ciclo de vida, estos cambios anatómicos y fisiológicos que experimenta la planta son susceptibles de medirse a través de peso, altura o algún otro atributo similar que normalmente se incrementa con la edad; en una planta superior el crecimiento está asociado tanto con el incremento en el número de células como con el aumento en su tamaño, y ocurre por efecto de la fotosíntesis. Así la forma y proporciones que adquiere una planta a lo largo de las diferentes etapas de su desarrollo son una expresión de la interacción entre los factores genéticos internos y los ambientales o externos; estos factores externos son: agua, luz, dióxido de carbono, oxígeno, temperatura y nutrimentos (Bertsch1995).

## 2.8 Niveles de interpretación para análisis de suelos.

Debido a la necesidad de tener un marco de referencia confiable para la buena interpretación de los análisis de suelo, el Cuadro 1 presenta una guía utilizada en Costa Rica que muestra los niveles para la interpretación de los análisis de suelos.

**Cuadro 1.** Niveles de interpretación para análisis de suelos. (Molina 2008).

		<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ÓPTIMO</b>	<b>ALTO</b>
pH		< 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Ca	cmol/L	< 4	4 - 6	6 - 15	> 15
Mg	cmol/L	< 1	1 - 3	3 - 6	> 6
K	cmol/L	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 0,8	> 0,8
Acidez	cmol/L	***	0,3 - 1	< 0,3	> 1
S. A.	%	***	10 - 30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
Cu	mg/L	< 0,5	0,5 - 1	1 - 20	> 20
Zn	mg/L	< 2	2 - 3	3 - 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50
B	mg/L	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
M O	%	< 2	2 - 5	5 - 10	> 10
<b>RELACIONES</b>		<b>Ca/Mg</b>	<b>Ca/K</b>	<b>Mg/K</b>	<b>(Ca + Mg)/K</b>
<b>CATIÓNICAS</b>		<b>2 - 5</b>	<b>5 - 25</b>	<b>2,5 - 15</b>	<b>10 - 40</b>

## 2.9 Niveles de interpretación para análisis foliares en piña.

Debido a la necesidad de tener un marco de referencia confiable para la buena interpretación de los análisis foliares en piña, , el Cuadro 2 presenta una guía utilizada en costa Rica que muestra los niveles para la interpretación de los análisis foliares en piña.

**Cuadro 2.** Niveles de interpretación para análisis foliares en piña. (Molina 2009).

ELEMENTO	NIVELES			
	BAJO	MEDIO	ALTO	
N	%	< 1,50	1,50 - 2,00	> 2,00
P	%	< 0,15	0,15 - 0,20	> 0,20
K	%	< 2,50	2,5 - 4,0	> 4,00
Ca	%	< 0,40	0,40 - 0,60	> 0,60
Mg	%	< 0,25	0,25 - 0,40	> 0,40
S	%	< 0,15	0,15 - 0,25	> 0,25
B	mg/kg	< 15	15 - 30	> 30
Fe	mg/kg	< 60	60 - 150	150 - 200
Mn	mg/kg	< 60	60 - 200	200 - 800
Zn	mg/kg	< 25	25 - 40	40 - 50
Cu	mg/kg	***	10 - 50	***



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Localización del estudio

Este trabajo se realizó en un lote con problemas de acidez intercambiable en Finca Tres Amigos, ubicada en Pital, San Carlos, Alajuela; cuya fertilidad se muestra en el Cuadro 3.

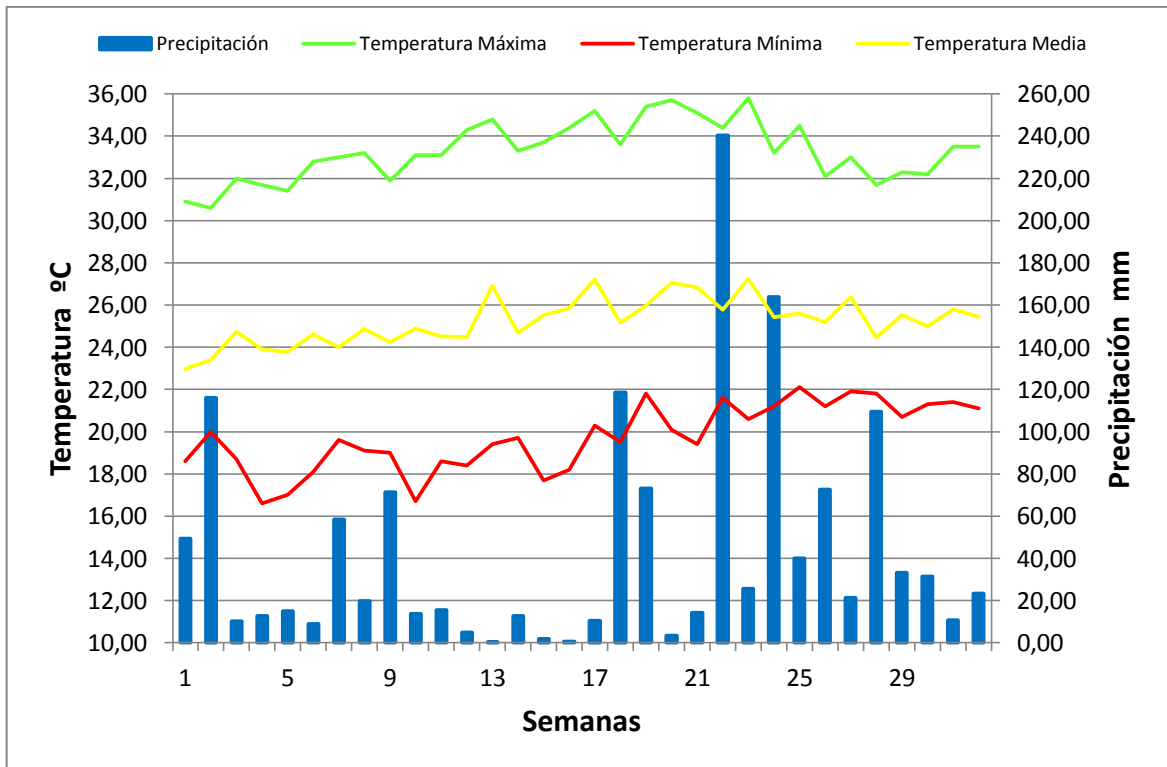
**Cuadro 3.** Resultados promedios de los análisis de suelo realizados al inicio en el área de investigación en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.

	UNIDAD	VALOR	Valor óptimo (Molina 2008)
pH H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	4,63	6,0 - 7,0
ACIDEZ	cmol(+)/L	1,67	< 0,30
Ca	cmol(+)/L	1,02	6,0 – 15,0
Mg	cmol(+)/L	0,41	3,0 – 6,0
K	cmol(+)/L	0,23	0,5 - 0,8
CICE	cmol(+)/L	3,33	...
SA	%	50,24	< 10
P	mg/L	5,67	20,0 – 50,0
Zn	mg/L	0,93	3,0 – 10,0
Cu	mg/L	8,33	1,0 – 20,0
Fe	mg/L	131,33	10,0 – 50,0
Mn	mg/L	15,00	10,0 – 50,0
<b>Acidez en Acetato de Ca</b>	<b>cmol/L</b>	<b>8,00</b>	<b>...</b>

**Nota:** el análisis se realizó en el laboratorio del CIA y la solución extractora fue KCL para Ca, Mg y Acidez intercambiable y Olsen modificado en P, K, Fe, Cu, Zn y Mn. Para la acidez potencial se realizó un análisis adicional con Acetato de Ca.

### 3.2 Condiciones climáticas

En la Figura 1 se muestra el comportamiento que tuvo la precipitación y la temperatura en la zona de investigación a lo largo del período de evaluación registrado en este estudio.



**Figura 1.** Datos climáticos de precipitación y temperatura de enero a agosto en la zona de Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

### 3.3 Período de evaluación

Esta investigación se llevó a cabo desde noviembre del 2010 hasta agosto del 2011, período que comprendía desde la toma inicial de muestras de suelo; antes de la preparación del terreno, hasta el momento de la inducción. La siembra se realizó durante la tercera semana del mes de enero de 2011, finalizando el día 22.

### **3.4 Definición de la población y parcelas experimentales**

Para la siembra se utilizó una sección de 3.026 m<sup>2</sup> de un bloque en el lote 11-06-37. Debido a aspectos relacionados con la evacuación de agua de escorrentía, cada sección estaba dividida en áreas más pequeñas llamadas gavetas, con dimensiones de 34 m de ancho y 10 m de largo, separadas por canales de drenaje terciarios de 1 m de ancho en la parte superior, con 0,4 m de plantilla y 0,27 m en promedio de profundidad, medido desde la entre cama.

Las camas en promedio fueron de 1,1 m de ancho, medidas de centro a centro de la cama, con la parte superior de 0,45 m de ancho y altura de 0,23 m en promedio.

Cada parcela experimental estaba conformada por 8 camas que midieron en total 8,8 m de ancho y tenían un largo de 10 m, para un área de 88 m<sup>2</sup> cada una; mientras que la parcela útil fue definida por las seis camas del centro con 8 m de largo, lo anterior con el fin de eliminar una cama de cada uno de los costados y 1 m tanto al inicio como al final de cada parcela para disminuir los efectos de bordes; quedando así la parcela útil de 6,6 m de ancho con 8 m de largo, para un área total de 52,8 m<sup>2</sup> cada una.

Como semilla se utilizó hijo guía con pesos de 300 a 600 gramos y se determinó el número de plantas sembradas en cada parcela experimental mediante el conteo total. La siembra de los hijos se realizó en dos hileras sobre cada lomillo a 0,30 m entre hileras y 0,26 m entre plantas, para un total de 52.926 plantas. La densidad de siembra y el diseño de las gavetas fue el mismo que utilizó la empresa Finca Tres Amigos en sus operaciones convencionales del cultivo.

### 3.5 Enmiendas utilizadas

Se utilizó las siguientes enmiendas:

- Carbonato de calcio.
- Cal dolomita.
- Mezcla de dolomita y yeso.
- Mezcla de dolomita, yeso y óxidos de Ca y Mg.

Las características de estas enmiendas se describen en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Aportes y calidades de las enmiendas utilizadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.

APORTES	ENMIENDAS UTILIZADAS			
	Carbonato de calcio	Mezcla de dolomita y yeso	Mezcla de dolomita, yeso, y óxidos de Ca y Mg	Dolomita
% PRNT	85	100	107	101
% CaCO <sub>3</sub>	98,5	...	...	50 - 60
% CaO	...	31,97	36	28 - 30
% MgO	...	12,7	20	18 - 20
% SO <sub>4</sub>	...	11,67	4,5	...
Nº Reg MAG	5353	4141	6113	4183



**Figura 2.** Enmiendas utilizadas en la aplicación de los tratamientos en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.

### 3.6 Tratamientos aplicados

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- 1- Testigo sin enmienda.
- 2- Carbonato de calcio 2 ton/ha, incorporado antes de sembrar.
- 3- Carbonato de calcio 4 ton/ha, incorporado antes de sembrar.
- 4- Carbonato de calcio 6 ton/ha, incorporado antes de sembrar.
- 5- Carbonato de calcio 8 ton/ha, incorporado antes de sembrar.
- 6- Dolomita 2 ton/ha, incorporado antes de sembrar.
- 7- Mezcla de dolomita y yeso 0,75 ton/ha, aplicada sobre el lomillo de siembra.
- 8- Mezcla de dolomita, yeso y óxidos de Ca y Mg 0,75 ton/ha, aplicada sobre el lomillo de siembra.

### 3.7 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos de carbonato de calcio en dosis de 2, 4, 6, y 8 ton/ha, más el tratamiento de dolomita a 2 ton/ha se aplicaron de forma manual al voleo el día 18-11-2010 (día del último pase de rastra) en cada unidad experimental (Figura 3); la incorporación de estas enmiendas se realizó con la encamadora 28 días después de su aplicación (el 16-12-2010) debido a atrasos provocados por fallas en los implementos y el clima lluvioso imperante en la zona.

Las mezclas de dolomita más yeso, y la mezcla de dolomita más yeso más óxidos de Ca y Mg a 0,75 ton/ha se aplicaron manualmente sobre el lomillo el día que se realizó el encamado (el 16-12-2010), 37 días antes de iniciada la siembra. Esta dosis utilizada se puede considerar de 1,5 ton/ha por la forma de aplicación, ya que no fue una aplicación de área total; sólo se aplicó a la mitad del área (sobre el lomillo).

Para realizar una aplicación más homogénea de las enmiendas en el campo se pesó el producto para cada unidad experimental y fue aplicado por las mismas personas, disminuyendo así el efecto de variación en la aplicación.

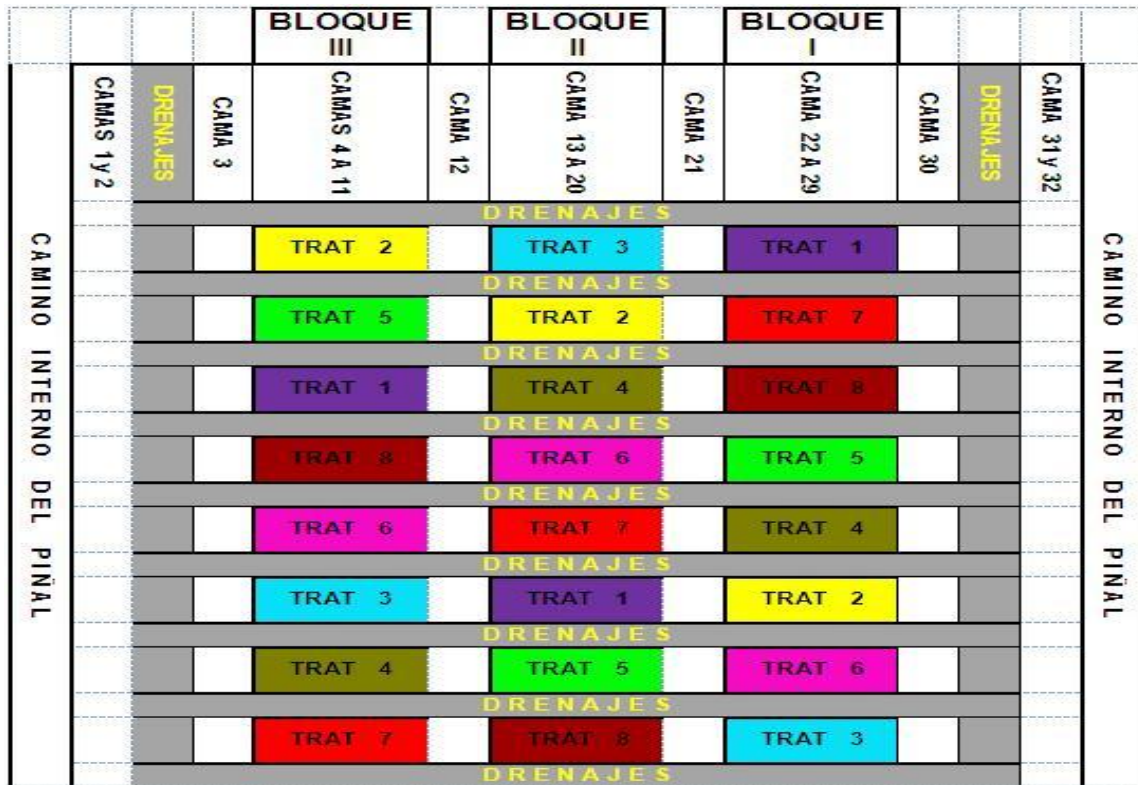
Todos los tratamientos recibieron el mismo programa de fertilización y control fitosanitario convencional que utilizó la empresa Finca Tres Amigos.



**Figura 3.** Preparación y diseño del área para la aplicación de los tratamientos de enmiendas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.

### 3.8 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 8 tratamientos. Los tratamientos se repitieron en tres bloques, según se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de distribución de los tratamientos y bloques experimentales en finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2010.

### 3.9 Muestreos de suelo realizados

Se realizó un muestreo de suelos del área experimental antes de la siembra para su análisis químico en el Laboratorio de Suelos del CIA, donde se realizó la determinación del pH, acidez intercambiable, Ca y Mg extraíbles con KCL, P, K, Fe, Cu, Zn, y Mn extraíbles con Olsen Modificado, de acuerdo con los métodos descritos por Díaz-Romeu y Hunter (1978), y la acidez potencial con Acetato de calcio (Van Raij 1991). Para el muestreo se tomaron 10 submuestras al azar con un barreno tipo holandés en el área total del experimento, luego se realizaron



otros muestreos a los 3,5 y 6,5 meses después de realizada la siembra en cada unidad experimental para determinar los mismos parámetros anteriores.

En la Figura 5 se puede observar la forma en que se prepararon las muestras de suelo que se enviaron al laboratorio para su análisis respectivo.



**Figura 5.** Preparación de las muestras de suelo tomadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

### **3.10 Muestreos foliares realizados**

Se realizó un muestreo foliar de la hoja “D” en cada tratamiento a los 3,5 y 6,5 meses después de la siembra para realizar en el laboratorio un análisis químico de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B, mediante digestión ácida en horno de microondas y determinación de contenido de nutrimentos en Espectrómetro de Plasma, y el N mediante el método de Dumas en analizador Automático N, de acuerdo al procedimiento del Laboratorio de Suelos y Foliare del CIA-UCR (Díaz-Romeu y Hunter 1978). El muestreo foliar se realizó tomando 10 hojas “D” al azar en cada parcela útil experimental.

En la Figura 6 se puede observar la forma en que se prepararon las muestras de foliares que se enviaron al laboratorio para su análisis respectivo.





**Figura 6.** Preparación de las muestras foliares tomadas en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

### **3.11 Variables evaluadas**

Se evaluó el contenido de la acidez intercambiable, los nutrientes intercambiables y la acidez potencial, que se determinaron a los 3,5 y 6,5 meses con los análisis de suelo.

Además se evaluó el contenido de nutrientes foliares, que se determinaron a los 3,5 y 6,5 meses con los análisis foliares.

También se evaluaron la altura de planta que se determinó a los 3,5 y 6,5 meses después de la siembra con las mediciones realizadas a cinco plantas tomadas al azar por parcela útil experimental. Se midió cada planta con una cinta métrica desde la base hasta la punta de la hoja “D” en posición vertical.

Se determinó el peso fresco promedio de la planta (follaje y raíz) tomando muestras a los 3,5 y 6,5 meses después de la siembra, muestreando cinco plantas al azar en cada parcela útil experimental. Cada planta se extrajo con un palín con un “adobe” de 25 cm de lado y 25 cm de profundidad, posteriormente se les lavó las raíces a cada planta y se dejaron secar a la sombra por dos horas para luego pesar cada planta y sus raíces con una balanza digital.

Los datos de número de hojas, diámetro del tallo, longitud de la hoja “D”, peso de la hoja “D” y ancho de la hoja D se tomaron a los 3,5 y 6,5 meses después de la siembra. Estos datos se determinaron con las mediciones de cinco plantas

tomadas al azar en cada parcela útil experimental. Para la toma de estos datos se utilizaron el pie de rey (vernier), balanza digital y cinta métrica (Figura 7).



**Figura 7.** Equipo y herramientas utilizadas en la toma de datos del trabajo de investigación realizado en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

Se evaluó el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* una vez al mes mediante un muestreo visual en la totalidad de cada parcela útil experimental. Consistió en el conteo total de las plantas afectadas por la enfermedad detectada en cada parcela útil y luego estos datos se pasaron a porcentajes para calcular su incidencia.

En la Figura 8 se observan algunas enfermedades presentes en el área experimental.



**Figura 8.** Enfermedades presentes en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

### 3.12 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas debidas a la aplicación de los tratamientos y el modelo experimental utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

$Y_{ij}$  = Representa el efecto de los factores a evaluar.

$\mu$  = Representa la media poblacional.

$T_i$  = Representa el efecto debido a los tratamientos.

$\beta_j$  = Representa el efecto debido a los bloques.

$\varepsilon_{ij}$  = Representa el efecto debido al error experimental.

A las diferencias significativas en variables discretas (tipos de cal) se les realizó una prueba de comparación de medias y a los resultados con diferencias significativas en variables continuas (dosis) se les aplicó una regresión lineal.

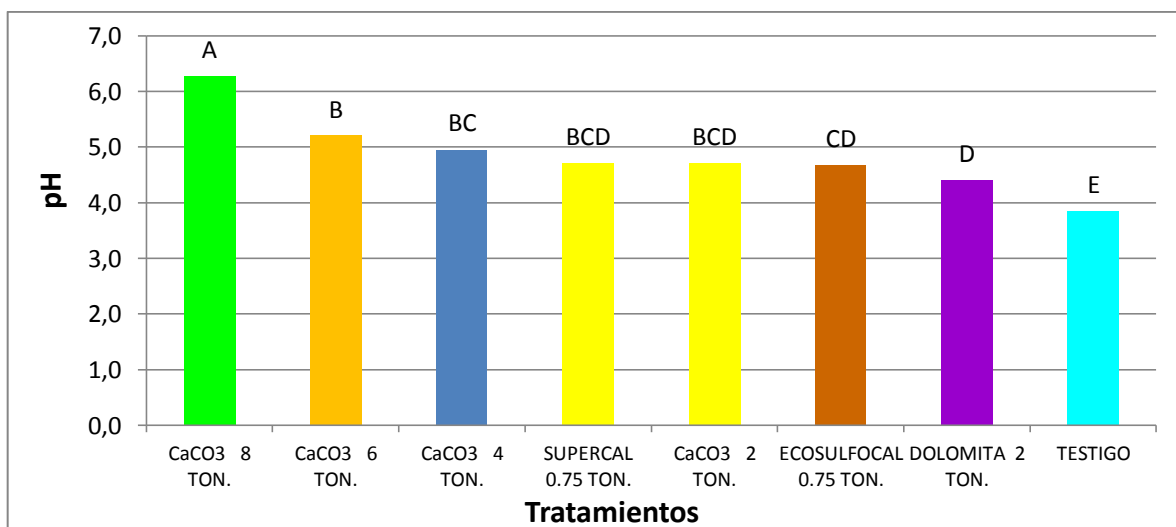
## 4. RESULTADOS

### 4.1 Efecto de dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el control de la acidez y el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

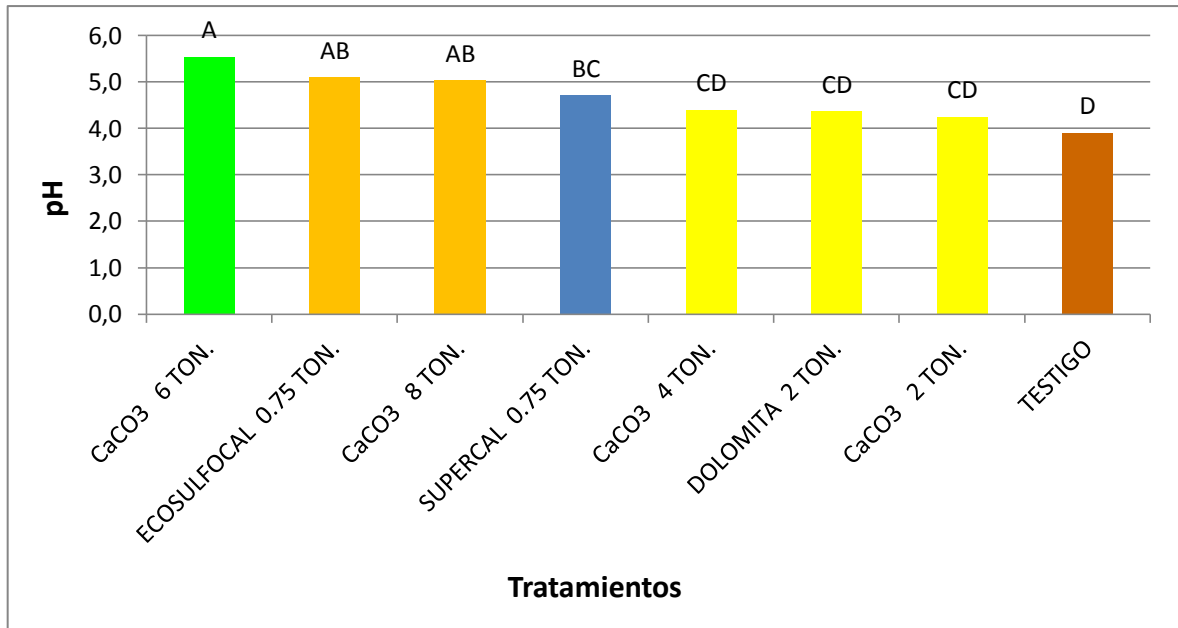
Las figuras de este apartado se generaron a partir de los datos obtenidos en cada uno de los análisis de laboratorio realizados a los muestreos hechos en campo. Los datos promedios originales se muestran en los Cuadros 3 y A2; que evidencian un suelo donde el pH es bajo y la acidez es alta; los elementos Ca y Mg presentan valores bajos y el K era medio. También se encontraban bajos la CICE, P, y Zn, la saturación de acidez, el Fe y Mn estaban muy altos.

#### 4.1.1 pH

Las Figuras 9 y 10 muestran que la aplicación de las enmiendas calcáreas aumentó el pH a los 3,5 y 6,5 meses. En ambos casos el testigo presentó el pH menor, mientras que las aplicaciones de carbonato de calcio a dosis de 6 y 8 ton/ha fueron las que presentaron el pH mayor a los 3,5 y 6,5 meses de edad; alcanzando niveles medios y óptimos, respectivamente (Cuadro 1)

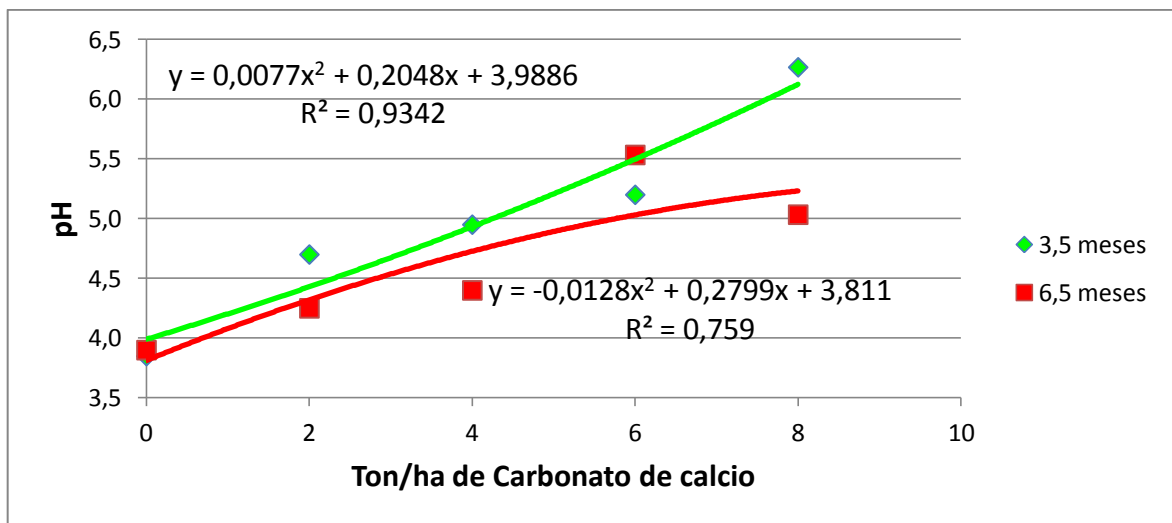


**Figura 9.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el pH a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 10.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el pH a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

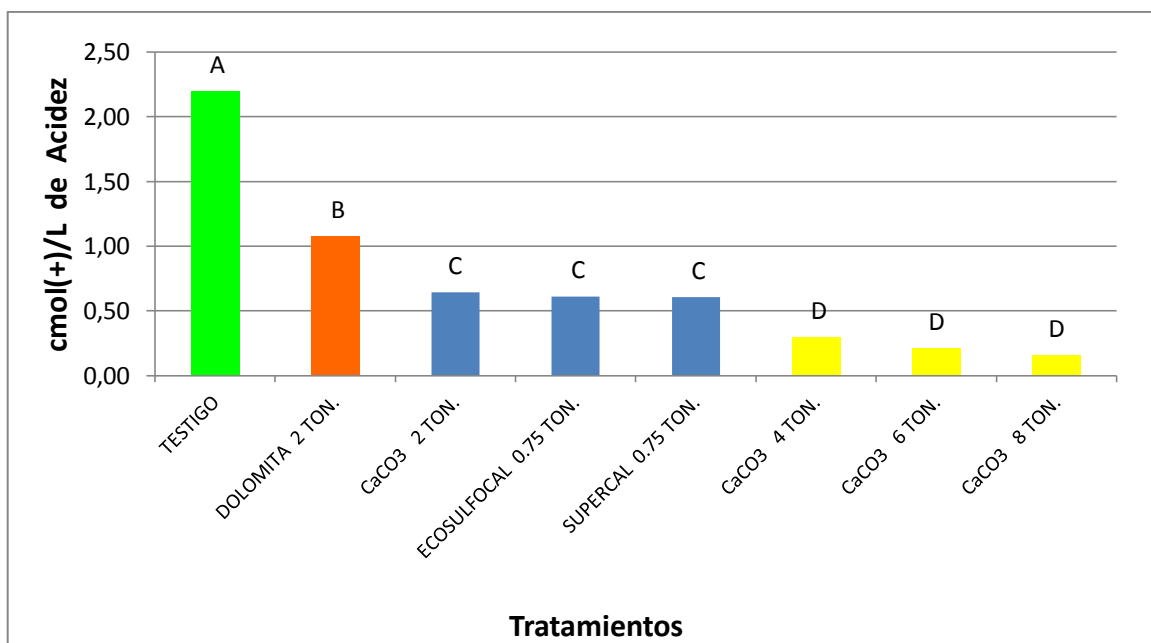
El incremento en las dosis de carbonato de calcio mostró una tendencia creciente en el aumento del pH a los 3,5 y 6,5 meses. (Figura 11).



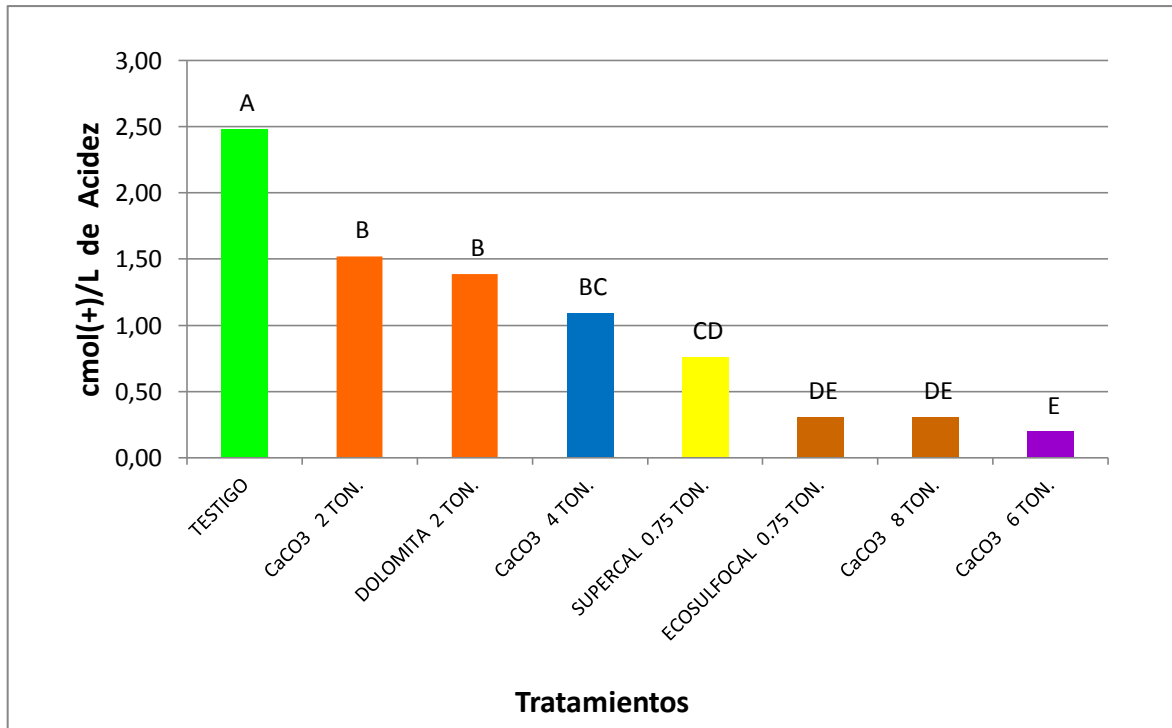
**Figura 11.** Efecto del carbonato de calcio sobre el pH a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

#### 4.1.2 Acidez intercambiable

Las Figuras 12 y 13 muestran que la aplicación de cualquiera de las enmiendas calcáreas evaluadas disminuyó la acidez intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses. El testigo presentó la mayor acidez a los 3,5 y 6,5 meses, las enmiendas Ecosulfocal y Supercal que contienen yeso, se mantuvieron en los rangos medios de acidez a los 3,5 y 6,5 meses y las aplicaciones de carbonato de calcio a 4, 6 y 8 ton/ha lograron alcanzar el rango óptimo de acidez intercambiable a los 3,5 meses, con diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos; no obstante, solo el carbonato de calcio a 6ton/ha se mantuvo en ese rango a los 6,5 meses. Lo anterior coincide con la tabla de interpretación propuesta por Molina (2008) (Cuadro 1).



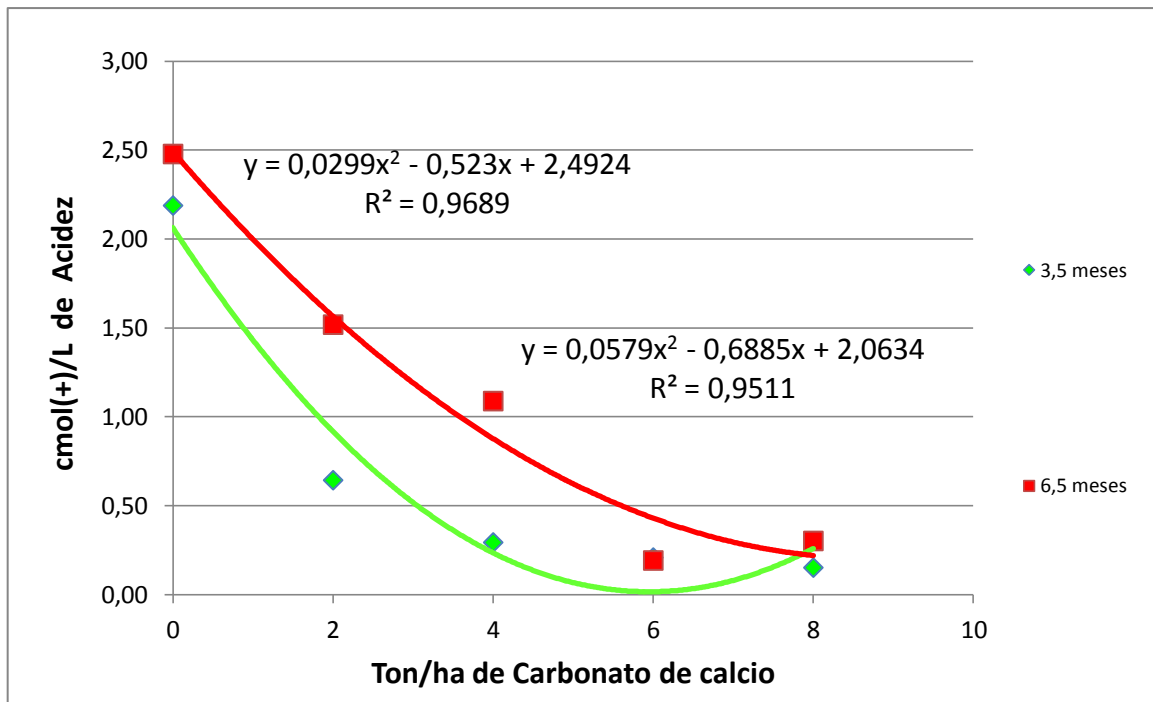
**Figura 12.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 13.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 14 muestra que entre mayor es la aplicación de carbonato de calcio mayor es la disminución de la acidez intercambiable, este comportamiento se mantiene tanto a los 3,5 como a los 6,5 meses de edad.

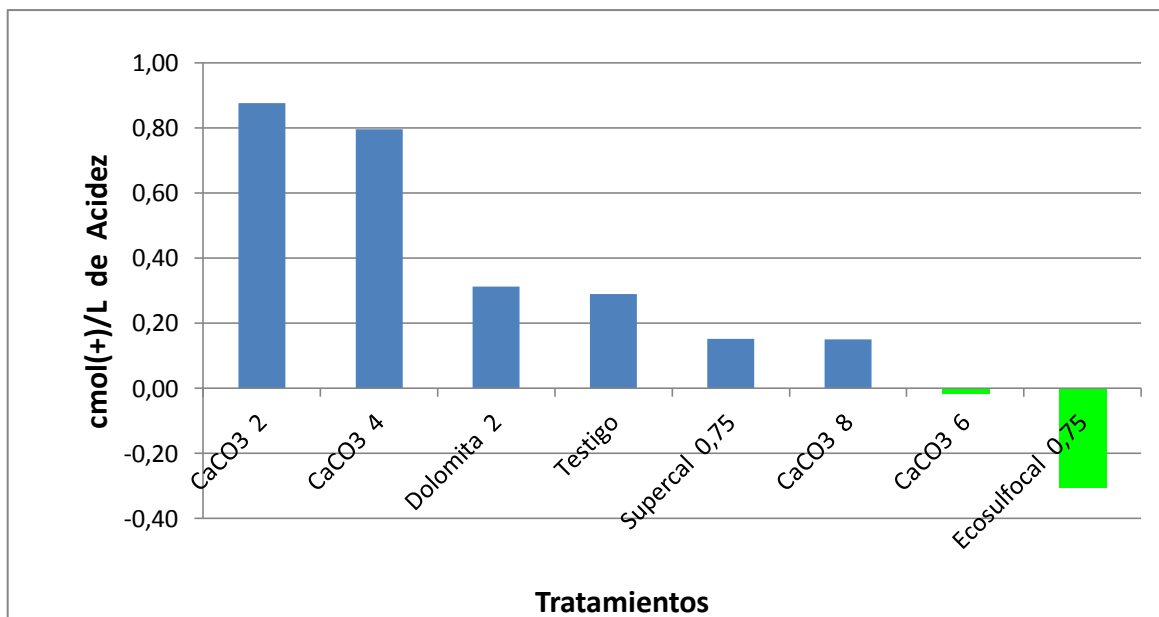
El presente estudio muestra que se necesitó la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio para alcanzar el rango de acidez óptimo citado en la literatura (Cuadro 1).



**Figura 14.** Efecto del carbonato de calcio sobre la acidez intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 15 muestra que la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio y 0,75 ton/ha de Ecosulfocal fueron los tratamientos que mostraron el mejor efecto residual en su capacidad de mejorar la acidez intercambiable, inclusive estos tratamientos continuaron disminuyéndola a través del tiempo; el testigo, el carbonato de calcio a 2, 4 y 8 ton/ha y el Supercal a 0,75ton/ha disminuyeron su capacidad de mantener el efecto en la reducción de la acidez y debido a esto la misma se elevó con el paso del tiempo.



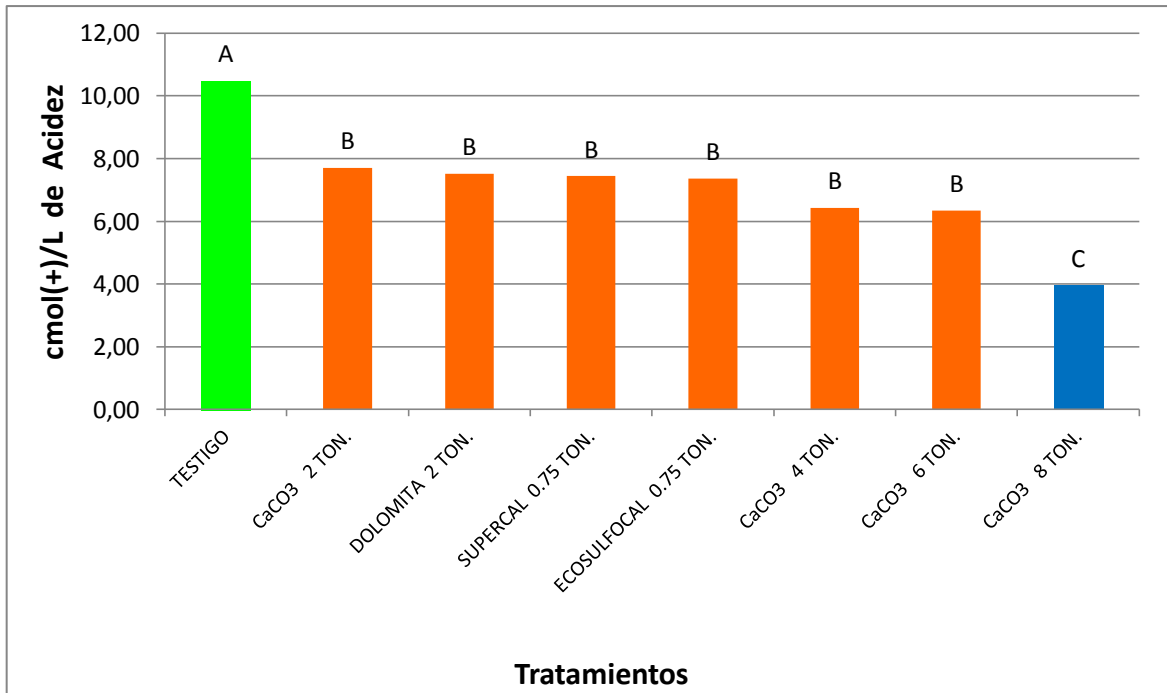


**Figura 15.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la diferencia de la acidez intercambiable obtenida entre los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

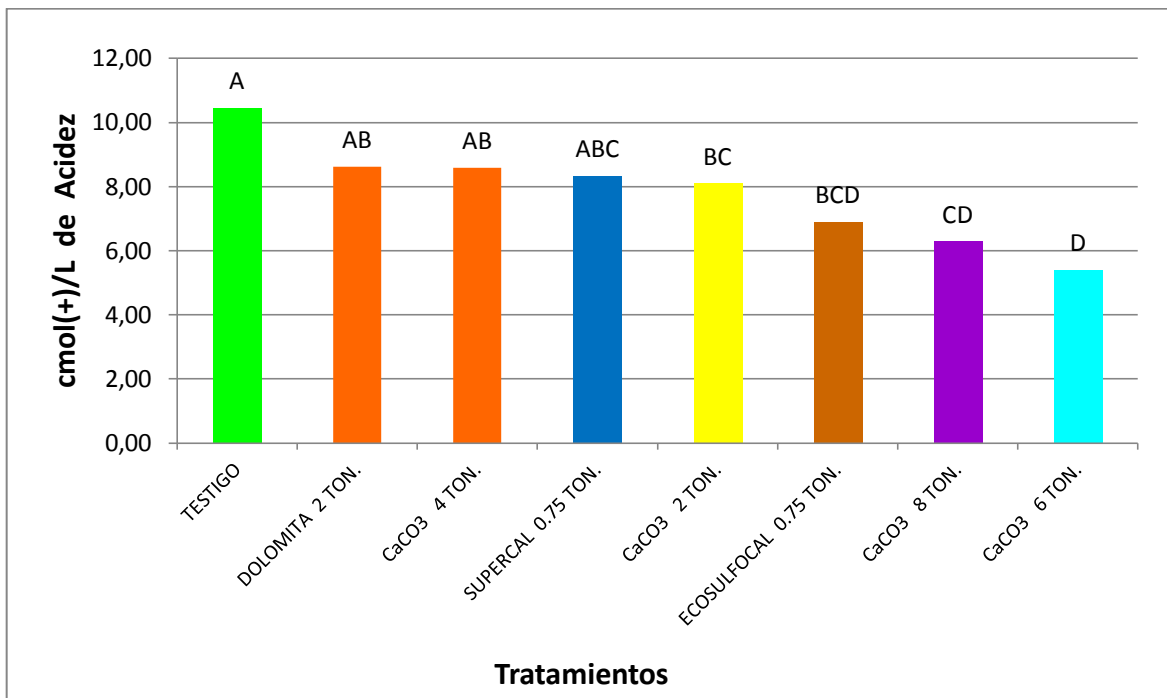
#### 4.1.3 Acidez potencial

Buscando una mejor interpretación de los datos suministrados en los análisis de suelos y con la finalidad de conocer la posibilidad del incremento en la acidez del suelo se llevó a cabo la medición de la acidez potencial con acetato de calcio. La acidez potencial es el resultado de la suma de la acidez intercambiable más la acidez no intercambiable.

Las Figuras 16 y 17 muestran que hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, siendo el testigo el que presentó la mayor acidez potencial y el tratamiento de carbonato de calcio a 8 ton/ha presentó diferencias significativas con respecto al resto de tratamiento, alcanzando la mayor reducción de la acidez potencial. Además, la Figura 16 muestra que a los 3,5 meses entre mayor es la aplicación de carbonato de calcio mayor es la disminución de la acidez potencial.

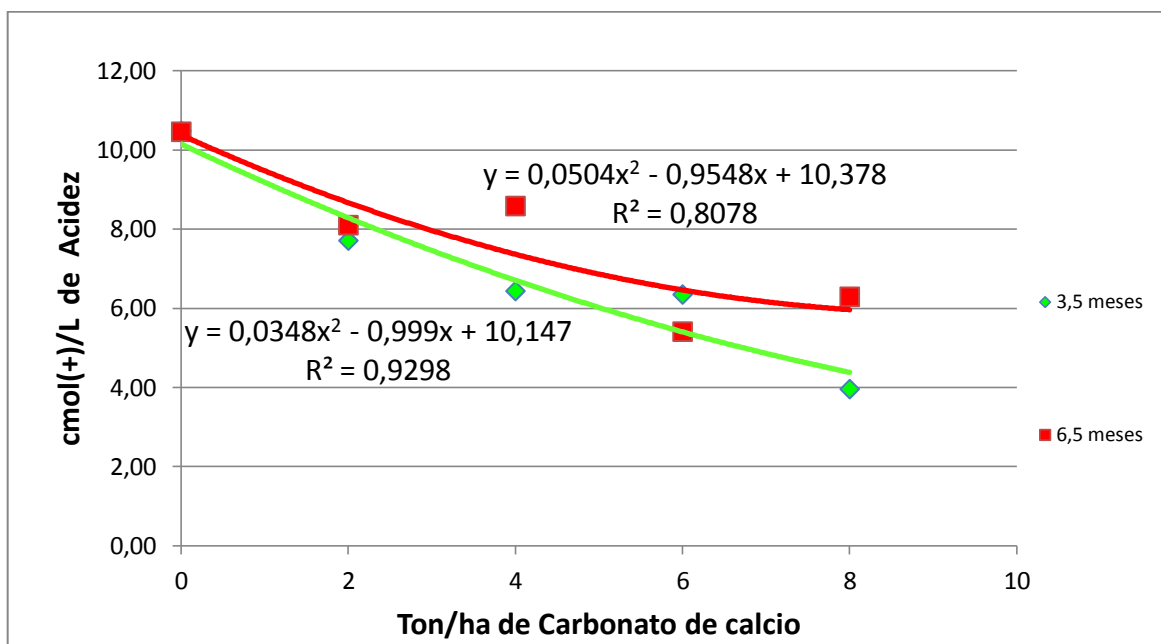


**Figura 16.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez potencial a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



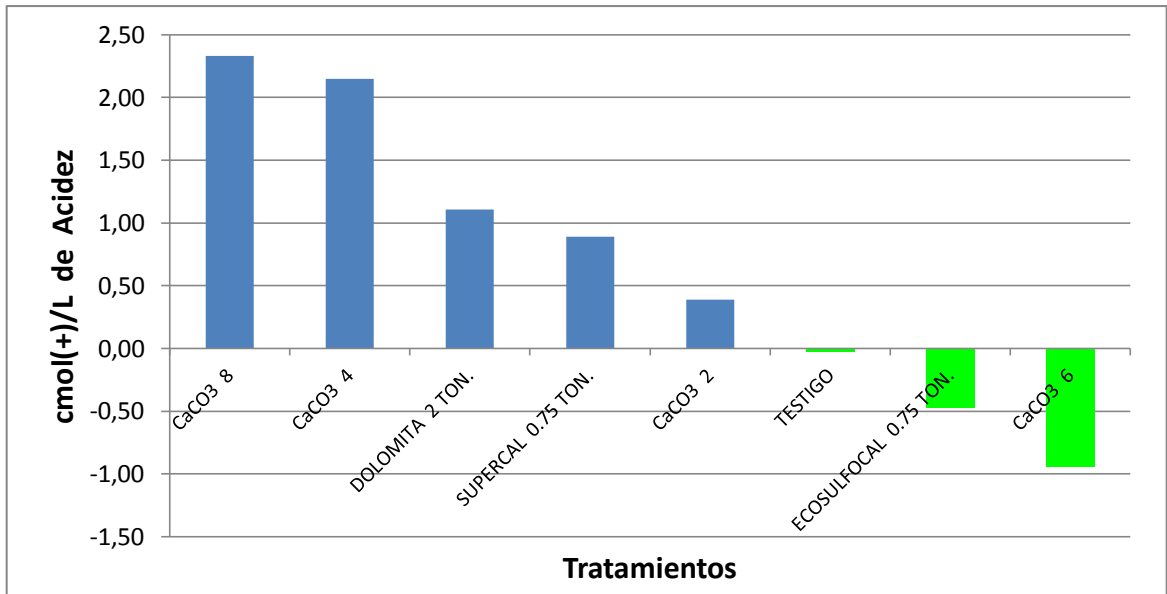
**Figura 17.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la acidez potencial a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 18 nos muestra una tendencia similar a la presentada en la Figura 14 de acidez intercambiable; en donde las aplicaciones de carbonato de calcio disminuyeron la acidez del suelo conforme se aumentó la dosis, tanto a los 3,5 como a los 6,5 meses de edad. Además se muestra la tendencia de un leve aumento en la acidez a través del tiempo.



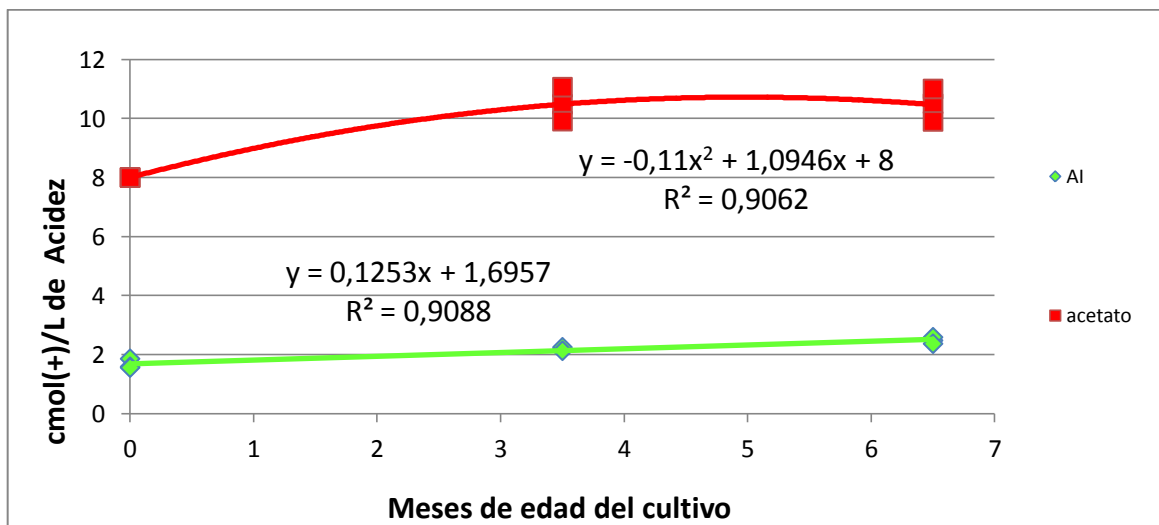
**Figura 18.** Efecto del carbonato de calcio sobre la acidez potencial a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 19 muestra que los tratamientos de 6 ton/ha de carbonato de calcio y de 0,75 ton/ha de Ecosulfocal mostraron mejor efecto residual en su capacidad de disminuir la acidez potencial, inclusive estos tratamientos continuaron disminuyendo la acidez potencial del suelo a través del tiempo; mientras que el testigo y las aplicaciones de carbonato de calcio a 2, 4, y 8 ton/ha, más la aplicación de dolomita a 2 ton/ha y Supercal 0,75 ton/ha, hubo un incremento en la acidez potencial en el transcurso del tiempo.



**Figura 19.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la diferencia de la acidez potencial obtenida entre los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

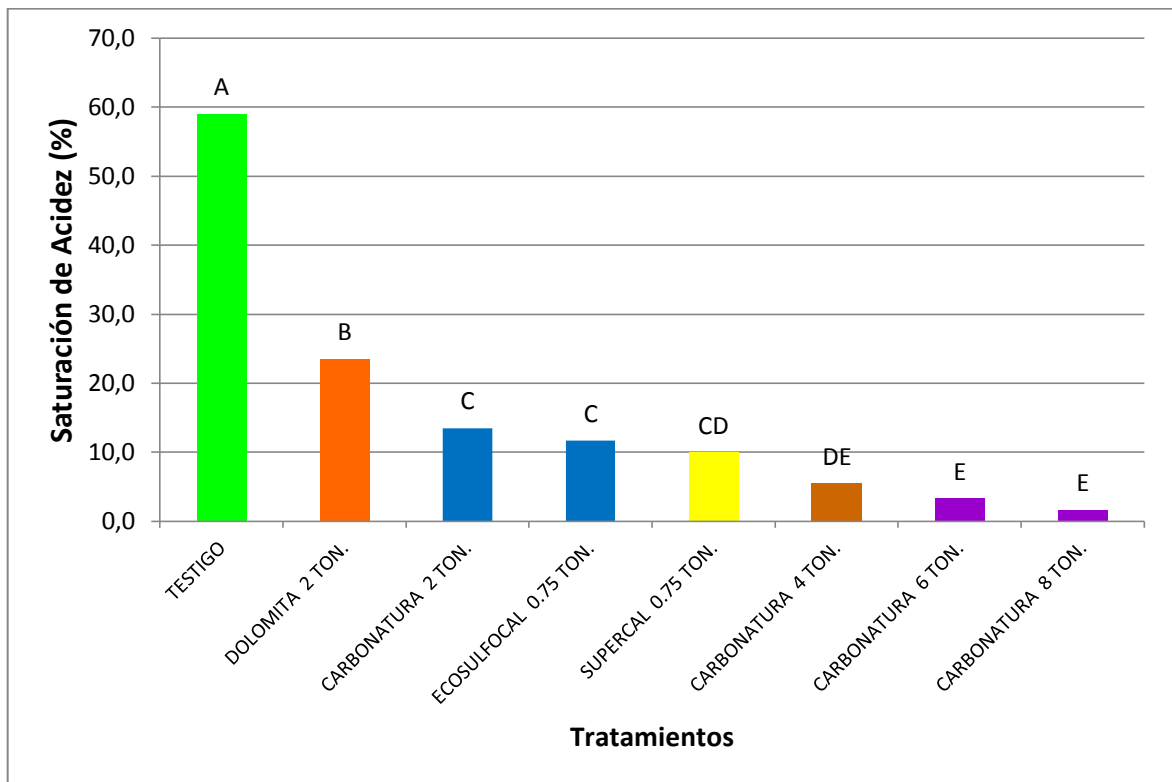
La Figura 20 muestra el comportamiento de la acidez intercambiable y la acidez potencial de los testigos a través del tiempo y se muestra que el comportamiento es creciente en ambos casos.



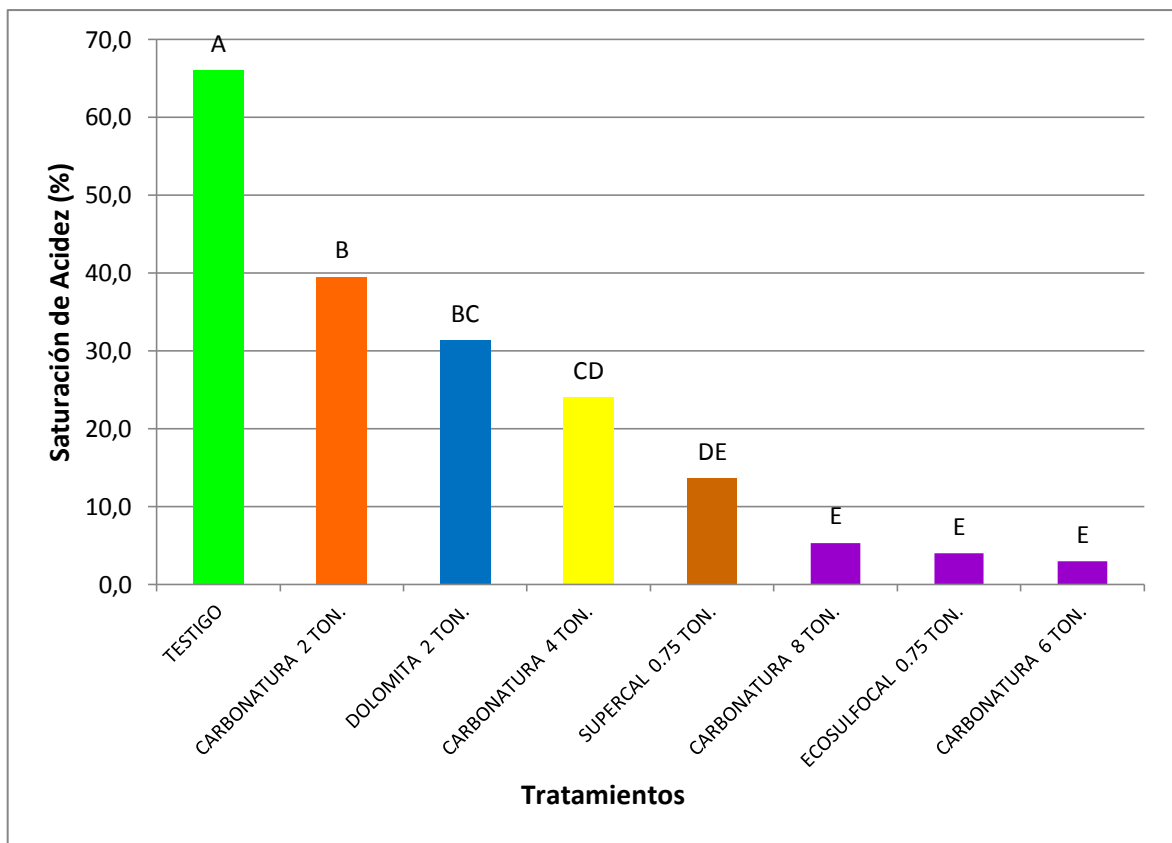
**Figura 20.** Comportamiento de la acidez intercambiable y potencial en los testigos a los 0 - 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

#### 4.1.4 Saturación de acidez

Todos los tratamientos de enmiendas calcáreas aplicados en esta investigación produjeron una reducción en el porcentaje de la saturación de acidez. En las Figuras 21 y 22 se muestra que hubo diferencias significativas entre los tratamientos y que fue el testigo el que presentó el mayor porcentaje de saturación de acidez; mientras que las mayores reducciones del porcentaje de saturación de acidez lo presentaron las aplicaciones de carbonato de calcio a dosis de 6 y 8 ton/ha, a los 3,5 y 6,5 meses. Cabe destacar que la aplicación de carbonato de calcio a 4 ton/ha tuvo un 24 % de saturación de acidez a los 6,5 meses (Figura 22), valor considerado como aceptable en el cultivo de piña (Bertsch 1995).

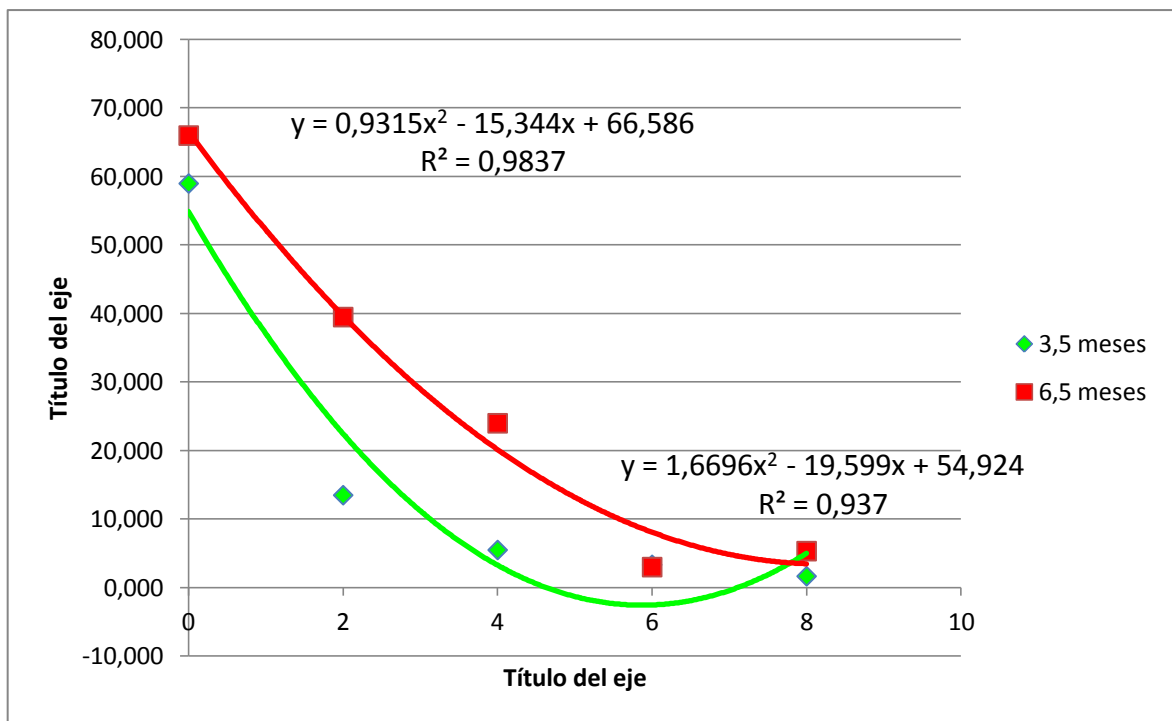


**Figura 21.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la saturación de acidez a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 22.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre la saturación de acidez a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

Las aplicaciones de carbonato de calcio en dosis crecientes tuvieron un efecto decreciente en el porcentaje de la saturación de acidez, lo cual mostró que a mayor cantidad de carbonato de calcio aplicado mayor fue la disminución en el porcentaje de saturación de acidez (Figura 23)

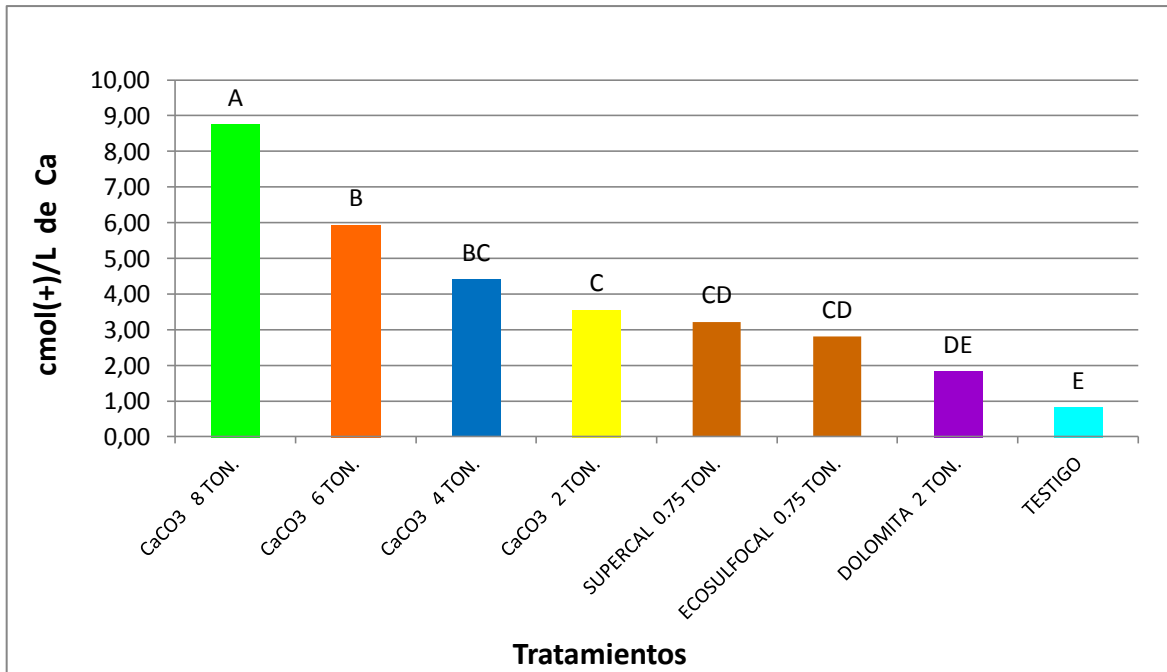


**Figura 23.** Efecto del carbonato de calcio sobre la saturación de acidez a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

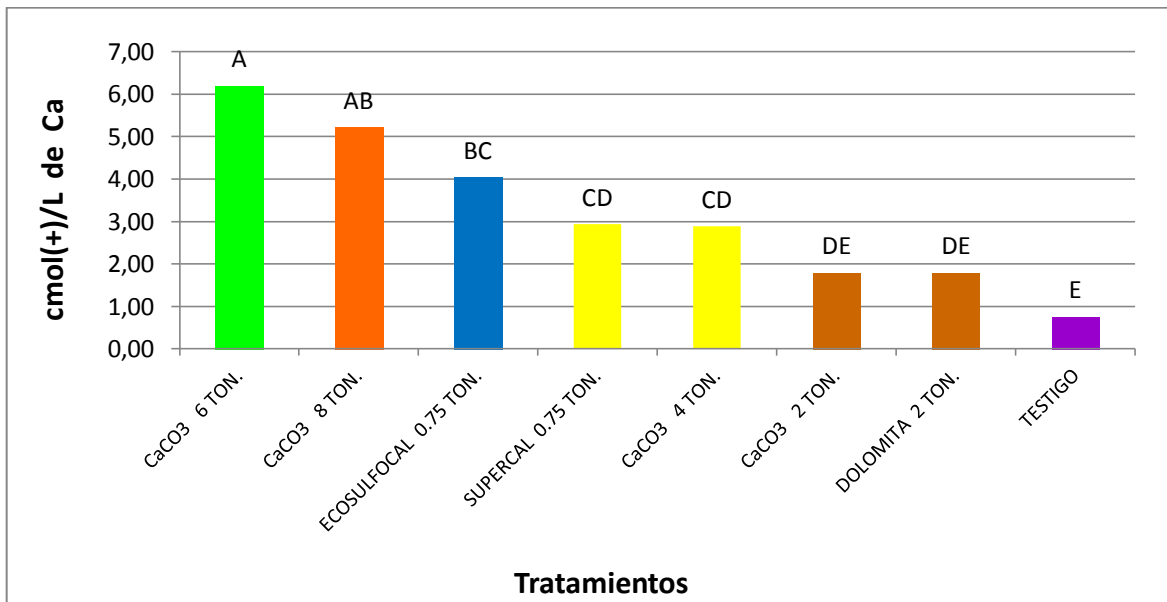
#### 4.1.5 Fertilidad del suelo

La aplicación de enmiendas incrementó el contenido de Ca en el suelo (Figuras 24 y 25). Hubo diferencias significativas de todos los tratamientos con respecto al testigo con excepción de la dolomita a 2 ton/ha. Al aumentar la dosis de Carbonato de calcio hubo un aumento en el nivel de Ca intercambiable, y el testigo presentó la menor cantidad de Ca

La Figura 24 muestra que sólo la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha alcanzó el nivel óptimo de Ca intercambiable a los 3,5 meses y la Figura 25 muestra que la aplicación de carbonato de calcio a 6 ton/ha logró el nivel óptimo de Ca intercambiable a los 6,5 meses, según el Cuadro 1.



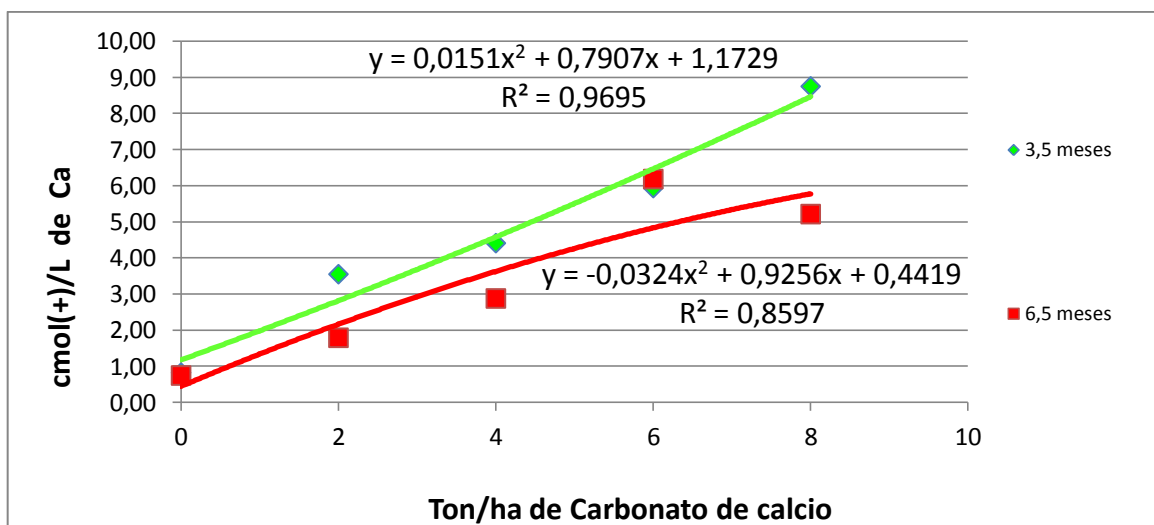
**Figura 24.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 25.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

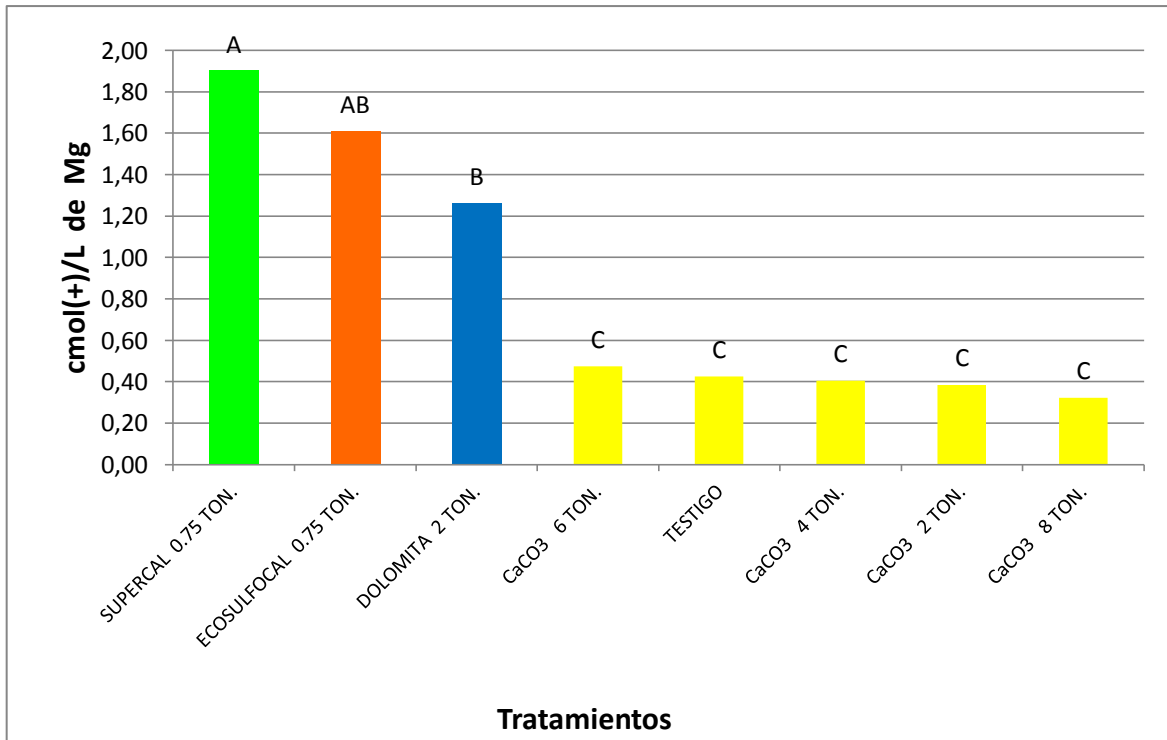


La Figura 26 muestra que hubo un efecto cuadrático creciente, entre mayor es la aplicación de carbonato de calcio mayor fue el contenido de Ca intercambiable. Además con el paso del tiempo el Ca intercambiable disminuyó, quizás en parte por la acción acidificante del manejo del cultivo mismo.

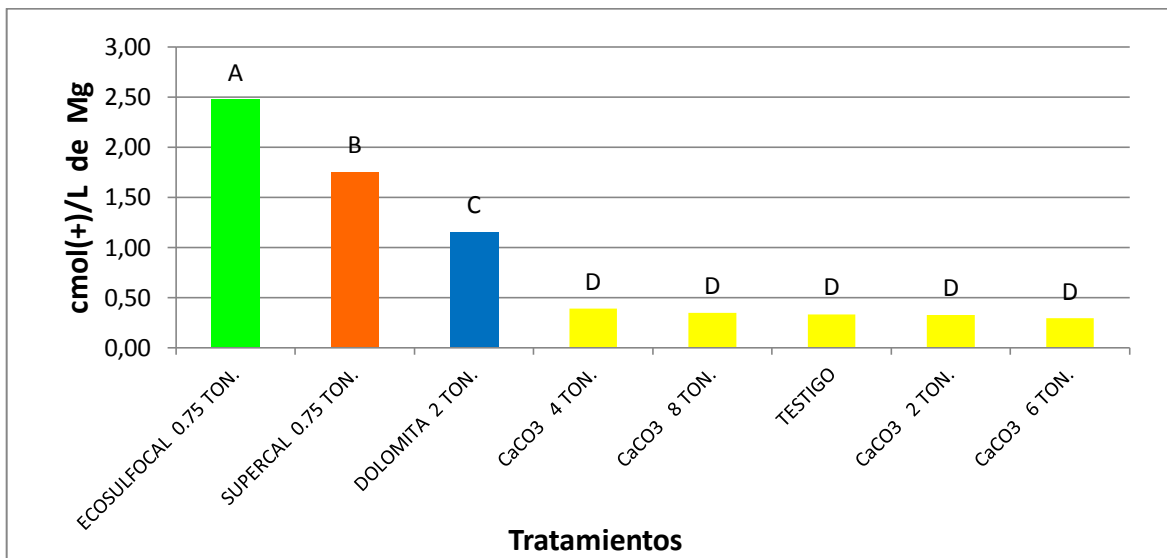


**Figura 26.** Efecto del carbonato de calcio sobre el Ca intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

Hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados sobre el contenido de Mg intercambiable (Figuras 27 y 28), siendo las aplicaciones de dolomita a 2 ton/ha, Ecosulfocal a 0,75 ton/ha y Supercal a 0,75 ton/ha las que muestran el mejor efecto sobre la presencia de Mg intercambiable; debido a los contenidos de Mg que tienen estas enmiendas, tal y como se puede comprobar en el Cuadro 4 que muestra los contenidos de cada enmienda. Sin embargo estos valores tan solo llegan a alcanzar el nivel medio del Mg requerido en el suelo según datos del Cuadro 1. Además, los tratamientos del testigo y las aplicaciones de carbonato de calcio a 2, 4, 6 y 8 ton/ha no muestran diferencias significativas entre sí en el Mg intercambiable y lo presentan en niveles bajos según los datos de interpretación del Cuadro 1. Este estudio muestra que las aplicaciones de carbonato de calcio a diferentes dosis no tienen efecto significativo en el aporte del Mg intercambiable.

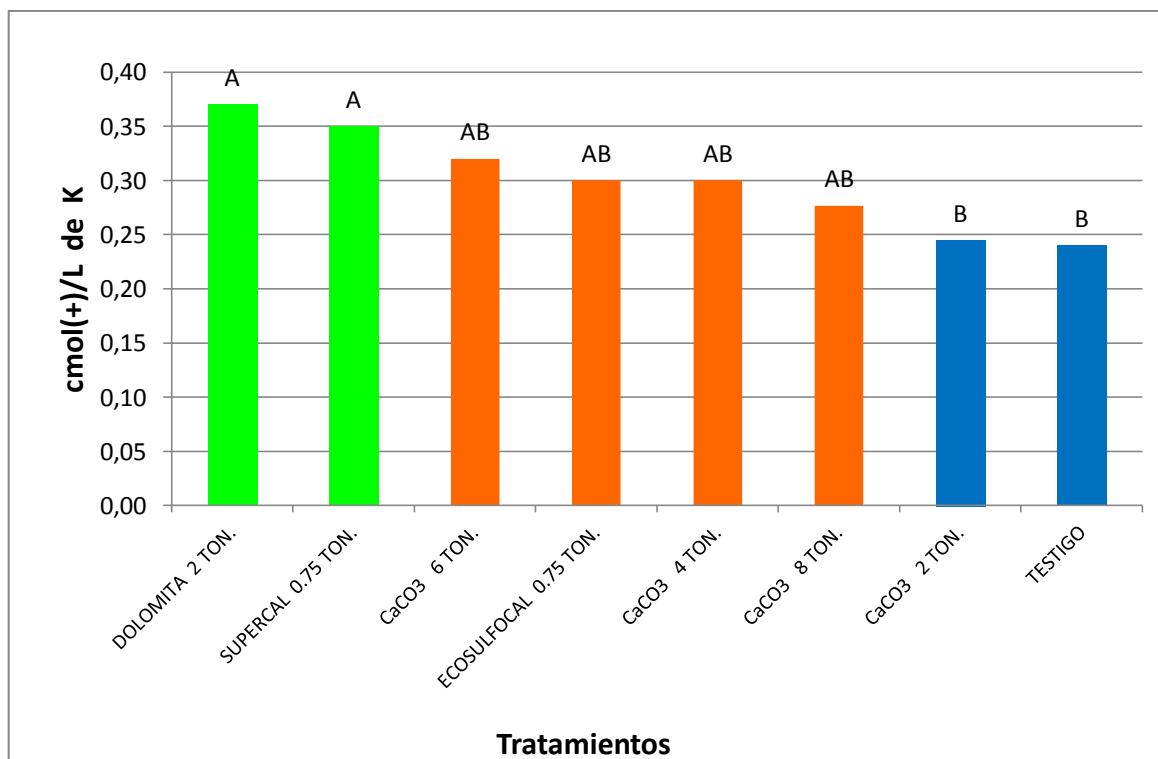


**Figura 27.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 28.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg intercambiable a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

El K sólo presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 3,5 meses de edad, como se muestra en la Figura 29, donde las aplicaciones de Ecosulfocal y Supercal son las que presentaron los mejores niveles de K debido al aporte de Ca y Mg hecho por estas enmiendas que mejoraron el pH y la relación entre bases, estos datos se pueden corroborar en el Cuadro A 2 del Anexo A. Sin embargo, estos niveles de K son medios según el Cuadro 1.



**Figura 29.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el K intercambiable a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

Todas las variables evaluadas permiten demostrar que el uso de enmiendas calcáreas en diferentes dosis tuvo un efecto positivo en la disminución de la acidez intercambiable y el porcentaje de la saturación de acidez. Además, tuvo un efecto positivo en el aumento del pH; en el aporte y en la disponibilidad de las bases intercambiables Ca, Mg y K, con variaciones que dependen de la enmienda utilizada..

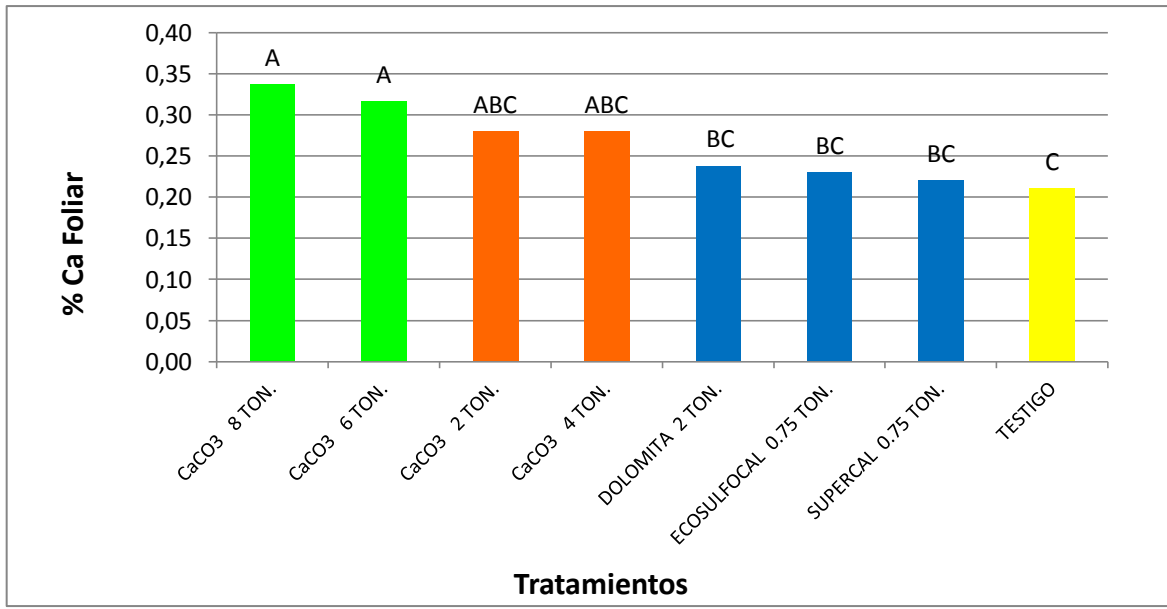
#### **4.2 Efecto de dosis y tipo de enmienda utilizada sobre el estado nutritivo de la planta de piña.**

Las figuras de este apartado se generaron a partir de los datos obtenidos en cada uno de los análisis de laboratorio realizados a los muestreos hechos en campo, los datos originales se muestran en el Cuadro A 3 del Anexo A.

Para medir el efecto de los tratamientos sobre el estado nutritivo de las plantas se evaluaron los resultados de los análisis foliares obtenidos a los 6,5 meses de realizada la siembra, debido a que el dato más importante en ser analizado para definir el manejo de la plantación de piña en su etapa de pos-inducción es el resultado obtenido entre los 6 y 7 meses de pre-inducción.

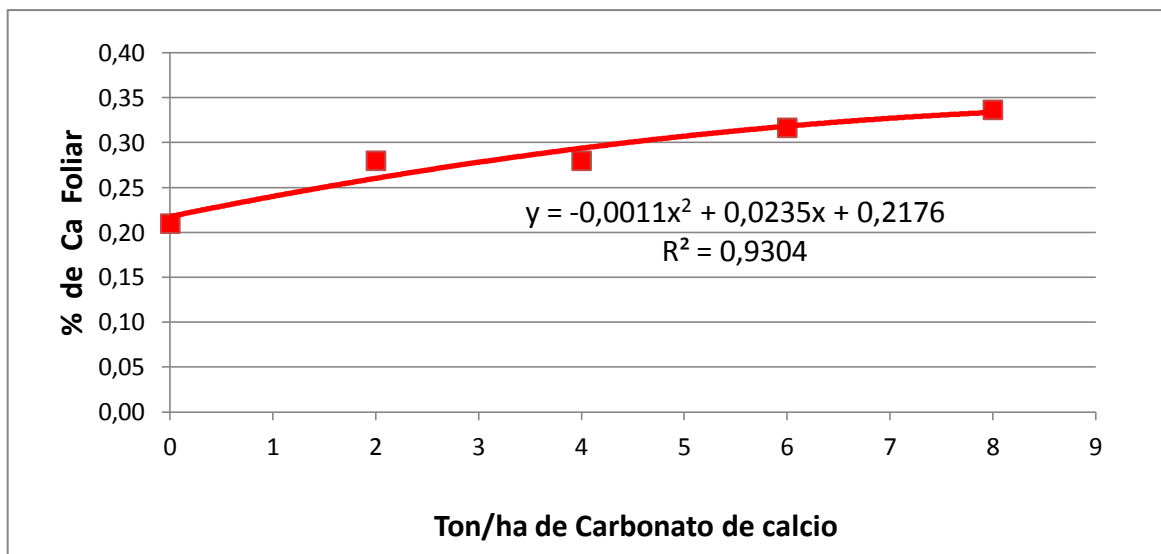
El análisis estadístico de los análisis foliares correspondientes a los 6,5 meses muestran que sólo se dieron diferencias significativas en los elementos Ca y Mg; no obstante cabe rescatar que aunque en los elementos N, P y K no hubo diferencias significativas, si se presentaron niveles medios de ambos nutrimentos según el Cuadro 2.

La Figura 30 muestra que se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados sobre el Ca a nivel foliar. El mismo indica que las aplicaciones de Carbonato de calcio a 2, 4, 6, y 8 ton/ha presentaron la mayor cantidad de Ca foliar. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas entre estos mismos tratamientos. Por otra parte, los niveles de Ca mostrados fueron bajos al compararlos con la tabla de interpretación de análisis foliar para piña (Cuadro 2). El tratamiento que presentó la menor cantidad de Ca foliar fue el testigo; seguido de los tratamientos aplicados con Supercal y Ecosulfocal, enmiendas que contienen yeso.



**Figura 30.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Ca foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

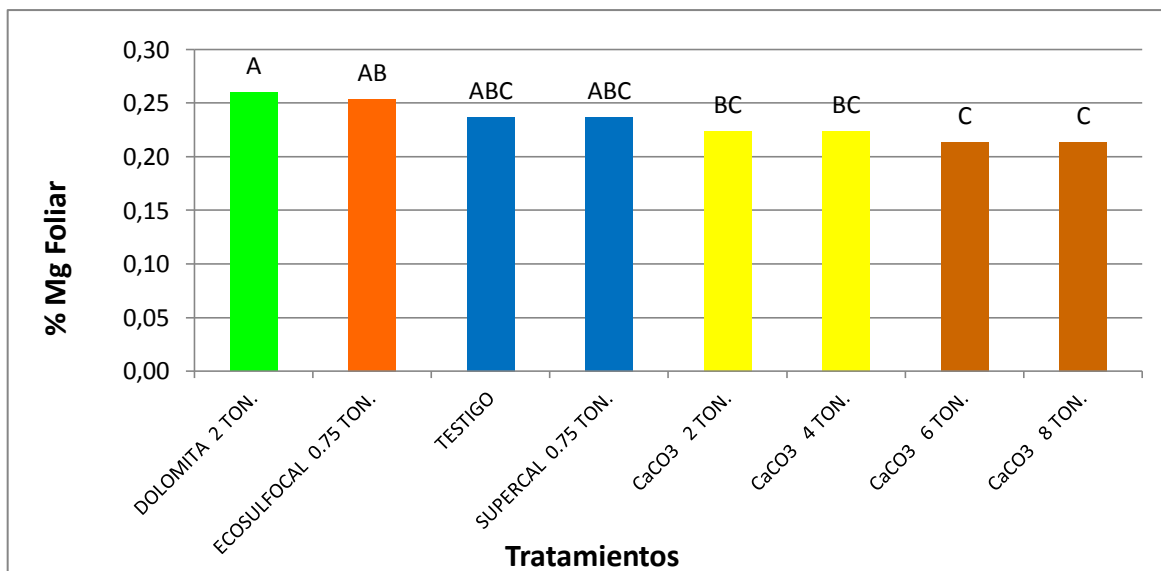
La Figura 31 muestra una tendencia creciente en la presencia de Ca foliar en la medida que se aumenta la dosis de carbonato de calcio. El análisis de regresión fue de tipo polinómico con un  $r^2$  significativo de 0,93. El pH presentado en estos tratamientos se mantuvo entre los niveles bajos y medios según el Cuadro 1.



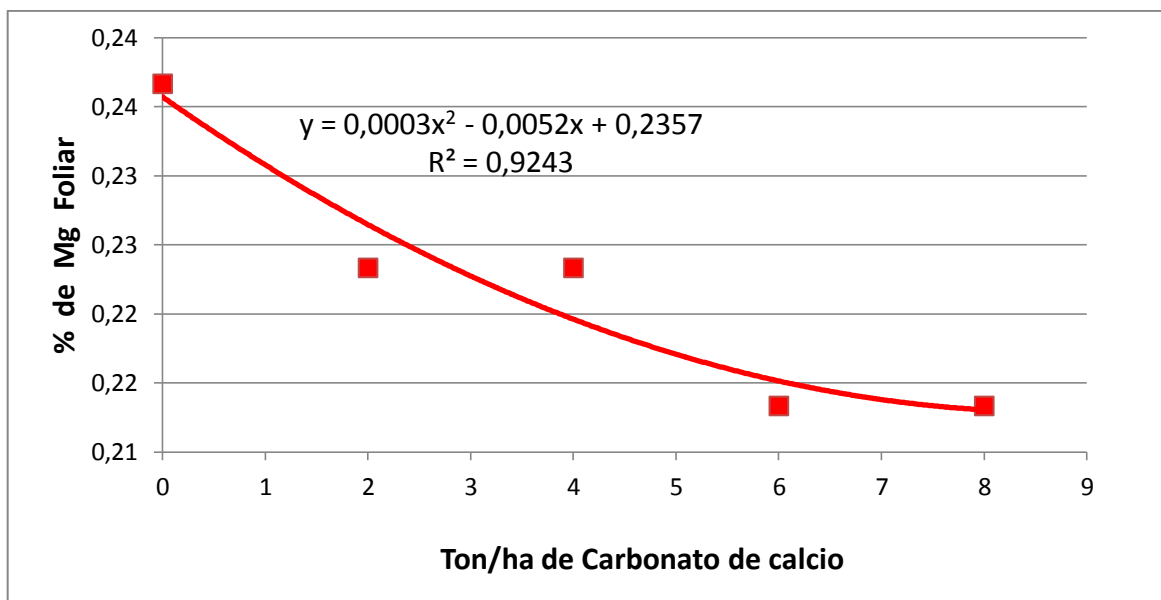
**Figura 31.** Efecto del carbonato de calcio sobre el Ca Foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

Hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al contenido de Mg foliar (Figura 32), el mismo indicó que la aplicación de 2 ton/ha de dolomita presentó la mayor cantidad de Mg con respecto a los tratamientos de carbonato de calcio, debido al aporte de Mg que tiene la dolomita según se muestra en el Cuadro 2. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el testigo y las aplicaciones de otras enmiendas que contienen dolomita, como lo son la misma dolomita, el Ecosulfocal y la Supercal. Sólo los tratamientos de dolomita y Ecosulfocal presentaron niveles medios de Mg foliar según el Cuadro 2.

Hubo una tendencia a disminuir el contenido de Mg foliar al incrementarse la dosis de carbonato de calcio, aunque no hubo diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo. Este resultado se aprecia en la Figura 33, posiblemente influenciado por el desbalance en las relaciones catiónicas entre el Ca y el Mg que se muestran en el Cuadro A 3.



**Figura 32.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el Mg foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 33.** Efecto del carbonato de calcio sobre el Mg foliar a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

En este estudio no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a los otros nutrientes en ninguno de los dos muestreos realizados.

### 4.3 Efecto de la dosis y tipo de enmienda utilizada sobre las variables de crecimiento.

**Cuadro 5.** Efecto de la aplicación de los tratamientos en las variables de crecimiento de las plantas de piña a los 3,5 y 6,5 meses de edad en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

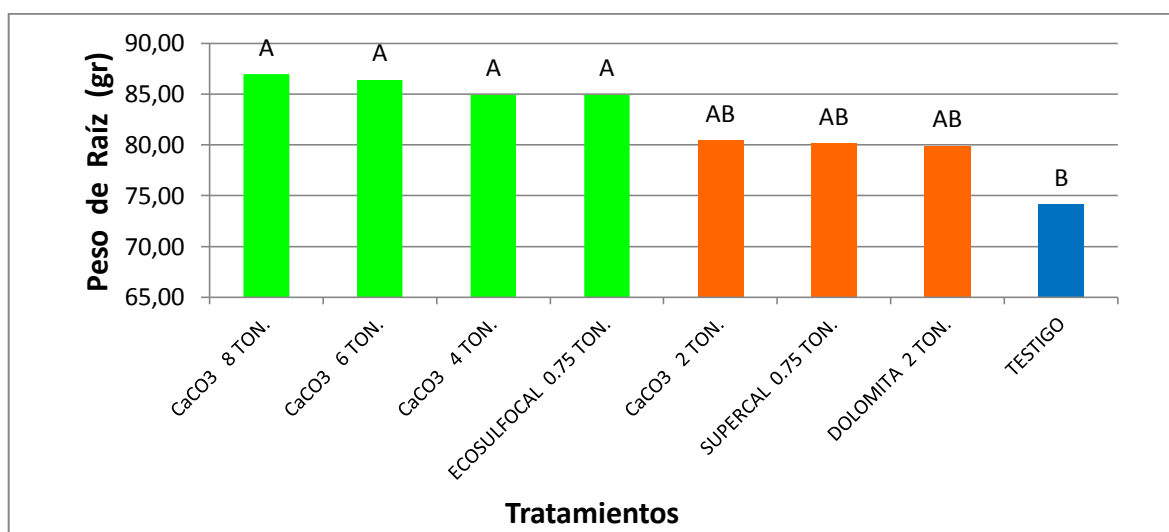
TRAT.	MESES	Alto de Planta en Cm	Peso de Planta en Gr	Peso de Raíz en Gr	Número de Hojas	Grosor del Tallo en Cm	Largo de Hoja "D" en Cm	Peso de Hoja "D" en Gr	Ancho Base de Hoja "D" en Cm
1	3,5	67,30	792,40	74,13	30,33	14,99	65,11	47,20	6,42
2		67,37	808,93	80,40	31,93	15,54	65,33	53,73	6,41
3		67,91	853,33	84,93	32,33	15,71	65,80	54,40	6,52
4		66,83	857,87	86,40	32,27	15,43	64,19	53,20	6,35
5		66,86	860,67	86,93	32,80	15,44	64,37	54,27	6,45
6		66,93	842,93	79,87	31,93	15,15	64,59	52,13	6,44
7		67,43	845,60	84,93	32,47	15,23	64,89	52,53	6,47
8		67,82	838,27	80,13	32,47	15,18	65,37	52,13	6,41
1	6,5	99,99	1909,60	88,93	36,80	5,55	95,00	81,80	8,43
2		105,44	1927,33	86,13	37,20	5,41	100,57	93,47	8,91
3		107,64	2021,60	96,80	35,80	5,63	103,22	98,40	9,30
4		110,29	2230,13	110,67	40,53	5,87	106,47	103,87	9,76
5		107,10	2150,67	104,00	38,20	5,61	102,48	98,80	9,28
6		107,20	2149,07	101,47	38,40	5,80	102,53	98,53	9,19
7		105,85	2052,40	82,13	37,93	5,72	101,69	98,13	9,20
8		106,45	2017,33	85,07	38,60	5,77	102,43	98,40	9,13

No hubo diferencias significativas entre tratamientos a los 3,5 y 6,5 meses de edad con las variables altura de planta, peso fresco de planta, longitud de hoja "D" y ancho de hoja "D" (Cuadro 5). Sin embargo, en todas estas variables el tratamiento que presentó la mejor respuesta a los 6,5 meses fue la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio, mientras que el tratamiento que presentó la menor respuesta a los 6,5 meses de edad fue el testigo.



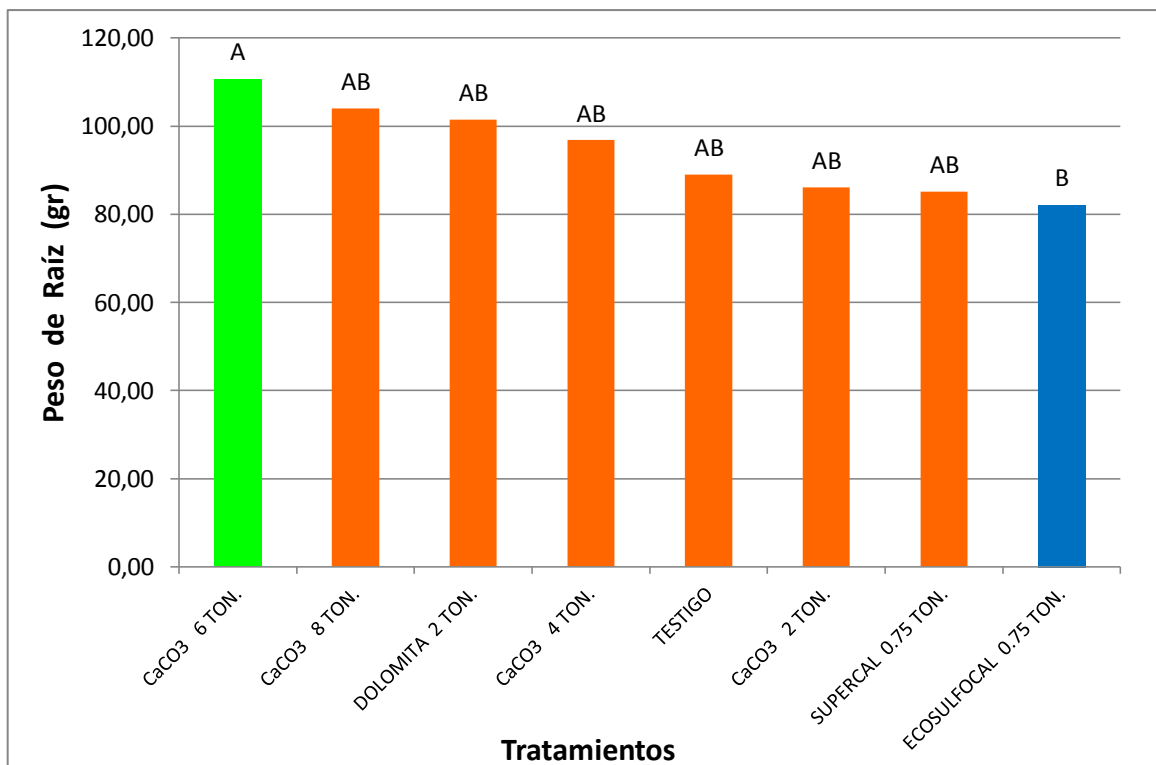
Las variables de crecimiento en las plantas de piña que mostraron diferencias significativas a los 3,5 meses debido a los tratamientos aplicados fueron: peso fresco de la raíz, número de hojas, diámetro del tallo y peso promedio de la hoja “D”; mientras que la única variable que mostró diferencias significativas a los 6,5 meses de edad debido a los tratamientos fue el peso fresco de la raíz.

La Figura 34 muestra que hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el peso fresco de la raíz a los 3,5 meses, la misma indica que la aplicación de 4, 6 y 8 ton/ha de Carbonato de calcio, y 0,75 ton/ha de Ecosulfocal presentaron el mayor peso de raíz con respecto al testigo.



**Figura 34.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso fresco promedio de raíz a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 35 muestra que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el peso fresco de la raíz a los 6,5 meses, la misma indica que las aplicaciones de 6 y 8 ton/ha de carbonato de calcio superaron al testigo pero sin efectos significativos, y que la aplicación de 0,75 ton/ha de Ecosulfocal presentó el menor peso en raíz, pero sólo mostró diferencias significativas con la aplicación de Carbonato de calcio a 6 ton/ha.



**Figura 35.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso fresco promedio de raíz a los 6,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

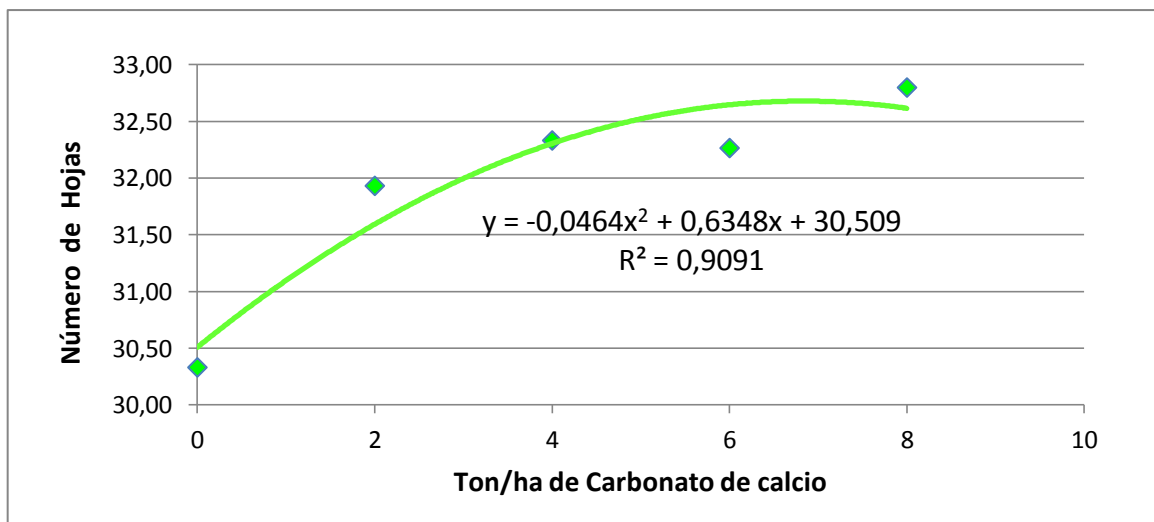
Hubo diferencias significativas en el número de hojas a los 3,5 meses entre los tratamientos aplicados (Figura 36), mostrando que el testigo presentó el menor número de hojas y la aplicación de 8 ton/ha de carbonato de calcio presentó el mayor número de hojas, y junto con las dosis de 4 y 6 ton/ha, y los tratamientos de Ecosulfocal y Supercal, superaron al testigo en forma significativa.



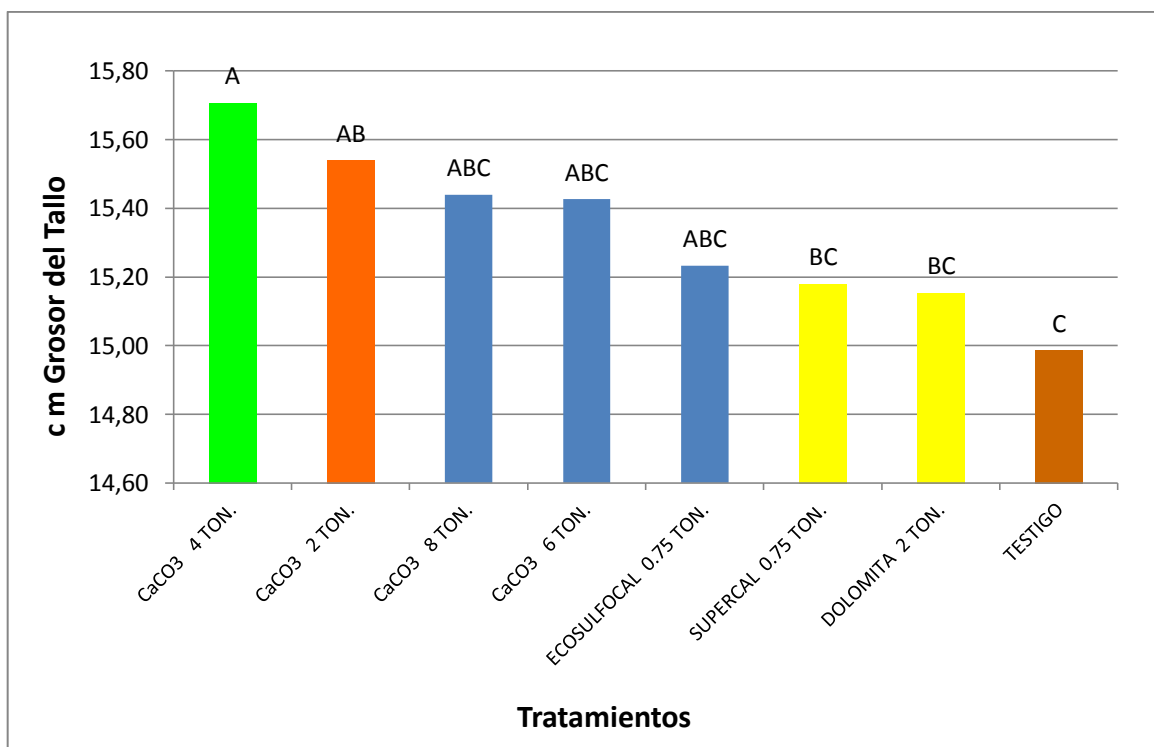
**Figura 36.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el número de hojas a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 37 muestra que el efecto de carbonato de calcio sobre el número de hojas es creciente conforme se aumenta la dosis de la enmienda a los 3,5 meses.

La Figura 38 muestra que hubo diferencias significativas en el diámetro del tallo a los 3,5 meses de edad entre los tratamientos aplicados, el mismo indica que el testigo fue el que presentó el menor resultado y las aplicaciones de 2 y 4 ton/ha de carbonato de calcio presentaron valores superiores al testigo con diferencias significativas. Todos los tratamientos de carbonato de calcio presentaron valores superiores a la dolomita, Ecosulfocal y Supercal, pero sólo la dosis de 4 ton/ha mostró diferencias significativas.

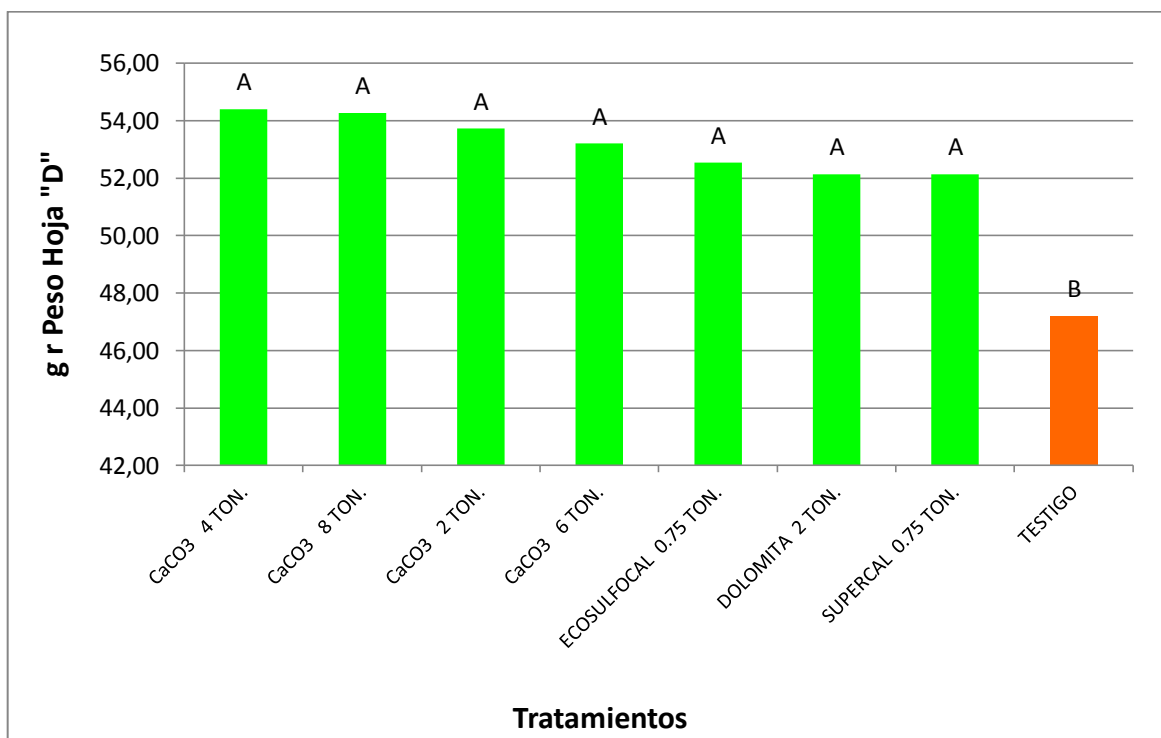


**Figura 37.** Efecto del carbonato de calcio sobre el número de hojas a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



**Figura 38.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el diámetro promedio del tallo a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

En el peso fresco de la hoja "D" a los 3,5 meses, todos los tratamientos de enmiendas superaron al testigo con diferencias significativas, pero no hubo diferencias entre los mismos (Figura 39).



**Figura 39.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el peso promedio de la hoja "D" a los 3,5 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

#### 4.4 Efecto de dosis y tipo de enmienda utilizada sobre la incidencia de *Phytophthora*.

Las figuras de este apartado se generaron a partir de los datos obtenidos en cada una de las mediciones realizadas a los muestreos hechos en campo, los datos originales se muestran en el Cuadro 6.

De todas las mediciones y pruebas estadísticas realizadas para el porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* en los tratamientos evaluados, sólo hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el muestreo realizado a los 4 meses después de la siembra; tal y como se muestra en el Cuadro B 2 del Anexo B.

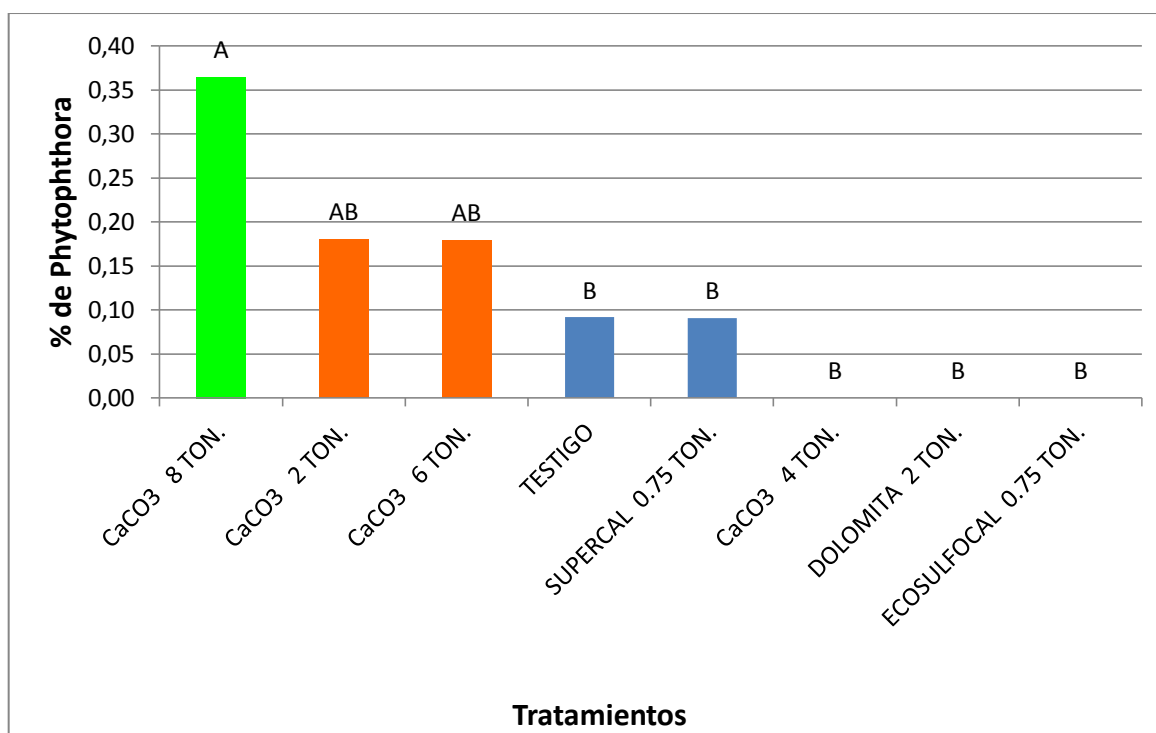
**Cuadro 6.** Efecto de la aplicación de los tratamientos sobre el porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* de las plantas de piña a los 1, 2, 3, 4 y 5 meses de edad en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

TRATAMIENTOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
TESTIGO	0,27	0,90	0,37	0,09	0,18
CARBONATURA 2 TON.	0,37	0,82	0,28	0,18	0,00
CARBONATURA 4 TON.	0,36	1,09	0,27	0,00	0,18
CARBONATURA 6 TON.	0,09	0,99	0,18	0,18	0,18
CARBONATURA 8 TON.	0,64	0,99	0,00	0,36	0,27
DOLOMITA 2 TON.	0,00	0,73	0,18	0,00	0,18
ECOSULFOCAL 0.75 TON.	0,54	1,17	0,09	0,00	0,46
SUPERCAL 0.75 TON.	0,18	0,72	0,09	0,09	0,18

La Figura 40 muestra que si hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados sobre el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* a los 4 meses, la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha fue el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de incidencia, pero este tratamiento no presentó diferencias significativas con las aplicaciones de carbonato de calcio a 2 y 6 ton/ha respectivamente. Además, los resultados mostraron que las aplicaciones con dolomita, Ecosulfocal y Supercal presentaron porcentajes de incidencia más bajos,

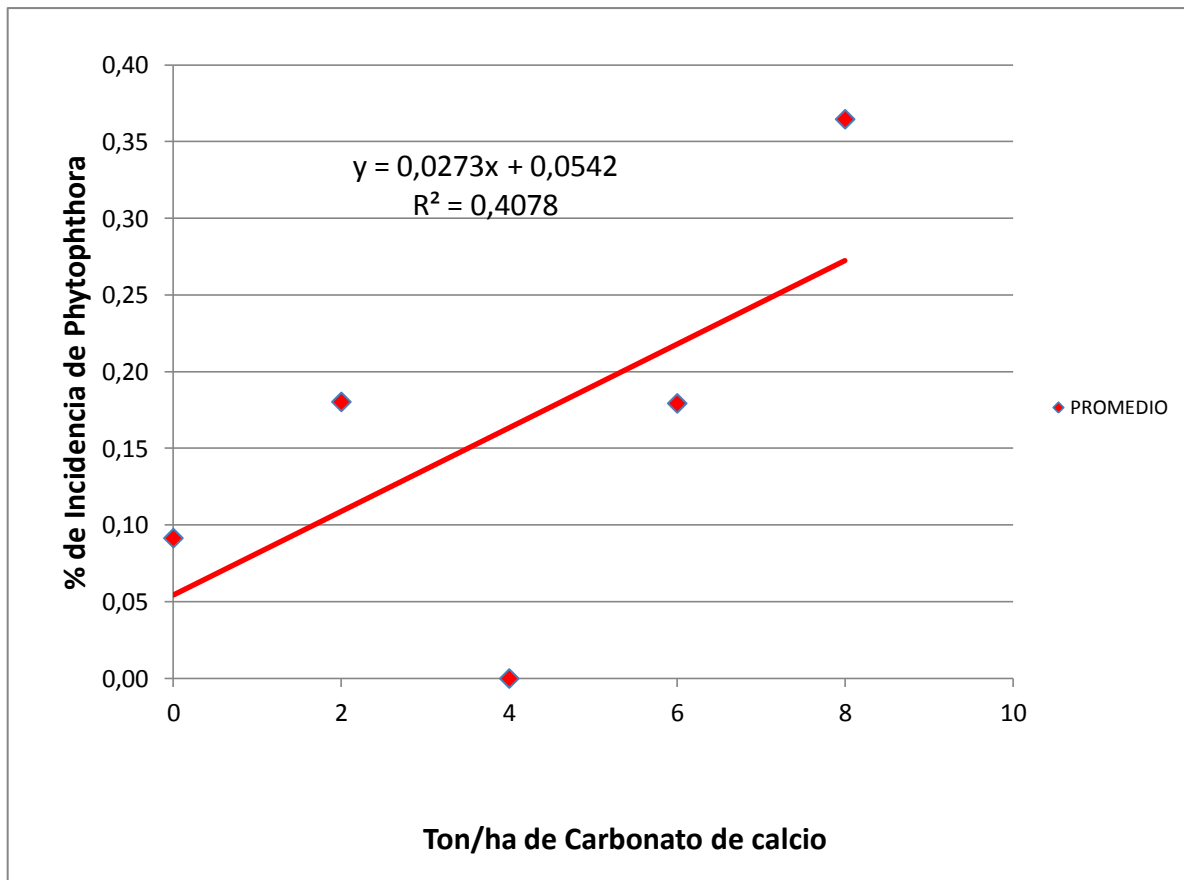
inclusive el testigo solo presentó diferencias significativas con la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha.

Lo anterior coincide con momentos de altas precipitaciones para los meses de mayo y junio en la zona de estudio, como se puede comprobar en la Figura 1; y esto pudo favorecer el comportamiento de *Phytophthora* antes citado.



**Figura 40.** Efecto de las enmiendas calcáreas sobre el porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* a los 4 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

La Figura 41 muestra que hay una baja correlación entre los tratamientos aplicados y el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* a los 4 meses. Por tal motivo, no fue posible demostrar un efecto significativo de la aplicación de dosis crecientes de carbonato de calcio sobre la incidencia de este hongo.



**Figura 41.** Efecto del carbonato de calcio sobre el porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* a los 4 meses en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.



## 5. DISCUSIÓN

El efecto de las dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el control de la acidez intercambiable del suelo tuvo diferencias significativas donde se muestra que el uso de cualquiera de las enmiendas calcáreas evaluadas en este estudio siempre favoreció la disminución de la acidez intercambiable con respecto al testigo, lo cual concuerda con lo citado por Alcarde, (1992) quien menciona que los materiales utilizados como correctivos de acidez del suelo son principalmente los carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca y/o Mg.

En este estudio los mayores niveles de pH a los 3,5 meses fueron conseguidos por los tratamientos de carbonato de calcio a 6 y 8 ton/ha con niveles de pH de 5,20 y 6,27, respectivamente. Sin embargo, estos mismos tratamientos mostraron a los 6,5 meses niveles de pH de 5,53 y 5,03 respectivamente. Los resultados anteriores corresponden a los niveles medios y óptimos según la tabla de interpretación de análisis de suelos propuesta por Molina (2008), lo que significa que la aplicación de dichas dosis mejoró la condición de pH en los suelos.

El efecto de las dosis más altas de carbonato de calcio sobre el pH fue mayor en el primer muestreo de suelos, y para la dosis de 8 ton/ha hubo una disminución importante a los 6,5 meses, mostrando la gran capacidad buffer que presentó este suelo y que coincide con resultados reportados por Espinosa y Molina (1999), Molina (1998), y Bertsch (1995) para Ultisoles. Los resultados contradicen el criterio aceptado por algunos productores de que las dosis muy altas de cal ( 3 ton/ha o más) suben el pH a valores de 5,5 o 6, y que esto favorecería una mayor incidencia de *Phytophthora*, lo cual no fue encontrado en el presente estudio y demuestra que las características mineralógicas de estos suelos de carga variable dependiente de pH (Espinosa y Molina 1999), impiden que el pH se eleve en forma significativa aún con dosis tan altas como 8 ton/ha.

Las aplicaciones de carbonato de calcio en dosis de 4, 6 y 8 ton/ha a los 3,5 meses mostraron el mejor efecto en la reducción de la acidez intercambiable, mientras que los tratamientos de Ecosulfocal y Supercal tuvieron un efecto más

lento que luego fue compensado en los resultados mostrados a los 6,5 meses; estos resultados pueden deberse al comportamiento que tiene cada enmienda debido a su origen, composición y características propias de cada una; explicando la lenta pero eficiente forma de reducir la acidez intercambiable a los 6,5 meses presentada por el Ecosulfocal, enmienda que contiene yeso. También se muestra que la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio y 0,75 ton/ha de Ecosulfocal fueron los tratamientos que mostraron el mejor efecto residual en su capacidad de mejorar la acidez intercambiable, inclusive estos tratamientos continuaron disminuyendo la acidez intercambiable a través del tiempo; siendo el Ecosulfocal el más eficiente en su capacidad de continuar bajando los niveles de acidez intercambiable entre los 3,5 y 6,5 meses. El anterior comportamiento concuerda con Chaves (1993) cuando este menciona que los diferentes tipos de enmiendas presentan una capacidad de neutralización variable debido a su diferente naturaleza química.

La acción del Ecosulfocal puede ser favorecida por el hecho de que esta enmienda fue aplicada sobre la superficie del lomillo, sin incorporar, concentrando más el producto en esa zona y probablemente tuvo un efecto muy superficial sobre las propiedades químicas del suelo.

Además, se encontró que al aumentar la aplicación de carbonato de calcio disminuyó la acidez intercambiable, este comportamiento se mantuvo a los 3,5 y 6,5 meses, lo que concuerda con los resultados que cita Salas et al. (1996) en el que encontraron respuesta casi lineal a la aplicación de cal en tiquizque blanco sembrado en un Ultisol de Costa Rica. La dosis más alta utilizada (4 ton/ha) no logró maximizar el rendimiento, mostrando que esta dosis fue probablemente insuficiente. Resultados similares fueron obtenidos por Molina y Rojas (2005), en un Ultisol cultivado con naranja en un sitio cercano a la Finca Tres Amigos.

Los tratamientos de carbonato de calcio a 2, 4 y 8 ton/ha, el Supercal a 0,75 ton/ha y el testigo disminuyeron su capacidad de mantener el efecto en la reducción de la acidez intercambiable y debido a esto la acidez intercambiable se elevó con el paso del tiempo. Este aumento en la acidez intercambiable del suelo

con el paso del tiempo, en un sitio con explotación agrícola intensiva, ratifica lo mencionado por Molina (1998) quien cita que la acidez intercambiable también puede ser causada por efecto del manejo agrícola del suelo; lo cual incluye el cultivo intensivo de la tierra, la extracción de nutrientes por parte de la cosecha, el efecto residual ácido que dejan los fertilizantes nitrogenados y el incremento en los problemas de erosión por mal manejo del suelo. Lo anterior también es respaldado por Mite et al. (2009), quienes encontraron que el cultivo continuo de piña en el suelo incrementó la acidez en el tiempo y aunque mencionan que es comúnmente aceptado que la piña se desarrolla mejor en suelos ácidos, pero condiciones ácidas extremas pueden causar problemas al cultivo.

La saturación de acidez disminuyó al aumentar la dosis de cal en el muestreo de los 3,5 meses, coincidiendo con resultados de Kamprath (1980), y Espinosa y Molina (1999). A los 6,5 meses las dosis de 2 y 4 ton/ha disminuyeron su efecto sobre la saturación de acidez, y sólo las dosis más altas de carbonato de calcio y la mezcla de dolomita y yeso lograron mantener una saturación de acidez baja.

Los resultados de este estudio mostraron que el cultivo de piña en un Ultisol de la zona norte de Costa Rica con un pH original de 4,3 y una Saturación de Acidez de 50%, ocupó la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio para alcanzar el rango de acidez óptimo citado en la literatura (Cuadro 1); sin embargo, esta aplicación creó un desbalance de bases por el alto aporte de Ca y la baja presencia de Mg y K intercambiable según se puede ver en el Cuadro A 2 del Anexo A. También se muestra que el Ecosulfocal a 0,75 ton/ha a los 6,5 meses logró situarse muy cerca del rango óptimo de acidez intercambiable citado por la literatura, sin crear desbalance de bases Ca, Mg y K. Lo anterior muestra que el manejo de la acidez intercambiable en Ultisoles dedicados al cultivo intensivo se puede mejorar con diferentes enmiendas a diferentes dosis o con la combinación de ellas, y que de ellas dependerán los resultados obtenidos; por lo que conviene analizar bien: las condiciones del suelo antes de iniciar las actividades agrícolas, las necesidades del cultivo, el plan general de fertilización a aplicar y la estrategia

de “manejo del suelo” a largo plazo, teniendo siempre en cuenta que debe existir un balance adecuado de las bases Ca, Mg y K.

Se midió la acidez extraída en acetato de calcio con la finalidad de conocer un parámetro de la acidez potencial del suelo, también denominada acidez total (van Raij *et al.* 2001). En este caso el efecto de las dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el control de la acidez potencial del suelo tuvo diferencias significativas que en general fueron similares al comportamiento mostrado por la evaluación de la acidez intercambiable.

A los 6,5 meses los tratamientos aplicados con carbonato de calcio a 6 y 8 ton/ha además de la aplicación de Ecosulfocal a 0,75 ton/ha provocaron una disminución en el porcentaje de saturación de acidez que se encontraron en los niveles óptimos, según los datos de interpretación de análisis de suelos citados por Molina (2008).

Los resultados mostraron que hubo efecto significativo de las dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el Ca intercambiable a los 3,5 y 6,5 meses, en donde se muestra que al aumentar la aplicación de carbonato de calcio, hubo un incremento en el contenido de Ca, siendo el testigo el tratamiento que presentó la menor cantidad de Ca y que las aplicaciones de dolomita, Ecosulfocal y Supercal se mantuvieron en rangos medios de Ca. Sin embargo, los únicos tratamientos que alcanzaron los niveles óptimos de Ca intercambiable fueron la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha a los 3,5 meses y a 6 ton/ha a los 6,5 meses, según el parámetro presentado por Molina (2008) (Cuadro 1). Lo anterior según Kamprath (1984) se debe a una respuesta favorable de los cultivos al encalado debido al suministro de Ca aportado por la enmienda, que en el caso de este estudio se utilizó un Carbonato de calcio con 98,5 % de carbonato de calcio y un 85 % de PRNT (Cuadro 4). Los resultados mostraron que con el paso del tiempo el Ca disminuyó, quizás en parte por la acción acidificante de los fertilizantes nitrogenados y del manejo del cultivo mismo. Resultados similares fueron reportados por Molina y Rojas (2005) en un ensayo de enmiendas en naranja cultivada en un ultisol en San Carlos, quienes mencionan que al aumentar la dosis

de carbonato de calcio aumentó el contenido de este nutrimento en el suelo, pero su efecto fue disminuyendo con el paso del tiempo.

Este estudio mostró que las aplicaciones de carbonato de calcio a 6 y 8 ton/ha aportan altos niveles de Ca, pero a la vez mostró que estas dosis altas provocaron un desbalance en las relaciones catiónicas entre las bases Ca, Mg y K; según se puede comprobar en el Cuadro A 2 del Anexo A; coincidiendo con Bertsch (1995) al mencionar que las relaciones o cocientes Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K suponen predecir, bajo ciertos rangos, las cantidades más adecuadas de las bases relacionadas entre sí; y que cuando estos cocientes se encuentran alejados de ese rango es probable que se presenten problemas con algunos de los elementos involucrados en el equilibrio, especialmente si alguno está en niveles bajos.

Hubo diferencias significativas sobre el Mg a los 3,5 y 6,5 meses. El testigo y las aplicaciones de carbonato de calcio a 2, 4, 6 y 8 ton/ha no mostraron diferencias significativas entre sí en el nivel de Mg y lo presentaron en niveles bajos según los datos de interpretación del Cuadro 1. Sin embargo, con estos tratamientos si se presentó una disminución en el Mg a través del tiempo que es respaldada por Bertsch (1995) quien indica que esto puede deberse por la inclemencia constante del clima tropical en los suelos de las regiones tropicales, en donde ocurre una precipitación que excede a la evapotranspiración durante la mayor parte del año; alcanzando niveles de percolación muy altos y por esto las bases Ca y Mg son lixiviadas en abundancia con esa agua. Además, según Bertsch (1995) que esta reducción de Mg en el tiempo pudo deberse a la extracción de cationes básicos por el cultivo intensivo, ya que las plantas absorben nutrimentos del suelo para llenar sus requerimientos.

Los tratamientos con Mg como la dolomita a 2 ton/ha, Ecosulfocal a 0,75 ton/ha y Supercal a 0,75 ton/ha presentaron un incremento en el contenido de Mg en el suelo. Sin embargo, estos valores tan solo llegan a alcanzar el nivel medio del Mg requerido en el suelo, según los datos del Cuadro 1.

Este estudio revela que las aplicaciones de carbonato de calcio a diferentes dosis no tuvieron efectos significativos en el aporte del Mg y que más bien el alto aporte de Ca causó un desbalance entre estas bases. El Ecosulfocal a 0,75 ton/ha tuvo el mejor aporte de Mg y causó una mejoría en el balance entre las bases; lo cual debe tenerse en cuenta a la hora definir la enmienda a utilizar, verificando la condición inicial de acidez intercambiable y la fertilidad que presenta el suelo. Molina y Rojas (2005) encontraron un incremento en el contenido de Mg en el suelo como respuesta a la aplicación de dosis crecientes de una mezcla de carbonato de calcio y óxido de magnesio, en un ultisol de San Carlos.

El efecto de las dosis y tipos de enmiendas utilizadas sobre el mejoramiento de la fertilidad del suelo también tuvo diferencias significativas sobre el K en el suelo a los 3,5 meses, en donde se muestra que el tratamiento de dolomita a 2 ton/ha presentó los mejores niveles de K debido al aporte de Ca y Mg hecho por esta enmienda; no obstante, este tratamiento solo tuvo diferencias significativas a los 3,5 meses con el testigo y carbonato de calcio a 2 ton/ha. Sin embargo, estos niveles de K fueron medios según el Cuadro 1 presentado por Molina, 2008. Lo anterior coincidió con Molina (2008) cuando cita que se necesitan niveles de pH entre 7 y 8 para favorecer una mayor disponibilidad de los elementos N, P y K en el suelo.

En general, los resultados mostraron que el uso de enmiendas calcáreas en diferentes dosis y de diferentes fuentes presentó un efecto positivo en la disminución de la acidez intercambiable y en el aporte de las bases Ca y Mg, según sea la composición de la misma. Lo anteriormente comentado confirma que las enmiendas no sólo pueden ser utilizadas como tales, sino que también pueden ser utilizadas como fertilizantes en el suelo.

El efecto de las dosis y tipo de enmienda utilizada sobre el estado nutritivo de las plantas a los 6,5 meses tuvo diferencias significativas entre los tratamientos sobre el Ca foliar, el mismo indica que el tratamiento que presentó la menor cantidad de Ca foliar fue el testigo; seguido de los tratamientos aplicados con Supercal y Ecosulfocal, enmiendas que contienen yeso. Las aplicaciones de Carbonato de

calcio a 2, 4, 6, y 8 ton/ha presentaron la mayor cantidad de Ca foliar, pero las diferencias no fueron significativas entre estos mismos tratamientos y además, los niveles de Ca mostrados son bajos al compararlos con el Cuadro 2. Lo anterior puede estar relacionado con el pH de bajo y el desbalance entre bases que se muestran en el Cuadro A 2 del Anexo A, lo que puede provocar altos niveles de Saturación de Acidez, esto según Sánchez y Salinas (1983<sup>a</sup>) reduce el crecimiento de las raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo, y consecuentemente, reduciendo la absorción de agua y nutrimentos, así como la capacidad de las raíces de llegar a éstos en el subsuelo. Además Sánchez y Salinas, 1983b citan que el Al también obstaculiza en la raíz la translocación de nutrimentos hacia la parte aérea, los cuales se manifiestan principalmente como deficiencias de P, Ca y Mg.

Este estudio mostró que al aumentar la dosis de carbonato de calcio hubo un incremento del Ca foliar. El efecto de las dosis y tipo de enmienda utilizada sobre el estado nutritivo de las plantas a los 6,5 meses también tuvo diferencias significativas entre los tratamientos sobre en el Mg foliar, el mismo indica que la aplicación de 2 ton/ha de dolomita presentó la mayor cantidad de Mg a nivel foliar debido al fuerte aporte de Mg que tiene la dolomita según se muestra en el Cuadro 2. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre el testigo y las aplicaciones de enmiendas que contienen dolomita, como lo son la misma dolomita, el Ecosulfocal y la Supercal. Solo los tratamientos de dolomita y Ecosulfocal presentaron niveles medios de Mg foliar según el Cuadro 2.

Hubo una tendencia de disminución en el contenido de Mg foliar a medida que aumentó la dosis de carbonato de calcio, debido al desbalance en las relaciones catiónicas entre el Ca y Mg que se muestran en el Cuadro A 3. Coincidiendo nuevamente con Bertsch (1995) cuando cita que las relaciones o cocientes Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K suponen predecir, bajo ciertos rangos, las cantidades más adecuadas de las bases relacionadas entre sí; y cuando estos cocientes se encuentran alejados de ese rango, es probable que se presenten problemas con

algunos de los elementos involucrados en el equilibrio, especialmente si alguno está en niveles bajos.

En general, esta investigación mostró que el uso de enmiendas calcáreas en diferentes dosis y de diferentes fuentes tuvo un efecto positivo en la nutrición de las plantas y en el aporte de las bases intercambiables Ca y Mg. Lo anteriormente comentado confirma que las enmiendas calcáreas no solo pueden ser utilizadas como enmiendas, sino que también pueden ser utilizadas como fertilizantes en el suelo.

La nutrición de las plantas siempre debe tratarse en forma íntegra entre el manejo general del suelo y un plan de fertilización adecuado para cada situación específica, ya que los factores ambientales escapan a la posibilidad de manipularse en campo abierto.

El efecto de la dosis y tipo de enmienda utilizada no presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 3,5 y 6,5 meses sobre las variables de crecimiento: altura de planta, peso fresco de planta, longitud de hoja "D" y ancho de hoja "D". Sin embargo, en todas estas variables el tratamiento que presentó la mejor respuesta a los 6,5 meses fue la aplicación de 6 ton/ha de carbonato de calcio, mientras que el testigo mostró la menor respuesta a los 6,5 meses de edad.

Las variables de crecimiento en las plantas de piña que mostraron diferencias significativas a los 3,5 meses fueron: peso fresco de la raíz, número de hojas, diámetro del tallo y peso promedio de la hoja "D". La aplicación de 8 ton/ha de carbonato de calcio presentó el mayor efecto para cada variable; pero su diferencia fue significativa sólo con el testigo. Además, se presentó una tendencia creciente en el efecto sobre cada variable al aumentar las dosis de aplicación de carbonato de calcio.

A los 6,5 meses de edad sólo hubo diferencias significativas con la variable peso fresco de la raíz, donde la aplicación de Carbonato de calcio a 6 ton/ha mostró el mayor peso de raíces, pero solo tuvo diferencias significativas con el Ecosulfocal.



Este estudio mostró que cualquier tratamiento de las enmiendas aplicadas mejoró las variables de crecimiento y las mismas presentaron una tendencia creciente conforme se aumentó la dosis.

El efecto de las dosis y tipo de enmienda utilizada sobre la incidencia de *Phytophthora* tuvo diferencias significativas entre los tratamientos sólo a los 4 meses, siendo la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de incidencia, pero este tratamiento no presentó diferencias significativas con las aplicaciones de carbonato de calcio a 2 y 6 ton/ha, respectivamente. Además, las aplicaciones con dolomita, Ecosulfocal y Supercal presentaron los porcentajes de incidencia más bajos, inclusive el testigo sólo presentó diferencias significativas con la aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha. Estos resultados coincidieron con momentos de altas precipitaciones para los meses de mayo y junio en la zona de estudio, como se puede comprobar en la Figura 1; y esto pudo favorecer el comportamiento de *Phytophthora* antes citado. Sin embargo, con excepción del muestreo a los 4 meses de edad, no se presentó un efecto desfavorable del encalado sobre la incidencia de *Phytophthora*.

Los resultados anteriores coinciden con Silva et al. (2006) cuando cita que para evitar el incremento del pH y el riesgo de aumentar la incidencia de *Phytophthora*, se ha sugerido el uso de enmiendas a base de yeso o sulfato de calcio, que neutralizan el exceso de aluminio y manganeso en suelos ácidos sin variar el pH del suelo. Sin embargo estos resultados difieren con Mite et al. (2009) quienes en un estudio reciente demostraron que la piña respondió bien al encalado con carbonato de calcio en suelos ácidos de origen volcánico en Ecuador, pero que en dicho estudio se comprobó que una dosis de 3 ton/ha fue suficiente para reducir la acidez intercambiable del suelo y aumentar el rendimiento de piña, y que dosis más altas estaban asociadas con un aumento en la incidencia de *Phytophthora*.

Lo mencionado anteriormente coincide con Frossard (1976) al citar que el problema de presencia de *Phytophthora* es más severo cuando el pH del suelo está por encima de 5.5; hecho que sucedió para estas fechas en las aplicaciones

de carbonato de calcio a 6 y 8 ton/ha según se muestra en el Cuadro A 2 del Anexo A.

Sin embargo, este estudio demostró que las aplicaciones de carbonato de calcio en dosis de hasta 8 ton/ha a los 3,5 y 6,5 meses no provocaron un aumento desmedido del pH como para afectar en forma directa el porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* en las plantas de piña (Cuadro A 2); esto posiblemente se deba a la alta capacidad buffer de los suelos. Además, se demostró una baja correlación entre los tratamientos de carbonato de calcio en dosis de hasta 8 ton/ha con respecto a su efecto sobre el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* en el cultivo de piña. Lo anterior difiere con Swete Kelly (1993) quien menciona que existe el criterio de algunos productores y técnicos de que la piña necesita condiciones ácidas en el suelo y que aplicaciones de cal que incrementen el pH del suelo pueden causar un aumento en la incidencia de la pudrición radical provocada por *Phytophthora*.

## 6. CONCLUSIONES

1. La aplicación de enmiendas al suelo disminuyeron la acidez del suelo, la saturación de acidez, y subieron el pH, y los contenidos de Ca y/o Mg, en función de la dosis y la fuente utilizada.
2. En el testigo los problemas de pH, Acidez, % SA y la disponibilidad de las bases Ca, Mg y K se incrementaron con el tiempo, lo que ratifica que el cultivo de piña sin un buen manejo de suelos disminuye la fertilidad natural.
3. El tratamiento de mezcla de dolomita y yeso (Ecosulfocal) mantuvo su efecto sobre la acidez intercambiable del suelo hasta los 6,5 meses.
4. Al aumentar la dosis de carbonato de calcio se incrementó el contenido de Ca y el pH en el suelo.
5. Los aportes de Ca intercambiable en el suelo, hechos por el Ecosulfocal y Supercal se notaron hasta los 6,5 meses de edad.
6. Las aplicaciones de Dolomita, Ecosulfocal y Supercal mejoraron significativamente la presencia de Mg e en el suelo.
7. El incremento de la dosis de carbonato de calcio disminuyó la acidez intercambiable y el % de saturación de acidez del suelo.
8. La acidez potencial disminuyó con el incremento en la dosis de carbonato de calcio.
9. El aumento de la dosis de carbonato de calcio incrementó el desbalance catiónico entre las bases Ca/Mg, Ca/K y Ca+Mg/K.

10. El incremento de la dosis de carbonato de calcio aumentó el contenido de Ca foliar.
11. Las aplicaciones de dolomita, Ecosulfocal y Supercal aumentaron el contenido de Mg foliar.
12. La aplicación de carbonato de calcio a 8 ton/ha mostró el mayor efecto en todas las variables de crecimiento evaluadas y el testigo fue el que presentó el menor efecto.
13. Conforme se aumentó la dosis de carbonato de calcio se incrementó el efecto en cada una de las variables de crecimiento evaluadas.
14. Las variables de crecimiento en las plantas de piña que mostraron diferencias significativas a los 3,5 meses debido a los tratamientos aplicados fueron: peso fresco de la raíz, número de hojas, diámetro del tallo y peso promedio de la hoja "D"; mientras que la única variable que mostró diferencias significativas a los 6,5 meses de edad debido a los tratamientos fue el peso fresco de la raíz.
15. No se pudo demostrar una relación directa entre el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* y las dosis altas de carbonato de calcio aplicadas.
16. La reducción de la acidez activa (aumento de pH) y la acidez intercambiable no aumentó la incidencia de *Phytophthora*.
17. En general, se puede concluir que en las variables de suelo las dosis de 6 y 8 ton/ha, y la mezcla de dolomita y yeso (Ecosulfocal), presentaron los mejores valores de fertilidad a los 6,5 meses, pero el carbonato de calcio en dosis de 6 y 8 ton/ha mostró un mejor efecto en el peso de las raíces a las misma edad.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Identificar las arcillas del suelo o minerales coloidales del suelo para poder determinar si estos producen acidez.
2. Realizar un estudio para determinar cuál es el umbral económico del porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* para el cultivo de Piña MD-2.
3. Realizar un estudio para determinar cuál es el índice de crecimiento adecuado de cada una de las variables de crecimiento en las plantas de piña
4. Continuar estas evaluaciones hasta cosecha para poder determinar rendimientos de cosecha y económicos.
5. Repetir esta evaluación en suelos con diferentes niveles de acidez para validar los resultados obtenidos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alcarde J.C. 1992. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretacoes técnicas. ANDA, Sao Paulo, Brasil. Boletim Técnico No. 6. 26p.
- Barquero S. M. 2007. Área sembrada piña es similar a la de banano (en línea). San José, CR. La Nación. Consultado 20 abril 2008. Disponible en [http://www.nación.com/ln\\_ee/2007/julio/02/economia1149095.html](http://www.nación.com/ln_ee/2007/julio/02/economia1149095.html)
- Bartholomew D.P., Paull R.B., Rohrbach, K.G. 2002. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, New York, USA. 320p.
- Bertsch F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, San José, Costa Rica. 57p.
- Bertsch F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de Publicaciones Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica, 26p.
- Castro Z. 2000. Estudio de la actividad productora de piña (*Ananas comosus* L. Merr) y comportamiento del mercado interno en Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 64p.
- 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. 41p.
- Díaz-Romeu R., Hunter A.1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 68p.

- Espinosa J., Molina E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS, Ecuador. 42p.
- FDA. 1988. Cultivo de piña. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. República Dominicana. 19p.
- Frossard P. 1976. Study of *Phytophthora* heart rot pineapple, pH, calcium and fungicide treatments in the field. *Fruits* 31: 617-621.
- Guido M. M. 1983. Guía técnica para el cultivo de la piña *Ananas comosus*, (L) Merr. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Nicaragua. 20p.
- Guong V.T., Tinh T.K., Tran T.T., Moi L.T. 1998. Effect of phosphorus, lime and potassium fertilization on aluminium uptake on pineapple yield in acid sulphate soils in the Mekong delta, Vietnam. *Acta Horticulturae* 425:403-409.
- Jiménez J. 1999. Cultivo de la piña. Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica. 224p.
- Kamprath E. 1984. Crop response to lime in soils of the tropics. In F. Adams (ed). *Soil acidity and liming*. ASA, Wisconsin. p.349-369.
- Mite F., Medina L., Espinosa J. 2009. Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de piña en suelos volcánicos. *International Plant Nutrition Institute*, Ecuador, *Informaciones Agronómicas* No. 73: 1-5.
- Molina E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS, San José, Costa Rica. 45p.

- Molina E. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. In Memorias Seminario Fertilización foliar: principios y aplicaciones, ed. por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. p.85-104.
- Molina E. 2003. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. In Memorias Seminario Fertilizantes: características y manejo, ed. por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. p.31-58.
- Molina E., Rojas A. 2005. Efecto del encalado en el cultivo de naranja Valencia en la Zona Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(3): 81-95.
- Molina E. 2008. Análisis químico de suelos, Interpretación y Recomendaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, San José, Costa Rica. 22p.
- Molina E. 2009. Análisis foliar, Interpretación y Recomendaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, San José, Costa Rica. 12p.
- Py C. 1969. *La Piña Tropical*. Edit. Blume, Barcelona, España. p.33–34.
- Raij B. Van. 1991. *Fertilidade do solo e adubacao*. INPOFOS, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil. 343p.
- Raij B. Van, de Andrade J. C., Cantarella H., Quaggio J. A. 2001. *Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais*. Instituto Agronômico Campinas, São Paulo. 285p.
- Sánchez P.A., Salinas J.G. 1983. *Suelos ácidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, Colombia. 93p.



Silva J.A., Hamasaki R., Paull R., Ogoshi R., Bartholomew D.P., Fukuda S., Hue N.V., Uehara G., Tsuji G.Y. 2006. Lime, gypsum and basaltic dust effects on the calcium nutrition and fruit quality of pineapple. *Acta Horticulturae* 702:123-131.

Swete Kelly D.E. 1993. Nutritional Disorders. In *Pineapple Pests and Disorders*, ed. por R.H. Broadley et al., Department of Plant Industry, Brisbane, Australia. p.33-42.

## 9. ANEXO A.

**Cuadro A 1.** Fuentes de variación y grados de libertad utilizados en el ANDEVA para las variables evaluadas en este estudio.

Origen de las variaciones	Grados de libertad
Tratamientos	7
Repeticiones	2
Error	14
Total	23

**Cuadro A 2.** Efecto de la aplicación de los tratamientos en los análisis de suelos realizados a los 0 – 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011

TRAT.	MESES	pH		cmol(+)/L				%			mg/L				cmol/L
		pH H <sub>2</sub> O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	Acidez en Acetato de Ca	
1	3,5	3,85	2,19	0,83	0,43	0,24	3,69	59,00	5,50	1,70	8,50	239,00	26,00	10,48	
2		4,70	0,65	3,56	0,39	0,25	4,83	13,50	3,00	1,45	8,50	235,50	11,50	7,71	
3		4,95	0,30	4,42	0,41	0,30	5,42	5,50	6,00	1,55	8,00	247,50	9,50	6,44	
4		5,20	0,21	5,94	0,47	0,32	6,94	3,33	2,67	1,33	8,00	198,67	7,00	6,35	
5		6,27	0,15	8,76	0,32	0,28	9,51	1,67	2,67	1,17	7,00	177,33	4,33	3,96	
6		4,40	1,08	1,84	1,26	0,37	4,54	23,50	5,00	1,55	9,00	229,50	20,00	7,51	
7		4,67	0,61	2,81	1,61	0,30	5,33	11,67	6,00	1,57	8,67	247,33	11,67	7,35	
8		4,70	0,61	3,22	1,90	0,35	6,07	10,00	7,50	1,90	9,50	274,00	13,00	7,44	
1	6,5	3,90	2,48	0,75	0,34	0,18	3,74	66,00	3,00	2,00	10,00	201,50	25,00	10,46	
2		4,25	1,52	1,80	0,33	0,18	3,82	39,50	4,50	1,85	9,50	154,50	14,50	8,10	
3		4,40	1,09	2,88	0,39	0,22	4,59	24,00	5,67	1,80	9,33	185,67	17,33	8,58	
4		5,53	0,19	6,19	0,29	0,18	6,85	3,00	1,67	1,60	9,00	128,33	5,67	5,41	
5		5,03	0,30	5,22	0,35	0,23	6,10	5,33	4,33	1,80	9,33	160,33	9,33	6,29	
6		4,37	1,39	1,79	1,15	0,20	4,54	31,33	7,67	1,90	11,00	212,33	19,00	8,62	
7		5,10	0,31	4,05	2,48	0,28	7,10	4,00	8,00	2,20	11,00	216,00	9,00	6,89	
8		4,70	0,76	2,94	1,75	0,23	5,68	13,67	7,00	2,10	10,00	241,33	15,00	8,33	

TRAT.: Tratamiento

**Cuadro A 3.** Efecto de la aplicación de los tratamientos en los análisis foliares realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

TRAT.	MESES	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
1	3,5	1,57	0,14	0,21	0,26	3,37	0,14	82,33	16,00	39,67	253,67	33,67
2		1,57	0,15	0,26	0,26	3,66	0,13	79,00	15,67	41,33	273,67	33,67
3		1,50	0,14	0,29	0,25	3,32	0,14	83,00	14,33	40,33	208,33	31,67
4		1,59	0,15	0,32	0,25	3,51	0,15	95,00	13,33	42,67	221,67	32,00
5		1,58	0,15	0,33	0,26	3,31	0,14	87,33	14,67	39,67	226,00	31,00
6		1,56	0,14	0,24	0,30	3,27	0,15	86,67	15,00	40,67	260,67	32,33
7		1,65	0,16	0,22	0,29	3,72	0,15	85,33	14,67	45,00	262,67	34,67
8		1,58	0,16	0,22	0,28	3,69	0,15	97,33	15,33	46,33	289,33	34,33
1	6,5	1,41	0,17	0,21	0,24	3,17	0,14	87,00	24,00	29,00	297,33	11,33
2		1,42	0,16	0,28	0,22	3,23	0,14	113,00	24,67	44,67	308,00	11,33
3		1,42	0,17	0,28	0,22	3,22	0,14	95,33	23,00	26,33	264,00	11,33
4		1,41	0,16	0,32	0,21	3,22	0,14	68,00	21,67	26,33	259,00	12,00
5		1,39	0,16	0,34	0,21	3,10	0,14	105,67	22,33	27,00	248,00	11,67
6		1,42	0,15	0,24	0,26	3,23	0,14	78,00	24,00	27,00	297,67	11,33
7		1,42	0,16	0,23	0,25	3,13	0,14	79,33	20,67	26,33	312,00	10,67
8		1,42	0,16	0,22	0,24	3,40	0,14	60,33	21,33	24,00	331,67	11,33

TRAT.: Tratamiento

**Cuadro A 4.** Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada elemento según los resultados de los análisis de suelo realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

<b>ELEMENTO</b>	<b>"P" 3,5 MESES</b>	<b>"P" 6,5 MESES</b>
pH H2O	1,0849E-08	4,6052E-07
Acidez	6,8638E-13	2,4119E-09
Calcio	4,2386E-09	5,3413E-09
Magnesio	3,7609E-10	1,6566E-09
Potasio	0,0046	0,3365
CICE	5,5931E-07	2,0624E-06
S A	4,7850E-15	9,6067E-10
Fósforo	0,1379	0,1418
Zinc	0,0499	0,0378
Cobre	0,4082	0,5003
Hierro	0,0022	0,0056
Manganeso	1,3595E-06	0,0038
Acidez con Acetato	2,4179E-06	3,7900E-05
Ca		

"P": Probabilidad estadística

**Cuadro A 5.** Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada elemento según los resultados de los análisis foliares realizados a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

<b>ELEMENTO</b>	<b>“P” 3,5MESES</b>	<b>“P” 6,5 MESES</b>
Nitrógeno	0,5499	0,9948
Fósforo	0,3567	0,5713
Calcio	5,7938E-05	4,7388E-05
Magnesio	0,1182	0,0491
Potasio	0,0060	0,9023
Azufre	0,2388	0,6751
Hierro	0,6437	0,5187
Cobre	0,4012	0,0998
Zinc	0,2348	0,3916
Manganeso	0,6779	0,7421
Boro	0,7195	0,4184

“P”: Probabilidad estadística

## 10. ANEXO B.

**Cuadro B 1.** Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado a cada variable de crecimiento evaluada según los resultados obtenidos a los 3,5 y 6,5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

VARIABLE	"P" 3,5 MESES	"P" 6,5 MESES
Largo de la Hoja "D"	0,4521	0,3552
Ancho de la Base de la Hoja "D"	0,6062	0,3934
Ancho Medio de la Hoja "D"	0,0032	0,1441
Peso de la Hoja "D"	0,0022	0,1425
Grosor del Tallo	0,0035	0,6945
Altura de la Planta	0,6271	0,5348
Número de Hojas de la Planta	0,0134	0,0839
Peso de la Planta	0,0814	0,4540
Peso de la Raíz	0,0004	0,0264

"P": Probabilidad estadística

**Cuadro B 2.** Probabilidades obtenidas en el ANDEVA realizado al porcentaje de la incidencia de *Phytophthora* según datos obtenidos a los 1, 2, 3, 4 y 5 meses de edad de la piña en la finca Tres Amigos, Pital, San Carlos, Alajuela, 2011.

MES	"P" del % de Incidencia de <i>Phytophthora</i>
1	0,8288
2	0,9557
3	0,7874
4	0,0499
5	0,4816