

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CAL DOLOMITA SOBRE
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y
LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE
PIÑA (*Ananas comosus*) (L) Merr. híbrido MD-2
EN FINCA GANADERA LA FLOR S.A. EN
RÍO CUARTO, GRECIA, COSTA RICA.**

ERROLD FRANCISCO ORTIZ ARAYA

Práctica de especialidad presentada a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Bachillerato
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2008

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CAL DOLOMITA SOBRE
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y
LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE
PIÑA (*Ananas comosus*) (L) Merr. híbrido MD-2
EN FINCA GANADERA LA FLOR S.A. EN
RÍO CUARTO, GRECIA, COSTA RICA.**

ERROLD FRANCISCO ORTIZ ARAYA

Práctica de especialidad presentada a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Bachillerato
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2008

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CAL DOLOMITA SOBRE
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y
LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE
PIÑA (*Ananas comosus*) (L) Merr. híbrido MD-2
EN FINCA GANADERA LA FLOR S.A. EN
RÍO CUARTO, GRECIA, COSTA RICA.**

ERROLD FRANCISCO ORTIZ ARAYA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Parménides H. Furcal Berigüete. M Sc. _____
Asesor

Ing. Agr. Javier Yglesias Luconi, Lic. _____
Asesor externo

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez. MGA. _____
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE. _____
Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M Sc. _____
Director
Escuela de Agronomía

2008

DEDICATORIA

Yo dedico este documento a mi hija Ariela y a mi esposa Maryel por su gran amor y apoyo incondicional.

A mi padre José Francisco Ortiz Solano y a mi madre Carmen Lidia Araya Castro por todo el amor que me tienen, por los valores que me han inculcado, por los sacrificios realizados para que yo terminara mis estudios.

A mis hermanas Madeline, Scarleth y Maria Nazareth por su gran apoyo y cariño.

A todos mis familiares que de alguna manera me han servido de apoyo y ejemplo.

A Dios Todopoderoso y Maria Santísima por darme la oportunidad de alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios y a la Virgen Santísima por haberme permitido terminar mis estudios.

Agradezco a mi amigo Randall Blanco por su valioso apoyo y amistad mostrada durante los años que tengo de conocerlo.

A los Ing. Zulay Castro Jiménez y Parménides Furcal por la confianza depositada y por su gran apoyo.

Al Ing. Javier Yglesias Luconi por su amistad y todo su valioso apoyo para poder concluir con este trabajo.

A los señores Luís Rodríguez Beer y Oscar Moreno Cerdas, de Ganadera la Flor S.A. por su valioso apoyo y consejos que siempre me han dado durante todo el tiempo que tengo de laborar para esta prestigiosa empresa.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
TABLA DE CONTENIDOS	iii
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE CUADROS ANEXOS	x
LISTA DE FIGURAS DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Morfología y taxonomía de la planta de piña (<i>Ananas comosus</i>).....	4
2.2. Requerimientos Climáticos y Edáficos	5
2.3. Concepto de ácidos y bases	5
2.4. Naturaleza y origen de la acidez del suelo	7
2.4.1. Remoción de nutrientes	8
2.4.2. Descomposición de materiales orgánicos	8
2.4.3. Utilización de fertilizantes Nitrogenados.....	9
2.4.4. Aluminio intercambiable	10
2.4.5. Siembra de cultivos	11
2.4.6. Otras causas de la acidez del suelo	11
2.5. Criterios para diagnosticar acidez	11
2.6. Consecuencias de la Acidez	12
2.7. Materiales utilizados para neutralizar la acidez de los suelos	13
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1. Ubicación de ensayo	15
3.2. Variedad y material de siembra	16

3.3. Densidad de siembra	16
3.4. Material de encalado	16
3.5. Tratamientos y repeticiones	16
3.6. Variables evaluadas	18
3.6.1. Análisis químico de suelos	18
3.6.2. Análisis químico foliares	18
3.6.3. Variables de crecimiento	18
3.6.4. Mortalidad.....	19
3.6.5. Incidencia de floración natural.....	19
3.7. Estadística.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Efecto de la cal dolomita sobre la acidez, pH del suelo y porcentaje de saturación de acidez	20
4.2. Efecto de la cal dolomita sobre el contenido de bases en el suelo	23
4.3. Efecto de cal dolomita sobre el contenido de fósforo en el suelo	28
4.4. Efecto de cal dolomita sobre el contenido de micronutrientes en el suelo	28
4.5 Efecto de la cal dolomita sobre el estado nutricional de las plantas de piña.	31
4.6 Efecto de la cal dolomita sobre el desarrollo de las plantas de piña.	39
4.7. Efecto de la cal dolomita sobre el porcentaje de mortalidad y el porcentaje de floración natural en plantas de piña.....	42
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. LITERATURA CITADA	46
8. ANEXOS.....	48

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Tabla de precipitación y temperatura promedio, presentada durante el periodo del ensayo en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	15
2	Dosis de Cal dolomita por hectárea utilizadas en cada tratamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	16
3	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre largo y peso de la hoja D, peso de raíz y peso total de la planta al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	40
4	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el porcentaje de mortalidad y floración natural al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	42

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Croquis de la distribución de las repeticiones de cada tratamiento en experimento de cal dolomita en el cultivo de piña Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	17
2	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el pH en suelos sembrados de Piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	21
3.	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la acidez del suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008	22
4	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación de acidez en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008	22
5	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de calcio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	24
6	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de magnesio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	24
7	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación de calcio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	25
8	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación de magnesio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	25

9	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación (Ca+Mg)/K en suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	26
10	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación Ca/K en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	26
11	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación Mg/K en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	27
12	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de potasio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	27
13	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de fósforo en el suelo en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	28
14	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de zinc en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	29
15	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de cobre en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	30
16	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de hierro en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	30

17	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de manganeso en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	31
18	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de nitrógeno foliar en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	32
19	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de fósforo foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	33
20	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de calcio foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	34
21	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de magnesio foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	34
22	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el Potasio foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	35
23	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de manganeso foliar al momento del forzamiento en Piña. Río Cuarto, Grecia, 2008	36
24	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de hierro foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	37

25	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de Zinc foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	38
26	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de cobre foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	38
27	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de boro foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	39
28	Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el largo de hoja D al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	41
29	Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el peso de hoja D al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	41

LISTA DE CUADROS ANEXOS

Número	Título	Página
A1	Comparación de la magnitud de acidez y alcalinidad a diferentes valores de pH.	49
A2	Valores de neutralización relativa de algunos materiales de encalado	49
A3	Porcentaje de saturación de Al tolerado por algunos cultivos en suelos Ácidos	51
A4	Tabla de interpretación de análisis de suelos	52
A5	Análisis químico de suelos en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.	53
A6	Análisis químico foliar en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008	54
A7	Datos de crecimiento, mortalidad y parición natural en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.....	55

LISTA DE FIGURAS DE ANEXOS

Número	Título	Página
A1	Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes en el suelo	50

RESUMEN

Se realizó experimento en finca dedicada a la producción de piña fresca para la exportación propiedad de la empresa Ganadera la Flor, ubicada en la Flor distrito de Río Cuarto, cantón de Grecia, de la provincia de Alajuela, a una altura de 293, msnm.

El objetivo general de este trabajo fue determinar el efecto de la cal dolomita sobre la acidez de los suelos y la absorción de nutrientes en el cultivo de la piña, híbrido MD-2.

El trabajo consistió de cinco tratamientos con tres repeticiones (dos, cuatro, seis y ocho toneladas por hectárea de cal dolomita, se consideró la parcela con cero toneladas de cal dolomita como el testigo). Los tratamientos fueron aplicados durante la preparación del terreno antes del encamado.

Se realizaron tres muestreos de suelos, el primero al inicio del ensayo antes de la aplicación de los tratamientos, el segundo al quinto mes después de la siembra y el tercero antes del forzamiento. Del mismo modo se llevaron acabo dos muestreos foliares, el primero al quinto mes después de la siembra, y el segundo al preforzamiento (séptimo mes después de la siembra). Los análisis químicos tanto los de suelos como los foliares se hicieron por cada tratamiento.

Las aplicaciones de cal dolomita produjeron incremento en el pH y disminución de la acidez del suelo, también mejoraron el contenido de calcio, magnesio, zinc y cobre y una disminución del hierro y manganeso a nivel del suelo.

Se observó una disminución del contenido de nitrógeno foliar, al quinto mes después de la siembra con los tratamientos de cuatro, seis y ocho toneladas de cal dolomita aplicada al suelo.

El uso de cal dolomita independientemente de las dosis usadas, no produjo efectos positivos en el desarrollo de las plantas de piña, al quinto mes de sembradas ni al momento del forzamiento.

Se cuantificó el número de plantas muertas (pérdida de campo) y el número de plantas naturalmente diferenciadas, al momento del forzamiento y se calculó el porcentaje de mortalidad y floración natural por cada tratamiento. La aplicación de cal dolomita no presentó ningún efecto sobre la mortalidad y se observó un incremento en el porcentaje de floración natural conforme se incrementaron las dosis de dolomita, las mayores diferencias ocurren a partir de cuatro toneladas por hectárea, sin embargo los resultados obtenidos no representan valores importantes para la producción.

Palabras claves: Cal dolomita, acidez, pH, piña, nutrientes, mortalidad, floración natural.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de piña para exportación se ha convertido en la actividad económica agrícola más importante en la Zona Norte de Costa Rica.

Para este año 2008 se estima que los cantones de Guatuso, Upala, Grecia, San Carlos y Sarapiquí, tendrán sembrado más de 25.000 ha de piña bajo esquemas de producción intensiva.

Según datos aportados por Abonos del Pacífico (ABOPAC 2008, sin publicar) la mayor parte de estas fincas se encuentran en suelos muy ácidos, con niveles promedio de pH inferiores a 4,5. De 610 análisis de suelos realizados en 8.500 hectáreas, 58% de los datos presentaban valores inferiores a 4,5; 28% valores entre 4,5 – 4,9, 11% valores entre 5,0 –5,5, y solamente 3% valores superiores a 5,5.

Además de la condición muy ácida en que se encuentran los suelos, el esquema de producción intensivo con altos consumos de fertilizante nitrogenado, que utilizan la mayoría de las fincas, agrava aún más esta situación. Según ABOPAC (2008, sin publicar) para compensar el efecto residual ácido producido por los fertilizantes comúnmente utilizados en piña, se necesitarían alrededor de 1500 kilogramos por hectárea por año de carbonato de calcio.

Este hecho hace que la mayoría de las fincas que tradicionalmente aplican una tonelada por hectárea de carbonato de calcio, no puedan llevar a niveles aceptables el problema de acidez.

Según Py (1987), desde el punto de vista químico, la acidez del suelo es la característica más relevante en relación al cultivo de piña. Todos los estudios realizados en campo muestran que el rango óptimo de pH para piña se encuentra entre 4,5 y 5,5, ó inclusive entre 4,5 y 5,0. Por el contrario el CENTA (1998) indica

que el pH óptimo se encuentra entre 5,0 y 6,0. Sin embargo, dejando el rango óptimo de lado, la producción disminuye más rápidamente con un incremento en la acidificación, que con una disminución en la misma. Esto quizás debido a que las plantas pueden crecer normalmente a pH relativamente bajo (3,5 a 4,0) si la fuente de acidez es solamente el H^+ en la solución del suelo. Sin embargo a pH menores de 5,5 existe otro elemento asociado con la acidez que realmente limita el crecimiento de las plantas. La presencia de Al^{+3} en la solución del suelo afecta dramáticamente el crecimiento radicular impidiendo que la planta pueda absorber nutrientes y agua normalmente. La presencia de Al^{+3} inhibe la división celular de los tejidos meristemáticos de la raíz (Valencia 1998).

Por otra parte, según Bartholomew (2003), pueden ocurrir serios problemas en la producción de piña en suelos alcalinos. El efecto más serio es el incremento en la proliferación de la enfermedad producida por hongos del género *Phytophthora*. En suelos de pH alcalino también se reduce la disponibilidad de micronutrientes como zinc y hierro, produciendo algunos “desórdenes nutricionales” como rotura del pedúnculo “crookneck”.

Según datos de ABOPAC (2008, datos sin publicar), para los suelos ultisoles de la zona norte de Costa Rica, cuando el pH se encuentra entre 4,9 y 5,2, la planta de piña logra absorber suficiente cantidad tanto de bases (calcio y magnesio) como de micronutrientes (zinc, boro y hierro).

Algunas fincas de la zona norte del país como por ejemplo Ganadera la Flor S.A, han realizado un incremento en las dosis tradicionales de encalado, llegando a aplicar hasta dos toneladas por hectárea de dolomita, sin embargo, no se ha observado una disminución significativa en los valores de acidez, ni en la absorción de calcio ni de magnesio, esto ha motivado llevar a cabo este experimento con el propósito de obtener mayor información respecto al encalado de los suelos cultivados de piña en la región norte de Costa Rica.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la cal dolomita sobre la acidez de los suelos y la absorción de nutrientes en el cultivo de la piña, híbrido MD-2.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la cal dolomita a dos, cuatro, seis y ocho (ton/ha) sobre la acidez y otras características químicas del suelo.
- Determinar el efecto de la cal dolomita sobre el estado nutricional de la planta de piña en cuanto a la concentración de nutrientes en la hoja D.
- Valorar si el crecimiento de la planta de piña, la mortalidad y la floración natural, son afectados con la aplicación de cal dolomita al suelo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Morfología y taxonomía de la planta de piña (*Ananas comosus*)

La piña (*Ananas comosus*) es una planta herbácea perenne de las Liliopsidae (monocotiledoneas) de la familia de las Bromeliáceas. Su tallo es una estructura en forma de “mazo” con la parte superior más ancha y la inferior más angosta y frecuentemente curva. El tallo central continúa en el pedúnculo floral, luego en el eje central de la inflorescencia, con la cual forma una sola masa, para terminar en el ápice en una corona de hojas. En los clones comerciales el pedúnculo floral es muy corto y está cubierto por hojas. El tallo central produce brotes laterales, los cuales reciben varios nombres: chupones, hijuelos, esquejes, retoños y otros. Estos salen de la porción basal del tallo y constituyen el mejor material de propagación. Un segundo tipo de hijos más cortos, se forma de yemas del tronco; los que también se usan en la reproducción vegetativa. El tercer tipo sale del pedúnculo, o debajo del fruto. Todos estos brotes tienen una base más o menos curva, pues salen de yemas horizontales y luego crecen verticalmente. Los hijos laterales que salen de la base del tallo funcionan en las especies silvestres o en las plantas escapadas de cultivo como el medio natural de propagación vegetativa, pues una vez que la inflorescencia y fruta terminal se han secado y desaparecido, los tallos laterales se desarrollan, forman sus frutos y a su vez dan origen a nuevos tallos laterales. Es por esta razón que la reproducción de la piña (*Ananas comosus*) se realiza en forma vegetativa, (De La Cruz y García 2004).

Las hojas presentan una forma cóncava, que le permite a la planta recolectar agua en la roseta para su absorción a través de la epidermis. El color de la hoja puede presentar varios tonos en función del cultivar, (De la Cruz y García 2004).

La planta adulta presenta las hojas dispuestas en roseta con las hojas más jóvenes en el centro y las más viejas en la parte exterior. Las hojas D de la planta de piña que son las hojas adultas más jóvenes y que en medio favorables son las más largas de la planta, son usadas para estimar las necesidades de la planta de

piña y para seguir su crecimiento y desarrollo ya que son las hojas que traducen el estado fisiológico de la planta durante el período en que su crecimiento es más activo (Py 1969)

2.2. Requerimientos Climáticos y Edáficos

La temperatura es el principal factor climático que determina el desarrollo de la planta. El crecimiento de las raíces y hojas es prácticamente nulo a temperaturas menores de 21° C y a mayor de 35° C, por lo que el mejor desarrollo de la planta se obtiene donde la temperatura anual esta entre los 24° y 27° C. Mientras que Proexant (2003) menciona que la temperatura oscila entre un mínimo de 15,5° C a 32,0° C como máximo.

La luminosidad es otro factor muy importante el cual esta ligado a la temperatura y a veces no se puede determinar la parte que corresponde a cada uno de esos factores. La luminosidad ejerce una acción muy marcada en el rendimiento ya que investigaciones han demostrado que por cada disminución de las radiaciones en un 20% corresponde una disminución media en el rendimiento. Además influye en la coloración del fruto, (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA 1998).

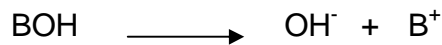
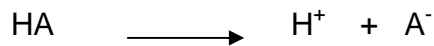
Para la piña la lluvia es un factor poco limitante ya que por sus condiciones morfológicas favorecen un mejor aprovechamiento de ella, el óptimo de precipitación se estima entre 1.200 a 2.000mm distribuidas en el año.

La piña requiere de suelos de buen drenaje, permeable suelo franco limosos, y con pH de 5 a 6 debe evitarse la siembra en suelos arcillosos, de mala estructura y pobre drenaje (CENTA 1998).

2.3. Concepto de ácidos y bases

El concepto más antiguo de ácidos y bases fue propuesto por Arrhenius que definía los ácidos como sustancias que, en solución son capaces de donar protones (iones H⁺), en cuanto las bases son sustancias donadoras de hidroxilos (iones OH⁻), (Quaggio 2000).

Esta teoría puede ser mejor entendida a través de la reacción hipotética de disociación de ácido HA ó de base BOH

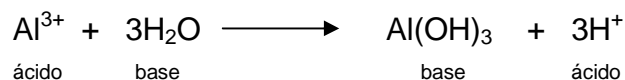


A^- y B^+ representan un anión ó un catión cualquiera.

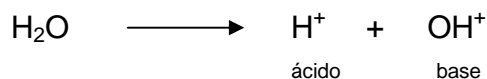
Según Quaggio (2000) la teoría de Arrhenius no fue suficiente para explicar el carácter ácido ó básico de todas las sustancias. En la enciclopedia Encarta (1999), se menciona que esta teoría ha sido objeto de críticas ya que el concepto de ácidos se limita a especies químicas que contienen hidrógeno y las bases solo a los hidroxilos; otra crítica es que la teoría solo se refiere a diluciones acuosas.

En 1923 surge la teoría de Bronsted & Lowry que define los ácidos como donadores de protones y las bases como receptores de protones. En otras palabras, el par ácido-base es definido siempre a través de una reacción, (Quaggio 2000).

Un ejemplo de esto puede ser la reacción de hidrólisis del ión aluminio:



Otro buen ejemplo es la reacción de disociación de la molécula del agua:



La constante de disociación de esta reacción (K_a) es igual a 10^{-14} . Eso significa que el producto de las concentraciones efectivas, o mejor dicho, de la actividad de H^+ y OH^- es igual a $10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$

Aplicando el concepto de potencial, que significa logaritmo recíproco (log de 1/x) de cada término de la ecuación anterior, podríamos describirla de la siguiente manera:

$$\log 1/k_a = \log 1/[H^+] + \log 1/[OH^-] = \log 1/10^{-14}$$

ó simplificando,

$$pH^+ + pOH^- = 14$$

Los términos $pH^+ + pOH^-$ representan respectivamente los potenciales de los iones H^+ y OH^- . A través de esta ecuación es fácil entender el origen de la escala de pH, pues cuando el potencial de H^+ (pH) es igual al potencial OH^- (pOH⁻), tenemos un punto de neutralidad en el sistema, ó sea:

$$pH^+ + pOH^- = 14$$

$$7 + 7 = 14$$

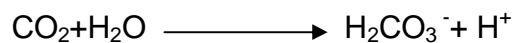
Un significado práctico de la expresión logarítmica de los valores de pH es que cada unidad de cambio de los valores de pH corresponde a un incremento de diez veces en la cantidad de acidez ó de basicidad del suelo. En otras palabras, un suelo con pH 5 tiene diez veces más H^+ activo que un suelo con pH 6. Esto tiene un enorme significado en la nutrición de los cultivos y en el manejo efectivo de los fertilizantes (Valencia 1998).

2.4. Naturaleza y origen de la acidez del suelo

Los suelos pueden ser naturalmente ácidos en razón de la pobreza de bases (calcio, magnesio y potasio) del material de origen; ó a través de procesos de formación o de manejo de suelos que causan la pérdida de estas bases y por tanto la acidificación (Quaggio 2000).

2.4.1. Remoción de nutrientes

Según Valencia (1998) y Lillo (s.f.); la acidificación del suelo se inicia con la pérdida de cationes (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na), debido en parte a la absorción por las raíces y en parte a la pérdida de nutrientes en el agua de percolación, es decir, la precipitación es mucho mayor que la evapotranspiración. Para Lillo (s.f.), este lavado se facilita por la formación del ácido carbónico, cuando el agua entra en el suelo que se puede ver en la siguiente reacción:

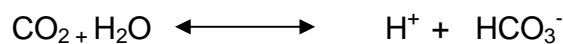


El hidrógeno desplaza a las bases de las sedes de intercambio.

La planta al absorber cationes libera H^+ que contribuye a la reducción del pH del suelo (Valencia 1998). De ahí que es necesario durante el manejo de los suelos, el aporte de estas bases que salen del sistema para no agravar el proceso de acidificación.

2.4.2. Descomposición de materiales orgánicos

Según Valencia (1998) la materia orgánica del suelo se descompone con la ayuda de microorganismos produciendo un constante suplemento de CO_2 que fácilmente se transforma en bicarbonato (HCO_3^-) de acuerdo a la siguiente reacción:



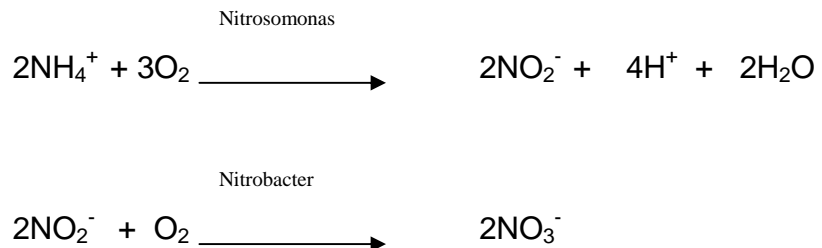
Esta reacción aporta H^+ al suelo e incrementa la acidez. El HCO_3^- formado, se combina fácilmente con los cationes arrastrándolos del perfil del suelo promoviendo también de esa forma condiciones de acidez (Valencia 1998).

La mineralización de los compuestos nitrogenados de los materiales orgánicos produce amonio (NH_4^+) que al nitrificarse aporta también H^+ . Por otra parte, la materia orgánica del suelo contiene grupos carboxílicos y fenólicos activos que se disocian liberando iones H^+ a la solución del suelo. El contenido

de materia orgánica varía de un sitio a otro, por lo tanto, su contribución a la acidez del suelo también es variable (Valencia 1998).

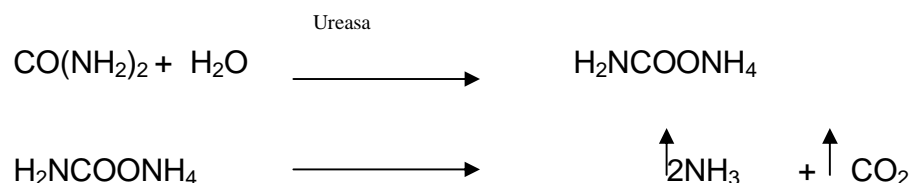
2.4.3. Utilización de fertilizantes Nitrogenados

Para Valencia (1998), y Bertsch (1995), los fertilizantes nitrogenados que contienen o reaccionan formando amonio (NH_4^+) incrementan la acidez del suelo. El amonio se convierte en nitrato mediante el proceso de nitrificación, y como resultado de este se liberan iones H^+ .



Como se observa, la nitrificación produce un exceso de H^+ que acidifica el suelo. Este es un proceso natural necesario para transformar el amonio en nitrato, debido a que las plantas utilizan principalmente nitrato en su nutrición. Esta reacción es responsable de gran parte de la acidificación del suelo (Valencia 1998).

Según Valencia (1998), la utilización de urea produce también acidificación del suelo aún cuando las reacciones iniciales son diferentes. Después de la aplicación al suelo, la urea es atacada por la enzima ureasa facilitando la hidrólisis y formando carbamato de amonio que es un compuesto inestable. Esta reacción eleva el pH en la inmediata vecindad del gránulo a valores mayores que ocho. En este ambiente alcalino el carbamato de amonio se descompone rápidamente en amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2)

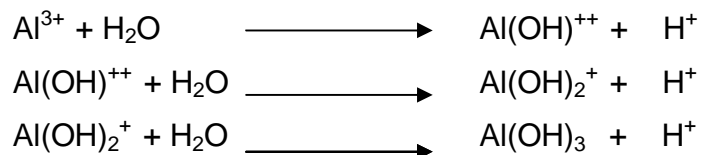


El NH_3 en contacto con agua se transforma en NH_4^+ , el cual se transforma en nitrato a través de la nitrificación lo que conlleva inevitablemente a la acidificación del suelo.

La mineralización de la materia orgánica también produce NH_4^+ como producto final del proceso de descomposición. Este NH_4^+ contribuye de igual forma a la acidificación del suelo después de que forzosamente pasa por el proceso de nitrificación (Valencia 1998).

2.4.4. Aluminio intercambiable

Las plantas pueden crecer normalmente a pH relativamente bajo (3,5 – 4,0) si la fuente de acidez es solamente el H^+ en la solución del suelo. Sin embargo a pH menores a 5,5 existen otros factores asociados con la acidez que realmente limitan el crecimiento de las plantas. Se ha reconocido ampliamente que uno de los principales factores asociados con el desarrollo de la acidez es la presencia de aluminio (Al^{3+}) en la solución del suelo. Los iones Al^{3+} desplazados de los minerales arcillosos por otros cationes se hidrolizan (reaccionan con una molécula de agua) para formar complejos monoméricos y poliméricos hidroxialumínicos. Las reacciones de hidrólisis del Al^{3+} liberan iones H^+ (Valencia 1998).



Para Valencia (1998), cada una de estas reacciones libera H^+ y contribuye a la acidez del suelo. Este incremento en acidez promueve la presencia de más Al^{3+} listo para reaccionar nuevamente. El Al^{3+} aparece en la solución del suelo a pH 5,3 y arriba de este pH se inicia la formación de Al(OH)_3 que se precipita eliminando el Al de la solución.

La presencia de Al^{3+} en la solución del suelo afecta dramáticamente el crecimiento radicular impidiendo que la planta pueda absorber nutrientes y agua

normalmente. La presencia de Al^{+3} inhibe la división celular de los tejidos meristemáticos de la raíz (Valencia 1998).

2.4.5. Siembra de cultivos

Los suelos a menudo se vuelven más ácidos con la cosecha de los cultivos debido a que éstos remueven bases. El tipo de cultivo determina las cantidades relativas removidas. Por ejemplo, las leguminosas generalmente contienen niveles más altos de bases que los pastos. Los contenidos de Calcio y Magnesio también varían de acuerdo con la(s) parte(s) de la planta que es cosechada, por ejemplo cuando se remueve el grano o las semillas, se incrementa el pH debido a que la semilla contiene un alto nivel de componentes ácidos (Agropecstar 2006).

2.4.6. Otras causas de la acidez del suelo

La inundación de los suelos, vegetación natural que pueden producir restos orgánicos con alta relación C/N (por ejemplo CONÍFERAS), profundidad del suelo excepto en áreas de baja precipitación, sustancia húmicas precursoras, ácidos fúlvicos (Agropecstar 2006; Lillo, s.f.).

También para Lillo (s.f.), se puede dar por la deposición atmosférica de dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y amoníaco (NH_3).

2.5. Criterios para diagnosticar acidez

La razón de que la gran mayoría de suelos de los trópicos provienen de sistemas de óxidos y de aluminosilicatos laminares revestidos de óxidos, en los que la fuente de acidez que predomina es el Al intercambiable y que actúa nocivamente sobre las plantas en suelos ácidos, es razonable enfocar la medición del problema de acidez en torno a este ión. Por lo que se considera un criterio muy útil para diagnosticar la acidez de un suelo la fracción denominada acidez o Al intercambiable, el cual se expresa como $cmol(+)/L$ y términos muy generales se consideran problemas de acidez niveles mayores de 0,3 – 0,5 $cmol(+)/L$ (Bertch 1995).

Según Bertch (1995), otro criterio para diagnosticar la acidez del suelo es el porcentaje de saturación de acidez o de Al, con respecto a su capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE), la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{saturación acidez} = \frac{\text{acidez (cmol(+) / L)}}{\text{CICE (acidez + bases) (cmol(+) / L)}} \times 100$$

Es con este criterio con que se puede correlacionar más directamente los problemas de crecimiento del cultivo en suelos ácidos. El porcentaje de saturación de acidez que cada cultivo soporta va de acuerdo con las características de tolerancia de cada especie, sin embargo en términos generales casi ningún cultivo soporta más del 60%; en observaciones hechas en suelos de Costa Rica porcentajes menores al 10% de saturación de acidez no representan problemas de acidez para los cultivos (Bertch 1995).

También las correlaciones entre el pH del suelo y el Al intercambiable claramente establecen que el Al precipita en pH con niveles alrededor de 5,5 – 6,0, por lo que se puede considerar que a valores superiores prácticamente no existen problemas de acidez (Bertch 1995).

Por otra parte contenidos de bases inferiores a 5 cmol(+)L por lo general permiten porcentaje de saturación de acidez elevados (Bertch 1995).

A manera de resumen, los criterios para diagnosticar acidez serían; pH menores a 5,5, acidez o Al intercambiable mayor a 0,5 cmol(+)L, la suma de bases menor a 5 cmol(+)L y el porcentaje de saturación de acidez menor al 10% (Bertch 1995).

2.6. Consecuencias de la Acidez

Para el Gambaudo (2007), la acidez edáfica provoca disminución en la disponibilidad del fósforo, calcio y magnesio, menor disponibilidad del nitrógeno, aumento de la solubilidad de elementos como el aluminio y manganeso, pérdida de la estructura del suelo al disminuir los contenidos de calcio y magnesio y disminución de la producción.

2.7. Materiales utilizados para neutralizar la acidez de los suelos

El encalado es la adición de compuestos que contienen calcio y/o magnesio, el cual neutraliza la acidez. El encalado se puede hacer utilizando varios compuesto tales como; el carbonato de calcio (CaCO_3), el carbonato de calcio y magnesio (dolomita), u óxidos e hidróxidos de calcio. Normalmente la neutralización del suelo se hace con carbonato de calcio (CaCO_3) (Kass 1996).

La cal aplicada al suelo causa una serie de reacciones químicas que elevan el pH y disminuyen la acidez, reduciendo las concentraciones de aluminio e hidrógeno a niveles no tóxicos para las plantas (Meléndez y Molina 2001).

Según Meléndez y Molina (2001) y PDVSA (1997), la cal dolomita es una fuente que contiene carbonatos de calcio y magnesio cuya fórmula química es $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ y que las características de esta son en que es semidura, no muy pesada, es infusible, ya que se descompone en todos los carbonatos y frágil. El origen de ésta es principalmente sedimentario o hidrotermal en filones minerales, también posiblemente a la transformación de las calizas bajo las soluciones magnesianas.

Para Meléndez y Molina (2001), la dolomita es más atractiva que la cal calcítica debido a que la mayoría de los suelos ácidos son deficientes en magnesio y para Bertsch (1995), el uso de la dolomita proporciona un mejor balance en el suelo, pero sin embargo es una fuente que debe de ser importada; una relación adecuada de Ca:Mg en el material de encalamiento, es de 10:1. La dolomita tiene un valor de neutralización relativa del 95 al 108%.

Los procesos y reacciones en la cual la cal reduce la acidez del suelo son complejos. Sin embargo, un enfoque simplificado de estos procesos explica como funciona la cal. El pH del suelo es una expresión de la actividad del H^+ y la principal fuente de H^+ en la mayoría de los suelos de pH menores a 5,5 es la reacción de Al con el agua. La cal reduce la acidez del suelo al convertir parte del H^+ en agua. Cuando el pH es mayor a 5,5 el Al se precipita como $\text{Al}(\text{OH})_3$ eliminando su acción tóxica y la principal fuente de H^+ (Agropecstar 2006).

Las reacciones del encalado funcionan de la siguiente forma: Los iones de Ca^{+2} de la cal reemplazan al Al^{+3} en los sitios de intercambio, y el ion carbonato

reacciona con el agua de la solución del suelo creando un exceso de iones OH^- , que a su vez reaccionan con el exceso de H^+ , formando agua (Agropecstar 2006).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación de ensayo

El ensayo se realizó en la finca dedicada a la producción de piña fresca para la exportación de la empresa Ganadera la Flor, ubicada en la Flor distrito de Río Cuarto, cantón de Grecia, de la provincia de Alajuela, que se localiza a 10°23'50" latitud norte y 84°14'50" longitud oeste, a una altura de 293, msnm, en una zona clasificada como Bosque tropical húmedo. En el Cuadro 1 se puede observar los datos de precipitación, así como de la temperatura promedio mensual durante el periodo del ensayo.

Los tratamientos se aplicaron en los bloques dos y tres del lote comercial 5A (Figura 1).

Cuadro 1 Tabla de precipitación y temperatura promedio, presentada durante el periodo del ensayo en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura	
		Máxima	Mínima
Julio 2007	453,5	24,5	22,2
Agosto 2007	200,0	24,6	21,7
Setiembre 2007	422,0	24,5	22,2
Octubre 2007	368,0	28,0	21,5
Noviembre 2007	519,0	31,3	21,2
Diciembre 2007	243,5	28,6	20,8
Enero 2008	313,0	21,1	20,5
Febrero 2008	50,90	21,4	20,9
Marzo 2008	66,45	20,1	19,5
Abril 2008	216,0	21,2	
Mayo 2008	297,6	22,3	

3.2. Variedad y material de siembra

El ensayo se realizó en plantas de piña del híbrido MD-2. Se utilizaron hijos basales con un peso entre los 200 – 400 gramos como material de siembra.

3.3. Densidad de siembra

El área de los tratamientos fue cultivada a una densidad de 68.000 plantas por hectárea, correspondiente a una distancia entre plantas de 26cm y entre hileras 40,5cm.

3.4. Material de encalado

El material de encalado fue cal dolomita, la cual tiene una concentración de 50% de carbonato de calcio y un 40% de carbonato de magnesio con una granulometría de un mesh N° 30, con un pH entre 9 a 10.

3.5. Tratamientos y repeticiones

Se estudiaron cuatro tratamientos más un testigo absoluto en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones distribuidas aleatoriamente (Cuadro 2; Figura 1). Cada repetición correspondió a un área de 300 metros cuadrados aproximadamente.

Cuadro 2. Dosis de Cal dolomita por hectárea utilizadas en cada tratamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Tratamiento	Dosis cal dolomita (ton/ha)
T1	0
T2	2
T3	4
T4	6
T5	8

La aplicación de los tratamientos se realizó al voleo 15 días antes de la siembra, luego se pasó la rastra y después se procedió al encamado.

En la Figura 1 se puede observar la forma como fue distribuida cada una de las repeticiones.

Repetición 1	Repetición 2	Camino	Repetición 3	
T1	T3		T5	
T2	T5		T4	
T4	T2		T1	
T3	T4		T2	
T5	T1		T3	
Lote 5A Bloque 2			Lote 5 A Bloque 3	

Figura 1. Croquis de la distribución de las repeticiones de cada tratamiento en experimento de cal dolomita en el cultivo de piña Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Análisis químico de suelos

Se realizaron tres muestreos de suelo en forma sistemática al azar, el primero al inicio del ensayo antes de la aplicación de los tratamientos, el segundo al quinto mes después de la siembra, cuando las plantas están en su crecimiento vegetativo más activo y el tercero antes de el forzamiento. Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica y se realizó un análisis químico completo de suelos por cada repetición (Cuadro A5 de anexos)

3.6.2. Análisis químico foliares

Se realizaron dos muestreos foliares, el primero al quinto mes después de la siembra, y el segundo inmediatamente al preforzamiento, cuando las plantas tenían un peso promedio de 5,5 libras con una edad de 7,5 meses. Se realizó dos análisis químico completo foliar por cada repetición. El tejido analizado fue el tercio basal de la hoja D. En total se sacaron 30 muestras foliares. Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (Cuadro A6 de anexos).

3.6.3. Variables de crecimiento

Se determinó el peso y la longitud de quince hojas D, por tratamiento, consideradas desde la base hasta la punta de la hoja con una cinta métrica, esto se hizo al quinto mes después de la siembra y antes del forzamiento, para cada tratamiento.

Se determinó el peso fresco tanto de la raíz como de la parte aérea de la planta al quinto mes y antes del forzamiento, para determinar esta variable se tomó cinco plantas por repetición, para un total de 30 plantas por tratamiento en dos fechas y se separó la raíz de las plantas de la parte aérea y se pesaron por separado (Cuadro A7 de anexos).

3.6.4. Mortalidad

Se cuantificó el número de plantas muertas o ausentes al tercer mes de edad, ya que la mayor incidencia de *Phytophthora* ocurre antes de los 60 días después de la siembra y todavía existe posibilidad de hacer resiembra. A sí mismo se contó el número de plantas muertas (pérdida de campo) al momento del forzamiento, debido a que el mayor efecto de las enmiendas, en muchas de ellas la reacción no ocurre en los primeros meses y se calculó el porcentaje de mortalidad para cada tratamiento (Cuadro A7 de anexos).

3.6.5. Incidencia de floración natural

Se cuantificó el número de plantas inducidas a floración natural en cada tratamiento, esto se hizo antes de la inducción artificial. Obteniéndose con esta información el porcentaje de Incidencia de floración natural para cada tratamiento (Cuadro A7 de anexos).

3.7. Estadística

Se realizó una regresión simple para los datos de las variables de todos los tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la cal dolomita sobre la acidez, pH del suelo y porcentaje de saturación de acidez

Con el encalado se observó un efecto lineal sobre los indicadores de acidez del suelo (pH, acidez y saturación de acidez) y suma de bases.

Sobre el indicador de pH (Figura 2) se observó que el tratamiento sin encalar presentó una disminución, probablemente debido al efecto residual ácido de la fertilización. En el muestreo realizado al quinto mes, se observó que el valor de pH está por debajo en el testigo, dos, cuatro y seis toneladas de cal dolomita, que en el muestreo inicial, quizás debido a que el efecto acidificante del fertilizante fue mayor que el efecto de la cal dolomita a esa fecha. Por otra parte, al sétimo mes se observó un efecto positivo del encalado sobre el pH excepto en el testigo, es probable que a esa fecha el efecto de la cal dolomita haya sido mayor y por consiguiente contrarrestado el posible efecto acidificante de los fertilizantes aplicados. Se observa en el muestreo al sétimo mes el valor de pH tiene una tendencia ascendente conforme se incrementa la cantidad de cal dolomita. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Meléndez y Molina (2001).

A pesar de usar dosis elevadas de cal dolomita (hasta 8 t/ha), el valor de pH no logró subir a 5,5 que es el valor mínimo usado en Costa Rica para diagnosticar problemas de acidez, esto quizás se debe a que los suelos del trópico provienen de sistemas de óxidos y aluminosilicatos revestidos de óxidos, como lo indica Bertch (1995).

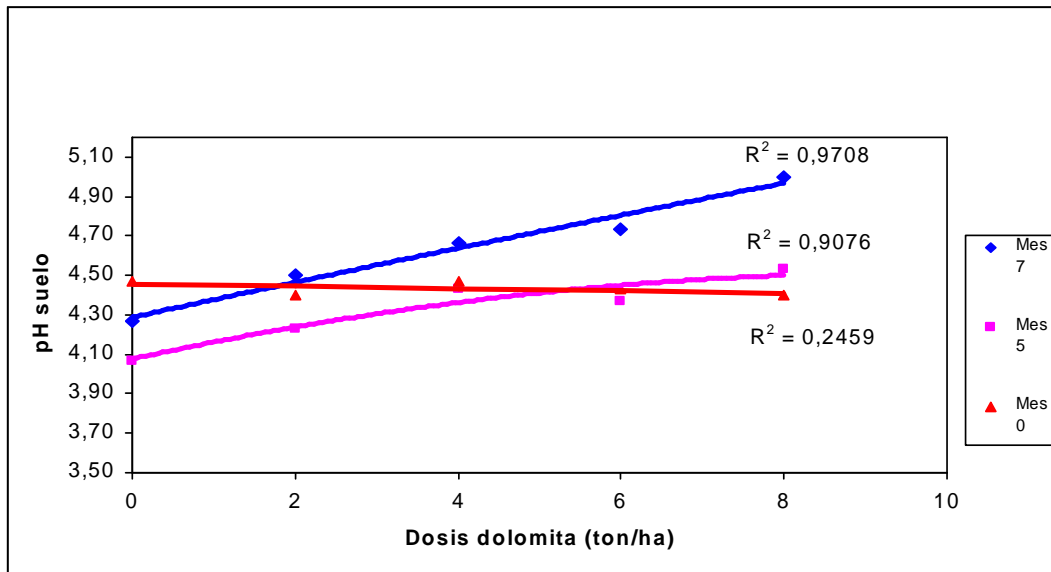


Figura 2 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el pH en suelos en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Sobre los indicadores de acidez y saturación de acidez (Figuras 3 y 4), se observó una reducción significativa de los valores de estas variables al forzamiento (sétimo mes). Los tratamientos de cuatro, seis y ocho toneladas de cal dolomita por hectárea mostraron una gran diferencia en la acidez y la saturación de acidez con respecto al área no tratada y la tratada con dos toneladas de cal dolomita, pero muy pequeña variación entre sí. Esta reducción de acidez por el uso de la cal dolomita concuerda por lo indicado por Meléndez y Molina, 2001 y Kass 1996.

No se observó diferencia para la variable de acidez al sétimo mes en los tratamientos de cuatro, seis y ocho toneladas, sin embargo sí se observa diferencia en el pH de estos tratamientos. Probablemente esta diferencia en los indicadores se deba a que según Quaggio (2001) el método de extracción de acidez con KCl, principalmente extrae el aluminio intercambiable que es una porción de la acidez total presente en el suelo, discriminando la acidez producida por el H⁺. Este método de extracción con cloruro de potasio (KCl), resulta poco efectivo para diferenciar suelos con diferentes valores de acidez cuando el pH se acerca a cinco.

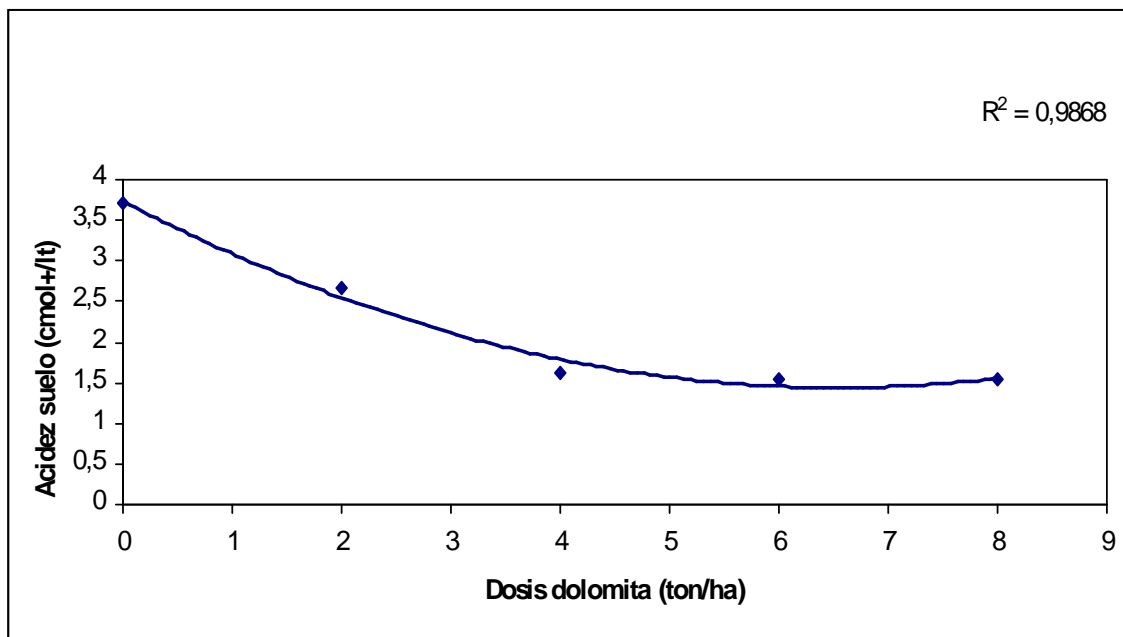


Figura 3. Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la acidez del suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008

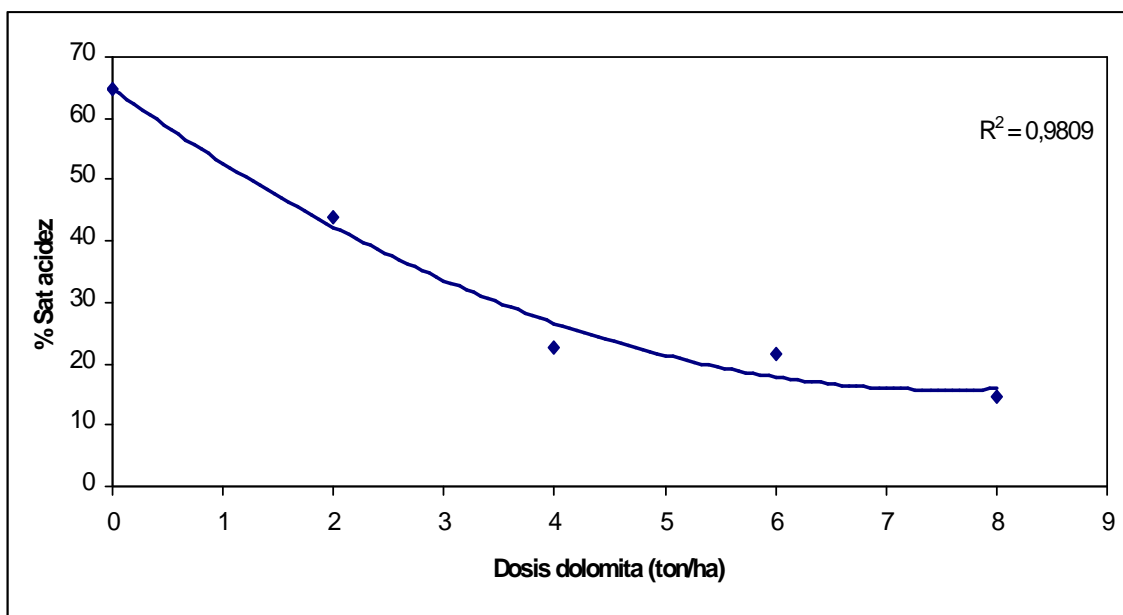


Figura 4 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación de acidez en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008

4.2. Efecto de la cal dolomita sobre el contenido de bases en el suelo

Se observó un efecto positivo de la aplicación de cal dolomita sobre los contenidos de calcio y magnesio en el suelo (Figuras 5 y 6). Igualmente se observó un incremento en el % Saturación Ca (Figura 7), el % Saturación Mg (Figura 8) y en las relaciones Ca+Mg/K (Figura 9), Ca/K (Figura 10) y Mg/K (Figura 11).

Entre el testigo y los tratamientos con dos, cuatro y seis toneladas por hectárea de cal dolomita, no existen diferencias importantes en los contenidos de potasio ($0,16^a$, $0,18^{ab}$, $0,18^{ab}$ cmol+/Kg) respectivamente (Figura 12), pero con ocho toneladas por hectárea se pasa a $0,24^b$ cmol+/Kg que es un valor medio en la tabla de interpretación del CIA (Figura A4).

Estas relaciones permanecen balanceadas debido a que el nivel de los elementos de calcio, magnesio y potasio al inicio del estudio se encontraban deficientes pero menos acentuado en el potasio. Con la aplicación de la enmienda se elevan en forma ascendente lineal el calcio y el magnesio, el potasio aunque no presentó incrementos importantes con la aplicación de dos, cuatro y seis toneladas, si hubo un aumento con ocho toneladas que permite mantener el equilibrio en ese tratamiento.

Estos resultados coinciden con lo expuesto por Gambaudo (2007), Meléndez y Molina (2001) y Bertch (1995), que indican que el uso de enmienda por tener Ca o Ca+Mg, durante la reacción aportan estos elementos al complejo de cambio del suelo, los cuales sustituyen a cationes acidificantes.

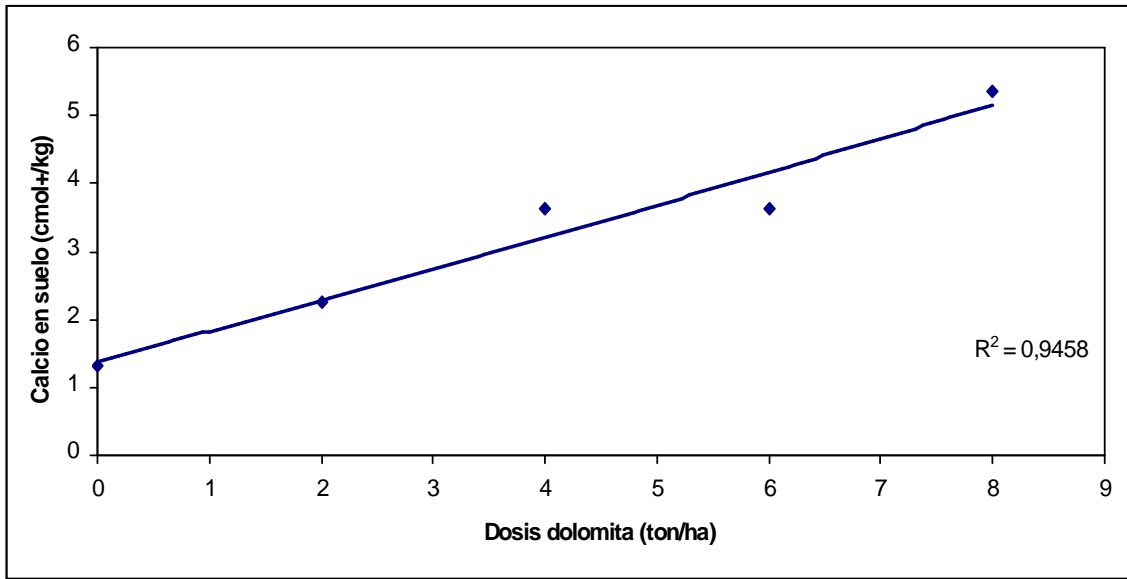


Figura 5 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de calcio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

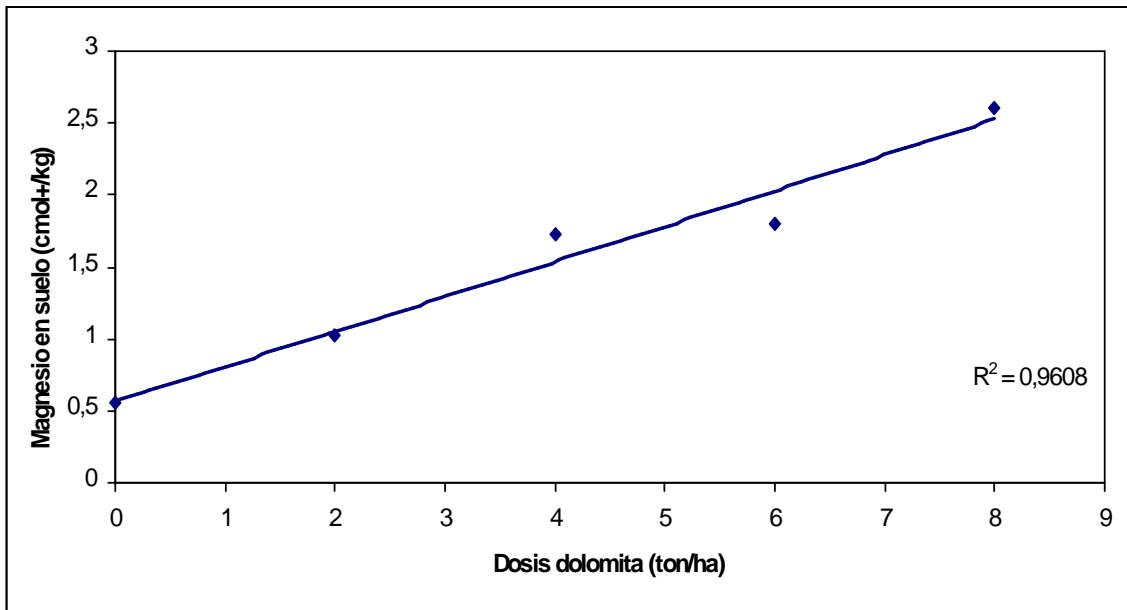


Figura 6 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de magnesio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

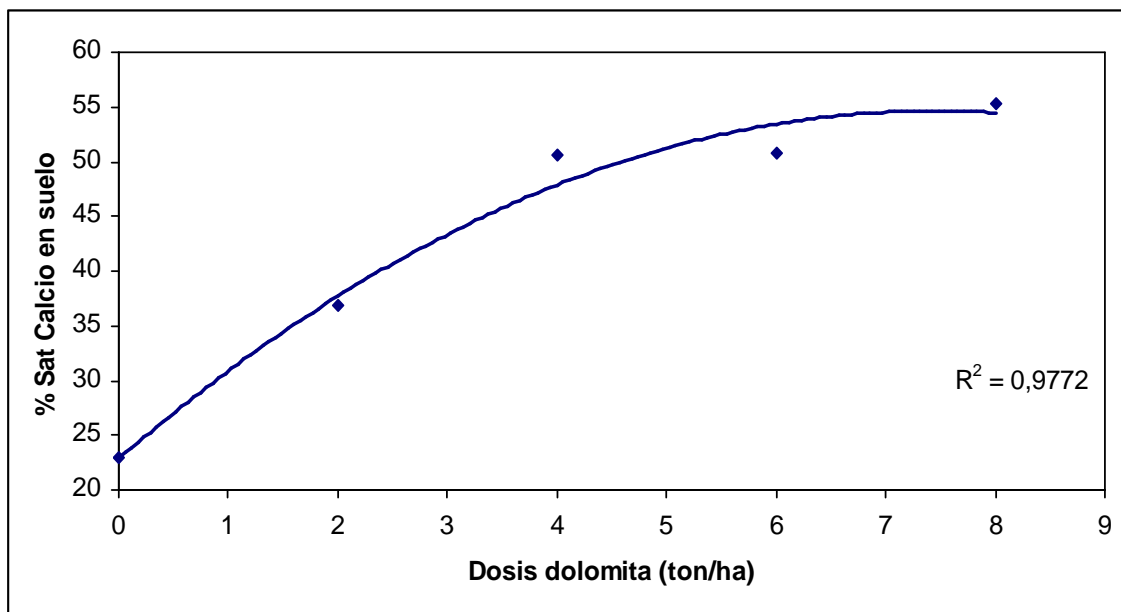


Figura 7 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación de calcio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

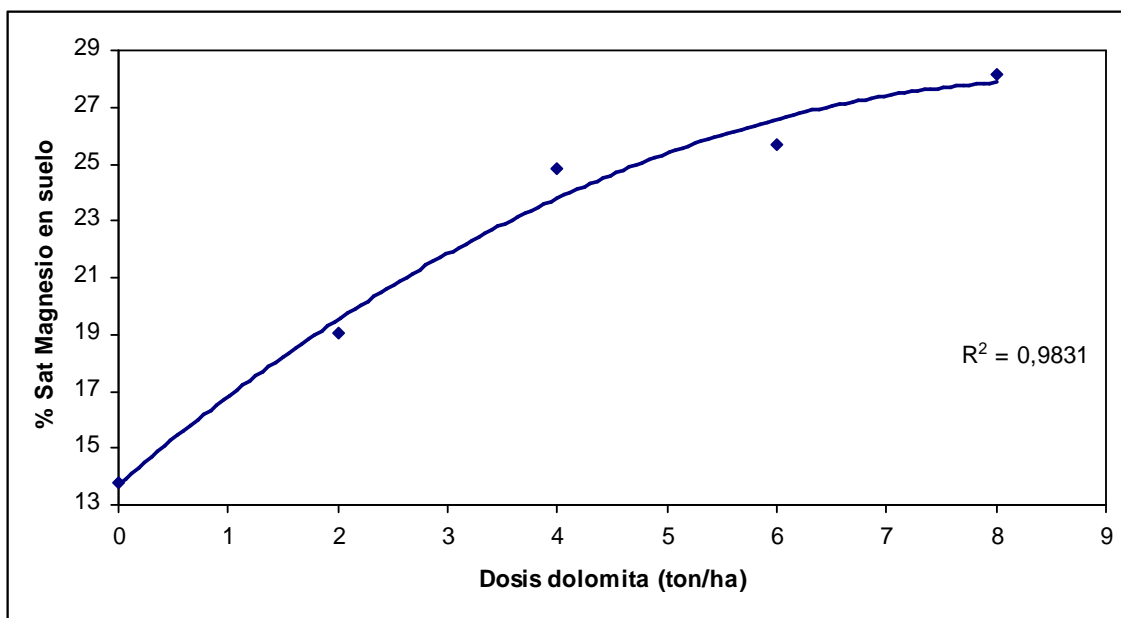


Figura 8 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el porcentaje de saturación magnesio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

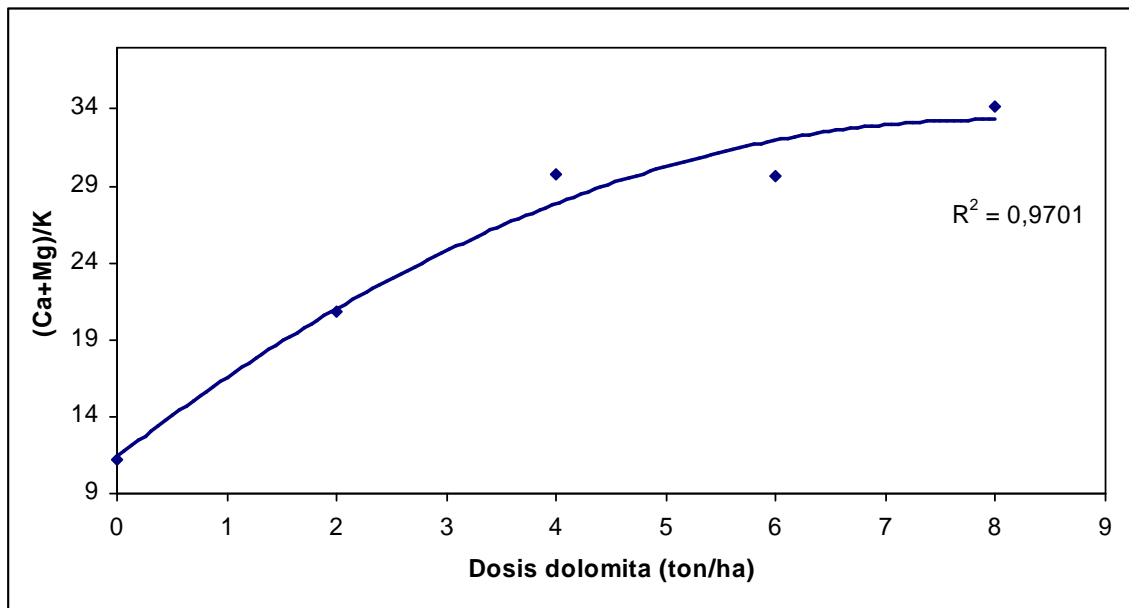


Figura 9 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación (Ca+Mg)/K en suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

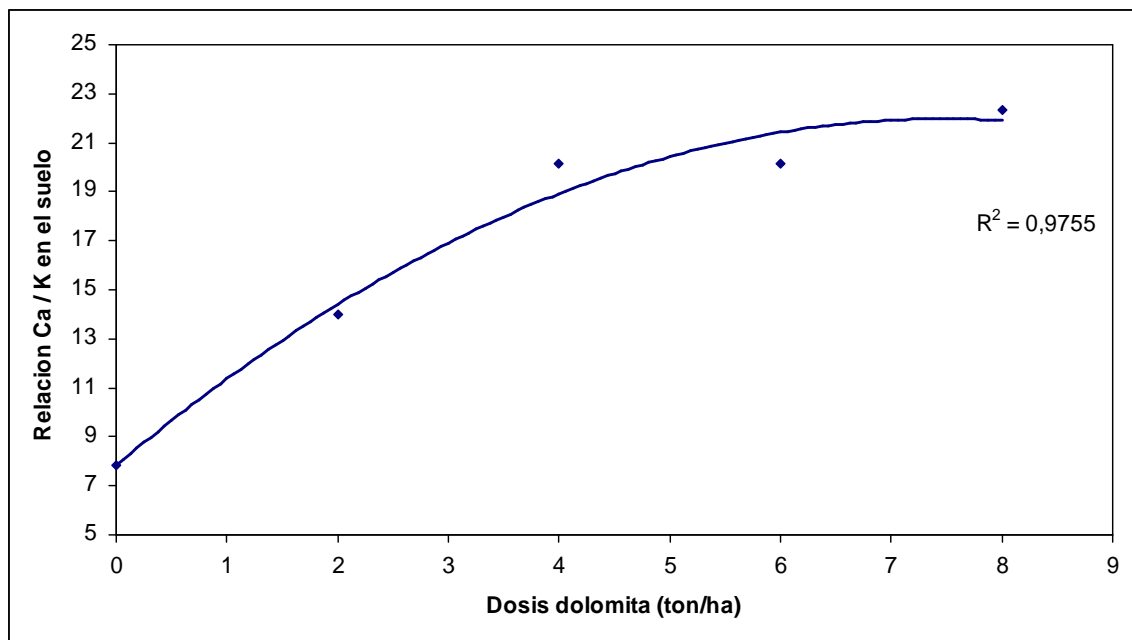


Figura 10 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación Ca/K en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

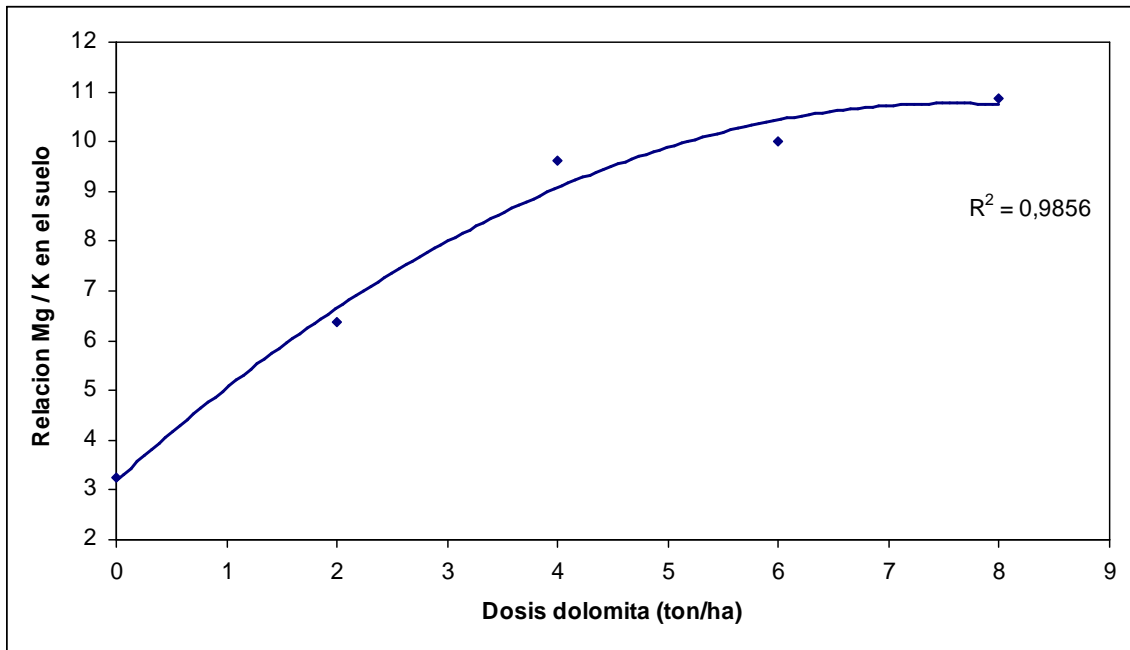


Figura 11 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre la relación Mg/K en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

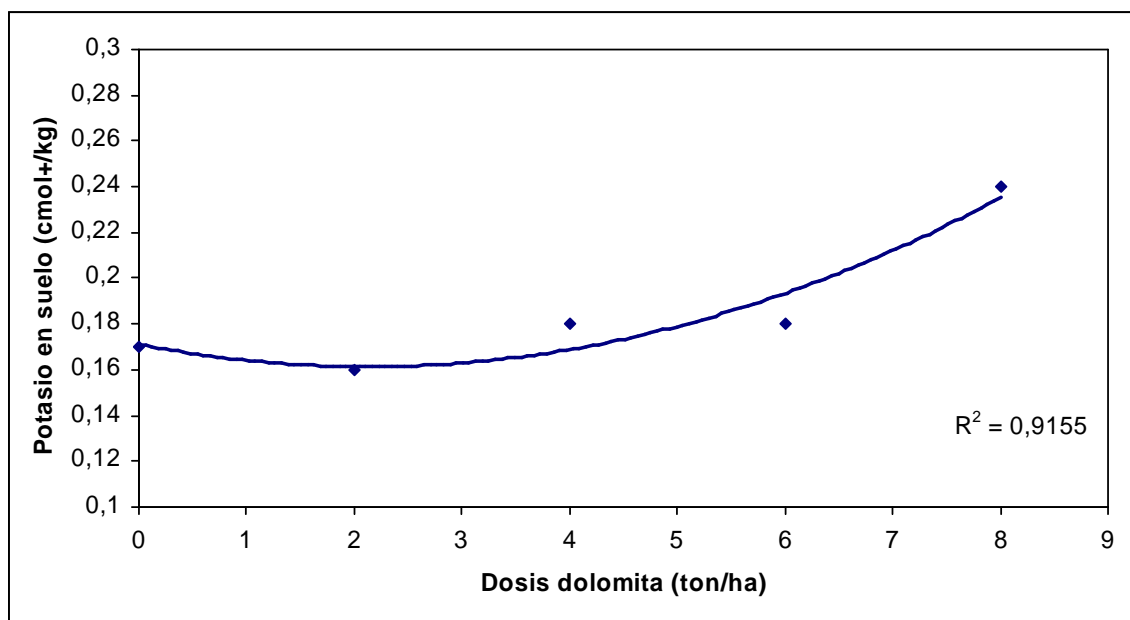


Figura 12 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido potasio en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

4.3. Efecto de cal dolomita sobre el contenido de fósforo en el suelo

En la Figura 13, se puede observar que hay un efecto polinomial positivo de la aplicación de cal dolomita sobre el contenido de fósforo en el suelo al quinto mes; en donde la aplicación de ocho toneladas de cal dolomita mostró valores de fósforo en el suelo superiores al testigo, pero inferiores a los otros tratamientos; posiblemente debido a la formación de fosfatos de calcio y magnesio, no extraíbles por la solución extractora utilizada en el análisis químico de suelos. Sin embargo a los siete meses no hay efecto de los tratamientos de cal dolomita sobre los contenidos de fósforo en el suelo.

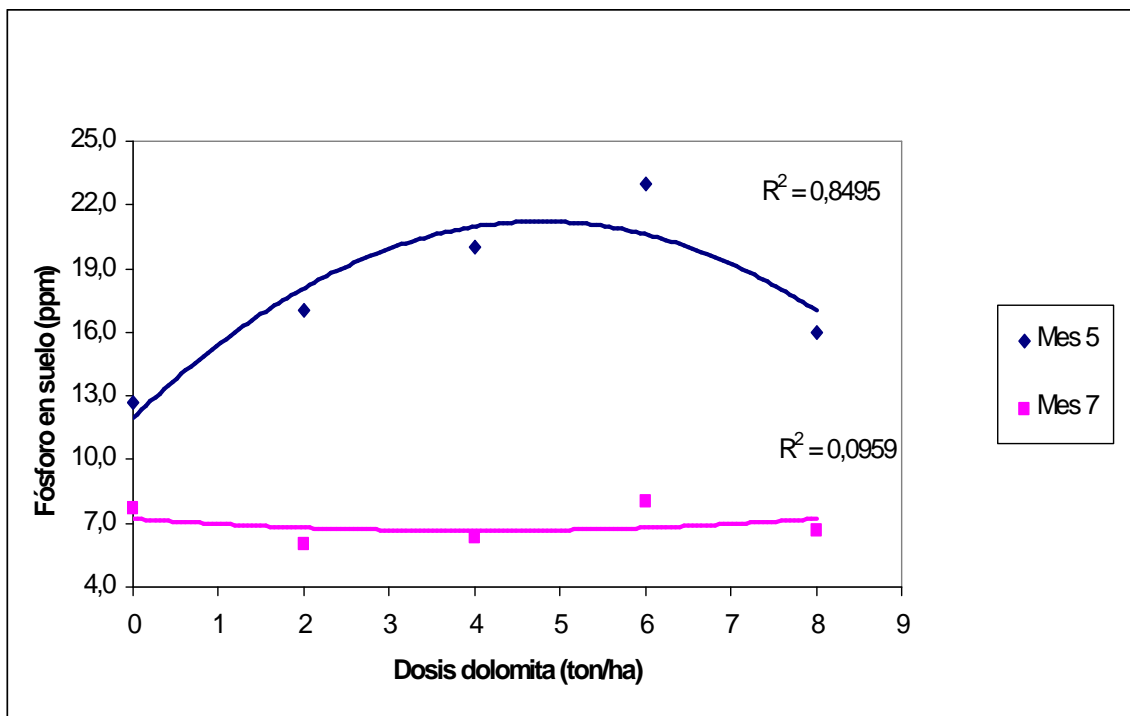


Figura 13 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de fósforo en el suelo en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

4.4. Efecto de cal dolomita sobre el contenido de micronutrientes en el suelo

En los resultados de los análisis químicos de suelos de micronutrientes al séptimo mes se observó un ligero incremento en los contenidos de zinc y cobre en el suelo, conforme se aumentaron la dosis de cal dolomita (Figuras 14 y 15). Por el

contrario, los valores de hierro y manganeso disminuyeron conforme se incremento la dosis de cal dolomita (Figuras 16 y 17).

Estos datos de disminución de hierro y manganeso concuerdan con lo expuesto por Gambaudo (2007) que indica que la acidez incrementa la solubilidad de manganeso y aluminio, lo que quiere decir que al disminuir la acidez con la aplicación de la enmienda, disminuye la solubilidad de manganeso, aluminio y hierro. Además esto se confirma al observar la figura A1 donde el cobre y zinc se mejora y el manganeso, hierro y aluminio disminuyen, cuando un pH muy ácido se eleva, como sucedió en este caso

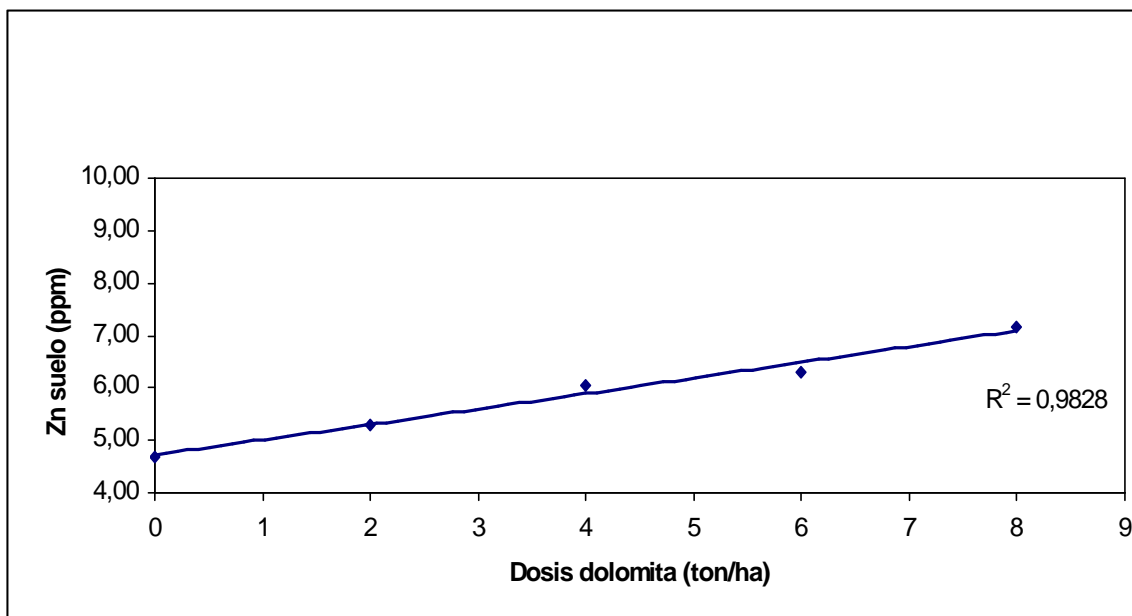


Figura 14 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de zinc en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

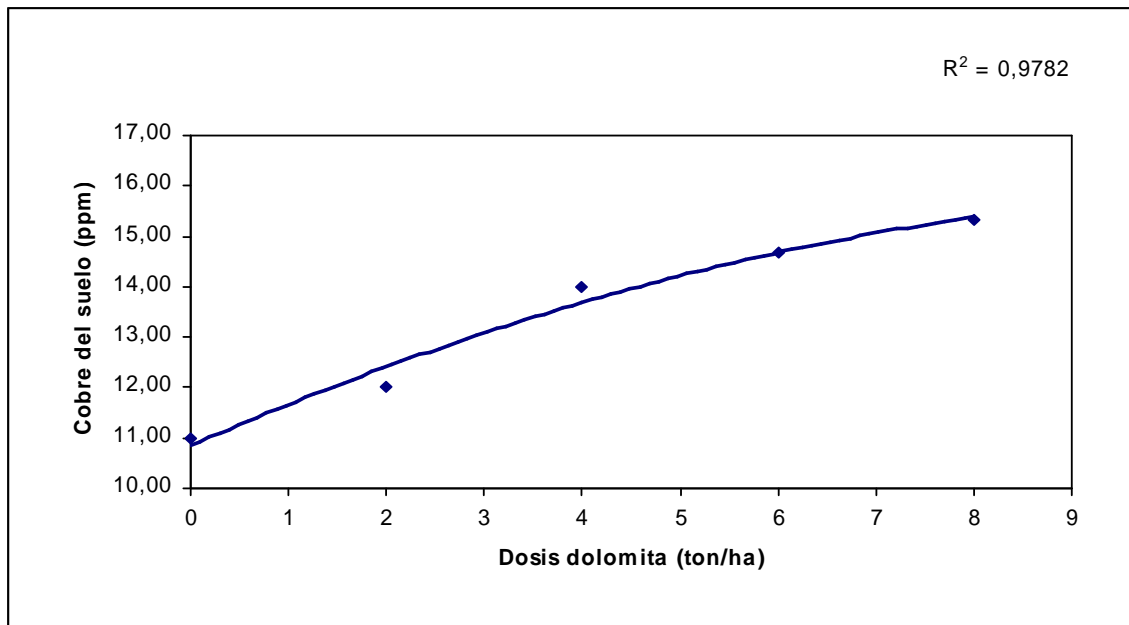


Figura 15 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de cobre en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

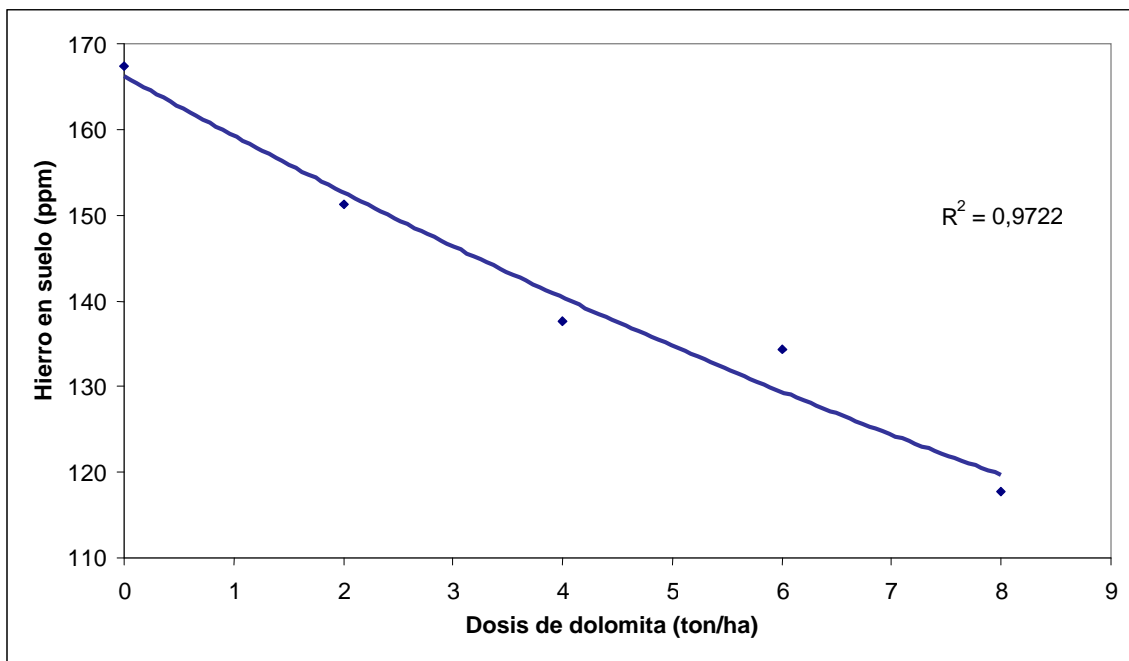


Figura 16 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de hierro en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

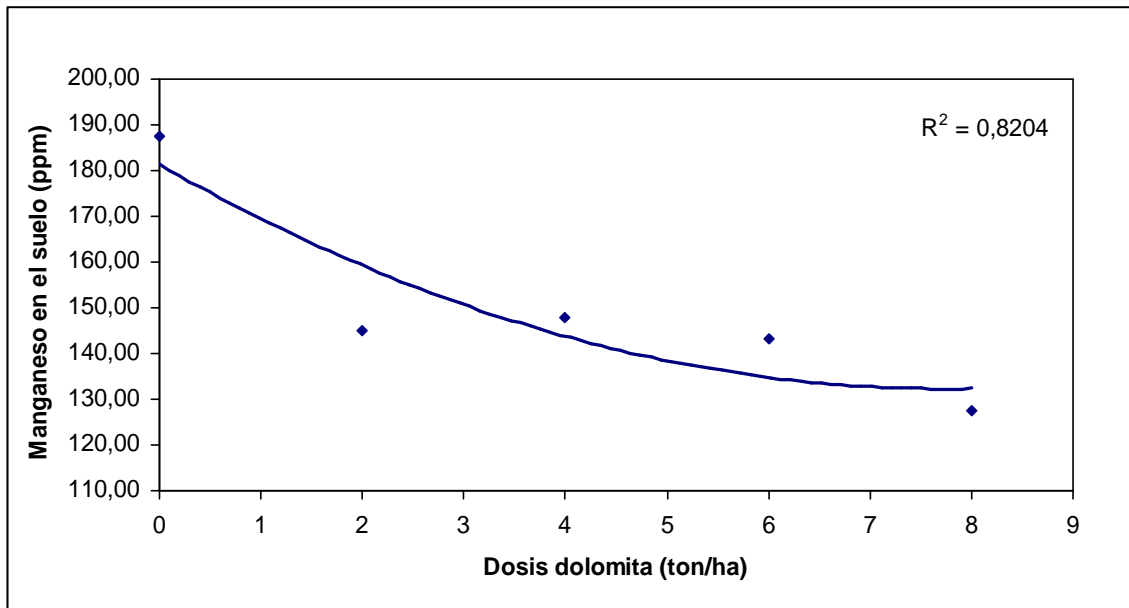


Figura 17 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de manganeso en el suelo al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

4.5 Efecto de la cal dolomita sobre el estado nutricional de las plantas de piña.

Se observó en el muestreo realizado a los cinco meses una disminución del contenido de nitrógeno foliar, con los tratamientos de cuatro, seis y ocho toneladas de cal dolomita al suelo, esta misma disminución se pudo ver en el muestreo realizado a los siete meses, pero con una tendencia menos marcada en donde los tratamientos de dos, seis y ocho toneladas tuvieron los niveles foliares más bajos y el tratamiento de cuatro toneladas de cal dolomita por hectárea fue el que alcanzó el mayor nivel foliar de nitrógeno (Figura 18). Esta disminución del contenido de nitrógeno podría deberse a una competencia entre el amonio (NH_4^+) y el mayor contenido de calcio y magnesio en el suelo de los tratamientos con altas dosis de dolomita.

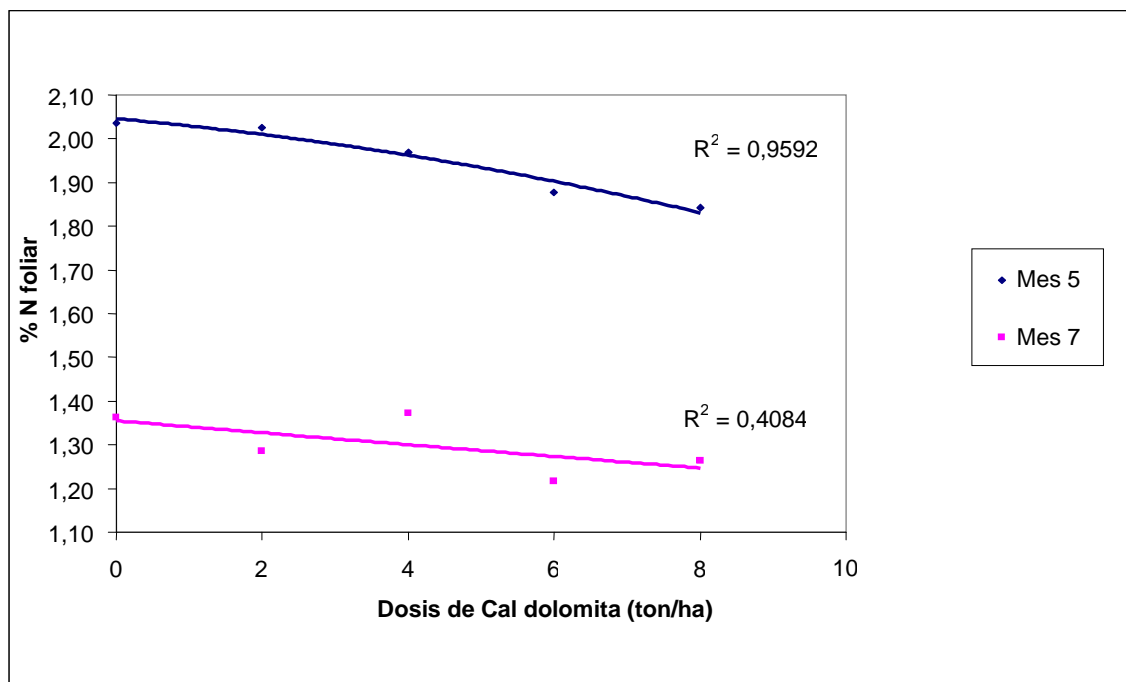


Figura 18 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de nitrógeno foliar en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Se observó un efecto positivo en el contenido de fósforo foliar conforme se incrementan las dosis de dolomita hasta seis toneladas por hectárea (Figura 19), posiblemente debido a que al aplicar la dolomita se reduce la acidez en el suelo y aumenta la solubilidad de los fosfatos de hierro y aluminio, que según Bertch (1995) son la forma predominante de fósforo en suelos ultisoles. Además al mejorar la acidez, el fósforo aplicado con la fertilización tiende a ser menos fijado en el suelo.

Se observa una ligera disminución en el contenido de fósforo foliar al aumentar de seis a ocho toneladas de cal dolomita, posiblemente debido a la formación de fosfatos de calcio y magnesio con el sobre encalado. Esto debido a que según Bertsch (1995) al aplicar fuentes de calcio y magnesio en cantidades importantes al suelo, puede favorecer la formación de estos fosfatos los cuales son insolubles.

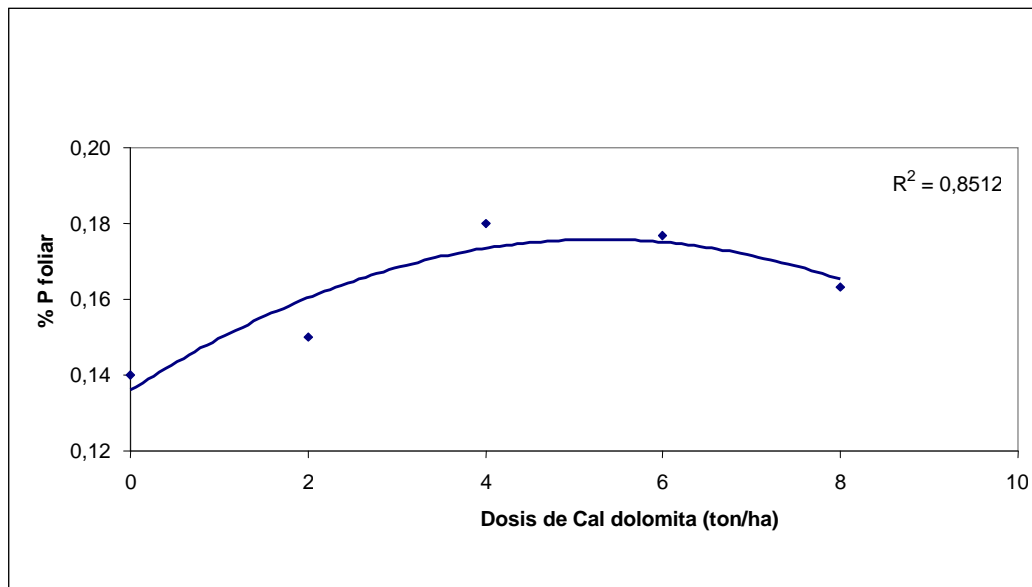


Figura 19 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el contenido de fósforo foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008

En las Figuras 20 y 21 se observa que el menor contenido de calcio y magnesio foliar, en el muestreo realizado al forzamiento se obtuvo con el testigo absoluto, lo que indica que hubo respuesta a los tratamientos, al igual que en el suelo, a la aplicación de cal dolomita. Entre los tratamientos de dos, cuatro, seis y ocho toneladas por hectárea de cal dolomita, el valor más alto, tanto de calcio como de magnesio, se alcanzó con la dosis de cuatro toneladas y el menor contenido foliar con la dosis de dos toneladas.

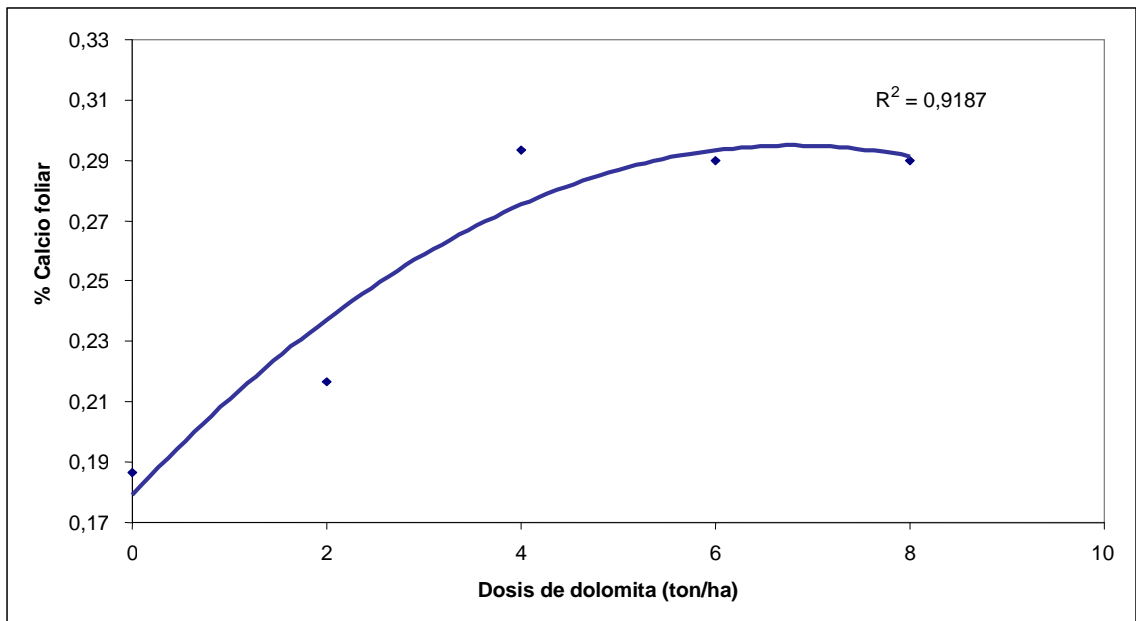


Figura 20 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de calcio foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

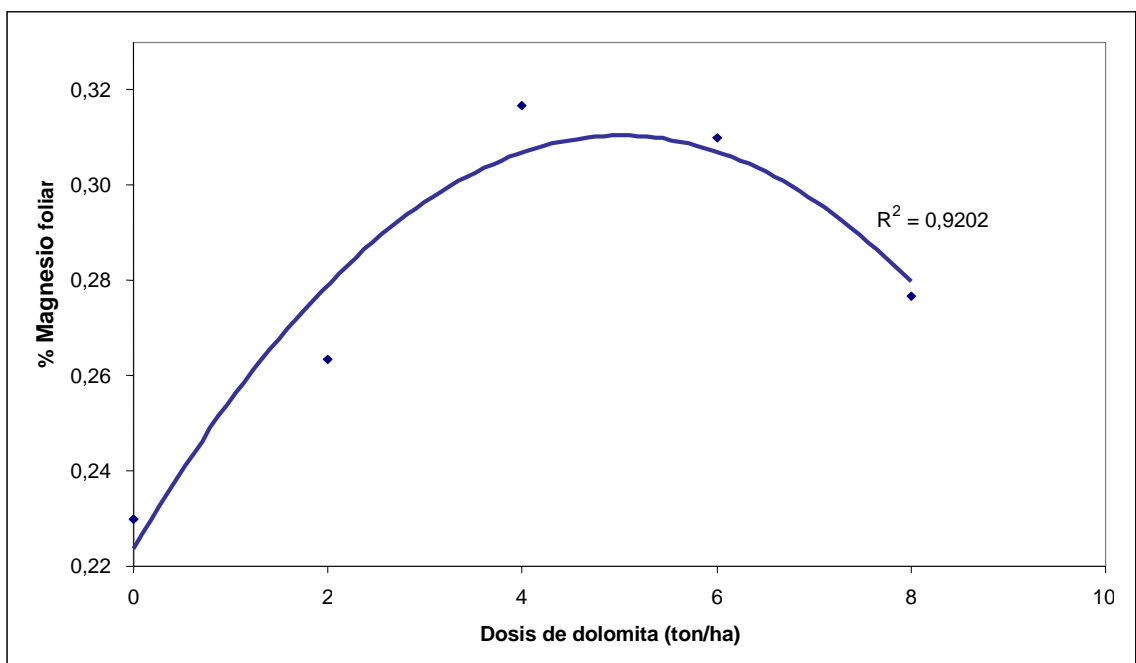


Figura 21 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de magnesio foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

En la Figura 22, es evidente que no hubo respuesta a los tratamientos en el contenido de potasio foliar. Es conocido a través de la literatura, que a medida que el calcio y magnesio aumentan en el suelo como sucedió en este ensayo (Figuras 5 y 6), es posible la disminución de la absorción del potasio por parte de las plantas.

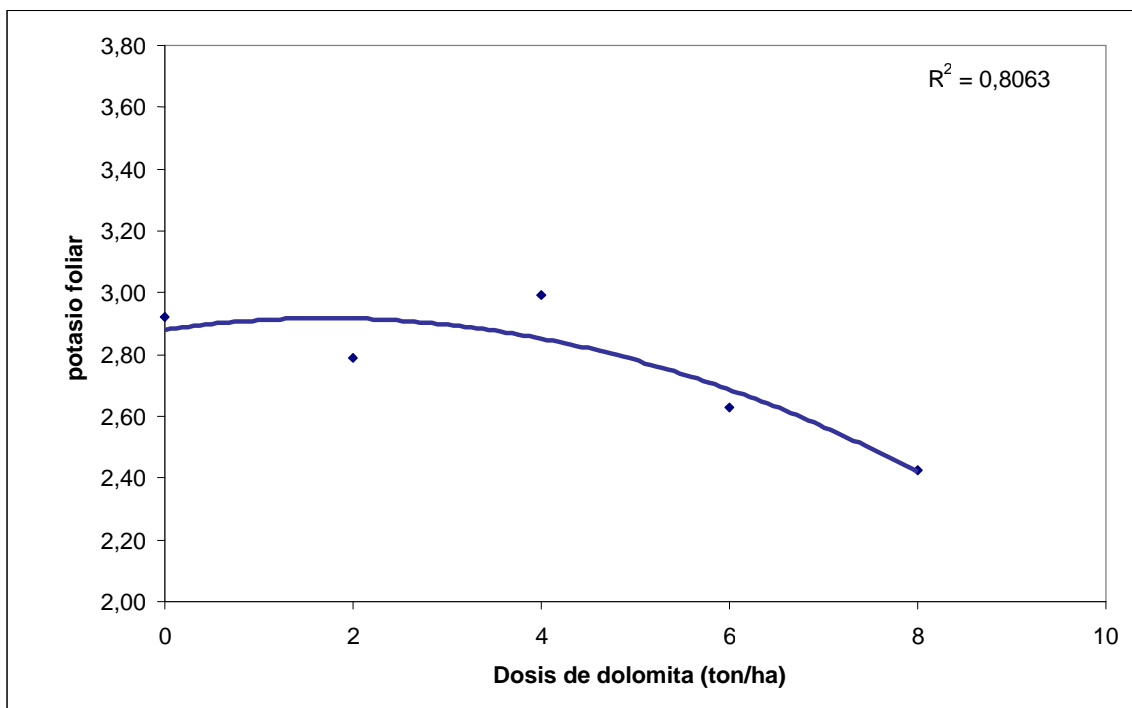


Figura 22 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el potasio foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Se observó una disminución en el contenido de manganeso foliar (Figura 23) conforme se incrementaron las dosis de dolomita, posiblemente debido a una reducción de la solubilidad del manganeso en el suelo y al incremento de los valores de magnesio, que según Bertsch (1995) inhiben la absorción de manganeso.

A pesar de que la dolomita disminuyó el contenido de hierro en el suelo (Figura 16), se observó un incremento en los niveles foliares (Figura 24); posiblemente debido a una reducción en la absorción de manganeso (Bertsch, 1995).

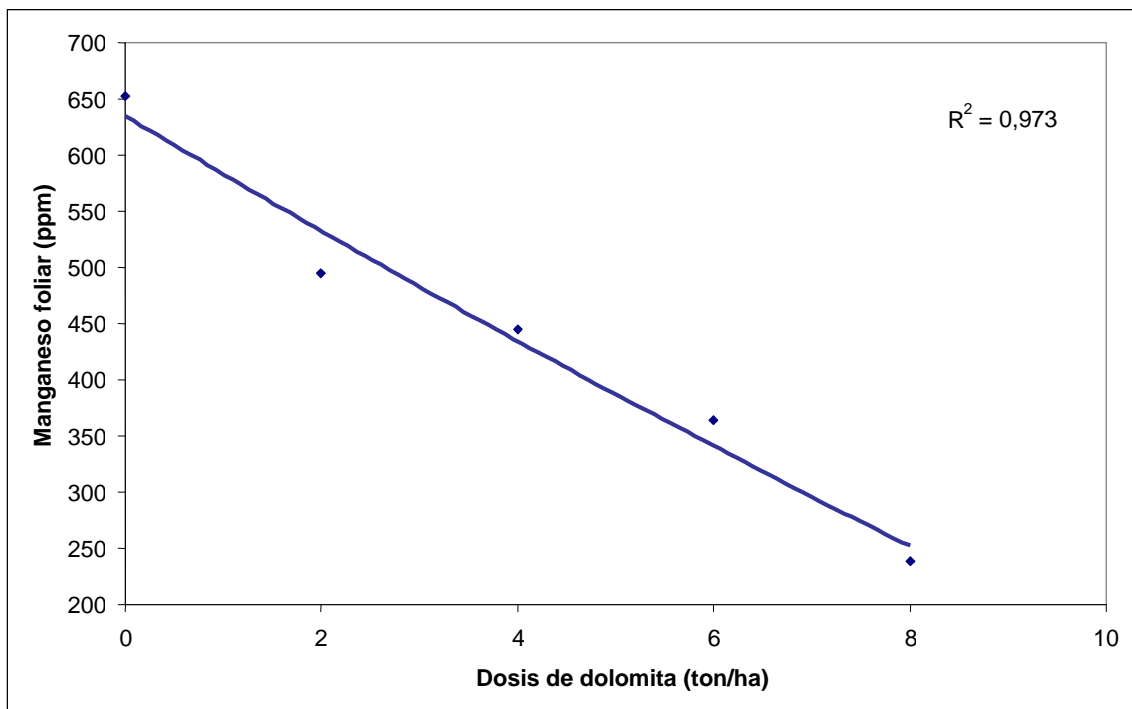


Figura 23 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de manganeso foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008

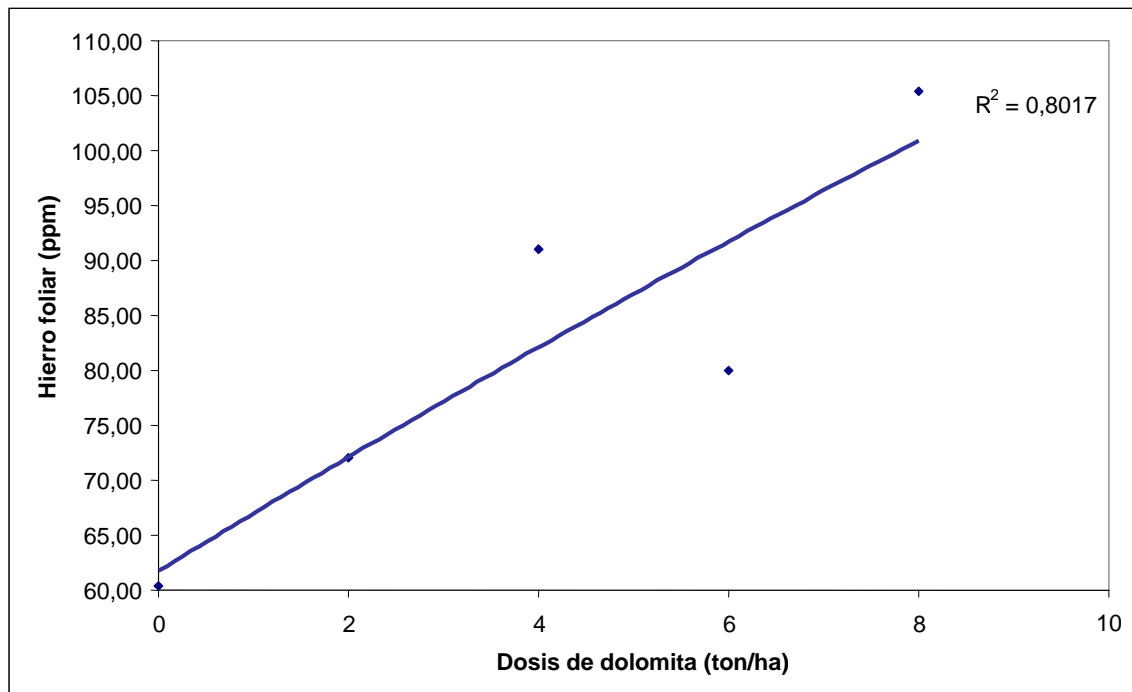


Figura 24 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de hierro foliar al momento del forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Por el contenido de zinc y cobre en el suelo (Figuras 14 y 15), los cuales aumentaron conforme se elevaron las dosis de cal dolomita, es de esperar que a nivel foliar también aumentarían estos elementos; sin embargo ocurrió lo contrario (Figuras 25 y 26). Los valores más altos de concentración de zinc y cobre a nivel foliar se presentaron con el testigo absoluto y los más bajos con la dosis más alta de cal dolomita (8 ton/ha). En este sentido es evidente que hubo algún bloqueo que impidió la absorción de estos elementos por parte de la planta, posiblemente a la absorción de hierro o de calcio.

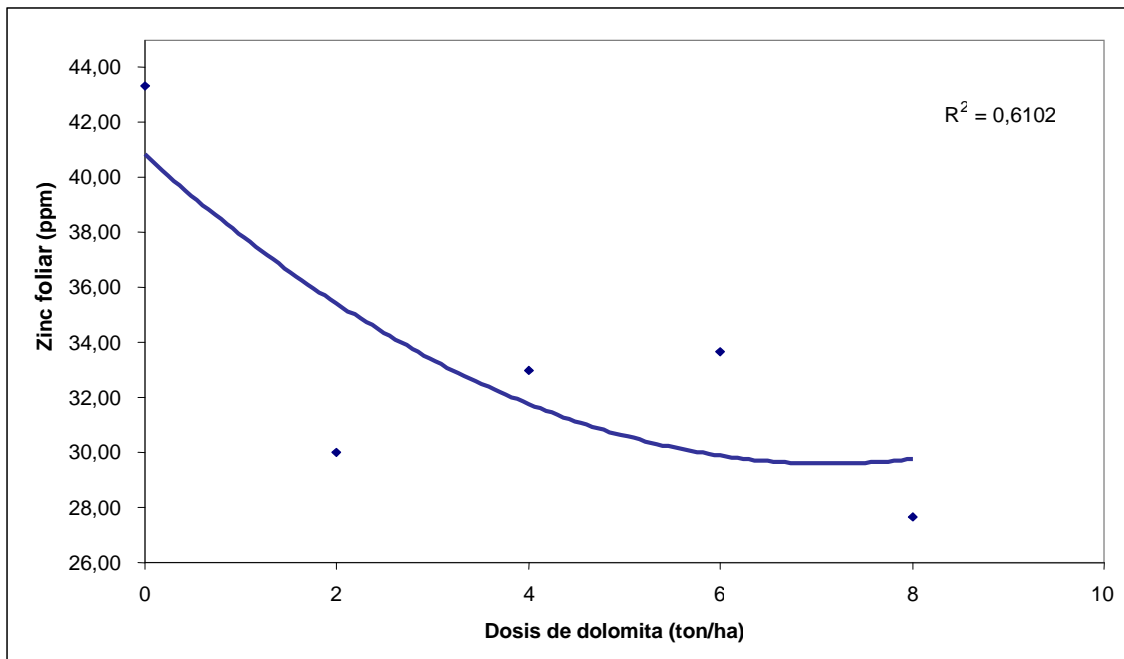


Figura 25 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de Zinc foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

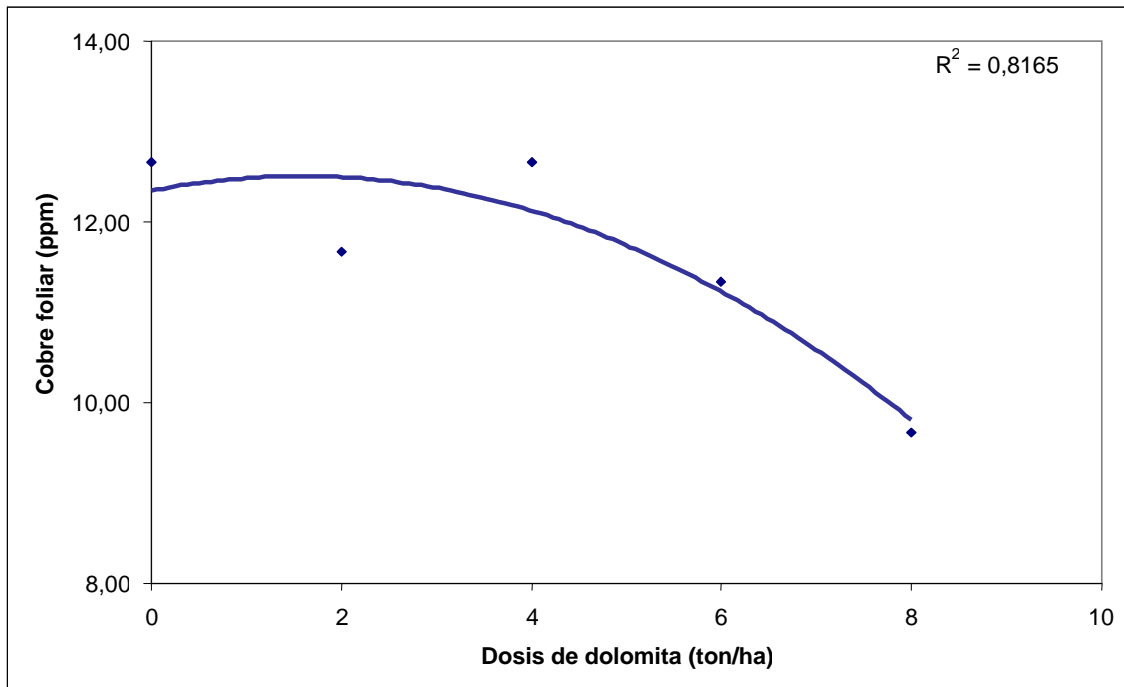


Figura 26 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de cobre foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

En la Figura 27, se observa que hubo un ligero incremento en el contenido de boro foliar con la aplicación de seis toneladas por hectárea de cal dolomita. No obstante, por medio de esta curva no se puede predecir el comportamiento de este elemento, puesto que el valor de R^2 es apenas de 0,265.

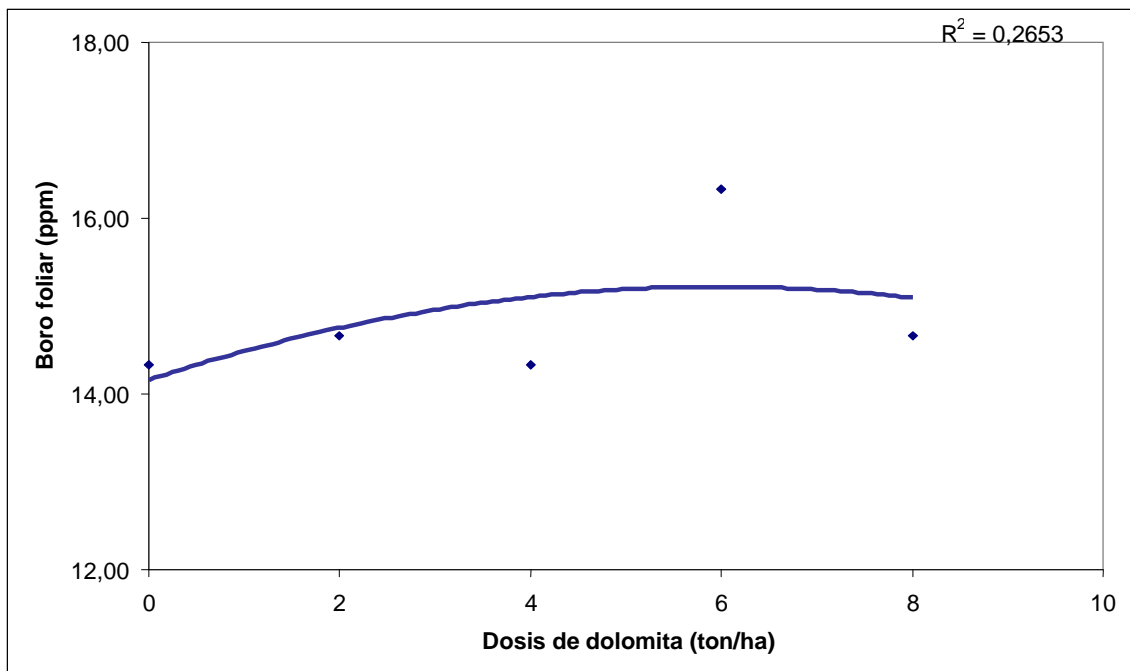


Figura 27 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el contenido de boro foliar al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

4.6 Efecto de la cal dolomita sobre el desarrollo de las plantas de piña.

Se observó una disminución en el largo y peso de las hojas D tanto a los cinco como siete meses, conforme se incrementó la dosis de encalado (Figuras 28 y 29). Esta reducción en el crecimiento, probablemente se deba a una disminución del contenido de nitrógeno foliar a causa posiblemente a la competencia entre el calcio y el magnesio con el amonio (NH_4^+).

Respecto al peso total de las plantas al momento del forzamiento, el mayor peso lo alcanzaron las plantas del tratamiento testigo con 4.796,67 gramos/planta y plantas tratadas con dos toneladas por hectárea con 4.690 gramos/planta, entre los cuales no se aprecian diferencias importantes. Por el contrario, entre los tratamientos cuatro, seis y ocho toneladas de cal dolomita, aunque entre ellos no hay diferencias importantes, si las hay respecto al testigo y el tratamiento de dos toneladas (Cuadro 3). Este resultado es congruente con el peso y largo de la hoja D, que se obtuvo con el testigo y el tratamiento de dos toneladas por hectárea de dolomita

El comportamiento del peso de raíz, igual que en el peso total de la planta indica que el mayor valor se obtuvo con el testigo, el cual alcanzó 29,62% más en peso de raíz respecto al tratamiento dos que es el que obtuvo el menor valor. Entre el tratamiento de dos, cuatro, seis y ocho toneladas la mayor diferencia es apenas de un 11%, por lo que entre ellos no existen diferencias importantes.

Cuadro 3 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre largo y peso de la hoja D, peso de raíz y peso total de la planta al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Cal dolomita (ton/ha)	Largo Hoja D (cm)	Peso Hoja D (g)	Peso Raíz (g)	Diferencia en peso Raíz (g)	Peso total de la planta (g)	Diferencia en peso planta (g)
0	94,16	95,68	719,90 ^a	—	4.796,67 ^a	—
2	91,28	89,01	506,67 ^b	213,23	4.690,00 ^a	106,67
4	89,60	85,95	540,00 ^b	179,9	4.310,00 ^b	486,67
6	85,10	77,62	566,67 ^b	153,23	4.413,33 ^b	383,34
8	85,05	80,02	543,33 ^b	176,57	4.253,33 ^b	543,34

a, b: Cifras con diferente letra difieren significativamente.

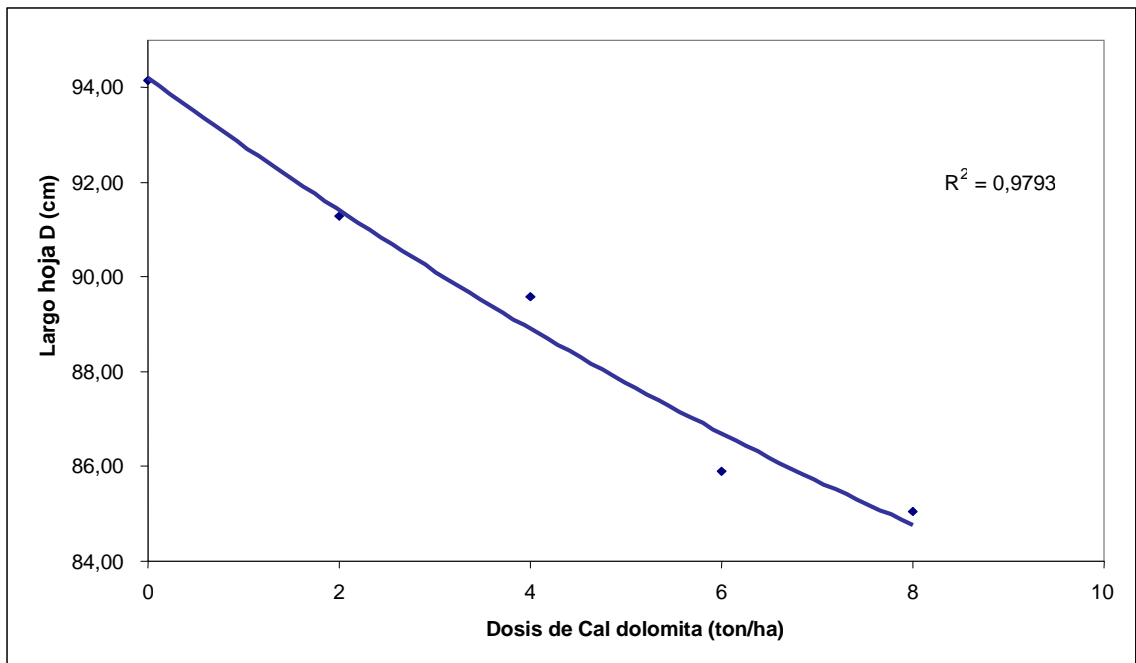


Figura 28 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el largo de hoja D al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

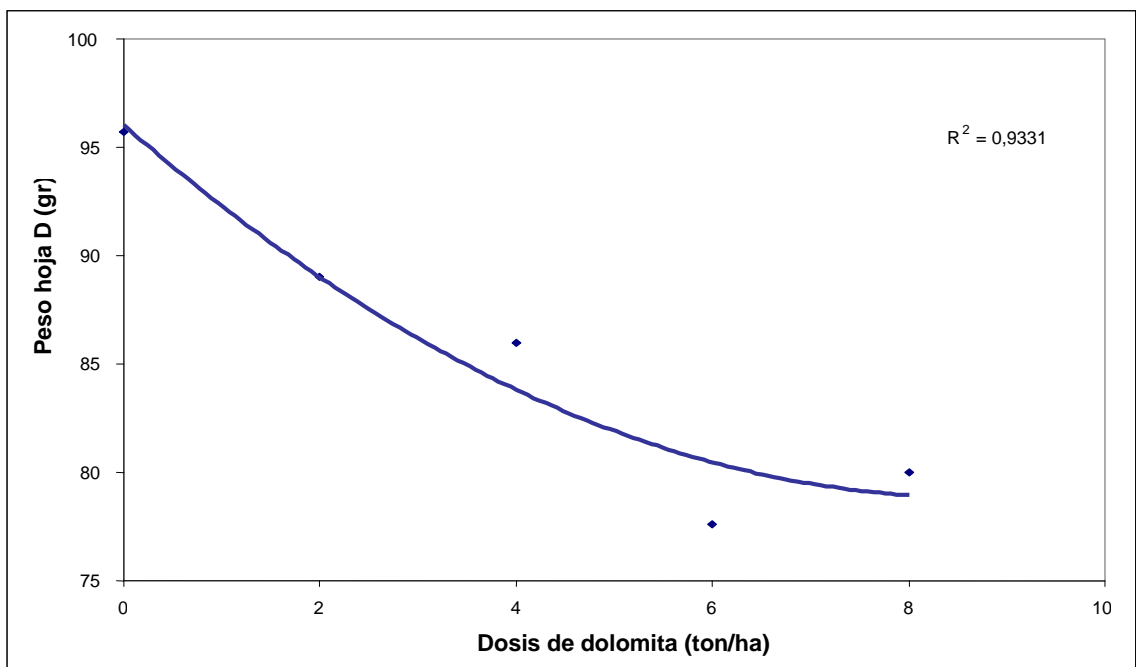


Figura 29 Efecto de diferentes dosis de dolomita sobre el peso de hoja D al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

4.7. Efecto de la cal dolomita sobre el porcentaje de mortalidad y el porcentaje de floración natural en plantas de piña

En cuanto al porcentaje de mortalidad de las plantas de piña los resultados se presentaron algo erráticos, como se aprecia en el Cuadro 4. Se observa que el menor porcentaje promedio de mortalidad se presenta en el testigo (1,34%) y el mayor en el tratamiento cuatro (2,5%) con una diferencia de 1,16%; mientras que los tratamientos de seis y ocho toneladas tienen porcentaje promedio mayor que con el uso de dos toneladas de cal dolomita. Por lo anterior no se puede concluir que los tratamientos tienen efecto en el porcentaje de mortalidad de las plantas.

Se observó un ligero incremento en el porcentaje de floración natural conforme se incrementaron las dosis de dolomita, la mayor diferencia ocurre entre dos y cuatro toneladas de dolomita por hectárea (Cuadro 4). Este incremento en el porcentaje de floración natural posiblemente se deba a que a partir de cuatro toneladas de dolomita disminuyen los contenidos de nitrógeno foliar. Según Py (1995) al reducir los contenidos de nitrógenos foliares se disminuye el vigor de la plantación y aumenta la floración natural. Sin embargo los resultados obtenidos no representan valores significativos de floración natural.

Cuadro 4 Efecto de diferentes dosis de cal dolomita sobre el porcentaje de mortalidad y floración natural al forzamiento en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Cal Dolomita (ton/ha)	Mortalidad de plantas %	Floración Natural %
0	1,34	0,20
2	1,74	0,42
4	2,5	1,02
6	2,09	0,90
8	1,97	1,16

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este experimento, el cual se evaluó hasta la etapa de forzamiento, se concluye:

1. La aplicación de cal dolomita de cuatro, seis y ocho toneladas por hectárea, incrementó los valores de pH en el suelo a los cinco y siete meses después de la siembra del cultivo de piña.
2. Las aplicaciones de cal dolomita redujeron la acidez del suelo y el porcentaje de saturación de acidez, lográndose una mayor reducción cuando se aplicaron cuatro, seis y ocho toneladas por hectárea.
3. Hay un efecto lineal positivo de las aplicaciones de cal dolomita sobre los contenidos de calcio y magnesio en el suelo.
4. Existe una tendencia a la disminución foliar del contenido de nitrógeno a partir de dos toneladas por hectárea de cal dolomita al quinto mes y una disminución total en el séptimo mes respecto al quinto mes.
5. Los resultados indican que hubo una reducción del contenido de potasio a nivel foliar con la aplicación de cal dolomita, excepto con cuatro toneladas por hectárea.
6. Hay un efecto positivo en el contenido de fósforo foliar, conforme se aumentan las dosis de cal dolomita hasta seis toneladas por hectárea.
7. Las aplicaciones de cal dolomita incrementaron los contenidos de calcio y magnesio foliar en el cultivo de piña en Río Cuarto de Grecia.
8. Las aplicaciones de cal dolomita disminuyeron el contenido de manganeso, cobre y zinc foliar en el cultivo de piña.

9. Hay un efecto positivo en el contenido de hierro foliar, conforme se aumentan las dosis de cal dolomita.
10. Hay una reducción del peso total de la planta de piña híbrido MD-2, a dosis mayores de dos toneladas por hectárea de cal dolomita.
11. La aplicación de cal dolomita no presentó efecto apreciable en el porcentaje de mortalidad de plantas de piña en el campo.
12. Existe una tendencia al incremento del porcentaje de floración natural en el cultivo de piña, conforme se incrementó la dosis de cal dolomita.
13. A pesar de haber una mejoría en la acidez de los suelos, en el pH y en el porcentaje de saturación de acidez, los tratamientos con cal dolomita no presentaron un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas de piña hasta el momento del forzamiento.

6. RECOMENDACIONES

1. Es importante llevar este ensayo hasta la cosecha, para medir o cuantificar el efecto de la aplicación de cal dolomita, sobre la producción y la calidad de las piñas producidas.

7. LITERATURA CITADA

ABOPAC, 2008. Nutrición del cultivo de piña. Datos sin publicar. San José Costa Rica

Agropecstar, 2006. Reacción y encalado del suelo (en línea). Consultado el 15 de Octubre del 2008. Disponible en <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia2.htm>.

Bartholomew, D.P et al. 2003. The Pineapple, Botany, Production and Uses. University of Hawaii at Manoa. CABI Publishing. Honolulu, USA. 301 p

Bertch, F, 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de El Salvador, 1998. Cultivo de piña (en línea). Consultado el 18 de Agosto del 2007. Disponible en <http://www.centa.gob.sv>.

De La Cruz, J; García, H, 2004. Capítulo XXXIII: Operaciones poscosecha de la piña (en línea) Consultado el 18 de agosto del 2007. Disponible en <http://www.fao.org>

Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99, 1999. Ácidos y Bases (en línea). Consultado el 26 de marzo del 2008. Disponible en http://rincondelvago.com/acidos-y-bases_1.html

Gambaudo, S, 2007. Acidez Edáfica (en línea). Consultado el 26 de marzo del 2008. Disponible en <http://www.inta.gov.ar>

Lillo, J (s.f.). Causas de la acidificación de los suelos (en línea). Consultado el 01 de setiembre del 2008. Disponible <http://www.millarium.com>

Kass, D. 1996. Fertilidad de suelos. Ed. Por J. Núñez. Editorial Universidad Estatal a Distancia, primera edición. San José, Costa Rica. 233 p.

Meléndez, G.; Molina, E. 2001. Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Centro de investigaciones agronomicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 144 p.

Molina, E; Meléndez, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Mimeo.

Quaggio, J. 2000. Acidez e calagem em solos tropicais. Instituto Agronómico de Campinas . SP, Brasil. 111 p.

Quaggio, J, et al. 2001. Análise Química para Avalacao da Fertilidade de solos Tropicais. Instituto Agronómico Campinas. Sao Paulo. Brasil.284 p.

PDVSA, 1997. Dolomita (en línea). Consultado el 15 de Octubre del 2008. Disponible en <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/dolomita.htm>.

Proexant, 2003. Piña: Cultivo, cosecha y postcosecha (en línea) Consultado el 18 de Agosto del 2007. Disponible en <http://www.proexant.org.ec>

Py,C et al. 1987. The Pineapple, Cultivation and Uses. Editions G.-P. Maisonneuve & Larose. París. 428 p.

Py, C. 1969. La piña Tropical. Editorial Blume, primera edición. Barcelona, España. 278 p.

Valencia, G, 1998. Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Quito, Ecuador. 61 p.

8. ANEXOS

Cuadro A1 Comparación de la magnitud de acidez y alcalinidad a diferentes valores de pH. (Agropecstar, 2006)

pH del suelo		Acidez/basicidad comparado con pH 7.0
9,0	Básico	100
8,0		10
7,0	Neutro	
6,0		10
5,0	Ácido	100
4,0		1000

Cuadro A2 Valores de neutralización relativa de algunos materiales de encalado (Agropecstar, 2006).

Materiales de encalado	Valores de neutralización relativa, %
Carbonato de calcio puro	100
Dolomita (cal dolomítica)	95-108
Calcita (cal agrícola)	85-100
Conchas calcinadas	80-90
Greda	50-90
Cal quemada	150-175
Cal hidratada	120-135
Escorias básicos	50-70
Ceniza de madera	40-80
Yeso	Ninguno
Sub productos	Variables

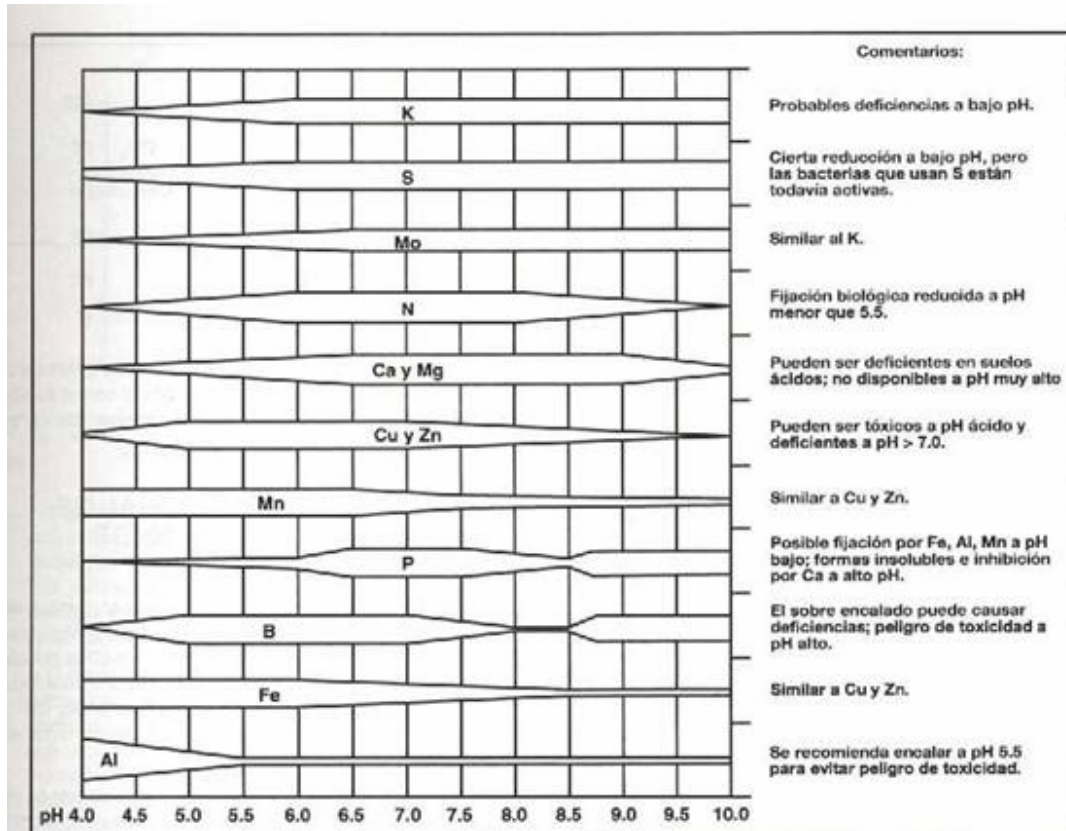


Figura A1 Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. (Agropecstar, 2006)

Cuadro A3 Porcentaje de saturación de Al tolerado por algunos cultivos en suelos Ácidos (Bertsch, 1995)

Cultivo	% SA tolerado			Referencia
	Alto	Medio	Bajo	
<u>Gramíneas</u>				
arroz (porte alto)	x	x		TROPISOILS, 1987
maíz		40		Sánchez, 1981
maíz		30		TROPISOILS, 1987
sorgo			15	Sánchez, 1981
trigo			10	EMBRAPA, 1979
<u>Leguminosas</u>				
soya		x		Sánchez, 1981
soya			10	EMBRAPA, 1979
frijol negro			x	Sánchez, 1981
frijol blanco			x*	Sánchez, 1981
maní		40		TROPISOILS, 1987
caupí	60			Sánchez, 1983
gandul	x			Sánchez, 1983
kudzú				Sánchez, 1983
Stylosanthes				Sánchez, 1983
Desmodium				Sánchez, 1983
Centrosema				Sánchez, 1983
<u>Hortalizas</u>				
camote		30		TROPISOILS, 1987
papa		30		Sánchez, 1983
yuca	75			TROPISOILS, 1987
plátano		x		Sánchez, 1981
<u>Frutas</u>				
banano		x		Sánchez, 1983
marañón		x		Sánchez, 1983
coco		x		Sánchez, 1983
granadilla		x		Sánchez, 1983
carambola		x		Sánchez, 1983
mango		x		Sánchez, 1983
cítricos		x		Sánchez, 1983
piña	x			Sánchez, 1983
pejibaye		x		Sánchez, 1983
<u>Forestales</u>				
eucalipto		x		Sánchez, 1983
Gmelina		x		Sánchez, 1983
jacaranda		x		Sánchez, 1983
pino		x		Sánchez, 1983
<u>Otros</u>				
pimienta		x		Sánchez, 1983
cacao		x		Sánchez, 1983
té		x		Sánchez, 1981
palma aceitera		x		Sánchez, 1983
caña de azúcar		x		Sánchez, 1983
café		40		Sánchez, 1983

* menos tolerantes que los frijoles negros.

Cuadro A4 Tabla de interpretación de análisis de suelos (Molina y Meléndez 2002)

		Bajo	Medio	Optimo	Alto
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
MO	%	<2	2 – 5	5 – 10	>10
RELACIONES		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
CATIONICAS		2-5	5-25	2.5-15	10-40

pH en agua.

Ca, Mg y acidez o Al extraíbles con KCl 1M.

P, K, Fe, Cu, Zn y Mn extraíbles con Olsen Modificado

B y S extraíbles con Fosfato de Calcio.

Materia orgánica (MO) con digestión húmeda

Cuadro A5 Análisis químico de suelos en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A.
Río Cuarto, Grecia, 2008.

Tratamiento	Bloque	Mes	pH	Org(+/lt)			CCE	SA	SatCas	SatMgs	SatKs	Cas/Mgs/Ks	Cas/Mgs	Cas/Ks	Mgs/Ks	Ps	Zns	ppm			
				Acidez	Cas	Mgs												Ks	Cus	Fes	Mns
0Ton	A	0	45	3,92	1,40	0,38	0,43	613	64	23	6	7	4	4	3	1	7	99	17	152	114
0Ton	B	0	44	4,93	1,23	0,33	0,32	681	72	18	5	5	5	4	4	1	5	93	17	135	98
0Ton	C	0	45	4,33	1,35	0,48	0,35	651	67	21	7	5	5	3	4	1	2	90	18	139	88
2Ton	A	0	44	4,27	1,20	0,34	0,35	616	69	19	6	6	4	4	3	1	6	101	17	146	107
2Ton	B	0	44	3,99	1,32	0,30	0,31	592	67	22	5	5	5	4	4	1	6	107	19	162	86
2Ton	C	0	44	4,31	1,34	0,48	0,35	648	67	21	7	5	5	3	4	1	2	87	18	143	112
4Ton	A	0	44	5,06	0,84	0,28	0,30	648	78	13	4	5	4	3	3	1	6	98	18	152	118
4Ton	B	0	45	4,69	2,40	0,42	0,31	7,82	60	31	5	4	9	6	8	1	5	84	17	139	90
4Ton	C	0	45	4,60	1,17	0,44	0,36	657	70	18	7	5	4	3	3	1	2	7,6	15	131	102
6Ton	A	0	44	4,97	1,00	0,31	0,34	662	75	15	5	5	4	3	3	1	6	99	18	148	113
6Ton	B	0	44	4,29	1,28	0,29	0,29	615	70	21	5	5	5	4	4	1	6	106	20	182	107
6Ton	C	0	45	4,10	2,03	0,56	0,36	7,05	58	29	8	5	7	4	6	2	5	95	18	136	103
8Ton	A	0	43	5,08	0,82	0,24	0,36	650	78	13	4	6	3	3	2	1	4	89	19	151	124
8Ton	B	0	44	4,08	1,45	0,32	0,35	620	66	23	5	6	5	5	4	1	5	106	19	150	109
8Ton	C	0	45	3,58	2,29	0,61	0,42	690	52	33	9	6	7	4	5	1	5	7,8	17	136	104
0Ton	A	5	40	4,07	2,74	1,01	0,31	813	50	34	12	4	12	3	9	3	12	63	13	159	112
0Ton	B	5	41	3,54	2,29	0,89	0,28	7,00	51	33	13	4	11	3	8	3	10	61	15	138	114
0Ton	C	5	41	3,25	3,00	1,30	0,44	7,99	41	38	16	6	10	2	7	3	16	61	15	146	100
2Ton	A	5	42	3,43	2,95	1,26	0,38	802	43	37	16	5	11	2	8	3	11	81	17	159	117
2Ton	B	5	43	2,43	3,29	1,58	0,39	7,69	32	48	21	5	12	2	8	4	17	82	17	147	86
2Ton	C	5	42	2,92	2,88	1,63	0,38	7,81	37	37	21	5	12	2	8	4	23	7,1	17	141	91
4Ton	A	5	43	2,10	4,78	2,50	0,40	9,78	21	49	26	4	18	2	12	6	14	94	19	165	107
4Ton	B	5	47	0,93	6,01	2,58	0,38	9,90	9	61	26	4	23	2	16	7	21	81	18	138	72
4Ton	C	5	43	2,35	3,65	1,91	0,42	8,33	28	44	23	5	13	2	9	5	25	5,8	14	119	78
6Ton	A	5	44	1,94	4,87	2,54	0,44	9,79	20	50	26	4	17	2	11	6	25	83	18	135	87
6Ton	B	5	45	1,34	4,67	2,19	0,32	8,52	16	55	26	4	21	2	15	7	22	8,3	19	145	72
6Ton	C	5	42	1,74	5,74	2,72	0,55	10,75	16	53	25	5	15	2	10	5	22	7,8	18	126	74
8Ton	A	5	44	1,14	5,30	2,99	0,41	9,84	12	54	30	4	20	2	13	7	14	8,7	19	130	73
8Ton	B	5	46	0,77	5,80	2,82	0,39	9,78	8	59	29	4	22	2	15	7	22	8,0	18	127	63
8Ton	C	5	46	0,81	6,02	2,45	0,43	9,71	8	62	25	4	20	2	14	6	12	7,2	18	116	61
0Ton	A	7	42	3,71	1,58	0,54	0,20	603	62	26	9	3	11	3	8	3	6	5,2	11	164	193
0Ton	B	7	43	3,67	1,51	0,70	0,15	603	61	25	12	2	15	2	10	5	7	5,1	12	176	204
0Ton	C	7	43	3,73	0,91	0,40	0,16	520	72	18	8	3	8	2	6	3	10	3,8	10	162	166
2Ton	A	7	45	2,69	2,27	0,95	0,15	606	44	37	16	2	21	2	15	6	5	5,1	11	152	139
2Ton	B	7	45	2,38	2,38	1,15	0,17	608	39	39	19	3	21	2	14	7	8	6,2	13	154	143
2Ton	C	7	45	2,94	2,07	0,97	0,15	613	48	34	16	2	20	2	14	6	5	4,6	12	148	153
4Ton	A	7	47	1,93	3,90	1,85	0,16	7,84	25	50	24	2	36	2	24	12	6	7,5	17	154	153
4Ton	B	7	47	1,25	3,80	1,77	0,22	7,04	18	54	25	3	25	2	17	8	8	6,2	14	134	153
4Ton	C	7	46	1,72	3,20	1,58	0,17	6,67	26	48	24	3	28	2	19	9	5	4,4	11	125	138
6Ton	A	7	47	1,72	3,46	1,78	0,18	7,14	24	48	25	3	29	2	19	10	6	6,6	15	134	159
6Ton	B	7	47	1,58	3,64	1,86	0,18	7,26	22	50	26	2	31	2	20	10	9	7,1	16	138	143
6Ton	C	7	48	1,31	3,78	1,76	0,19	7,04	19	54	25	3	29	2	20	9	9	5,2	13	131	128
8Ton	A	7	49	0,87	4,59	2,48	0,18	8,12	11	57	31	2	39	2	26	14	7	6,7	15	125	129
8Ton	B	7	50	1,01	4,63	2,36	0,23	8,23	12	56	29	3	30	2	20	10	8	7,8	15	118	137
8Ton	C	7	51	2,73	6,87	2,99	0,30	12,89	21	53	23	2	33	2	23	10	5	7,0	16	110	116

pH en agua.

Ca, Mg y acidez o Al extraíbles con KCl 1M.

P, K, Fe, Cu, Zn y Mn extraíbles con Olsen Modificado

Cuadro A6 Análisis químico foliar en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Tratamiento	Bloque	Mes	%						ppm				
			Nf	Pf	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
0 Ton	A	5	2,08	0,13	0,14	0,15	3,96	0,12	146	10	29	430	12
0 Ton	B	5	1,97	0,09	0,14	0,11	2,11	0,07	102	5	10	125	7
0 Ton	C	5	2,06	0,15	0,15	0,18	4,52	0,15	100	11	26	475	17
2 Ton	A	5	2,13	0,16	0,14	0,17	4,78	0,13	113	11	27	366	14
2 Ton	B	5	1,98	0,16	0,17	0,19	4,27	0,14	114	11	31	361	16
2 Ton	C	5	1,97	0,13	0,18	0,21	3,78	0,14	106	10	22	367	16
4 Ton	A	5	2,01	0,17	0,22	0,22	4,35	0,13	164	11	26	337	14
4 Ton	B	5	1,87	0,17	0,28	0,23	3,76	0,13	105	10	33	312	14
4 Ton	C	5	2,03	0,16	0,25	0,23	4,30	0,16	88	11	23	359	16
6 Ton	A	5	1,92	0,15	0,24	0,22	3,58	0,13	124	9	21	279	12
6 Ton	B	5	1,91	0,15	0,24	0,22	3,33	0,13	124	10	34	233	15
6 Ton	C	5	1,80	0,15	0,25	0,21	2,98	0,12	94	9	20	203	15
8 Ton	A	5	2,04	0,14	0,23	0,19	3,46	0,12	130	9	24	204	11
8 Ton	B	5	1,71	0,17	0,31	0,25	3,29	0,13	82	9	17	184	15
8 Ton	C	5	1,78	0,17	0,31	0,21	3,47	0,13	163	10	16	169	16
0 Ton	A	7	1,36	0,15	0,19	0,21	3,06	0,16	62	12	73	673	17
0 Ton	B	7	1,34	0,16	0,21	0,26	2,92	0,17	58	15	34	673	13
0 Ton	C	7	1,39	0,11	0,16	0,22	2,78	0,15	61	11	23	610	13
2 Ton	A	7	1,27	0,17	0,23	0,27	3,13	0,16	54	13	41	495	18
2 Ton	B	7	1,27	0,16	0,22	0,27	2,72	0,15	89	11	25	525	14
2 Ton	C	7	1,32	0,12	0,20	0,25	2,52	0,15	73	11	24	465	12
4 Ton	A	7	1,24	0,18	0,24	0,27	2,66	0,16	68	10	47	432	14
4 Ton	B	7	1,32	0,18	0,29	0,30	2,72	0,19	118	12	27	383	15
4 Ton	C	7	1,56	0,18	0,35	0,38	3,59	0,21	87	16	25	519	14
6 Ton	A	7	1,19	0,17	0,30	0,32	2,55	0,17	84	12	55	391	21
6 Ton	B	7	1,23	0,18	0,26	0,30	2,51	0,17	89	11	24	366	14
6 Ton	C	7	1,23	0,18	0,31	0,31	2,82	0,17	67	11	22	337	14
8 Ton	A	7	1,30	0,16	0,27	0,26	2,46	0,15	117	9	44	283	15
8 Ton	B	7	1,18	0,16	0,28	0,28	2,21	0,11	124	9	20	226	14
8 Ton	C	7	1,31	0,17	0,32	0,29	2,61	0,14	75	11	19	206	15

N por combustión seca.

P, Ca, Mg, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B por digestión húmeda por Espectrofotometría de Emisión Atómica con Plasma

Cuadro A7 Datos de crecimiento, mortalidad y parición natural en el cultivo de piña, Ganadera la Flor S.A. Río Cuarto, Grecia, 2008.

Tratamiento	Bloque	Mes	Largo) (cm)	Peso 10 hojas	gr/hoja	Densidad hoja	Peso total	Peso planta	Peso Raiz	% Mortalidad	% Natural
0 Ton	A	5	67,45	423,80	42,38	0,63	1265	1145	120		
0 Ton	B	5	69,33	481,00	48,10	0,69	1230	1125	105		
0 Ton	C	5	67,94	485,80	48,58	0,72	1210	1120	90		
2 Ton	A	5	63,85	406,50	40,65	0,64	1130	1070	60		
2 Ton	B	5	66,80	446,80	44,68	0,67	1140	1055	85		
2 Ton	C	5	62,59	404,60	40,46	0,65	1135	1030	105		
4 Ton	A	5	63,10	393,80	39,38	0,62	1270	1130	140		
4 Ton	B	5	63,67	407,50	40,75	0,64	1165	1050	115		
4 Ton	C	5	68,01	461,30	46,13	0,68	1330	1215	115		
6 Ton	A	5	66,94	417,80	41,78	0,62	1120	1025	95		
6 Ton	B	5	61,13	373,40	37,34	0,61	1310	1180	130		
6 Ton	C	5	63,20	403,40	40,34	0,64	1240	1160	80		
8 Ton	A	5	64,16	407,00	40,70	0,63	1310	1130	180		
8 Ton	B	5	62,36	400,00	40,00	0,64	1350	1205	145		
8 Ton	C	5	64,35	427,10	42,71	0,66	1125	1025	100		
0 Ton	A	7	90,89	945,20	94,52	1,04	4780	3915	865	2,81	0,4
0 Ton	B	7	96,47	970,00	97,00	1,01	4520	3715	805	0,7	0,1
0 Ton	C	7	95,11	955,30	95,53	1,00	5090	4600	490	0,5	0,15
2 Ton	A	7	91,21	885,90	88,59	0,97	4430	3940	490	2,81	0,55
2 Ton	B	7	90,65	880,10	88,01	0,97	4680	4140	540	1,26	0,6
2 Ton	C	7	91,99	904,30	90,43	0,98	4960	4470	490	1,16	0,1
4 Ton	A	7	85,50	792,80	79,28	0,93	3590	3000	590	5,68	1,76
4 Ton	B	7	86,95	800,40	80,04	0,92	4200	3680	520	1,56	0,95
4 Ton	C	7	96,34	985,40	98,54	1,02	5140	4630	510	0,25	0,35
6 Ton	A	7	83,36	721,60	72,16	0,87	4850	4130	720	2,86	0,95
6 Ton	B	7	85,30	772,80	77,28	0,91	4020	3410	610	2,61	1,36
6 Ton	C	7	89,08	834,20	83,42	0,94	4370	4000	370	0,8	0,4
8 Ton	A	7	85,86	818,10	81,81	0,95	3950	3260	690	2,31	1,36
8 Ton	B	7	83,28	750,70	75,07	0,90	4150	3740	410	2,81	1,61
8 Ton	C	7	86,01	831,80	83,18	0,97	4660	4130	530	0,8	0,5