

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE DIFERENTES FUENTES DE
FERTILIZANTES FOSFATADOS EN EL CULTIVO DE
PIÑA (ANANAS COMOSUS (L)) VAR. MD-2).

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales para optar al grado y título de Maestría
Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con
énfasis en Suelos

FRANCISCO JOSE ARGUEDAS ACUÑA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2015

A mí querida madre, por su apoyo y cariño incondicional, le dedico especialmente este logro personal.

A Dios, por su amor, fidelidad y misericordia.

A mi esposa María Gabriela y mis hijos Ana Gabriela y Francisco José.

A mi padre y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.Sc. Eloy Molina Rojas, director de tesis; por su apoyo incondicional, colaboración permanente y gran amistad.

Al Ing. M.Sc. Alexis Vargas Villagra (Lab. Suelos MAG-INTA), que en paz descansa; por su amistad sincera, consejos sabios y apoyo incondicional.

Al Ing. Agr. Alvaro Figueroa S. (Finca Tres Amigos); quien me proporcionó el lugar para realizar el trabajo de campo y apoyo logístico. Asimismo, para sus colaboradores Ing. Agr Keylor Vargas, técnico Jeber Rojas y demás personal de la finca.

A la empresa Fertica Costa Rica S.A. y en especial al Ing. Agr. Norman Vega, por permitirme retomar mis estudios de posgrado.

A los ingenieros M.Sc. Gilberto Cabalceta A. y Dr. Ricardo Campos N., asesores de la tesis; por su gran colaboración en la revisión del trabajo.

Al Dr. Alfredo Alvarado H.; quién me colaboró en la revisión del anteproyecto de tesis y luego fue miembro de los tribunales de examen de grado y defensa de tesis.

Al Dr. Rafael Salas C. y al M.Sc. Rafael Mata, por su labor como miembros de los tribunales de examen de grado y defensa de tesis.

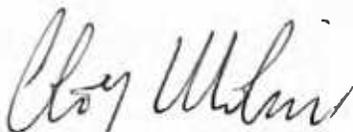
A la Universidad de Costa Rica y profesores de posgrado (PCARN), por los conocimientos brindados durante el tiempo que estuve en las aulas y su amistad sincera.

A todos aquellos que de una u otra manera, hicieron posible que este trabajo se concluyera, tanto en el campo, como en los laboratorios de suelos y pudiera alcanzar otra realización personal.

"Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Suelos."



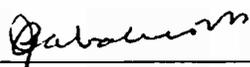
M.Sc. Rafael Mata Chinchilla.
**Representante del Decano del
Sistema de Estudios de Posgrado**



M.Sc. Eloy Molina Rojas
Director de Tesis



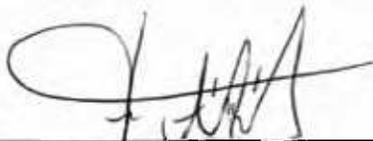
Dr. Ricardo Campos Núñez
Asesor



M.Sc. Gilberto Cabalceta Aguilar
Asesor



Dr. Rafael Salas Camacho
**Representante del Director Programa de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales**



Francisco José Arguedas Acuña
Candidato

Índice General

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
Hoja de Aprobación	v
Índice General	vii
Lista de Cuadros	viii
Lista de Figuras	xii
RESUMEN GENERAL	xiv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1 CAPITULO 1	4
EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE P EN CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE UN ULTISOL CULTIVADO CON PIÑA (<i>Ananas comosus</i> (L)) Var. MD-2	4
1.1 RESUMEN	4
1.2 INTRODUCCIÓN	5
1.3 MATERIALES Y MÉTODOS	7
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
1.4.1 Efecto sobre el contenido de P en el suelo.....	10
1.4.2 Efecto sobre el pH, Acidez Intercambiable y el % de Saturación de la Acidez Intercambiable.....	13
1.4.3 Efecto sobre los contenidos de Bases Intercambiables y del valor CICE.....	23
1.4.4 Efecto sobre los contenidos de Elementos Menores.....	38
1.5 CONCLUSIONES	47
2 CAPITULO 2	48
EFFECTO DE FUENTES DE P DE DIFERENTE SOLUBILIDAD SOBRE LOS CONTENIDOS FOLIARES DE NUTRIMENTOS EN PLANTAS DE PIÑA (<i>Ananas comosus</i> (L)) VAR. MD-2; EN UN ULTISOL DE LA ZONA NORTE DE COSTA RICA ..	48
2.1 RESUMEN	48
2.2 INTRODUCCIÓN	50
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS	52
2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
2.4.1 Efecto sobre el contenido foliar de P y N	54
2.4.2 Efecto sobre el contenido foliar de Ca, Mg, K y S.....	60
2.4.3 Efecto sobre el contenido foliar de Elementos Menores	72
2.5 CONCLUSIONES.....	88

3 CAPITULO 3.....	90
EFFECTO DE FUENTES DE P DE DIFERENTE SOLUBILIDAD SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLANTAS DE PIÑA (<i>Ananas comosus</i> (L)) VAR. MD-2; EN UN ULTISOL DE LA ZONA NORTE DE COSTA RICA.....	90
3.1 RESUMEN	90
3.2 INTRODUCCIÓN	92
3.3 MATERIALES Y MÉTODO.....	99
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	103
3.4.1 Efecto sobre las Variables de Crecimiento.....	103
3.4.1.1 Sobre la altura de las plantas de piña.....	103
3.4.1.2 Sobre el número de hojas de las plantas de piña.....	106
3.4.1.3 Sobre el diámetro del tallo de las plantas de piña.....	109
3.4.1.4 Sobre el largo de la hoja D de las plantas de piña.....	112
3.4.1.5 Sobre el peso de las plantas de piña al momento del preforzamiento.....	114
3.4.1.6 Sobre la incidencia de la pudrición basal del tallo (<i>Phytophthora sp</i>).....	120
3.4.1.7 Sobre la incidencia de fruta natural.....	122
3.4.2 Efecto en las Variables de Producción.....	124
3.4.2.1 Sobre el tamaño de fruta para exportación por hectárea.....	124
3.4.2.2 Sobre el número de frutas producidas por hectárea	126
3.4.2.3 Sobre la cantidad de fruta de rechazo.....	126
3.4.2.4 Sobre la producción total de fruta exportable por hectárea.....	128
3.4.2.5 Sobre el número de cajas de fruta exportables por hectárea.....	130
3.5 CONCLUSIONES	134
DISCUSIÓN GENERAL	137
CONCLUSIONES GENERALES	140
LITERATURA CITADA	146
Anexos	150

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias de los contenidos de P en el suelo en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	12
Cuadro 2. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos y disponibilidad de P en el suelo	14
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos aplicados sobre valores de las medias para el parámetro pH del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	16
Cuadro 4. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores del pH en el suelo	17
Cuadro 5. Efecto de las fuentes y dosis de aplicación evaluadas, sobre los valores de la Acidez Intercambiable del suelo.....	19
Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias de la Acidez Interc. del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	20
Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias del % de Saturación de la Acidez del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).	22
Cuadro 8. Efecto de las fuentes aplicadas sobre el parámetro % de Saturación de la Acidez Intercambiable del suelo	23
Cuadro 9. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias del contenido de Calcio del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	25
Cuadro 10. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Calcio Intercambiable del suelo	27
Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias del contenido de Magnesio del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	29
Cuadro 12. Efecto de las fuentes y dosis de aplicación evaluadas, sobre los valores del Magnesio Intercambiable del suelo	30
Cuadro 13. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los valores de las medias del contenido de Potasio del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	32
Cuadro 14. Efecto de las dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Potasio Intercambiable del suelo	33
Cuadro 15. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los valores de las medias de la CICE del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	36
Cuadro 16. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de la Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva (CICE) del suelo	37
Cuadro 17. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los valores de las medias de Zinc del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	40
Cuadro 18. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Zinc en el suelo	41
Cuadro 19. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Cobre en el suelo.	43
Cuadro 20. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Hierro en el suelo.	44
Cuadro 21. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Manganeso en el suelo	46

Cuadro 22. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Fósforo foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	55
Cuadro 23. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos y disponibilidad de Fósforo foliar	56
Cuadro 24. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Nitrógeno foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	58
Cuadro 25. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Nitrógeno foliar	59
Cuadro 26. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Calcio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	61
Cuadro 27. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Calcio foliar.....	62
Cuadro 28. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Magnesio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	64
Cuadro 29. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Magnesio foliar.....	65
Cuadro 30. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Potasio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	67
Cuadro 31. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Potasio foliar.....	68
Cuadro 32. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Azufre foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	70
Cuadro 33. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Azufre foliar	71
Cuadro 34. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Zinc foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	74
Cuadro 35. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Zinc foliar	75
Cuadro 36. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Cobre foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	77
Cuadro 37. Efecto de las dosis de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Cobre foliar	78
Cuadro 38. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Hierro foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación)	81
Cuadro 39. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Manganeso foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	83
Cuadro 40. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Manganeso foliar	84
Cuadro 41. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Boro foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).....	86
Cuadro 42. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Boro foliar.....	87
Cuadro 43. Efecto de las fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	104

Cuadro 44. Efecto de las dosis aplicadas de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	105
Cuadro 45. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	106
Cuadro 46. Efecto de las fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el número de hojas en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	107
Cuadro 47. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el número de hojas en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	108
Cuadro 48. Efecto de las fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	109
Cuadro 49. Efecto de las dosis evaluadas de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	110
Cuadro 50. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	111
Cuadro 51. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad, sobre el largo de la hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	113
Cuadro 52. Efecto de las dosis aplicadas de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el largo de la hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	115
Cuadro 53. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el largo de la hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).....	116
Cuadro 54. Efecto de las fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el tamaño de plantas de piña al preforzamiento, evaluadas a los 196 días después de la aplicación de los tratamientos (primer muestreo preforzamiento)	117
Cuadro 55. Efecto de las dosis aplicadas de fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el tamaño de plantas de piña al preforzamiento, evaluadas a los 196 días después de la aplicación de los tratamientos (primer muestreo preforzamiento)	118
Cuadro 56. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo, sobre el peso de plantas de piña al preforzamiento, para decidir la inducción floral artificial (% de plantas con peso óptimo).....	119
Cuadro 57. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo, sobre la incidencia de la pudrición del tallo (<i>Phytophthora sp</i>) en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplic. de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	121
Cuadro 58. Efecto de las fuentes de Fósforo de diferente solubilidad, sobre la incidencia de fruta natural en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds)	123
Cuadro 59. Efecto de las fuentes y dosis de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el tamaño de las frutas de piña cosechadas al final del ensayo (363 dds).....	125

Cuadro 60. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el número de frutas de piña producidas por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds)	127
Cuadro 61. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el descarte de frutas de piña para exportación por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).....	129
Cuadro 62. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo de diferente solubilidad, sobre la producción total de piña exportables por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).....	131
Cuadro 63. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Fósforo de diferente solubilidad, sobre el número de cajas de piña para exportación por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).....	133

Lista de Figuras

Figura 1. Efecto de los tratamientos aplicados sobre la concentración de Fósforo en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	10
Figura 1bis. Efecto de los tratamientos aplicados sobre la concentración de Fósforo en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	11
Figura 2. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el pH del suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).	15
Figura 3. Efecto de los tratamientos aplicados sobre la Acidez Intercambiable del suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	18
Figura 4. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el % de Saturación de la Acidez del suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	21
Figura 5. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de Calcio en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	24
Figura 6. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de Magnesio en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	28
Figura 7. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de Potasio en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	31
Figura 8. Efecto de los tratamientos aplicados sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva del suelo (CICE) , a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos) .	35
Figura 9. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Zinc en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	38
Figura 10. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Cobre en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	42
Figura 11. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Hierro en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).	44
Figura 12. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Manganeso en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).....	45
Figura 13. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Fósforo foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).	54
Figura 14. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Nitrógeno foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).	57
Figura 15. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Calcio foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	60
Figura 16. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Magnesio foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	63
Figura 17. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Potasio foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	66
Figura 18. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Azufre foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).	69
Figura 19. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Zinc foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	73

Figura 20. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Cobre foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	76
Figura 21. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Hierro foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	79
Figura 22. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Manganeso foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	82
Figura 23. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Boro foliar en plantas de piña, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos)	85

RESUMEN

Se realizó un ensayo de campo con el objetivo de evaluar la eficiencia fertilizante de tres fuentes fosfatadas con diferente solubilidad en el suelo de P, en el crecimiento, rendimiento y concentración de nutrimentos en plantas de piña, variedad MD-2 en un Ultisol de la Zona Norte de Costa Rica. Se evaluaron un total de 29 tratamientos que son la interacción de tres fuentes de fósforo de diferente solubilidad (Fosfato Monoamónico-MAP, Roca Fosfórica Molida-RFM y Roca Fosfórica Acidulada-RFA), tres dosis de aplicación (100, 200 y 300 kg.ha⁻¹ P₂O₅) y tres métodos de aplicación en el suelo (en banda-B, en media luna-ML y en la axila de hojas bajas-Ax), más dos Testigos Absolutos, (T.A.+N) con 21,1 kg .ha⁻¹ de N y (T.A.) sin N. En todos los tratamientos (excepto el T.A. sin N y los tratamientos con MAP), se aplicó una fertilización base con Urea prilada (35,25 kg que representan 21,1 kg.ha⁻¹ de N), para compensar el aporte de N por parte de la dosis más baja de MAP (192,3 kg.ha⁻¹), equivalente a 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y evitar el enmascaramiento del efecto de las dosis crecientes de P. En la siembra se utilizó semilla del tipo hijo guía recortado (600 y 800 g), proveniente de la variedad "MD-2". La densidad de siembra fue de 68000 plantas por hectárea, la unidad experimental promedio de 79,35 m², con 10 eras de doble fila de plantas y un total de 539 plantas. Se evaluaron variables de crecimiento (altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, peso de planta a la inducción (preforzamiento), largo de hoja D, incidencia de *Phytophthora* e incidencia de fruta natural), de producción (tamaño de fruta, peso de fruta, cantidad de fruta de rechazo, rendimiento total (kg.ha⁻¹) y cantidad de cajas de piña exportables por hectárea) y los parámetros presentes en los análisis de suelo y foliares realizados.

No hubo efecto de las diferentes dosis de P en cuanto a la disponibilidad de P para la planta. La fuente MAP fue la que presentó una mayor liberación de P en el suelo, en forma creciente según fueron mayores las dosis. La aplicación en banda ofreció la mayor disponibilidad de P para las plantas de piña, aunque a corto plazo se redujo mucho esa disponibilidad. El MAP causó una mayor acidificación del suelo, principalmente aplicado en banda). Las fuentes de R.F. evaluadas no afectaron la acidez del suelo, lograron un mayor aporte de Ca, Mg, mayor disponibilidad de K y aumento del valor de la CICE en el suelo. Las dosis de P bajaron las concentraciones de Mg y Zn, así como los altos contenidos de P mejoraron la disponibilidad de Ca para las plantas de piña. En general; para lograr una buena producción de cajas de fruta exportable de piña, no se requirieron altas dosis de P₂O₅, no hubo diferencia entre uso de fertilizante sintético ó fuente mineral, y el método de aplicación más efectivo fue el localizado (a la axila de hojas bajas). La fuente MAP acidifica mucho al suelo y su costo es alto, por lo que sería muy beneficioso para el suelo y las plantas, el poder sustituirla por la Roca Fosfórica como fuente de P en suelos de pH ácido, sin afectar la productividad del cultivo de piña.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo de la piña en Costa Rica es de gran importancia socio-económica debido a su extensión (>40.000 has), generación de empleos directos (>30.000) y el ingreso de divisas (en el 2014 fue de 865,11 millones de dólares americanos) (CANAPEP, 2014).

El cultivo comercial de piña en Costa Rica, es una actividad que inició en los años 60 en Buenos Aires de Puntarenas y que a partir del año 2000, tomó gran auge en las zonas Norte y Atlántica de nuestro país (XIII Informe del Estado de la Nación del 2007). La fertilización de la piña, es una de las prácticas más importantes en las operaciones del cultivo, dado que la misma tiene requerimientos nutricionales específicos y la carencia ó exceso de algunos elementos puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta y, en consecuencia, de la fruta (INPOFOS, 1997).

De acuerdo con las curvas de absorción de nutrimentos, los elementos que más extrae la piña son el Potasio (K) y el Nitrógeno (N) (CONITTA 1991, Bertsch 2003), los mismos se utilizan en gran cantidad en el programa de fertilización; usualmente a través de la fertilización foliar (Jiménez 1999, Molina 2002). La aplicación del elemento Fósforo (principalmente como fertilizante granular al suelo) es muy común, sobre todo durante las 3 primeras semanas después de la siembra, utilizando fórmulas de abono altas en éste elemento (CONITTA 1991, Jiménez 1999).

La aplicación de éste fertilizante fosforado, representa un alto porcentaje dentro del rubro fertilización de la piña (Molina, 2010, comunicación personal), básicamente por el alto costo económico de sus fuentes y no existe información específica de Fósforo para suelos Ultisoles de las áreas piñeras de la Zona Huetar Norte de Costa Rica; principalmente en lo que

respecta a factores como la eficacia de fuentes fertilizantes (mayor solubilidad), cantidad(es) que respondan más en el rendimiento de fruta y la forma de aplicación que aproveche más los fertilizantes aplicados.

Molina (1998), indica que el 25% de los suelos del país tienen características ácidas en forma natural, entre estos se encuentran suelos de los órdenes Ultisoles, Alfisoles, Inceptisoles y Andisoles, estando el cultivo de piña asentado principalmente en suelos Inceptisoles y Ultisoles, que poseen problemas de acidez y de disponibilidad de Fósforo para las plantas.

Después del agua y el Nitrógeno, el Fósforo y el Azufre son los elementos nutritivos limitantes más comunes en los trópicos (INPOFOS, 1997). El Fósforo es un elemento muy estable dentro del suelo, no se pierde por lavado ni por volatilización como el Nitrógeno; pero la alta estabilidad implica una baja solubilidad (alta capacidad fijadora de P de suelos tropicales) y deficiencias de disponibilidad para las plantas (FAO-IFA, 2002).

En suelos muy meteorizados, como los usados para el cultivo de piña en Costa Rica, lo común es que el Fósforo orgánico este entre 60 y 80% del P total (Fassbender y Bornemisza, 1994). La Roca Fósforica (R.F.), es la principal materia prima de la fabricación de los fertilizantes fosfatados, pero tiene el inconveniente de una baja solubilidad (Molina, 2002). Existen enormes yacimientos de R.F. por el mundo, principalmente en Estados Unidos (38%), Rusia (20%) y Marruecos (17%) (Cathcart, 1976; Molina, 2003; Amberger, 2006) y la acidulación de la misma, es la base de la fabricación de fertilizantes sintéticos de mayor grado de solubilidad de P (TSP, MAP, DAP) y que son muy utilizados como materia prima de las fórmulas fertilizantes granulares que se utilizan en el cultivo de la piña (Molina, 2003).

Las fuentes de fertilizantes fosfatados con mayor solubilidad de P en agua, son las más susceptibles a fijación de fósforo en la superficie de los minerales de arcilla (Sullivan, 1978). La lenta liberación de la R.F. puede reducir las pérdidas de P por la fijación en el suelo y aumentar el período de disponibilidad para el cultivo (León, 1989). La R.F. es una fuente apropiada para cultivos de ciclo largo y que se siembren en suelos ácidos de regiones húmedas y calientes, ya que así se mejora la eficiencia de la fuente en la liberación gradual del fósforo al suelo (Molina, 2002; Amberger, 2006; Syers et al., 2008).

El objetivo general del trabajo fue la evaluación de la eficiencia fertilizante de tres fuentes de fósforo con diferente solubilidad en el suelo (Fosfato Monoámonico, Roca Fosfórica Molida y Roca Fosfórica Acidulada); en el crecimiento, rendimiento y concentración de nutrimentos para el cultivo de piña variedad MD-2, en un Ultisol de la Zona Norte de Costa Rica.

1 CAPITULO 1

EVALUACIÓN DE DIFERENTES FUENTES DE CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN UN ULTISOL CULTIVADO CON PIÑA (*ANANAS COMOSUS* (L)) VAR. MD-2.

1.1 RESUMEN

Palabras clave: suelos ácidos, fuentes de fósforo, dosis de fósforo, formas de aplicación, roca fosfórica, ultisoles, piña, *Ananas comosus*.

Se evaluó el efecto de la aplicación de tres fuentes fosfatadas de diferente solubilidad, sobre el contenido de P y otros elementos, tanto en el suelo como en las hojas de plantas de piña variedad MD-2. El ensayo se realizó en un Ultisol de Pital de San Carlos, Alajuela. Como fuentes de P se utilizaron el Fosfato Monoamónico (MAP, 52% P₂O₅ + 11% N), Roca Fosfórica Micronizada (RFM, 30% P₂O₅ + 40% CaO + 0,1% MgO) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA, 25% P₂O₅ + 35% CaO + 7% MgO + 3% S). Los tratamientos fueron la interacción de tres dosis (100-200-300 kg.ha⁻¹), tres fuentes fosfatadas (MAP-RFM-RFA) y tres formas de aplicación (en banda, en media luna y en la axila de hojas bajas), más un Testigo Absoluto (TA) y un Testigo Absoluto + N (TA+N); para un total de 29 tratamientos. Las fuentes de P fueron aplicadas a mano en cada unidad experimental, a los 22 días de realizada la siembra de las plantas de piña (68000 plantas por hectárea). Asimismo, se aplicó una fertilización base con N (21,1 kg.ha⁻¹) a los tratamientos con RFM, RFA y TA+N, para compensar el efecto del N en el suelo que aportan la dosis correspondientes de MAP (nivel menor). Se utilizaron unidades experimentales de 79,35 m² promedio, con un diseño experimental de Bloques Completos al azar, con 29 tratamientos y 3 repeticiones. Hubo efecto de las dosis sobre el contenido de P del suelo. La fuente MAP presentó la mayor liberación de P en el suelo. Entre las rocas fosfóricas, la RFA liberó más P que RFM. La aplicación en banda ofreció la mayor disponibilidad de P para las plantas de piña. Las dosis de P bajaron las concentraciones de Mg y Zn, así como los altos contenidos de P mejoraron la disponibilidad de Ca para las plantas de piña. El método de aplicación a la axila de hojas bajas, fue el que afectó menos los parámetros presentes en el análisis de suelo. En general, la fuente MAP causó mayor acidificación en el suelo y por su alto costo, sería de mayor beneficio para el suelo y las plantas de piña, el uso de Roca Fosfórica como fuente de P en suelos de pH ácido, sin que se afecte la productividad del cultivo de piña.

1.2 INTRODUCCIÓN

El cultivo comercial de piña en Costa Rica, es una actividad que inició en los años 60 en Buenos Aires de Puntarenas y a partir del año 2000 tomó gran auge en las zonas Norte y Atlántica de nuestro país. Según el XIII Informe del Estado de la Nación del 2007, la actividad piñera continúa con un ritmo acelerado de expansión, principalmente en todos los cantones de la región Norte; creciendo un 208% entre los años 2000 al 2006. Se destaca Pital como el distrito de esa región, donde más se ha extendido la siembra de piña según se desprende del censo.

La fertilización de la piña es una de las prácticas más importantes en las operaciones del cultivo, puesto que la misma tiene requerimientos nutricionales muy específicos y que la carencia ó exceso de alguno(s) de los elemento(s), puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta y de la fruta (INPOFOS 1997).

El aumento en el área sembrada de piña, disparó la demanda de fertilizantes para suelo y follaje de las plantas, principalmente en la región Norte, lo cual es confirmado por los dueños de almacenes de insumos agrícolas (El Colono, El Éxito, Agroveterinaria Pital, 2009).

De acuerdo con las curvas de absorción de nutrimentos, los elementos que más extrae la piña son el K y el N (CONITTA 1991, Bertsch 2003), por lo que se utilizan mucho en los programas de fertilización, usualmente a través de la fertilización foliar (Jiménez 1999, Molina 2002). La aplicación de P, principalmente como fertilizante granular al suelo, es muy común sobre todo durante las tres primeras semanas después de la siembra, con fórmulas de abono altas en éste elemento (CONITTA 1991, Jiménez 1999).

El P constituye del 0,1% al 0,4% del extracto seco de la planta, y tiene un papel importante en la transferencia de energía (ATP, NAD y NADP), es esencial para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos como la glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos (Wendel 2000). El P es indispensable para la diferenciación de las células y el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta (FAO-IFA 2002). El P es un macronutriente de gran importancia en la nutrición de las plantas, fomenta el desarrollo de raíces, aumenta el número de retoños, apresura la maduración de los frutos, promueve la formación de semillas en los frutos y reduce el acame (Molina 2003).

La aplicación del fertilizante fosfatado al suelo, representa un alto porcentaje del costo de la fertilización en piña (Molina 2010, comunicación personal), además, no hay información específica sobre el aprovechamiento de las diferentes fuentes de P para los Ultisoles presentes en las áreas piñeras de la Zona Norte. Principalmente en lo que respecta a factores como eficacia, dosificación y manera de aplicación; para un mayor aprovechamiento por parte del cultivo.

Las plantas de piña absorben el P de la solución del suelo por medio de las raíces, en las formas de ión ortofosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ / HPO_4^{-2}). La absorción es controlada por la demanda de la planta, dado que en células de las raíces el P se mantiene entre 100 y 1000 veces por encima de la concentración encontrada en la solución del suelo (Johnston 2000). Luego, por el floema se transporta por la planta y se incorpora a moléculas que lo demandan (Spasky 1999).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de P con diferentes solubilidades, sobre el contenido de P y otros nutrientes, en el suelo y hojas del cultivo de piña, variedad MD-2; con el fin de mejorar el rendimiento del cultivo y la rentabilidad de la fertilización fosfatada.

1.3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una plantación de piña var. MD-2, de la Finca Tres Amigos, ubicada en Piedra Alegre de Pital, San Carlos, Alajuela. Se seleccionó un área de 0,70 ha del lote #12 (secciones 20 y 21), donde cada sección se dividió en áreas menores llamadas gavetas (separadas por drenajes terciarios). Cada una de ellas se dividió en 6 partes muy similares (unidad experimental) y se sembró con semilla vegetativa de piña, del mismo tipo y peso (600-800 g), curadas en el campo con fungicida e insecticida.

La siembra se realizó en camas de 80 cm de ancho, donde se colocaron dos hileras dobles de plantas dispuestas en un arreglo espacial de tresbolillo y con una separación entre hileras de 60 cm. Cada unidad experimental constó de 10 hileras dobles de plantas y el área de la misma varió según la longitud de la gaveta. La parcela útil constó de las 5 camas centrales y se dejó como borde con el drenaje, las 5 plantas finales de cada hilera.

Las fuentes fertilizantes fosfatadas utilizadas fueron Fosfato Monoamónico (MAP), Roca Fosfórica Micronizada (RFM) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA). La fuente nitrogenada para compensar el aporte mínimo de N por parte de la dosis más baja de MAP, se realizó con Urea prilada (46 kg.ha⁻¹). Se aplicó a mano el tratamiento respectivo en cada unidad experimental, planta por planta, a los 22 días de realizada la siembra del ensayo (dds). Las restantes labores requeridas por el cultivo las realizó el personal de la finca, de igual forma para todos los tratamientos.

Los tratamientos aplicados fueron : T.A. (0 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y N), T.A. + N (0 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y 30 kg.ha⁻¹ de N), Fosfato Monoamónico (100-200-300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), Roca Fosfórica Micronizada (100-200-300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅)

y Roca Fosfórica Acidulada (100-200-300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅). La aplicación se realizó según la forma que correspondía al tratamiento (banda, media luna, en axila de hojas bajas) y al voleo para el tratamiento T.A. + N.

Se realizaron 2 muestreos de suelo y follaje a los 3 y 6 meses luego de la siembra de la piña. Los muestreos de suelo se realizaron usando un barreno tipo holandés, se tomó una submuestra por planta marcada (10 en cada unidad experimental) en el área alrededor de las mismas, a la profundidad que penetró el barreno (20 cm). Las mismas se recolectaron en un balde, se cuartearon y se obtuvo una muestra de aproximadamente 750 gr de suelo que se llevó al laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Los muestreos foliares se hicieron manualmente tomando como submuestra la hoja D de cada planta marcada (10 en cada unidad experimental). Las muestras recibieron en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y se les dio el tratamiento requerido (lavado, división de secciones, empaque, secado y molienda), para luego determinar los contenidos de nutrientes.

Con el fin de que al menos un 80% de las plantas presentara un peso igual o mayor a 2,2 kg previo a la inducción floral (forzamiento), se realizaron dos muestreos de peso de planta (182 y 196 dds). El mismo se alcanzó en el segundo muestreo. La aplicación de etileno se realizó a los 204 días de la siembra vía foliar por aspersión con máquina asperjadora (spray boom). No se requirió una segunda aplicación de etileno para la inducción total de las plantas. A los 28 días de la aplicación se muestrearon algunas plantas para comprobar la eficacia de la inducción floral.

Las evaluaciones realizadas se hicieron siguiendo el procedimiento que a continuación se detalla:

-Determinación del pH en agua, acidez intercambiable y contenido de nutrimentos en el suelo: Se hizo el análisis de suelo a las muestras tomadas en cada una de las unidades experimentales, en cada uno de los muestreos, para determinar los nutrimentos contenidos en el mismo. El pH se determinó en agua, los cationes Ca-Mg-Al fueron extraídos con KCl 1N y los elementos K-P-Mn-Zn-Cu-Fe se extrajeron con Olsen Modificado a pH = 8,5 (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

-Contenido de nutrimentos en la hoja D: Se hizo un análisis foliar a cada muestra tomada por unidad experimental, para cada uno de los dos muestreos. El N se determinó por medio de un autoanalizador automático y el P-Ca-Mg-K-S-Fe-Cu-Zn-Mn-B con digestión con ácido nítrico en horno de microondas y lectura en ICP-OES.

Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (Andeva), para cada una de las variables evaluadas y pruebas de comparación de medias (Fisher, Duncan, Tukey), en aquellas variables que resultaron con efecto significativo de tratamiento.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.4.1 Efecto sobre el contenido de P en el suelo.

Como se observa en la Figura 1 y Cuadro 1, hubo diferencias significativas entre tratamientos ($< 0,0001$); los tratamientos de MAP en banda fueron estadísticamente superiores al resto de los tratamientos. El MAP aplicado en banda presentó el contenido más alto de P en el suelo de acuerdo con la dosis, a los 3 meses de la aplicación de los tratamientos.

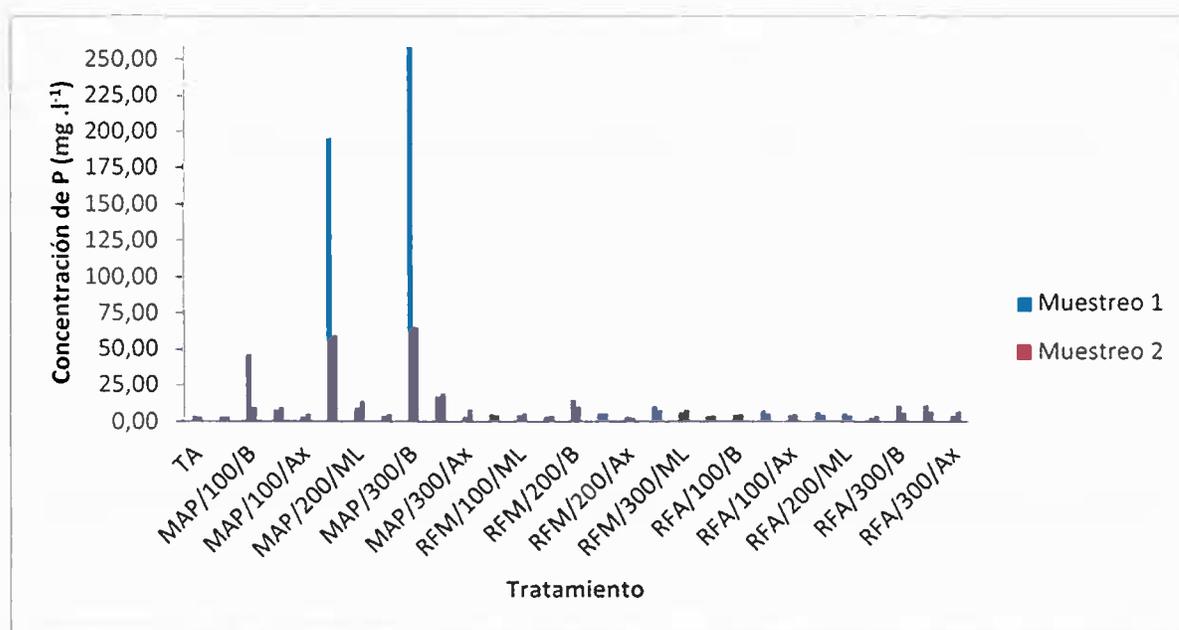


Fig 1. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre la concentración de fósforo en el suelo, a los 3 y 6 meses luego de la aplicación (primer y segundo muestreos).

Algunos tratamientos en banda y media luna presentaron concentraciones mayores ó iguales a 10 mg.l^{-1} de P, aparte de los tres tratamientos antes mencionados, tales como: MAP-300-ML/RFM-200-B/RFM-300-B/ RFA-300-B/RFA-300-ML. Las dosis altas ($300\text{-}200 \text{ kg.ha}^{-1}$), presentaron un mayor contenido de P en el suelo, en aplicaciones en banda y media luna.

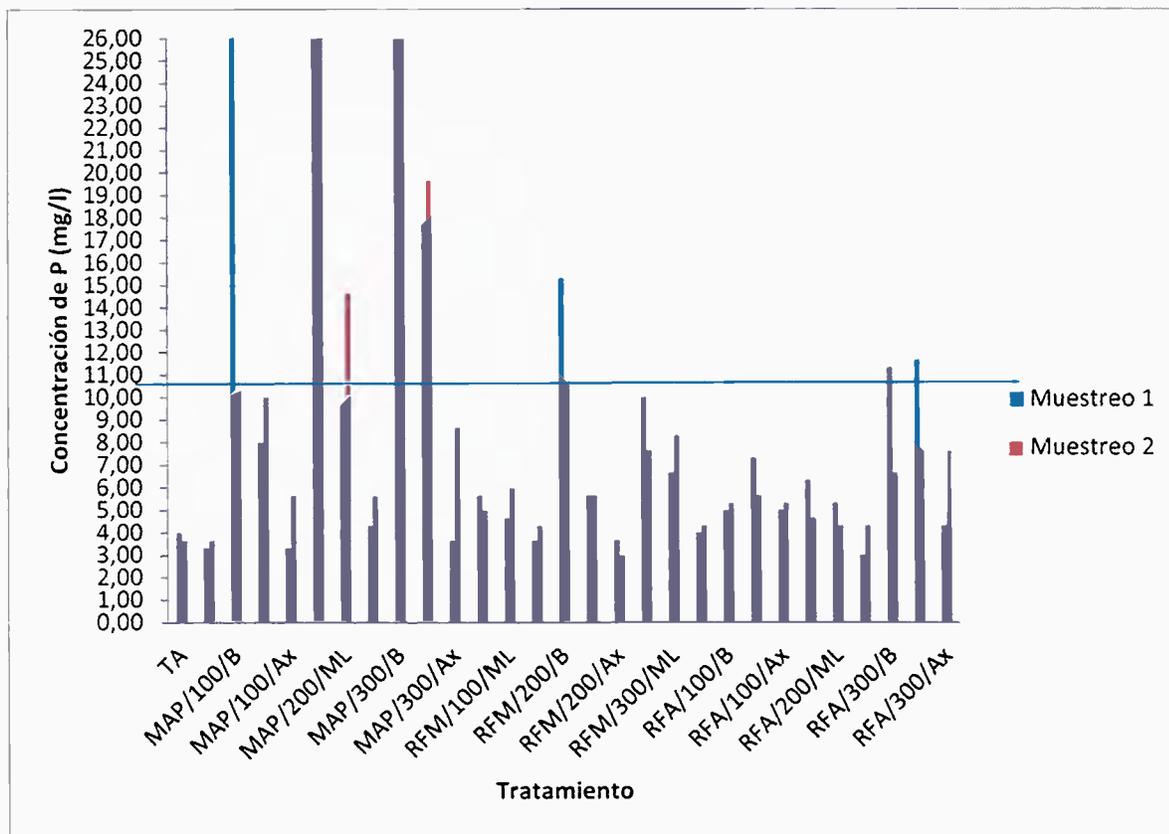


Fig 1 bis. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre la concentración de fósforo en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

Para el segundo muestreo (6 meses después de la aplicación de los tratamientos), no hubo diferencia significativa entre los tratamientos MAP-300-B y MAP-200-B, pero si la hubo entre éstos dos y el tratamiento MAP-300-ML, y entre éste y el resto de tratamientos (como se comprueba en el cuadro 1). Lo que confirma la preponderancia de la fuente MAP en el aporte de P al suelo (residualidad), a las dosis mayores (300 y 200 kg.ha⁻¹) y aplicado en banda (cuadro 2). A excepción de algunas dosis altas, los valores de P en el suelo para los tratamientos fueron menores de 10 mg.l⁻¹.

No hubo efecto significativo de las diferentes dosis de P aplicadas, sobre el contenido de fósforo en el suelo a los 3 y 6 meses después de la siembra, como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias de los contenidos de P en el suelo al primer y segundo muestreo (3 y 6 meses después).

Tratamientos	P (mg.L-1)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	< 0,0001 **	< 0,0001 **	
Testigo absoluto (T.A.)	4,00 d	3,67 ef	
Testigo absoluto + N	3,33 d	3,67 ef	
Fosfato	<u>Banda</u> 100	46,67 c	10,33 cd
	200	195,67 b	60,33 a
	300	259,33 a	65,67 a
Monoamónico	<u>M.Luna</u> 100	8,00 d	10,00 cde
	200	9,67 d	14,67 bc
	300	22,00 d	19,67 b
(M.A.P.)	<u>Axila</u> 100	3,33 d	5,67 def
	200	4,33 d	5,67 def
	300	3,67 d	8,67 cdef
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	5,67 d	5,00 def
	200	15,33 d	10,67 cd
	300	10,00 d	7,67 def
Micronizada	<u>M.Luna</u> 100	4,67 d	6,00 def
	200	5,67 d	5,67 def
	300	6,67 d	8,33 cdef
(R. F. M.)	<u>Axila</u> 100	3,67 d	4,33 def
	200	3,67 d	3,00 f
	300	4,00 d	4,33 def
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	5,00 d	5,33 def
	200	6,33 d	4,67 def
	300	11,33 d	6,67 def
Acidulada	<u>M.Luna</u> 100	7,33 d	5,67 def
	200	5,33 d	4,33 def
	300	12,67 d	7,67 def
(R. F. A.)	<u>Axila</u> 100	5,00 d	5,33 def
	200	3,00 d	4,33 def
	300	4,33 d	7,67 def

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Dosis mayores aportaron más P al suelo, pero la concentración del P disponible para las plantas, disminuyó mucho entre los dos muestreos, principalmente con las dosis mayores (58,52 y 54,50% respectivamente) y un poco menos con la dosis menor (35,45%). Algo que no ocurrió con los testigos. Para la aplicación en media luna y a la axila de la planta, no hubo diferencia significativa.

Otro efecto importante, que se deduce del cuadro 2, es que la aplicación en banda, no mantuvo la concentración de P en el suelo y se redujo drásticamente para el segundo muestreo (63,4%). Esto no ocurrió en el caso de las rocas fosfóricas, las cuales disminuyeron su contenido en el suelo, pero en menor proporción (RFM 7,2% y RFA 12,9%); lo cual es muy importante para el aprovisionamiento de P por la planta, durante todo el ciclo de crecimiento.

1.4.2 Efecto sobre el pH, Acidez Intercambiable y el % de Saturación de Acidez Intercambiable.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para el pH del suelo entre ambos muestreos. Pero si hubo diferencias significativas en un mismo muestreo (Cuadro 3) con $p < 0,0001$.

En muestreos el MAP en banda disminuyó el pH del suelo con diferencias significativas con respecto al testigo, siendo la dosis de 300 kg.ha^{-1} la más acidificante. El MAP en media luna también disminuyó el pH pero su efecto fue significativo en el segundo muestreo con la dosis más alta de P. Estos resultados muestran el efecto residual acidificante que presentan los fertilizantes con N amoniacal, y que el caso del MAP muestra un Índice de Acidez Fisiológica de -65 (Espinosa y Molina 1999).

Cuadro 2. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos y disponibilidad de P en el suelo.

Variables	P (mg.L-1)	
	Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)	0,0002 **	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	4,00 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	3,33 b
	<u>M.A.P.</u>	60,93 a
de	<u>R.F.M.</u>	6,59 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	6,59 b
	N S	N S
	<u>T.A.</u>	4,00 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	3,33 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	9,93 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	27,67 a
Aplicación (1)	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	36,52 a
	< 0,0001 **	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	4,00 b
Métodos	<u>T.A. + N</u>	3,33 b
	<u>Banda</u>	61,70 a
de	<u>M. Luna</u>	9,11 b
Aplicación	<u>Axila</u>	3,89 b
		5,44 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅.

Las aplicaciones de P a la axila no presentaron diferencias significativas con respecto a los testigos, sin importar la fuente, probablemente debido a que el fertilizante no tuvo contacto con el suelo.

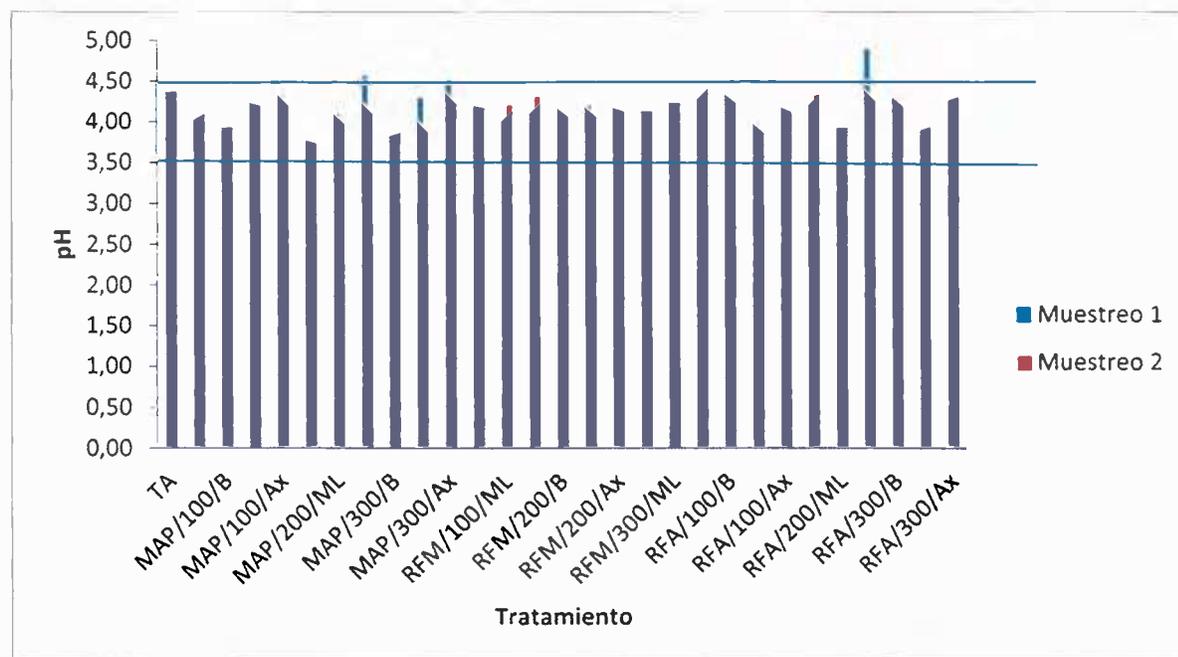


Fig. 2. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre el pH del suelo a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

El Cuadro 4, nos indica que no hubo diferencias significativas entre las fuentes evaluadas y los testigos absolutos, con respecto al pH del suelo, para el primer muestreo. Pero para el segundo muestreo, si hubo diferencias significativas; el T.A. tuvo mayores valores de pH que la RFA, el T.A.+N y el MAP.

Entre las dosis evaluadas, no se presentaron diferencias significativas para el pH del suelo. En cambio, si se presentaron diferencias significativas entre los distintos métodos de aplicación de los fertilizantes ($< 0,0001$).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos aplicados sobre valores de las medias para el parámetro pH del suelo, primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		pH		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		< 0,0001 **
Testigo absoluto (T.A.)		4,37 c		4,37 ab
Testigo absoluto + N		4,03 hijk		4,10 efgh
Fosfato	<u>Banda</u>	100	3,93 kl	3,93 hi
		200	3,77 m	3,73 j
		300	3,83 lm	3,87 ij
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	4,23 cdefg	4,20 bcdef
		200	4,10 ghij	3,97 ghi
		300	4,30 cde	3,87 ij
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	4,33 cd	4,20 bcdef
		200	4,57 b	4,10 efgh
		300	4,53 b	4,23 abcdef
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	4,20 defg	4,17 cdef
		200	4,17 efgh	4,07 fgh
		300	4,13 fghi	4,13 defg
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	4,00 ijk	4,20 bcdef
		200	4,20 defg	4,07 fgh
		300	4,23 cdefg	4,23 abcdef
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	4,10 ghij	4,30 abcd
		200	4,17 efgh	4,13 defg
		300	4,27 cdef	4,40 a
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	4,33 cd	4,23 abcdef
		200	4,20 defg	4,33 abc
		300	4,30 cde	4,20 bcdef
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	3,97 jkl	3,87 ij
		200	3,93 kl	3,93 hi
		300	3,90 klm	3,93 hi
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	4,17 efgh	4,13 defg
		200	4,90 a	4,27 abcde
		300	4,27 cdef	4,30 abcd

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En el primer muestreo, la aplicación a la axila de hojas bajas y el T.A., tuvieron valores mayores de pH que la aplicación en media luna, en banda y el T.A.+N. Para el segundo muestreo, el T.A. y la aplicación a la axila volvieron a tener valores mayores de pH, pero sólo con respecto a la aplicación en banda y en media luna (reducen más el pH del suelo).

Cuadro 4. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores del pH en el suelo.

Variables	pH	
	Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)	N S	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	4,37 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	4,03 a
	<u>M.A.P.</u>	4,18 a
de	<u>R.F.M.</u>	4,16 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	4,22 a
(p-valor)	< 0,0001 **	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	4,37 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	4,03 b
	<u>Banda</u>	4,10 b
de	<u>M. Luna</u>	4,10 b
Aplicación	<u>Axila</u>	4,37 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Como se observa en la Figura 3, los mayores valores para la acidez intercambiable del suelo, se presentaron con MAP para los dos muestreos y hubo diferencia significativa solo en el primer muestreo ($< 0,0001$). El

tratamiento MAP/300/B tuvo el mayor valor para la acidez intercambiable del suelo, con respecto a los demás tratamientos (en ambos muestreos) y fue seguido por otros tres tratamientos con MAP (tendencia a generar mayor acidez); como se corrobora en el cuadro 5. En general, todos los tratamientos mostraron valores altos para la acidez intercambiable del suelo.

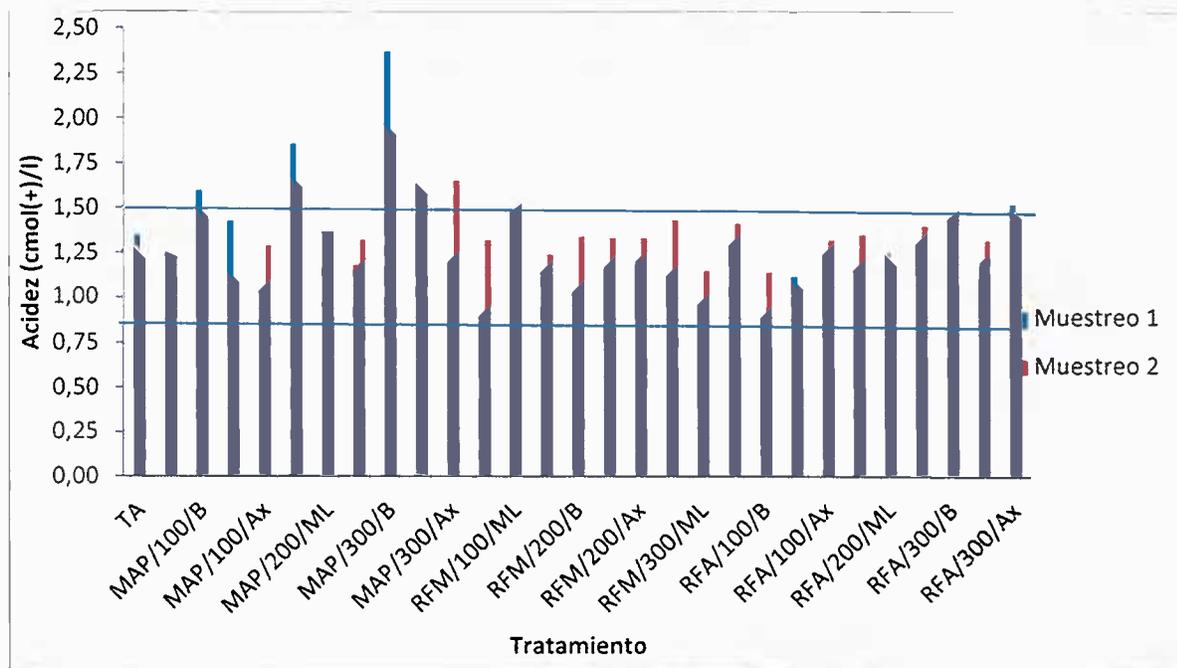


Fig. 3. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre la Acidez Intercambiable del suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable Acidez Intercambiable (Cuadro 5), hubo diferencia significativa para las fuentes evaluadas en el primer muestreo de suelos.

Cuadro 5. Efecto de las fuentes y dosis de aplicación evaluadas, sobre los valores de la Acidez Intercambiable del suelo.

Variables	Acidez (cmol.l ⁻¹)	
	Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)	0,0109 *	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	1,35 a
		1,22 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	1,26 ab
		1,23 b
	<u>M.A.P.</u>	1,52 a
de		1,48 a
	<u>R.F.M.</u>	1,15 b
		1,34 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	1,23 b
		1,30 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

La aplicación de MAP en banda aumentó la acidez intercambiable, y las dosis de 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ fueron estadísticamente superiores a ambos testigos, mostrando que la fuente amoniacal deja un efecto residual acidificante en el suelo. La aplicación de MAP en media luna también incrementó la acidez intercambiable con las dosis de 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, pero no hubo diferencias significativas con respecto al testigo + N (Cuadro 6).

Al igual que se presentó con el pH y la acidez intercambiable, la aplicación de MAP en banda aumentó el % de saturación de acidez (Figura 4). Mientras que la RFA y la RFM, presentaron valores más bajos de % de saturación de acidez.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre los valores de las medias de la Acidez Intercambiable del suelo, en el primer y segundo muestreo (3 y 6 meses después).

		Acidez (cmol.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		0,0045 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		1,35 bcdef		1,22 bcde
Testigo absoluto + N		1,26 cdef		1,23 bcde
Fosfato	<u>Banda</u>	100	1,60 bcd	1,45 abcde
		200	1,86 ab	1,62 abc
		300	2,37 a	1,91 a
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	1,43 bcdef	1,09 de
		200	1,37 bcdef	1,37 bcde
		300	1,64 bc	1,58 abcd
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	1,04 def	1,29 bcde
		200	1,18 cdef	1,32 bcde
		300	1,20 cdef	1,65 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,90 f	1,32 bcde
		200	1,03 ef	1,34 bcde
		300	1,12 cdef	1,43 abcde
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	1,48 bcde	1,53 abcde
		200	1,17 cdef	1,33 bcde
		300	0,96 ef	1,15 bcde
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	1,14 cdef	1,24 bcde
		200	1,20 cdef	1,33 bcde
		300	1,29 bcdef	1,41 bcde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,89 f	1,14 cde
		200	1,15 cdef	1,35 bcde
		300	1,44 bcdef	1,49 abcde
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	1,12 cdef	1,05 e
		200	1,25 cdef	1,18 bcde
		300	1,20 cdef	1,32 bcde
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	1,24 cdef	1,32 bcde
		200	1,30 bcdef	1,40 bcde
		300	1,50 bcde	1,45 abcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas (p < 0,05) según prueba de Duncan.

Hubo diferencia significativa (0,0001) del tratamiento MAP/300/B, con respecto a otros 21 tratamientos, para el primer muestreo (Cuadro 7). En el segundo muestreo, los tratamientos evaluados no tuvieron diferencias significativas pero se mantuvo la tendencia de que la dosis mas alta de MAP en banda, presentó el valor más bajo de % de saturación de la acidez (Cuadro 7).

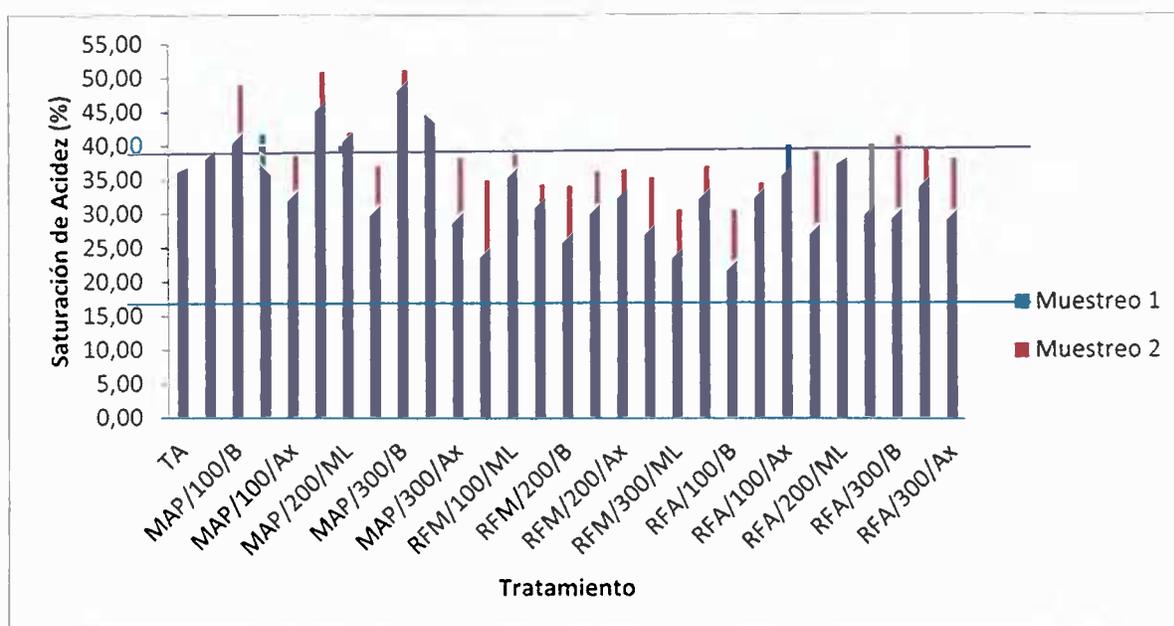


Fig. 4. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre el % de Saturación de Acidez del suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

El efecto de las dosis y métodos de aplicación analizados en el experimento, no fue significativamente diferente entre los mismos, pero la tendencia en ambos es la de tener valores menores del % de saturación de la acidez, que los testigos en el primer muestreo y aumentarlos para el segundo muestreo (anexo 1).

Cuadro 7. Efecto de tratamientos sobre valores de las medias del % de Saturac. de la Acidez del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		Sat. Acidez (%)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		36,22 bcdefg		36,83 cd
Testigo absoluto + N		38,12 abcdef		39,34 abcd
Fosfato	<u>Banda</u>	100	40,42 abcde	49,11 ab
		200	45,09 ab	50,97 a
		300	48,09 a	51,19 a
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	41,84 abc	35,85 cd
		200	40,62 abcd	42,08 abcd
		300	44,76 ab	43,46 abc
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	31,94 cdefghi	38,72 bcd
		200	29,68 defghi	37,13 bcd
		300	28,70 efghi	38,34 bcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	23,70 hi	34,99 cd
		200	25,84 ghi	34,20 cd
		300	26,90 fghi	35,36 cd
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	35,28 bcdefgh	39,52 abcd
		200	29,99 defghi	36,32 cd
		300	23,48 hi	30,66 cd
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	30,90 cdefghi	34,36 cd
		200	32,22 cdefghi	36,50 cd
		300	32,17 cdefghi	36,97 cd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	21,65 i	30,64 d
		200	26,97 fghi	40,01 abcd
		300	29,33 defghi	41,52 abcd
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	32,41 cdefghi	34,57 cd
		200	37,34 abcdefg	38,19 bcd
		300	34,10 bcdefgh	39,64 abcd
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	35,57 bcdefg	40,07 abcd
		200	29,80 defghi	40,26 abcd
		300	29,21 defghi	38,17 bcd

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Cuadro 8. Efecto de las fuentes aplicadas, sobre el parámetro de % de Saturación de la Acidez Intercambiable del suelo.

Variables	% Sat. Acidez		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0001 **	0,0081 **	
<u>T.A.</u>	36,22 ab	36,83 ab	
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	38,12 a	39,34 ab
	<u>M.A.P.</u>	39,02 a	42,98 a
de	<u>R.F.M.</u>	28,94 b	35,43 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	30,71 ab	38,12 ab

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

1.4.3 Efecto sobre los contenidos de Bases Intercambiables y en el valor de la CICE.

Los mayores valores para el contenido de Ca en el suelo, se presentaron con RFA, seguidos por RFM; esto en el primer muestreo.

En el segundo muestreo los contenidos de Ca disminuyeron en la mayoría de los tratamientos.

En ambos muestreos las dosis de 200 y 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ con RFM en banda y en media luna, y de RFA en banda, presentaron contenidos más altos de Ca con diferencias significativas con respecto al testigo + N, probablemente debido al suministro de Ca que aporta la roca fosfórica, que oscila entre 30 y 35% de CaO.

El MAP en dosis de y 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ en aplicación a la axila, también presentaron contenidos más altos de Ca similares a las rocas fosfóricas, y

con diferencias singnificativas con respecto al testigo y los otros tratamientos de MAP. Este resultado podría explicarse por el menor efecto residual acidificangte que causó el MAP aplicado en la axila, debido a que no tuvo contacto con el suelo.

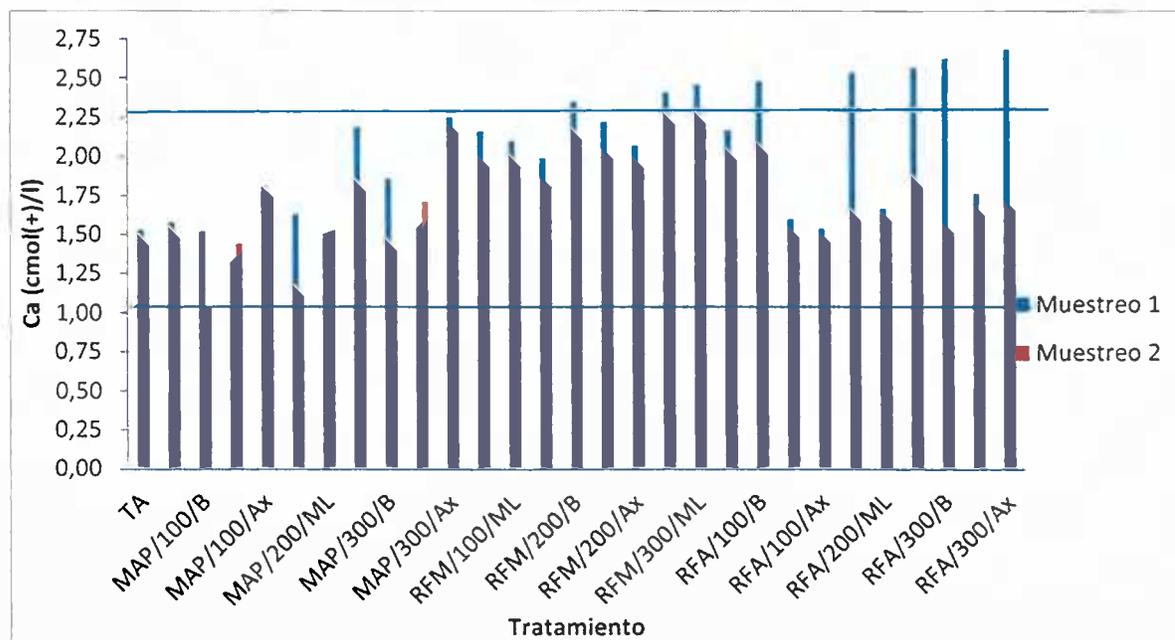


Fig. 5. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de Ca en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

En el Cuadro 10, se muestra el efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación, utilizados en el experimento sobre el contenido de Ca en el suelo. Las fuentes con roca fosfórica (RFM y RFA), alcanzaron los mayores valores del elemento en ambos muestreos y tuvieron diferencia significativa ($< 0,0001$) con respecto a la fuente MAP y los testigos, en el primer muestreo. En el segundo muestreo, sólo la fuente RFM fue significativamente diferente ($< 0,0001$) del MAP y de los testigos.

En cuanto a las dosis, los niveles de 300 y 200 kg.ha⁻¹ P₂O₅ fueron significativamente diferentes a los testigos (0,0028), para el primer muestreo. En el segundo muestreo no hubo diferencias significativas entre las dosis evaluadas y los testigos, pero se mantuvo la tendencia presentada en el primer muestreo (mayor contenido de Ca con las dosis mayores de P₂O₅).

La aplicación en banda y a la axila de hojas bajas de la planta de piña, fueron significativamente diferentes (0,0006) a los testigos, esto en el primer muestreo (Cuadro 10).

Como se muestra en la Figura 6, los tratamientos con RFA tuvieron los mayores valores en el contenido de Mg del suelo, para ambos muestreos. Esto se presenta, porque de todas las fuentes evaluadas sólo el RFA posee un 7% de MgO. En el primer muestreo, el tratamiento RFA/300/Ax fue significativamente diferente a otros 27 tratamientos (< 0,0001), lo cual se repite en el segundo muestreo, pero la diferencia significativa (0,0005) fue con respecto a 24 tratamientos (Cuadro 11).

Asimismo, para el segundo muestreo, los contenidos de Mg bajaron en todos los tratamientos evaluados.

Cuadro 9. Efecto de tratamientos sobre los valores de las medias del contenido de Calcio del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		Ca (cmol.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		1,53 kl		1,43 ijk
Testigo absoluto + N		1,58 ijkl		1,48 ghijk
Fosfato	<u>Banda</u>	100	1,52 kl	1,04 k
		200	1,63 hijkl	1,11 jk
		300	1,86 efghijk	1,40 ijk
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	1,32 l	1,44 hijk
		200	1,51 kl	1,53 defghijk
		300	1,54 jkl	1,71 bcdefghi
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	1,81 fghijkl	1,74 abcdefghi
		200	2,91 abcdefg	1,78 abcdefghi
		300	2,25 abcdef	2,16 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	2,16 abcdefgh	1,94 abcdefg
		200	2,35 abcde	2,11 abc
		300	2,41 abcd	2,20 ab
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	2,10 bcdefghi	1,94 abcdefg
		200	2,22 abcdef	1,99 abcde
		300	2,46 abcd	2,21 a
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	1,99 defghijk	1,81 abcdefghi
		200	2,07 cdefghij	1,93 abcdefgh
		300	2,17 abcdefgh	1,98 abcdef
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	2,48 abcd	2,02 abcd
		200	2,54 abc	1,60 defghi
		300	2,63 ab	1,51 efghijk
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	1,60 ijkl	1,49 fghijk
		200	1,67 ghijkl	1,59 defghi
		300	1,76 fghijkl	1,63 cdefghi
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	1,54 jkl	1,46 ghijk
		200	2,57 abc	1,81 abcdefghi
		300	2,68 a	1,66 cdefghi

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Cuadro 10. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Calcio intercambiable del suelo.

		Ca (cmol.l ⁻¹)	
Variables		Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)		< 0,0001 **	< 0,0001 **
	<u>T.A.</u>	1,53 b	1,43 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	1,58 b	1,48 b
	<u>M.A.P.</u>	1,74 b	1,55 b
de	<u>R.F.M.</u>	2,21 a	2,01 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	2,16 a	1,64 ab
(p-valor)		0,0028 *	N S
	<u>T.A.</u>	1,53 b	1,43 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	1,58 b	1,48 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	1,83 ab	1,65 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	2,08 a	1,72 a
Aplicación (1)	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	2,19 a	1,83 a
(p-valor)		0,0006 **	N S
	<u>T.A.</u>	1,53 b	1,43 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	1,58 b	1,48 a
	<u>Banda</u>	2,18 a	1,66 a
de	<u>M. Luna</u>	1,80 ab	1,73 a
Aplicación	<u>Axila</u>	2,14 a	1,81 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅.

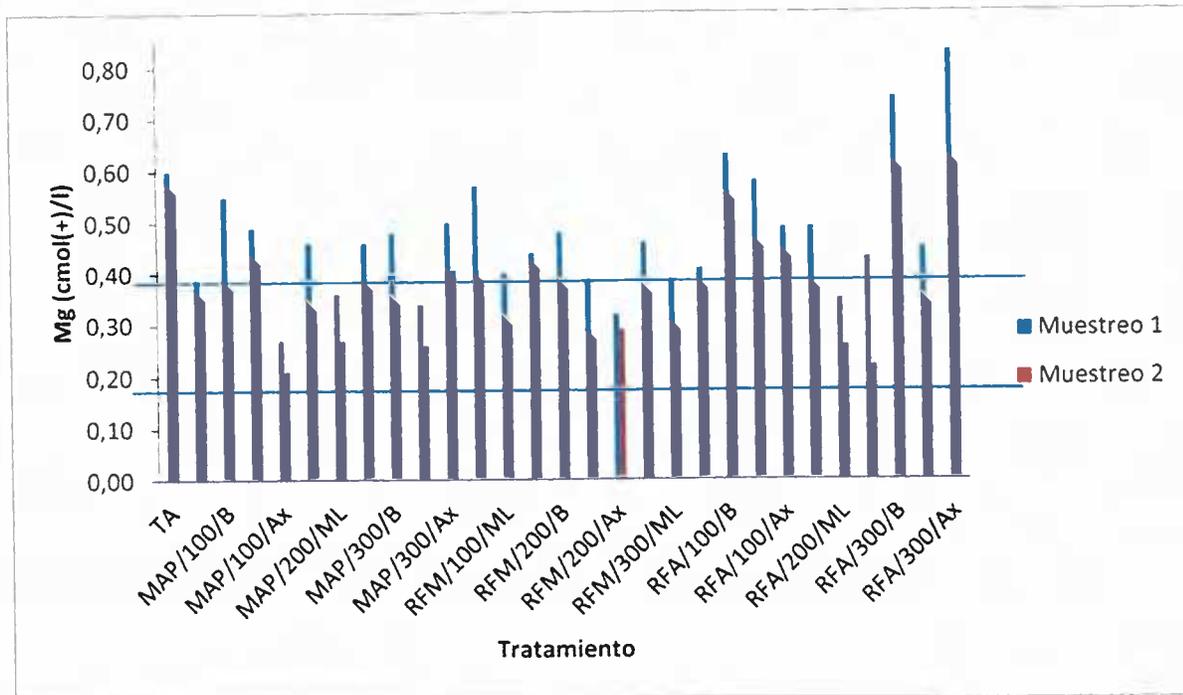


Fig. 6. Efecto de los tratamientos aplicados, sobre el contenido de Mg en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

En el Cuadro 12, se observa como el T.A. y la fuente RFA fueron significativamente diferentes (0,0006) al MAP, RFM y T.A.+N; logrando los mayores valores de las medias para el contenido de Mg en el primer muestreo. Para el segundo muestreo vuelve el T.A. a ser significativamente diferente (0,0016), de las otras dos fuentes y testigo +N. Aquí se nota el sinergismo entre el P y el Mg, por lo que el T.A. al que no se le aplicó P, muestra los contenidos más altos de Mg.

Para las dosis evaluadas, se nota en el cuadro 12 que para el primer muestreo hubo diferencia significativa (0,0111) entre el T.A. y la dosis de 200 kg.ha⁻¹ P₂O₅ más el T.A.+N. Para el segundo muestreo se mantiene la diferencia significativa (0,0085), pero con respecto a todas las dosis evaluadas y al T.A.+N.

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sobre valores de las medias del contenido de Mg del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		Mg (cmol.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		0,0005 **
Testigo absoluto (T.A.)		0,60 bcd		0,56 abc
Testigo absoluto + N		0,39 ghij		0,35 efgh
Fosfato	<u>Banda</u>	100	0,55 cdefg	0,37 defgh
		200	0,46 cdefghi	0,33 efgh
		300	0,48 cdefghi	0,34 efgh
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	0,49 cdefghi	0,42 cdef
		200	0,36 hij	0,27 fgh
		300	0,34 hij	0,26 fgh
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	0,27 j	0,21 h
		200	0,46 cdefghi	0,37 defgh
		300	0,50 cdefgh	0,40 cdef
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,57 bcdef	0,39 cdefg
		200	0,48 cdefghi	0,37 defgh
		300	0,46 cdefghi	0,36 efgh
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	0,40 fghij	0,30 efgh
		200	0,37 hij	0,27 efgh
		300	0,39 ghij	0,29 efgh
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	0,44 defghi	0,41 cdef
		200	0,32 ij	0,29 efgh
		300	0,41 efghij	0,37 defgh
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,63 bc	0,54 abcd
		200	0,49 cdefghi	0,37 defgh
		300	0,74 ab	0,60 ab
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	0,58 bcde	0,45 abcd
		200	0,35 hij	0,26 fgh
		300	0,45 defghi	0,34 efgh
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	0,49 cdefghi	0,43 bcdef
		200	0,43 defghij	0,22 gh
		300	0,83 a	0,61 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Cuadro 12. Efecto de las fuentes y dosis de aplicación evaluados, sobre los valores del Magnesio intercambiable del suelo.

		Mg (cmol.l ⁻¹)	
Variables		Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)		0,0006 **	0,0016 **
	<u>T.A.</u>	0,60 a	0,56 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	0,39 b	0,35 b
	<u>M.A.P.</u>	0,44 b	0,33 b
de	<u>R.F.M.</u>	0,43 b	0,34 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	0,55 a	0,43 b
(p-valor)		0,0111 *	0,0085 **
	<u>T.A.</u>	0,60 a	0,56 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	0,39 b	0,35 b
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	0,49 ab	0,39 b
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	0,41 b	0,31 b
Aplicación (1)	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	0,51 ab	0,40 b
(p-valor)		0,0015 **	0,0230 *
	<u>T.A.</u>	0,60 a	0,56 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	0,39 b	0,35 b
	<u>Banda</u>	0,54 a	0,41 b
de	<u>M. Luna</u>	0,41 b	0,32 b
Aplicación	<u>Axila</u>	0,46 ab	0,37 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) $kg.ha^{-1} P_2O_5$.

Asimismo, para los métodos de aplicación evaluados, hubo diferencia significativa (0,0015) entre el T.A. y la aplicación en banda, con respecto a la aplicación en media luna y el T.A.+N; esto para el primer muestreo. Para el segundo muestreo, se mantiene la diferencia significativa (0,0230) del T.A. pero con respecto a todos los métodos de aplicación y el T.A.+N.

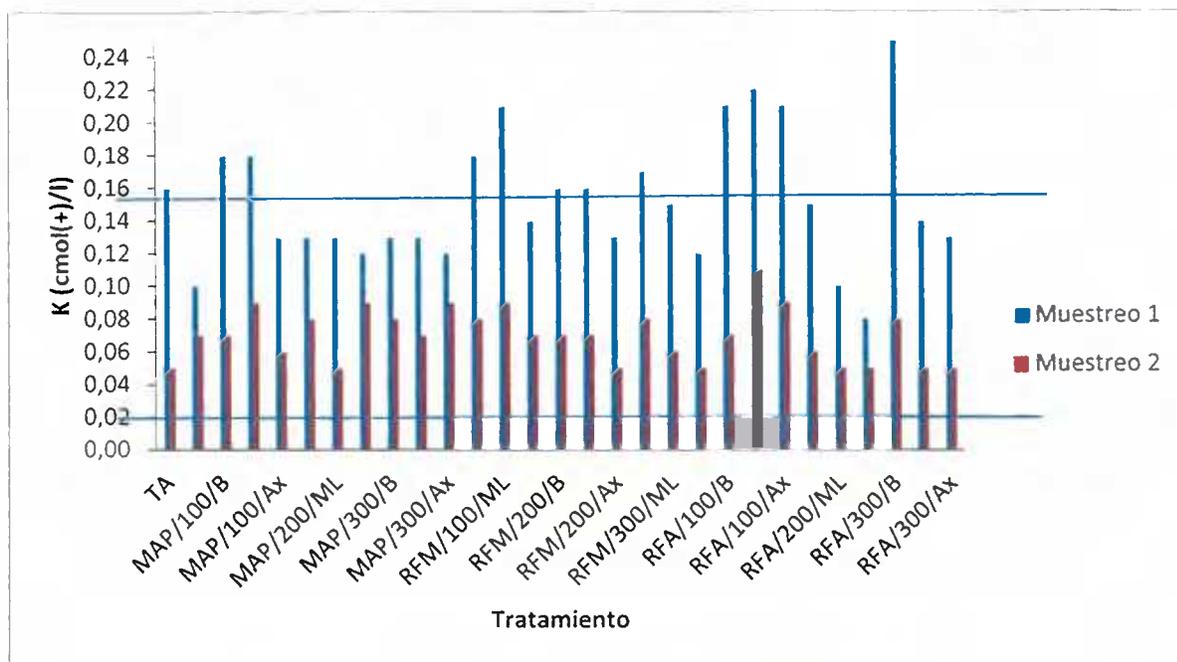


Fig. 7. Efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de K en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

Como se muestra en la Figura 7, los tratamientos con RFA y RFM tuvieron los mayores valores en el contenido de K del suelo, para el primer muestreo. Para el segundo muestreo, los niveles de K bajaron drásticamente en todos los tratamientos evaluados y no se nota tendencia hacia una fuente en especial. Si se puede ver en el Cuadro 13, que los mayores valores para las medias de tratamientos, los lograron las dosis de $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, en todas las fuentes y métodos de aplicación evaluados (posible antagonismo de P con K).

Cuadro 13. Efecto de los tratamientos aplicados sobre valores de las medias del contenido de K del suelo, al primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		K (cmol.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		0,16 bcde		0,05 cde
Testigo absoluto + N		0,10 ef		0,07 abcde
Fosfato	<u>Banda</u> 100	0,18 bcd		0,07 abcde
	200	0,13 def		0,08 abcde
	300	0,13 def		0,08 abcde
Monoamónico	<u>M.Luna</u> 100	0,18 bcd		0,09 ab
	200	0,13 def		0,05 de
	300	0,13 def		0,07 bcde
(M.A.P.)	<u>Axila</u> 100	0,13 def		0,06 bcde
	200	0,12 def		0,09 abcd
	300	0,12 def		0,09 abcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	0,18 bcd		0,08 abcde
	200	0,16 bcde		0,07 abcde
	300	0,17 bcd		0,08 abcde
Micronizada	<u>M.Luna</u> 100	0,21 abc		0,09 abc
	200	0,16 bcde		0,07 bcde
	300	0,15 cde		0,06 bcde
(R. F. M.)	<u>Axila</u> 100	0,14 def		0,07 abcde
	200	0,13 def		0,05 cde
	300	0,12 def		0,05 e
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	0,21 abc		0,07 abcde
	200	0,15 cde		0,06 bcde
	300	0,25 a		0,08 abcde
Acidulada	<u>M.Luna</u> 100	0,22 ab		0,11 a
	200	0,10 ef		0,05 e
	300	0,14 de		0,05 e
(R. F. A.)	<u>Axila</u> 100	0,21 abc		0,09 abc
	200	0,08 f		0,05 de
	300	0,13 def		0,05 e

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 8, se observa el comportamiento de los tratamientos con respecto al valor de la CICE (capacidad de intercambio catiónico efectiva).

Los tratamientos con la fuente RFA obtuvieron los mayores valores en el primer muestreo; no así en el segundo, donde los tratamientos con la fuente RFM tuvieron los mayores valores para la CICE. Esto parece ser porque dicha fuente aporta más Ca al suelo y esto influye en el valor del parámetro analizado.

Cuadro 14. Efecto de las dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Potasio intercambiable del suelo.

Variables	K (cmol.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	< 0,0001 **	N S	
	<u>T.A.</u>	0,16 ab	0,05 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	0,10 c	0,07 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	0,18 a	0,08 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	0,13 bc	0,06 a
Aplicación (1).	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	0,15 abc	0,07 a
(p-valor)	0,0018 **	N S	
	<u>T.A.</u>	0,16 a	0,05 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	0,10 b	0,07 a
	<u>Banda</u>	0,17 a	0,08 a
de	<u>M. Luna</u>	0,16 a	0,07 a
Aplicación	<u>Axila</u>	0,13 ab	0,06 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) $kg.ha^{-1} P_2O_5$.

Todos los tratamientos menos uno, disminuyen el valor de la CICE en el período comprendido entre el primer y segundo muestreo, en un monto bajo. Sólo los tratamientos que obtuvieron los mayores valores de la CICE, tuvieron una reducción fuerte en el valor de la misma.

En el Cuadro 15, se muestra que el mayor valor de la CICE lo obtuvieron en el primer muestreo los tratamientos RFA/300/Ax y RFA/300/B, siendo significativamente diferentes ($< 0,0001$) a otros 26 tratamientos. Para el segundo muestreo, el tratamiento MAP/300/Ax fue el que obtuvo el mayor valor de CICE, siendo estadísticamente diferente ($0,0072$) a otros 17 tratamientos. Aquí es importante anotar que el tratamiento RFA/300/Ax fue también el de mayor valor para Ca-1, Mg-1 y Mg-2; por lo cual se debe su mayor valor de CICE-1. Esto lo secundan otros tratamientos con RFA y RFM que fueron primeros en Ca-2, K-1 y K-2. Igualmente, la dominancia del tratamiento MAP/300/Ax en las cantidades de la acidez intercambiable, lo apoyan para lograr el mayor valor de la CICE-2. En general, los tratamientos evaluados, presentaron valores bajos para la CICE del suelo.

En el Cuadro 16, se observa como para las fuentes evaluadas, hubo diferencia significativa ($0,0346$) entre la RFA y la RFM, con respecto al testigo +N, esto para el primer muestreo. En el segundo muestreo, sólo la RFM tuvo diferencias significativas ($0,0042$), con respecto al testigo + N. No hubo diferencias entre las fuentes, ni entre ellas y el testigo absoluto.

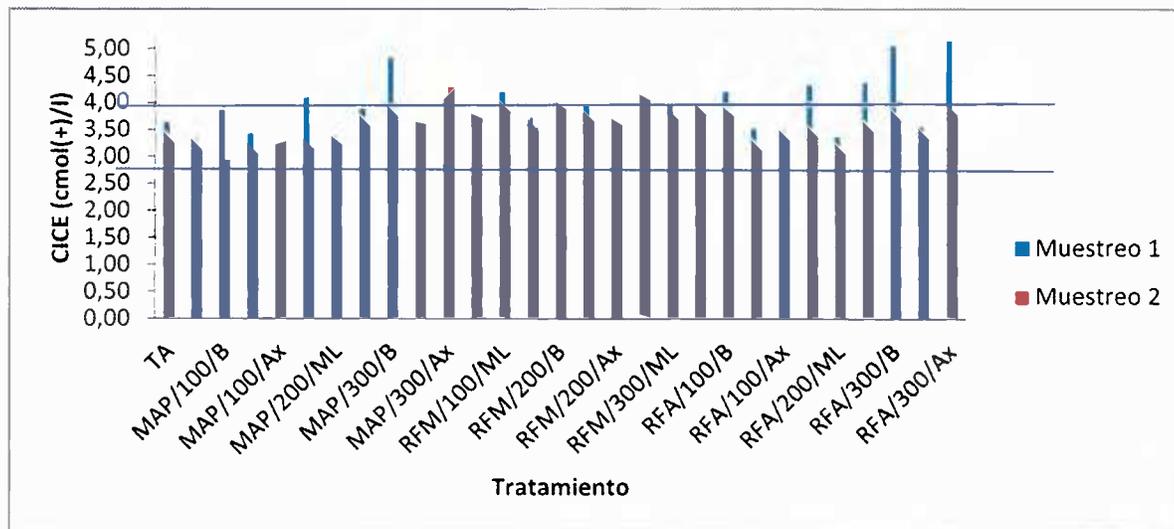


Fig. 8. Efecto de los tratamientos aplicados sobre la Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva del suelo (CICE), a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos (primer y segundo muestreos).

Asimismo, se muestra como en el primer y segundo muestreo, la dosis de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, fue significativamente diferente (0,0003 y 0,0011) al testigo absoluto y al testigo +N. Pero no hubo diferencia entre las dosis evaluadas.

En el caso de los métodos de aplicación, el Cuadro 16 indica que la aplicación en banda fue significativamente diferente (0,0001) a los testigos evaluados y las otras dos formas de aplicación (Ax y ML), también fueron significativamente diferentes al testigo +N; en el primer muestreo. Para el segundo muestreo no hubo diferencias significativas entre los métodos de aplicación, pero la aplicación a la axila de las hojas bajas, tuvo los mayores valores de las medias para la CICE. No hubo diferencia entre los métodos de aplicación evaluados.

Cuadro 15. Efecto de los tratamientos aplicados sobre valores de las medias de la CICE del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		CICE (cmol.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		< 0,0072 **
Testigo absoluto (T.A.)		3,63 eghij		3,27 cdefghi
Testigo absoluto + N		3,33 ij		3,13 efgi
Fosfato	<u>Banda</u>	100	3,85 cdefghij	2,93 i
		200	4,08 cdefg	3,14 efgi
		300	4,84 ab	3,74 abcde
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	3,42 ghij	3,04 hi
		200	3,37 hij	3,22 defghi
		300	3,65 efg hij	3,62 bcdefgh
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	3,25 j	3,30 cdefghi
		200	3,95 cdefghi	3,56 bcdefghi
		300	4,07 cdefg	4,29 a
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	3,81 cdefghij	3,72 abcdef
		200	4,02 cdefgh	3,89 abc
		300	4,16 cdef	4,07 ab
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	4,19 bcde	3,85 abcd
		200	3,92 cdefghij	3,67 abcdefgh
		300	3,97 cdefghi	3,71 abcdefg
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	3,71 defghij	3,53 bcdefghi
		200	3,71 cdefghij	3,60 bcdefgh
		300	4,00 cdefghi	3,80 abcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	4,21 bcde	3,77 abcde
		200	4,33 bcd	3,38 cdefghi
		300	5,06 a	3,68 abcdefg
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	3,52 fghij	3,10 fghi
		200	3,37 hij	3,07 ghi
		300	3,55 efg hij	3,34 cdefghi
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	3,49 ghij	3,31 cdefghi
		200	4,38 bc	3,48 bcdefghi
		300	5,14 a	3,77 abcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas (p < 0,05) según prueba de Duncan.

1.4.4 Efecto sobre contenidos de Elementos Menores.

Según se observa en la Figura 9, los mayores niveles de Zinc (Zn) alcanzados por los tratamientos se dieron en el segundo muestreo y lo lograron principalmente los tratamientos con RFM y RFA, según se observa en el cuadro 17.

Las medias de los tratamientos evaluados, no alcanzaron los valores incluidos en el rango óptimo para el elemento Zn ($3-10 \text{ mg.l}^{-1}$), en el primero ni en el segundo muestreo (excepto 3 tratamientos).

Hubo diferencia significativa del tratamiento RFM/100/Ax (0,0001) con respecto a otros 18 tratamientos, en el primer muestreo. Igual comportamiento se manifiesta en el segundo muestreo, donde la diferencia significativa ($< 0,0001$), la presentan los tratamientos RFM/300/B y RFM/200/B, con respecto a otros 17 tratamientos.

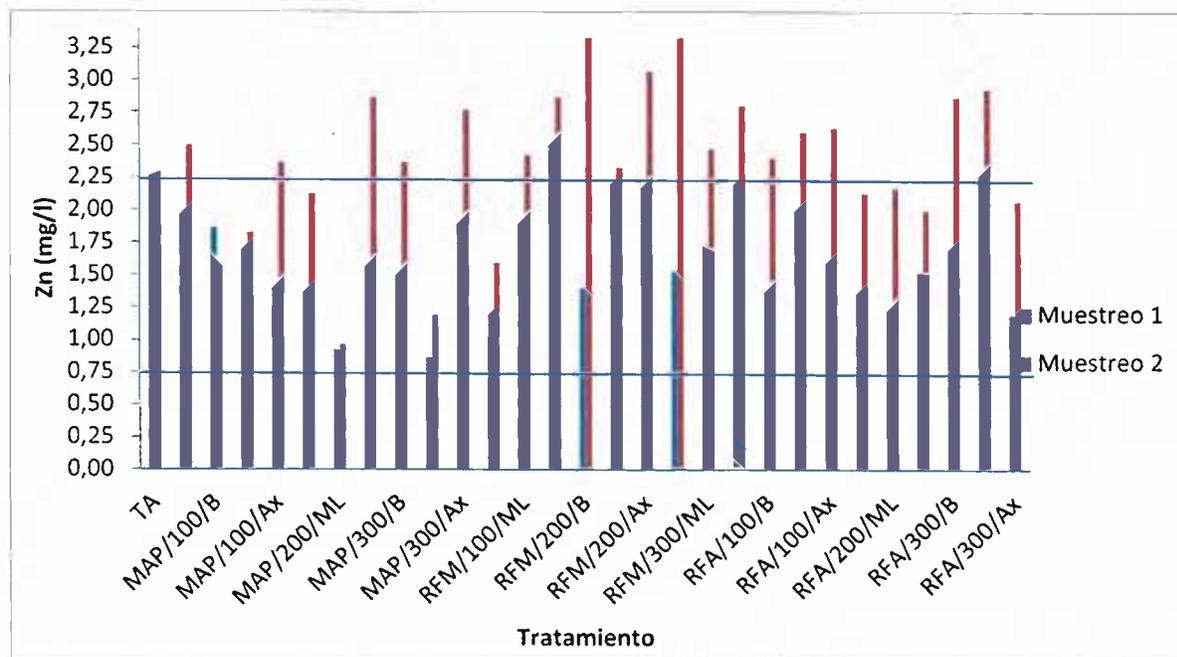


Fig. 9. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Zn en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

En el Cuadro 18, se muestran las diferencias que se presentaron entre las fuentes y métodos de aplicación evaluados, con relación a los contenidos de Zn en el suelo. En el primer muestreo, hubo diferencia significativa (0,0047) entre el testigo absoluto y las fuentes RFA y MAP. Para el segundo muestreo fue solo la fuente RFM la que mostro diferencia significativa (0,0056) con respecto al MAP.

En el mismo Cuadro, se muestra que para los métodos de aplicación evaluados, no hubo diferencia significativa (ns) durante el primer muestreo, pero los testigos fueron superiores a los métodos. Para el segundo muestreo, se presentó diferencia significativa (0,0185), entre la aplicación en la axila de hojas bajas y la aplicación en media luna.

En la Figura 10, se muestra el comportamiento de los tratamientos evaluados con respecto al contenido de Cobre (Cu) del suelo. Como se puede observar, no hay una tendencia clara sobre alguna diferencia entre ellos. Sólo se ve que los mayores valores para las medias del Cu se alcanzaron en el segundo muestreo y principalmente por fuentes con roca fosfórica. Los valores obtenidos para el Cu por los tratamientos, se ubicaron en el rango óptimo para el elemento en el suelo, en la parte superior del mismo.

Para el primer muestreo, no hubo diferencia significativa entre tratamientos, pero en el segundo muestreo, MAP/300/Ax fue significativamente diferente (0,0012) a otros 22 tratamientos.

Cuadro 17. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los valores de las medias de Zn del suelo, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses después).

		Zn (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		2,27 ab		2,30 cdefg
Testigo absoluto + N		1,97 bcd		2,50 bcd
Fosfato	<u>Banda</u>	100	1,87 bcd	1,57 hijkl
		200	1,37 cdefghi	2,13 cdefghij
		300	1,50 cdefghi	2,37 bcdef
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	1,70 bcde	1,83 efghij
		200	0,93 ij	0,97 kl
		300	0,87 j	1,20 ijkl
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	1,40 cdefghi	2,37 bcdef
		200	1,57 cdefgh	2,87 bc
		300	1,90 bcd	2,77 bc
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	1,20 efghij	1,60 ghij
		200	1,40 cdefghij	3,33 a
		300	1,53 cdefgh	3,33 a
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	1,90 bcd	2,43 bcde
		200	2,20 bc	2,33 cdef
		300	1,73 bcde	2,47 bcde
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	2,50 a	2,87 bc
		200	2,17 bc	3,07 ab
		300	2,20 bc	2,80 bc
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	1,37 cdefghij	2,40 bcdef
		200	1,37 cdefghij	2,13 cdefghij
		300	1,70 bcde	2,87 bc
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	2,00 bcd	2,60 bcd
		200	1,23 defghij	2,17 cdefghi
		300	2,27 ab	2,93 ab
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	1,60 cdefg	2,63 bcd
		200	1,53 cdefgh	2,00 defghij
		300	1,20 efghij	2,07 cdefghij

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Cuadro 18. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Zinc en el suelo.

Variables	Zn (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0047 **	0,0056 **	
	<u>T.A.</u>	2,27 a	2,30 ab
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	1,97 ab	2,50 ab
	<u>M.A.P.</u>	1,46 b	2,01 b
de	<u>R.F.M.</u>	1,87 ab	2,69 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	1,59 b	2,42 ab
(p-valor)	N S		0,0185 *
	<u>T.A.</u>	2,27 a	2,30 ab
Métodos	<u>T.A. + N</u>	1,97 ab	2,50 ab
	<u>Banda</u>	1,48 b	2,41 ab
de	<u>M. Luna</u>	1,65 b	2,10 b
Aplicación	<u>Axila</u>	1,79 ab	2,60 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Como se observa en el Cuadro 19, no hubo diferencias significativas entre las fuentes y dosis evaluadas, con respecto a los contenidos de Cu del suelo. En cambio, para los métodos de aplicación si se dieron.

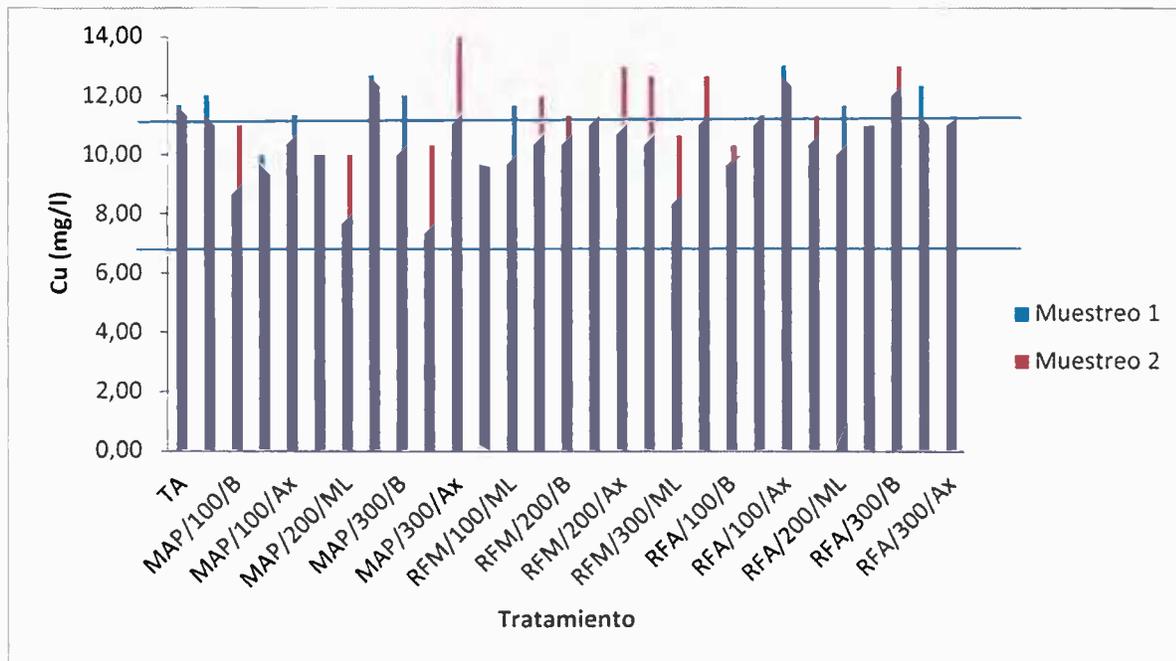


Fig. 10. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Cu en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

En el primer muestreo hubo diferencia significativa (0,0178) entre los testigos y la aplicación a la axila de hojas bajas, con respecto a la aplicación en media luna. Para el segundo muestreo se mantuvo la diferencia significativa (0,0005), pero sólo entre la aplicación a la axila y la aplicación en media luna.

La Figura 11, se observa el comportamiento de los tratamientos evaluados con respecto al contenido de Hierro (Fe) del suelo. Como se nota, hay una tendencia clara a tener los mayores valores de las medias para Fe, en el centro del gráfico (MAP-RFM) y las mismas aumentan para el segundo muestreo. Los valores obtenidos para el Fe por los tratamientos, se ubicaron en el rango de valores altos para el elemento en el suelo, en la parte superior del mismo (mucho cantidad de Fe presente). En el primer muestreo, el tratamiento RFM/100/Ax fue diferente significativamente

(0,0199) a otros 18 tratamientos. Para el segundo muestro, no se presento ninguna diferencia significativa.

Cuadro 19. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Cobre en el suelo.

Variables	Cu (mg.l ⁻¹)	
	Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)	0,0178 *	0,0005 **
<u>T.A.</u>	11,67 a	11,33 ab
Métodos		
<u>T.A. + N</u>	12,00 a	11,00 ab
<u>Banda</u>	10,11 ab	11,26 ab
de		
<u>M. Luna</u>	9,70 b	10,81 b
Aplicación		
<u>Axila</u>	11,22 a	12,22 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En el Cuadro 20, se observa que sólo para los métodos de aplicación evaluados, hubo diferencias con respecto a los contenidos de Fe del suelo. En el primer muestreo, la aplicación en banda fue significativamente diferente (0,0022) a la aplicación en media luna. Para el segundo muestreo no hubo diferencias significativas entre los métodos, pero se mantuvo la tendencia de que la aplicación en banda tiende a provocar mayor absorción de Fe por las plantas de piña.

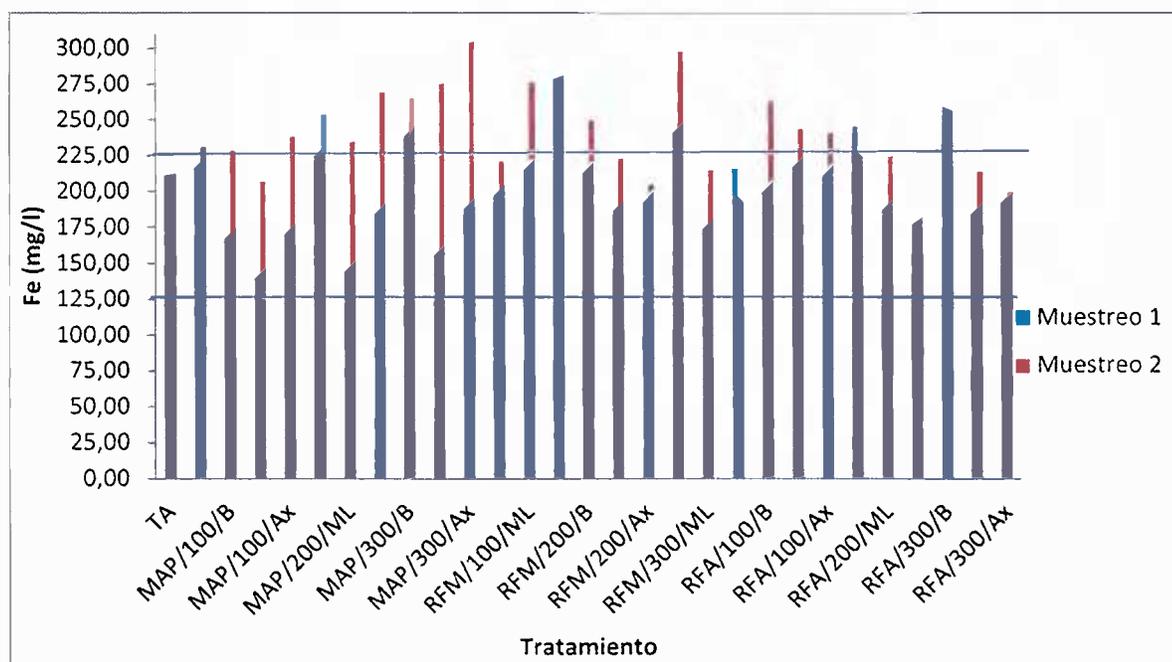


Fig. 11. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Fe en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

Cuadro 20. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Hierro en el suelo.

Variables	Fe (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0022 **	N S	
	<u>T.A.</u>	211,33 ab	212,67 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	216,00 ab	231,33 a
	<u>Banda</u>	220,44 a	251,26 a
	<u>M. Luna</u>	178,15 b	235,00 a
de			
Aplicación	<u>Axila</u>	201,15 ab	234,96 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 12, se observa el desempeño de los tratamientos evaluados con respecto al contenido de Manganeso (Mn) del suelo. Como se nota, la mayoría de los valores de las medias para ambos muestreos, se ubican en el rango óptimo (50-100 mg.l⁻¹) y solo se presentan 6 tratamientos que superan ese comportamiento. No hay una tendencia clara sobre que fuentes influyen más en la obtención de valores altos. La mayoría de los tratamientos aumentan el contenido de Mn para el segundo muestreo.

Para el primer muestreo no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, para el segundo si se dio.

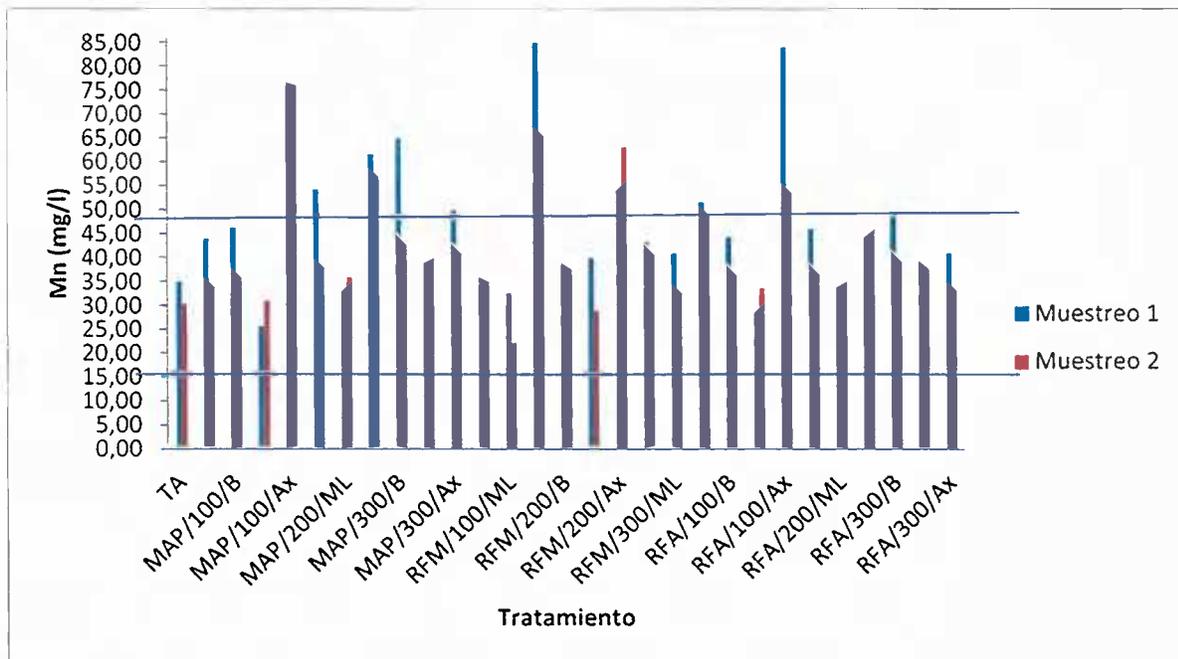


Fig. 12. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Mn en el suelo, a los 3 y 6 meses de la aplicación (primer y segundo muestreos).

El tratamiento MAP/100/Ax, fue significativamente (0,0025) a otros 25 tratamientos, en su capacidad para absorber Mn del suelo (ver Cuadro 1 en anexos).

El Cuadro 21, muestra que no hubo diferencias significativas entre las fuentes ó dosis, para los contenidos de Mn en el suelo. Sólo hubo diferencia significativa (0,0001), entre la aplicación a la axila de hojas bajas y el testigo absoluto y la aplicación en media luna, para el primer muestreo. Asimismo, para el segundo muestreo, la aplicación a la axila fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a las aplicaciones en banda y media luna y a los testigos. Lo cual denota la mayor capacidad de la aplicación a la axila de hojas bajas de piña, en la absorción de Mn.

Cuadro 21. Efecto de los métodos de aplicación evaluados, sobre los valores de Manganeso en el suelo.

Variables	Mn (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0001 **	0,0001 **	
	<u>T.A.</u>	35,00 bc	30,33 b
Métodos de	<u>T.A. + N</u>	44,00 abc	34,00 b
	<u>Banda</u>	47,15 ab	38,07 b
	<u>M. Luna</u>	34,81 c	33,04 b
Aplicación	<u>Axila</u>	60,93 a	53,81 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

1.5 CONCLUSIONES

- La aplicación de MAP en banda presentó el mayor contenido de P disponible en el suelo, en forma creciente según sean mayores las dosis.
- Las diferentes dosis de P aplicadas, no tuvieron diferencias entre ellas, en cuanto a la disponibilidad de P por la planta.
- La aplicación en banda presentó una mayor disponibilidad inicial de P (no hubo diferencias con aplicación en ML y Ax), pero a mediano plazo se redujo mucho su disponibilidad.
- El MAP causó una mayor acidificación del suelo, principalmente aplicado en banda y en dosis mayores de P; incrementando la acidez intercambiable y el % de saturación de la acidez, y disminuyendo el pH.
- Las fuentes de roca fosfórica (R.F.) evaluadas, no afectaron la acidez del suelo.
- Las fuentes de R.F. lograron un mayor aporte de Ca (aplicado a la axila principalmente), de Mg (como RFA), aumento en la disponibilidad de K (principalmente a dosis de $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y aumento del valor de la CICE en los primeros meses de la aplicación.
- La aplicación de MAP aumentó el contenido de Fe disponible en el suelo, principalmente con la aplicación en banda; muy probablemente por haber causado mayor acidificación del suelo, que por aumento de la disponibilidad del Hierro.

2 CAPITULO 2

Efecto de fuentes de P de diferente solubilidad sobre los contenidos foliares de nutrimentos en plantas de piña (*Ananas comosus* (L)) var. MD-2; en un Ultisol de la Zona Norte de Costa Rica

Palabras clave: Suelos ácidos, fuentes de fósforo, dosis de fósforo, formas de aplicación, roca fosfórica, ultisoles, piña (*Ananas comosus*), contenido foliar de nutrimentos.

2.1 Resumen

Se evaluó el efecto de la aplicación al suelo de tres fuentes fosfatadas de diferente solubilidad, sobre el contenido de nutrimentos presentes en hojas de piña, a los 3 y 6 meses de la siembra. El ensayo se realizó en un suelo Ultisol de la zona de Pital de San Carlos, Alajuela. Como fuentes de P se utilizaron el Fosfato Monoamónico (MAP, 50% P_2O_5 + 10% N), Roca Fosfórica Micronizada (RFM, 30% P_2O_5 + 40% CaO + 1% MgO) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA, 25% P_2O_5 + 35% CaO + 7% MgO). Los tratamientos fueron la interacción de tres dosis (100-200-300 $kg \cdot ha^{-1}$), tres fuentes fosfatadas (MAP-RFM-RFA) y tres formas de aplicación (en banda, en media luna y en la axila de hojas bajas), más un Testigo Absoluto (TA) y un Testigo Absoluto + N (TA+N); para un total de 29 tratamientos. Las fuentes de P fueron aplicadas a mano en cada unidad experimental, a los 22 días de realizada la siembra de las plantas de piña (68000 plantas por hectárea). Se aplicó una dosis extra de N (21,1 $kg \cdot ha^{-1}$) a los tratamientos con RFM, RFA y TA+N, para compensar el nivel mínimo de N que aporta la dosis más baja del MAP. Se utilizaron unidades experimentales de 79,35 m^2 promedio, con un diseño experimental de Bloques Completos al azar, con 29 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 87 unidades experimentales. El contenido de nutrimentos se determinó por medio de la combustión seca (N) y la digestión seca (P, Ca, Mg, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn, y B), de muestras tomadas a partir de 10 unidades de la hoja D, de plantas escogidas para realizar evaluaciones, en cada una de las unidades experimentales. La fuente MAP fue la que logró los mayores valores para las concentraciones de P foliar. Tuvo un efecto residual ligero y entre mayor la dosis, mayor la concentración y de P determinado. El uso de MAP generó mayores concentraciones de Ca, Mg, K, S, Fe, Mn y B foliar en las plantas de piña, a los 3 meses de la siembra. Las fuentes RFM y RFA, generaron mayores concentraciones de P foliar, pero a los 6 meses de la siembra. Asimismo, su uso provocó que los contenidos foliares de Ca, Mg, K, Zn y Cu, se aumentaran en las plantas de piña a los 6 meses de la siembra. La dosis de 300 $kg \cdot ha^{-1}$ P_2O_5 aumentó los contenidos foliares de Zn y la de 200 $kg \cdot ha^{-1}$ P_2O_5 los contenidos foliares de Cu, en las plantas de

piña. La aplicación en banda, aumentó los contenidos de N foliar en general y los contenidos de K y Zn foliar en comparación con la aplicación en media luna. La aplicación en la axila de hojas bajas de piña, aumentó la concentración foliar de S y Mn (en comparación con media luna) y de Zn (en comparación con banda y media luna).

2.2 INTRODUCCIÓN

El cultivo comercial de piña en Costa Rica, es una actividad que inició en los años 60 en Buenos Aires de Puntarenas y a partir del año 2000 tomó gran auge en las zonas Norte y Atlántica de nuestro país. Según el XIII Informe del Estado de la Nación del 2007, la actividad piñera continúa con un ritmo acelerado de expansión, principalmente en todos los cantones de la región Norte; creciendo un 208% entre los años 2000 al 2006. Se destaca Pital como el distrito de esa región, donde más se ha extendido la siembra de piña según se desprende del censo.

La fertilización de la piña es una de las práctica más importantes en las operaciones del cultivo, puesto que la misma tiene requerimientos nutricionales muy específicos y que la carencia ó exceso de alguno(s) de los elemento(s), puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta y de la fruta (INPOFOS 1997).

El aumento en el área sembrada de piña, disparó la demanda de fertilizantes para suelo y follaje de las plantas, principalmente en la región Norte, lo cual es confirmado por los dueños de almacenes de insumos agrícolas (El Colono, El Éxito, Agroveterinaria Pital, 2009).

De acuerdo con las curvas de absorción de nutrimentos, los elementos que más extrae la piña son el K y el N (CONITTA 1991, Bertsch 2003), por lo que se utilizan mucho en los programas de fertilización, usualmente a través de la fertilización foliar (Jiménez 1999, Molina 2002). La aplicación de P, principalmente como fertilizante granular al suelo, es muy común sobre todo durante las tres primeras semanas después de la siembra, con fórmulas de abono altas en éste elemento (CONITTA 1991, Jiménez 1999).

El P constituye del 0,1% al 0,4% del extracto seco de la planta, y tiene un papel importante en la transferencia de energía (ATP, NAD y NADP), es esencial para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos como la glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos (Wendel 2000). El P es indispensable para la diferenciación de las células y el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta (FAO-IFA 2002). El P es un macronutriente de gran importancia en la nutrición de las plantas, fomenta el desarrollo de raíces, aumenta el número de retoños, apresura la maduración de los frutos, promueve la formación de semillas en los frutos y reduce el acame (Molina 2003).

La aplicación del fertilizante fosfatado al suelo, representa un alto porcentaje del costo de la fertilización en piña (Molina 2010, comunicación personal), además, no hay información específica sobre el aprovechamiento de las diferentes fuentes de P para los Ultisoles presentes en las áreas piñeras de la Zona Norte. Principalmente en lo que respecta a factores como eficacia, dosificación y manera de aplicación; para un mayor aprovechamiento por parte del cultivo.

Las plantas de piña absorben el P de la solución del suelo por medio de las raíces, en las formas de ión ortofosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ / HPO_4^{-2}). La absorción es controlada por la demanda de la planta, dado que en células de las raíces el P se mantiene entre 100 y 1000 veces por encima de la concentración encontrada en la solución del suelo (Johnston 2000). Luego, por el floema se transporta por la planta y se incorpora a moléculas que lo demandan (Spasky 1999).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de P con diferentes solubilidades, sobre el contenido de P y otros nutrientes, en hojas del cultivo de piña, variedad MD-2; con el fin de mejorar la nutrición del cultivo y la rentabilidad de la fertilización fosfatada.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una finca ubicada en la zona de Pital de San Carlos-Alajuela, sembrada con de piña var. MD-2. Se seleccionó un área de 0,70 ha del lote #12 (secciones 20 y 21), donde cada sección se dividió en áreas menores llamadas gavetas (separadas por drenajes terciarios). Cada una de ellas se dividió en 6 partes muy similares (unidad experimental) y se sembró con semilla vegetativa de piña, del mismo tipo y peso (entre 600-800 g), y curadas en el campo con fungicidas e insecticidas.

La siembra se realizó en camas de 80 cm de ancho, donde se colocaron dos hileras dobles de plantas dispuestas en un arreglo espacial de tresbolillo y con una separación entre hileras de 60 cm. Cada unidad experimental constó de 10 hileras dobles de plantas y el área de la misma varió según la longitud de la gaveta. La parcela útil constó de las 5 camas centrales y se dejó como borde con el drenaje, las 5 plantas finales de cada hilera.

Las fuentes fertilizantes fosfatadas utilizadas fueron Fosfato Monoamónico (MAP), Roca Fosfórica Micronizada (RFM) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA). La fuente nitrogenada para compensar el aporte de N del MAP fue la Urea prilada ($43 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se aplicó a mano el tratamiento respectivo en cada unidad experimental, planta por planta, a los 22 días de realizada la siembra del área del ensayo (dds). Las restantes labores requeridas por el cultivo las realizó el personal de la finca, de igual forma para todos los tratamientos.

Los tratamientos aplicados fueron : T.A. ($0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 y N), T.A. + N ($0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 y $22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N), Fosfato Monoamónico ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5), Roca Fosfórica Micronizada ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) y Roca Fosfórica Acidulada ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5). La aplicación se realizó según el tipo de aplicación que correspondía al tratamiento

(banda, media luna, en axila de hojas bajas) y al voleo para el tratamiento T.A.+N.

Se realizaron 2 muestreos foliares, a los 3 y 6 meses de la siembra de piña. Los mismos se llevaron a cabo manualmente, tomando como submuestra la hoja D de cada planta marcada para realizar evaluaciones (10), de cada una de las unidades experimentales. Las mismas se doblaron y se guardaron en bolsas plásticas que se ubicaron en un recipiente con temperatura controlada, mientras se terminó el proceso del muestreo. Al día siguiente, se llevaron al laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y se registraron para proceder con el tratamiento requerido (lavado, división de secciones, empaque, secado y molienda). Posteriormente se les determinó los contenidos de nutrimentos.

-Contenido de nutrimentos en la hoja D: Se hizo un análisis foliar a cada muestra tomada por unidad experimental, en cada uno de los dos muestreos. El N se determinó por medio de Combustión Seca y por Digestión Seca el P-Ca-Mg-K-S-Fe-Cu-Zn-Mn-B, con espectrofotometría de emisión atómica con plasma (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (Andeva), para cada una de las variables evaluadas y pruebas de comparación de medias (Duncan), en aquellas variables que resultaron con efecto significativo de tratamiento.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Efecto sobre el contenido de foliar de P y N.

Como se observa en la Figura 13 y Cuadro 22, los tratamientos con la fuente MAP, lograron los mayores valores para la concentración de P foliar. Entre mayor la dosis, mayor el contenido de P. Las otras dos fuentes, tuvieron valores muy similares entre sí, para la concentración de P.

Asimismo, para todos los tratamientos hubo una mayor concentración de P foliar en el primer muestreo, que en el segundo muestreo. El tratamiento MAP/300/B fue significativamente diferente ($< 0,0001$) a otros 25 tratamientos, en el primer muestreo.

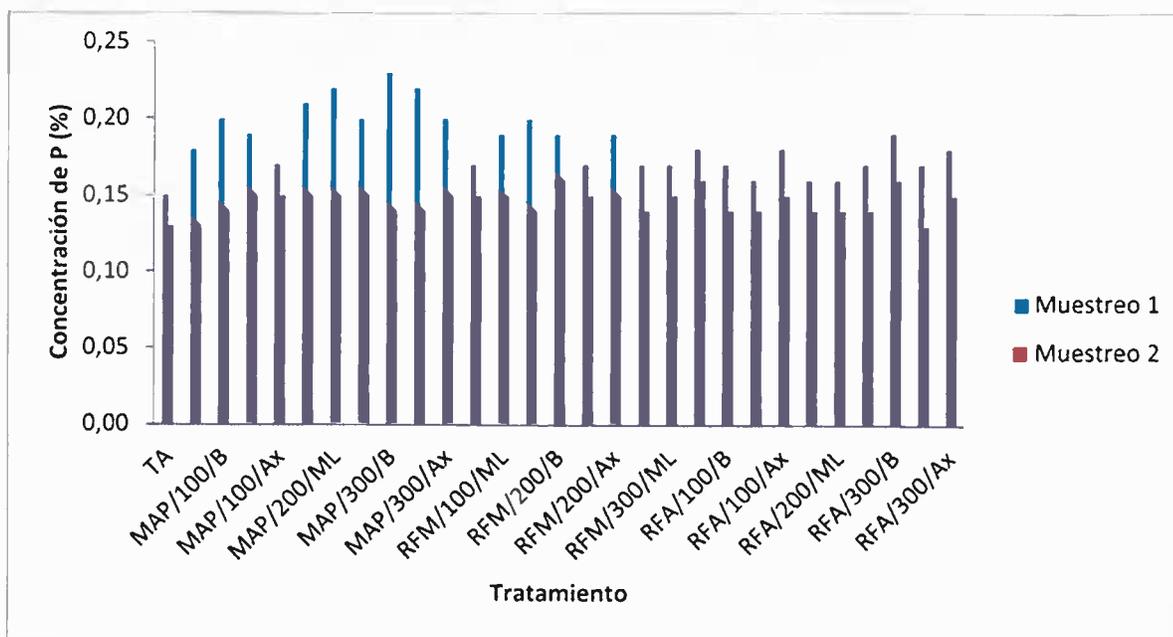


Figura 13. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de P foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 22. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de fósforo foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

Tratamientos	P (%)			
		Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)		< 0,0001 **	N S	
Testigo absoluto (T.A.)		0,15 g	0,13 de	
Testigo absoluto + N		0,18 def	0,13 e	
Fosfato	<u>Banda</u>	100	0,20 bcde	0,14 abcde
		200	0,21 abc	0,15 abcde
		300	0,23 a	0,14 bcde
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	0,19 cdef	0,15 abcde
		200	0,22 ab	0,15 abcde
		300	0,22 ab	0,14 bcde
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	0,17 defg	0,15 abcde
		200	0,20 bcd	0,15 abcde
		300	0,20 bcd	0,15 abcde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,17 defg	0,15 abcd
		200	0,19 cdef	0,16 a
		300	0,17 efg	0,14 abcde
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	0,19 cdef	0,15 abcd
		200	0,17 efg	0,15 abcd
		300	0,17 efg	0,15 abcd
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	0,20 bcde	0,14 abcde
		200	0,19 cdef	0,15 abcde
		300	0,18 def	0,16 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,17 defg	0,14 abcde
		200	0,16 fg	0,14 bcde
		300	0,19 cdef	0,16 abc
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	0,16 fg	0,14 cde
		200	0,16 fg	0,14 cde
		300	0,17 fg	0,13 de
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	0,18 defg	0,15 abcde
		200	0,17 fg	0,14 abcde
		300	0,18 defg	0,15 abcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Mientras que el tratamiento RFM/200/B, logró la mayor concentración de P para el segundo muestreo (Cuadro 1), pero no fue significativa la variación con respecto a los otros tratamientos (diferente sólo a 8 tratamientos).

En el Cuadro 23, observamos que hubo efecto significativo de los tratamientos, sobre las fuentes evaluadas ($< 0,0001$), para la concentración foliar de P. La fuente MAP fue significativamente diferente a la otras fuentes y testigos, en el primer muestreo. Pero en el segundo muestreo, fue la fuente RFM la que tuvo diferencia significativa con respecto a la fuente RFA y los testigos.

Cuadro 23. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos y disponibilidad de Fósforo foliar.

Variables	P (%)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	$< 0,0001$ **	0,0074 **	
	<u>I.A.</u>	0,15 b	0,13 b
Fuentes	<u>I.A. + N</u>	0,18 b	0,13 b
	<u>M.A.P.</u>	0,21 a	0,15 ab
de	<u>R.F.M.</u>	0,18 b	0,15 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	0,17 b	0,14 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 14, no se observan diferencias ni tendencias definidas entre los tratamientos aplicados, para los contenidos de N foliar. Lo más claro es que los contenidos de N foliar de todos los tratamientos, fueron mayores en el segundo muestreo.

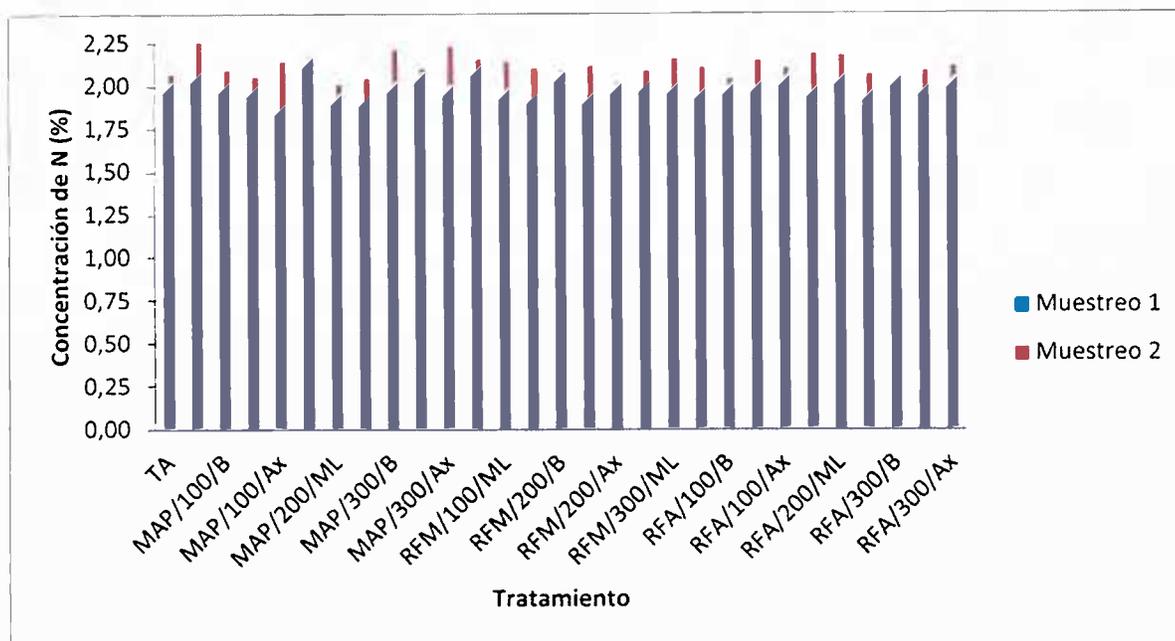


Figura 14. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de N foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

En el Cuadro 24, se muestran las medias de los tratamientos, para las concentraciones de N foliar. Para el primer muestreo, el tratamiento MAP/200/B, fue significativamente diferente (0,0029) a otros 24 tratamientos. Pero en el segundo muestreo, el T.A.+N fue el tratamiento significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 25 tratamientos evaluados.

En el Cuadro 25, se observa como para las fuentes evaluadas, no hubo diferencia significativa entre ellas, ni con respecto a los testigos absolutos en el primer muestreo. Para el segundo muestreo, el testigo absoluto+N fue significativamente diferente (0,0062), a las otras fuentes y al testigo absoluto. En general, no hubo diferencias entre las fuentes evaluadas, sobre los contenidos de N foliar.

Cuadro 24. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de N foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

			N (%)	
Tratamientos			Muestreo 1	Muestreo 2
p-valor			0,0029 **	< 0,0001 **
Testigo absoluto (T.A.)			1,96 bcdef	2,07 fghij
Testigo absoluto + N			2,02 abc	2,28 a
Fosfato	<u>Banda</u>	100	1,96 bcdef	2,09 cdefghij
		200	2,11 a	2,18 abc
		300	1,96 bcdef	2,21 ab
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	1,94 cdef	2,05 hij
		200	1,89 defg	2,01 j
		300	2,02 abc	2,10 cdefghij
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	1,83 g	2,14 bcdefgh
		200	1,88 fg	2,04 ij
		300	1,94 cdef	2,23 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	2,06 ab	2,15 bcdef
		200	2,02 abc	2,09 defghij
		300	1,96 bcdef	2,08 efghij
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	1,92 cdefg	2,14 bcdefg
		200	1,89 efg	2,11 cdefghi
		300	1,95 bcdef	2,15 bcdef
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	1,90 defg	2,10 cdefghi
		200	1,95 cdef	2,02 ij
		300	1,92 cdefg	2,10 cdefghij
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	1,94 cdef	2,04 ij
		200	1,93 cdefg	2,18 bcd
		300	1,99 bcdef	2,05 ghij
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	1,96 bcdef	2,14 bcdefg
		200	2,00 bcd	2,17 bcde
		300	1,94 cdef	2,08 efghij
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	1,99 bcde	2,10 cdefghij
		200	1,91 defg	2,06 fghij
		300	1,98 bcdef	2,11 cdefghi

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Asimismo, para los métodos de aplicación, se muestra como en el primer muestreo, el testigo absoluto+N y la aplicación en banda, son significativamente diferentes (0,0045), a la aplicación a la axila de hojas bajas, en relación a los contenidos de N foliar (logran mayores contenidos). Para el segundo muestreo, el testigo absoluto+N tuvo un valor de media mayor que los métodos de aplicación evaluados, pero no fue significativamente diferente. En general, sólo hubo diferencia entre la aplicación en banda y a la axila de hojas bajas, para el primer muestreo (se logra mayor contenido de N foliar si la aplicación es en banda).

Cuadro 25. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Nitrógeno foliar.

Variables	N (%)	
	Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)	N S	0,0062 **
<u>T.A.</u>	1,96 a	2,07 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	2,02 a
	<u>M.A.P.</u>	1,95 a
de	<u>R.F.M.</u>	1,95 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	1,96 a
(p-valor)	0,0045 **	0,0001 **
<u>T.A.</u>	1,96 ab	3,67 b
Métodos	<u>T.A. + N</u>	2,02 a
	<u>Banda</u>	1,99 a
de	<u>M. Luna</u>	1,95 ab
Aplicación (1)	<u>Axila</u>	1,92 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

2.4.2 Efecto sobre el contenido foliar de Ca, Mg, K y S.

En la Figura 15, se observan mayores valores de Ca para los tratamientos con la fuente MAP, para el primer muestreo, aunque muy similares a los de las dos fuentes de roca fosfórica. Para el segundo muestreo, los mayores valores de Ca se dan con las fuentes RFM y RFA. En general, las rocas fosfóricas tuvieron mayores contenidos de Ca en el segundo muestreo (poseen buen contenido de este elemento) y la fuente MAP disminuyó el aporte de Ca a las hojas de plantas donde se aplicó.

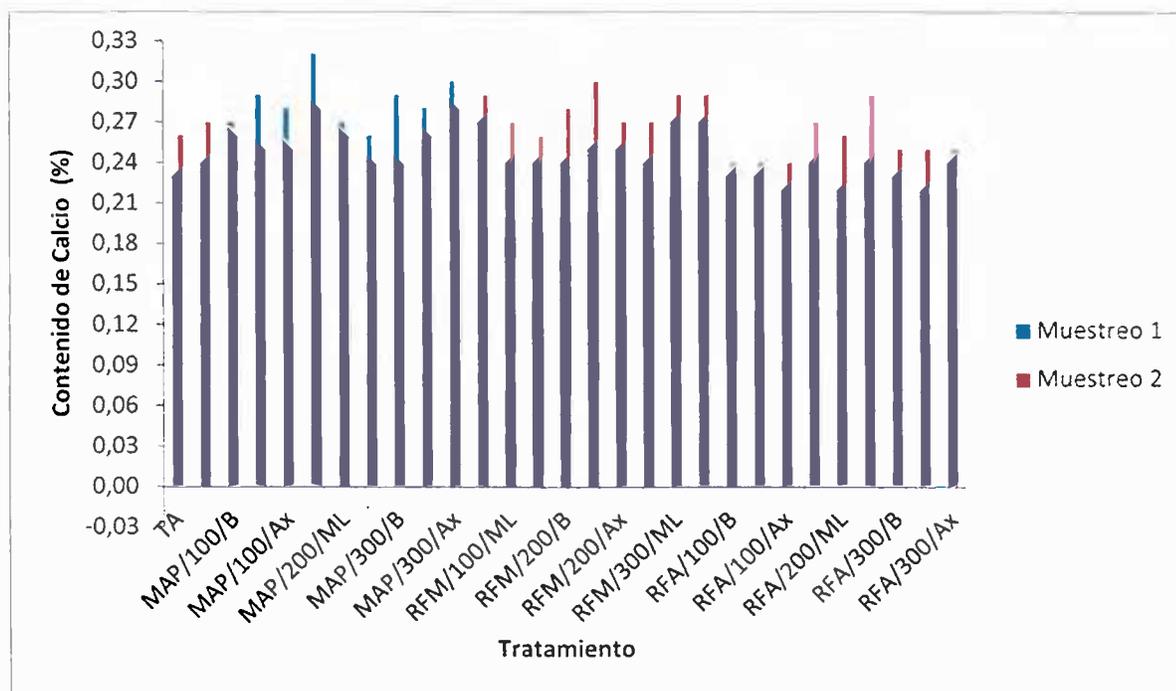


Figura 15. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Ca foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

En el Cuadro 26, se observa que el tratamiento MAP/200/B fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 24 tratamientos, en el primer muestreo. Para el segundo muestreo, fue el tratamiento

Cuadro 26. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Calcio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		Ca (%)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		0,23 ghi		0,26 abcde
Testigo absoluto + N		0,24 efghi		0,27 abcde
Fosfato	<u>Banda</u>	100	0,27 bcdef	0,26 abcde
		200	0,32 a	0,28 abc
		300	0,29 ab	0,24 e
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	0,29 abc	0,25 bcde
		200	0,27 bcdefg	0,26 abcde
		300	0,28 bcde	0,26 abcde
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	0,28 abcd	0,25 bcde
		200	0,26 bcdefgh	0,24 de
		300	0,30 ab	0,28 abcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,27 bcdefg	0,29 ab
		200	0,24 fghi	0,28 abcde
		300	0,24 efghi	0,27 abcde
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	0,24 efghi	0,27 abcde
		200	0,25 defghi	0,30 a
		300	0,27 bcdef	0,29 ab
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	0,24 defghi	0,26 abcde
		200	0,25 cdefghi	0,27 abcde
		300	0,27 bcdefg	0,29 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,23 ghi	0,24 cde
		200	0,24 defghi	0,27 abcde
		300	0,23 hi	0,25 bcde
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	0,23 hi	0,24 cde
		200	0,22 i	0,26 abcde
		300	0,22 i	0,25 bcde
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	0,22 i	0,24 e
		200	0,24 defghi	0,29 ab
		300	0,24 efghi	0,25 bcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

RFM/200/ML fue el que tuvo el mayor contenido de Ca foliar, pero no hubo diferencias significativas, con los otros tratamientos.

En el Cuadro 27, se muestra como la fuente MAP fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a las otras dos fuentes evaluadas y los testigos, para el primer muestreo. Pero en el segundo muestreo, la fuente que logra la mayor absorción de Ca por la hojas es la RFM, que fue significativamente diferente (0,0131), al testigo absoluto y a las fuentes MAP y RFA. Esto ocurre, porque dicha fuente es la que posee el mayor contenido de Ca de las dos fuentes de roca fosfórica y su aporte al suelo es constante pero de baja magnitud, lo cual permite a las plantas un abastecimiento seguro y constante del elemento.

Cuadro 27. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Calcio foliar.

Variables	Ca (%)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	$< 0,0001$ **	0,0131 *	
	<u>T.A.</u>	0,23 b	0,26 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	0,24 b	0,27 ab
	<u>M.A.P.</u>	0,28 a	0,26 b
de	<u>R.F.M.</u>	0,25 b	0,28 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	0,23 b	0,26 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 16, se observa como para el primer muestreo, los mayores contenidos de Mg foliar se obtienen con la fuente MAP, seguida por las otras dos fuentes (RFM y RFA). Pero en el segundo muestreo, los mayores valores de Mg foliar los obtienen los tratamientos con la fuente RFA,

seguido por los de MAP y RFM. En general, del primero al segundo muestreo hay una disminución en los contenidos foliares de Mg en las plantas de piña, para los tratamientos con las fuentes MAP y RFM. En cambio, para los testigos y los tratamientos con la fuente RFA, hay una mayor concentración foliar de Mg, en el segundo muestreo. Esto se debe a que la fuente RFA es la única de las tres fuentes evaluadas, que aporta MgO al suelo (7%), y por ello se aumenta su concentración en el segundo muestreo. Los testigos siguen el mismo comportamiento, pero no por tener mayor nivel de Mg, sino por no existir estímulo a su absorción por las plantas (efecto de la acidez) y esto hace que se determine una mayor concentración de Mg disponible en el suelo.

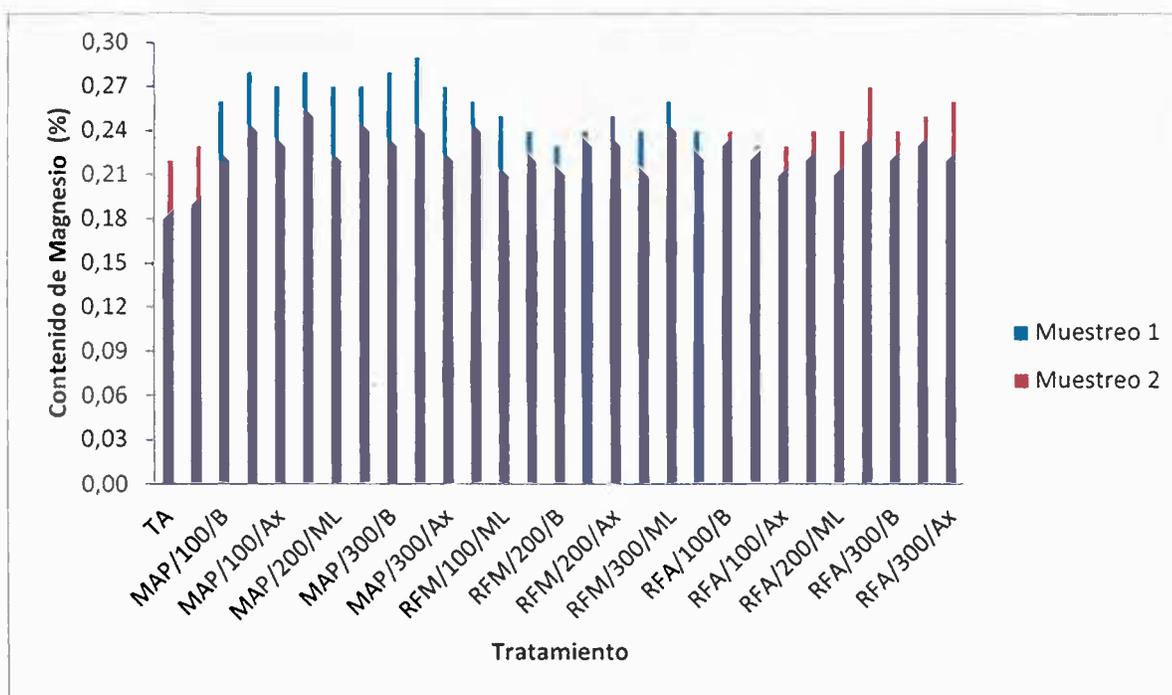


Figura 16. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Mg foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de tratamientos.

Cuadro 28. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Magnesio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		Mg (%)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		0,18 l		0,22 def
Testigo absoluto + N		0,19 kl		0,23 cdef
Fosfato	<u>Banda</u>	100	0,26 bcde	0,22 def
		200	0,28 ab	0,25 abc
		300	0,28 ab	0,23 bcdef
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	0,28 ab	0,24 bcde
		200	0,27 abc	0,22 def
		300	0,29 a	0,24 bcde
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	0,27 abcde	0,23 cdef
		200	0,27 abcde	0,24 bcde
		300	0,27 abcde	0,22 def
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,26 bcdef	0,24 bcde
		200	0,23 ghij	0,21 ef
		300	0,24 efghi	0,21 f
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	0,25 cdefg	0,21 ef
		200	0,24 defgh	0,23 bdef
		300	0,26 bcdef	0,24 bcde
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	0,24 defgh	0,22 def
		200	0,25 cdefg	0,23 cdef
		300	0,24 efghi	0,22 def
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	0,23 fghij	0,24 abcd
		200	0,22 ghij	0,24 abcd
		300	0,22 ghij	0,24 abcd
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	0,22 hij	0,23 cdef
		200	0,21 ijk	0,24 bcde
		300	0,23 fghij	0,25 abc
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	0,21 jkl	0,23 bcdef
		200	0,23 fghij	0,27 a
		300	0,22 ghij	0,26 ab

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Como se observa en el Cuadro 28, el tratamiento MAP/300/ML fue el que obtuvo los mayores valores para las medias de Mg foliar, en el primer muestreo y fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 21 tratamientos.

Para el segundo muestreo, fue el tratamiento RFA/200/Ax, el que obtuvo los mayores valores para las medias de Mg foliar y fue significativamente diferente ($0,0099$), a otros 22 tratamientos.

En el Cuadro 29, se observa que en el primer muestreo, hubo diferencia significativa entre las fuentes evaluadas ($< 0,0001$). La fuente MAP logró mayores contenidos de Mg foliar que las otras dos fuentes y los testigos. A la vez, la RFM fue diferente a la RFA y los testigos absolutos. Por último, la RFA fue también diferente de los testigos absolutos. Para el segundo muestreo, sólo la RFA fue significativamente diferente ($0,0004$), a la RFM y al testigo absoluto.

Cuadro 29. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Magnesio foliar.

Variables	Mg (%)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	$< 0,0001$ **	$0,0004$ **	
	<u>T.A.</u>	0,18 d	0,22 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	0,19 d	0,23 ab
	<u>M.A.P.</u>	0,28 a	0,23 ab
de	<u>R.F.M.</u>	0,25 b	0,22 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	0,22 c	0,25 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 17, no se observa diferencias apreciables entre los tratamientos evaluados, con respecto a la concentración de K foliar, de ambos muestreos. Si se aprecia una fuerte disminución de los contenidos de K foliar, al pasar del primer muestreo al segundo, en todos los tratamientos.

En el Cuadro 30, se muestra que el tratamiento MAP/300/Ax, fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 20 tratamientos, para el primer muestreo. Pero para el segundo muestreo, fue el tratamiento T.A.+N el que fue significativamente diferente ($0,0052$), a otros 26

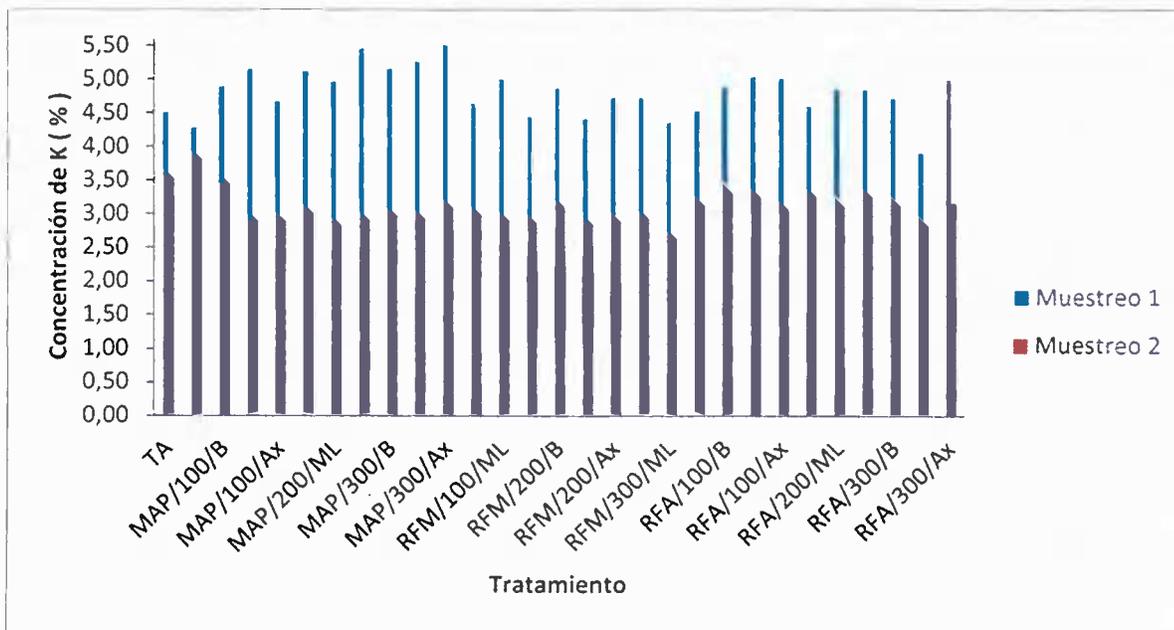


Figura 17. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de K foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

tratamientos. Hubo una gran utilización del elemento por los tratamientos que más lo absorbieron en el primer muestreo y los testigos no estuvieron entre ellos. Por lo que al segundo muestreo, mantuvieron sus contenidos y fueron los mayores en éste muestreo.

Cuadro 30. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Potasio foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		K (%)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		4,51 fghij		3,53 ab
Testigo absoluto + N		4,28 jk		3,83 a
Fosfato	<u>Banda</u>	100	4,89 cdefgh	3,46 abc
		200	5,12 abcd	3,03 cdef
		300	5,16 abcd	2,99 def
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	5,15 abcd	2,91 def
		200	4,96 bcdefg	2,85 def
		300	5,27 abc	2,94 def
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	4,67 defghij	2,90 def
		200	5,46 ab	2,91 def
		300	5,52 a	3,10 bcdef
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	4,65 defghij	2,99 cdef
		200	4,87 cdefghi	3,12 bcdef
		300	4,73 defghij	2,94 def
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	5,01 abcdef	2,91 def
		200	4,42 hijk	2,85 def
		300	4,37 ijk	2,65 f
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	4,45 ghij	2,88 def
		200	4,73 defghij	2,90 def
		300	4,53 efghij	3,13 bcde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	4,88 cdefghi	3,31 bcd
		200	4,60 efghij	3,27 bcde
		300	4,72 defghij	3,13 bcde
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	5,04 abcde	3,26 bcde
		200	4,85 cdefghi	3,11 bcdef
		300	3,91 k	2,83 ef
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	5,01 abcdef	3,07 cdef
		200	4,85 cdefghi	3,26 bcde
		300	4,99 bcdef	3,17 bcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En el Cuadro 31, se muestra como para el primer muestreo, entre las fuentes evaluadas hubo diferencia significativa ($< 0,0001$), el MAP fue diferente a las otras dos fuente y testigos. También, la RFA fue diferente al T.A.+N. En el segundo muestreo, fue significativa la diferencia ($< 0,0001$) entre los testigos y las fuentes evaluadas. Así como entre la RFA y la RFM.

También en el Cuadro 31, se observa que para los métodos de aplicación evaluados, no hubo diferencia significativa en el primer muestreo, aunque los métodos de aplicación, tuvieron mayores valores para las medias de la

Cuadro 31. Efecto de las fuentes de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Potasio foliar.

Variables		K (%)	
		Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)		$< 0,0001$ **	$< 0,0001$ **
Fuentes de Aplicación	<u>T.A.</u>	4,51 bc	3,53 a
	<u>T.A. + N</u>	4,28 c	3,83 a
	<u>M.A.P.</u>	5,13 a	3,01 bc
	<u>R.F.M.</u>	4,64 bc	2,93 c
	<u>R.F.A.</u>	4,76 b	3,15 b
(p-valor)		NS	0,0189 *
Métodos de Aplicación	<u>T.A.</u>	4,78 a	3,53 a
	<u>T.A. + N</u>	4,28 b	3,83 a
	<u>Banda</u>	4,91 a	3,14 b
	<u>M. Luna</u>	4,85 a	2,92 c
	<u>Axila</u>	4,51 ab	3,03 bc

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

concentración de K, que el testigo absoluto +N. Pero para el segundo muestreo, los testigos absolutos, si fueron significativamente diferentes (0,0189) a los métodos de aplicación evaluados. También, hubo diferencia entre la aplicación en banda y la aplicación en media luna.

En la Figura 18, se observa que casi todos los tratamientos evaluados tuvieron mayor concentración de S foliar que los testigos absolutos, para el primer muestreo. No así para el segundo muestreo, donde hubo una disminución en los contenidos de S foliar, para todos los tratamientos.

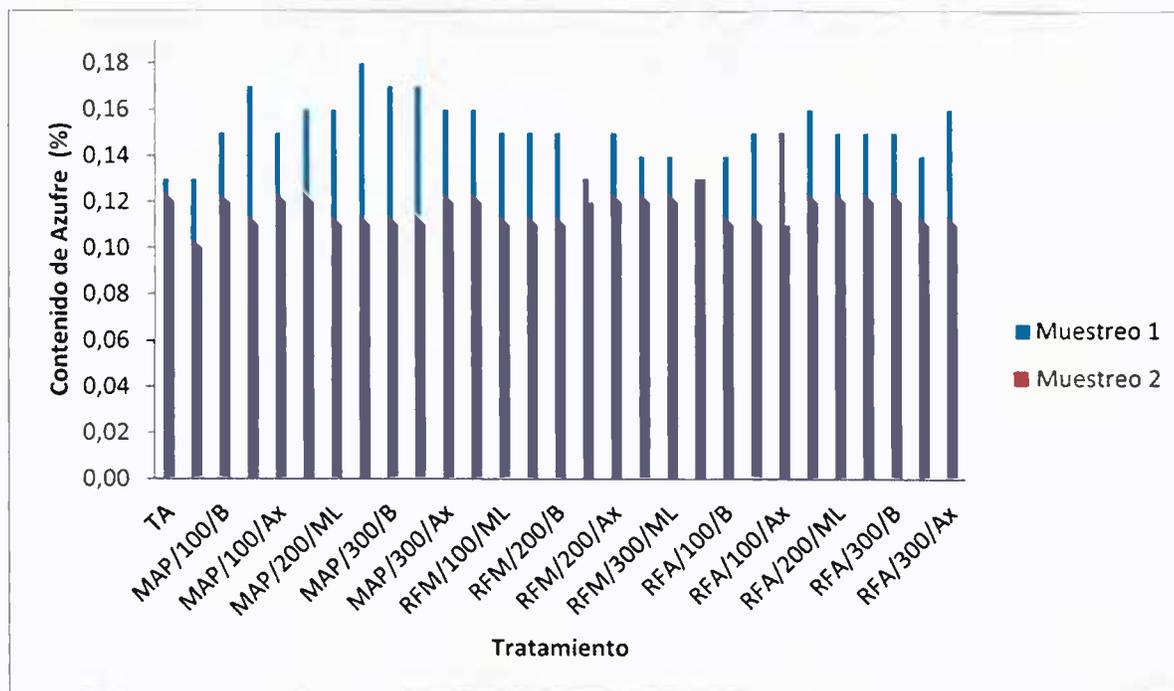


Figura 18. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de S foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

En el Cuadro 32, se muestra como el tratamiento MAP/200/Ax fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 19 tratamientos, para el primer muestreo. En el segundo muestreo, el tratamiento RFM/300/Ax

Cuadro 32. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Azufre foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		S (%)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		0,13 gh		0,12 abcd
Testigo absoluto + N		0,13 h		0,10 bcd
Fosfato	<u>Banda</u> 100	0,15 defgh		0,12 abcd
	200	0,16 abcde		0,12 abcd
	300	0,17 abc		0,11 d
Monoamónico	<u>M.Luna</u> 100	0,17 abc		0,11 d
	200	0,16 abcde		0,11 d
	300	0,17 ab		0,11 d
(M.A.P.)	<u>Axila</u> 100	0,15 defgh		0,12 abcd
	200	0,18 a		0,11 bcd
	300	0,16 abcd		0,12 abc
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	0,16 abcd		0,12 abcd
	200	0,15 cdefg		0,11 bcd
	300	0,14 efgh		0,12 abcd
Micronizada	<u>M.Luna</u> 100	0,15 bcdef		0,11 bcd
	200	0,13 gh		0,12 abcd
	300	0,14 fgh		0,12 abc
(R. F. M.)	<u>Axila</u> 100	0,15 cdefg		0,11 cd
	200	0,15 cdefg		0,12 ab
	300	0,13 gh		0,13 a
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	0,14 fgh		0,11 bcd
	200	0,16 abcde		0,12 abc
	300	0,15 cdefg		0,12 abc
Acidulada	<u>M.Luna</u> 100	0,15 cdefg		0,11 cd
	200	0,15 defgh		0,12 abc
	300	0,14 fgh		0,11 cd
(R. F. A.)	<u>Axila</u> 100	0,15 bcdef		0,11 bcd
	200	0,15 cdefg		0,12 ab
	300	0,16 abcde		0,11 cd

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

fue el que tuvo diferencia significativa (0,0147), con otros 14 tratamientos evaluados.

En el Cuadro 33, se muestra que para el primer muestreo, hubo diferencia significativa ($< 0,0001$), entre las fuentes evaluadas, para el contenido de S foliar. La fuente MAP fue diferente a las otras dos fuentes y los testigos. Asimismo, la RFA fue diferente de los testigos y la RFM fue diferente del T.A.+N.

Cuadro 33. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Azufre foliar.

Variables	S (%)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	< 0,0001 **	N S	
	<u>T.A.</u>	0,13 cd	0,12 ab
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	0,13 d	0,11 ab
	<u>M.A.P.</u>	0,16 a	0,11 b
de	<u>R.F.M.</u>	0,15 bc	0,12 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	0,15 b	0,12 ab
(p-valor)	N S	0,0316 *	
	<u>T.A.</u>	0,13 b	0,12 ab
Métodos	<u>T.A. + N</u>	0,13 b	0,11 ab
	<u>Banda</u>	0,15 a	0,12 ab
de	<u>M. Luna</u>	0,15 a	0,11 b
Aplicación	<u>Axila</u>	0,15 a	0,12 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En el segundo muestreo, no se presentó diferencia significativa, pero la media de la concentración de S para la RFM, fue diferente a la del MAP.

También en el mismo cuadro, se observa que los métodos de aplicación evaluados, no tuvieron diferencia significativa en el primer muestreo, pero las medias para la concentración de S, fueron mayores en los métodos de aplicación, que en los testigos. Para el segundo muestreo, si hubo diferencia significativa (0,0316), entre la aplicación a la axila de hojas bajas y la aplicación en media luna.

2.4.3 Efecto sobre los niveles foliares de los Elementos Menores.

En la Figura 19, no se observan diferencias importantes entre los tratamientos evaluados y los testigos absolutos, para el primer muestreo. En el segundo muestreo, se nota una reducción generalizada del contenido foliar de Zn en los tratamientos y esto no ocurre con la misma intensidad en los testigos absolutos. Estos tienen los mayores contenidos de Zn foliar, como se comprueba en el Cuadro 34.

También en el Cuadro 34, observamos que el tratamiento RFA/300/Ax fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 22 tratamientos, en el primer muestreo. Mientras que el testigo absoluto, el testigo absoluto+N y el tratamiento RFA/200/Ax, fueron en el segundo muestreo, significativamente diferentes ($< 0,0001$), de otros 25 tratamientos.

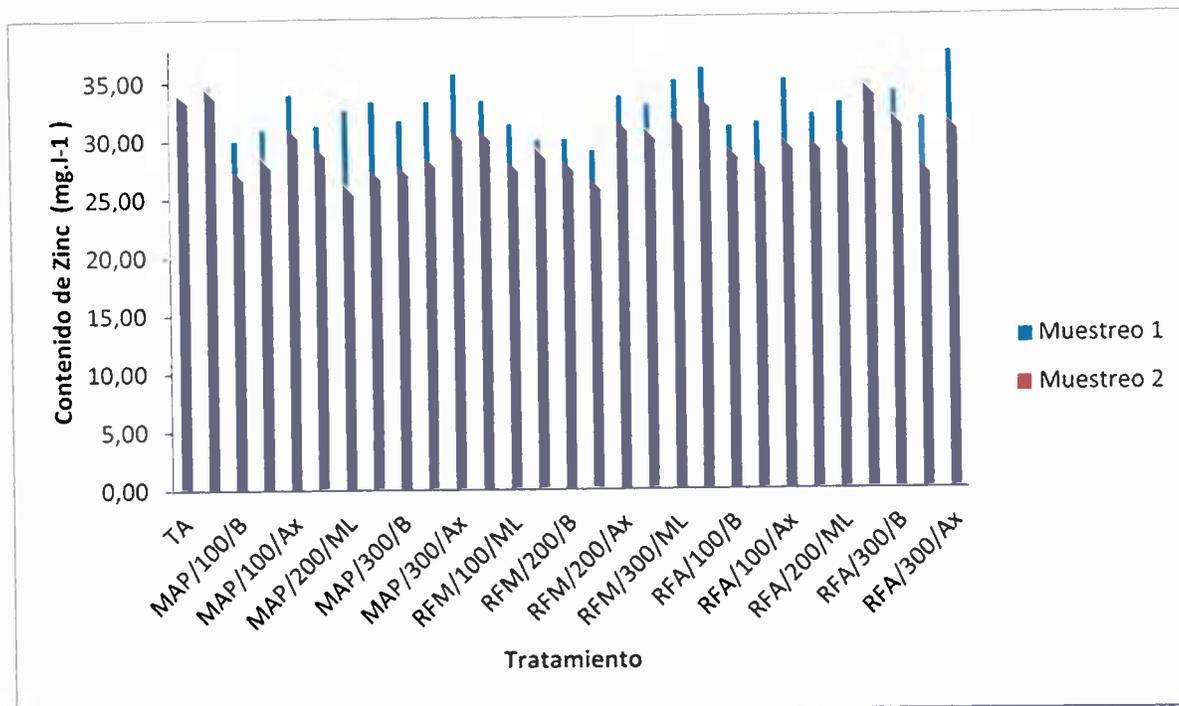


Figura 19. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Zn foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

En el Cuadro 35, se muestra que no hubo diferencia significativa entre los testigos absolutos y las fuentes evaluadas, con respecto a los contenidos de Zn foliar; para el primer muestreo. Pero en el segundo muestreo, si se presentó diferencia significativa ($< 0,0001$) entre ellos. También hubo diferencia entre las fuentes a base de roca fosfórica (RFA-RFM) y la fuente MAP.

Para las dosis evaluadas, el cuadro anterior nos indica que en el primer muestreo, el T.A.+N y la dosis de $300 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ fueron diferentes significativamente ($< 0,0001$), de las dosis de 200 y $100 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ respectivamente. Para el segundo muestreo, se volvió a presentar diferencia significativa ($0,0173$), pero entre los testigos absolutos y todas las dosis evaluadas. También, se presentó diferencia entre la dosis de $300 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ y las dosis de 200 y $100 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Cuadro 34. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Zinc foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		Zn (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		34,00 bcdef		33,33 a
Testigo absoluto + N		34,67 abcde		33,67 a
Fosfato	<u>Banda</u>	100	30,00 hi	26,67 ghi
		200	31,33 fghi	28,67 defg
		300	31,67 fghi	27,00 fghi
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	31,00 ghi	27,67 fgh
		200	32,67 defgh	25,33 i
		300	33,33 bcdefg	27,67 fgh
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	34,00 bcdef	30,33 cde
		200	33,33 bcdefg	26,67 ghi
		300	35,67 abc	30,00 cde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	33,33 bcdefg	30,00 cde
		200	30,00 hi	27,33 fghi
		300	33,00 cdefg	30,00 cde
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	31,33 fghi	27,33 fghi
		200	29,00 i	25,67 hi
		300	35,00 abcd	31,00 bc
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	30,00 hi	28,33 efg
		200	33,67 bcdefg	30,67 bcd
		300	36,00 ab	32,67 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	31,00 ghi	28,33 efg
		200	32,00 efgh	29,00 cdef
		300	34,00 bcdef	31,00 bc
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	31,33 fghi	27,33 fghi
		200	33,00 cdefg	29,00 cdef
		300	31,67 fghi	27,00 fghi
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	35,00 abcd	29,00 cdef
		200	34,67 abcde	33,67 a
		300	37,33 a	30,67 bcd

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Cuadro 35. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Zinc foliar.

Variables		Zn (mg.l ⁻¹)	
		Muestreo 1	Muestreo 2
(p-valor)		N S	< 0,0001 **
Fuentes de Aplicación	<u>T.A.</u>	34,00 a	33,33 a
	<u>T.A. + N</u>	34,67 a	33,67 a
	<u>M.A.P.</u>	32,56 a	27,78 c
	<u>R.F.M.</u>	32,37 a	29,22 b
Aplicación		<u>R.F.A.</u>	33,33 a
(p-valor)		< 0,0001 **	0,0173 *
Dosis de Aplicación (1)	<u>T.A.</u>	34,00 ab	33,33 a
	<u>T.A. + N</u>	34,67 a	33,67 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	31,89 b	28,33 c
	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	32,19 b	28,44 c
Aplicación (1)		<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	34,19 a
(p-valor)		< 0,0001 **	< 0,0001 **
Métodos de Aplicación	<u>T.A.</u>	34,00 ab	33,33 a
	<u>T.A. + N</u>	34,67 a	33,67 a
	<u>Banda</u>	31,81 b	28,67 c
	<u>M. Luna</u>	32,04 b	27,56 d
Aplicación		<u>Axila</u>	34,41 a
			30,22 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(2) kg.ha⁻¹ P₂O₅.

El Cuadro 35, nos muestra que para los métodos de aplicación evaluados, hubo diferencia significativa ($< 0,0001$) entre el T.A.+N y la aplicación a la axila de hojas bajas, con respecto a la aplicación en media luna y en banda. Para el segundo muestreo, vuelve a presentarse diferencia significativa ($< 0,0001$), pero entre los testigos absolutos y los métodos de aplicación evaluados en general.

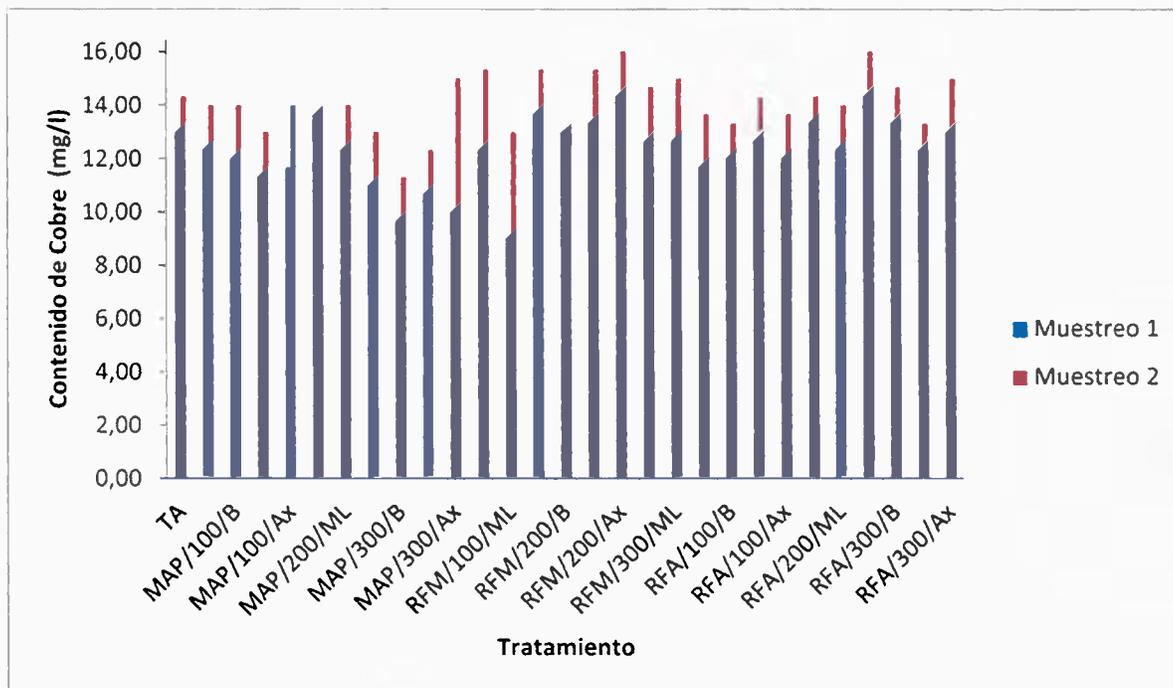


Figura 20. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Cu foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

También hubo diferencia entre la aplicación a la axila de hojas bajas y la aplicación en banda y media luna. Así como, hubo diferencia entre la aplicación en banda y la aplicación en media luna.

Cuadro 36. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Cobre foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		Cu (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		13,00 abcd		14,33 abc
Testigo absoluto + N		12,33 abcde		14,00 abc
Fosfato	<u>Banda</u>	100	12,00 abcdef	14,00 abc
		200	13,67 ab	14,00 abc
		300	9,67 fg	11,33 d
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	11,33 bcdefg	13,00 bcd
		200	12,33 abcde	14,00 abc
		300	10,67 defg	12,33 cd
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	11,67 bcdef	14,00 abc
		200	11,00 cdefg	13,00 bcd
		300	10,00 efg	15,00 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	12,33 abcde	15,33 ab
		200	13,00 abcd	13,33 bcd
		300	12,67 abcd	14,67 abc
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	9,00 g	13,00 bcd
		200	13,33 abc	15,33 ab
		300	12,67 abcd	15,00 ab
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	13,67 ab	15,33 ab
		200	14,33 a	16,00 a
		300	11,67 bcdef	13,67 abcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	12,00 abcdef	13,33 bcd
		200	13,33 abc	14,33 abc
		300	13,33 abc	14,67 abc
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	12,67 abcd	14,33 abc
		200	12,33 abcde	14,00 abc
		300	12,33 abcde	13,33 bcd
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	12,00 abcdef	13,67 abcd
		200	14,33 a	16,00 a
		300	13,00 abcd	15,00 ab

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

La Figura 20, no muestra diferencias importantes entre los testigos absolutos y los tratamientos evaluados, para los contenidos de Cu foliar, en el primer muestreo. Pero para el segundo muestreo, aumentan los contenidos de Cu para todos los tratamientos y testigos; así como las fuentes RFM y RFA obtienen los mayores valores para el Cu (Cuadro 15).

En el cuadro 36, se observa que hubo diferencia significativa (0,0054), entre los tratamientos RFA/200/Ax y RFM/200/Ax, con respecto a otros 8 tratamientos, para el primer muestreo. En el segundo muestreo no hubo diferencia significativa, pero los mismos tratamientos, mantuvieron los mayores valores para las medias del contenido de Cu foliar.

Cuadro 37. Efecto de las dosis de aplicación evaluadas, sobre los contenidos de Cobre foliar.

Variables	Cu (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0058 **	N S	
	<u>T.A.</u>	13,00 ab	14,33 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	12,33 ab	14,00 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	11,85 b	14,00 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	13,07 a	14,44 a
Aplicación (1)	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	11,78 b	13,89 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅.

En el Cuadro 37, se muestra que para las dosis evaluadas, hubo diferencia significativa (0,0058), entre la dosis de 200 kg.ha⁻¹ P₂O₅ y las dosis de 100 y 300 kg.ha⁻¹ P₂O₅, para el primer muestreo. No hubo diferencia

significativa entre las dosis y los testigos absolutos en el segundo muestreo; pero la dosis de 200 kg.ha⁻¹ P₂O₅, mantuvo los mayores valores de las medias para el contenido de Cu foliar, en comparación con las otras dosis y testigos.

La Figura 21, muestra que para el primer muestreo, los mayores valores para los contenido de Fe foliar, los alcanzan tratamientos con fuente MAP y los testigos absolutos. En el segundo muestreo, se reducen fuertemente

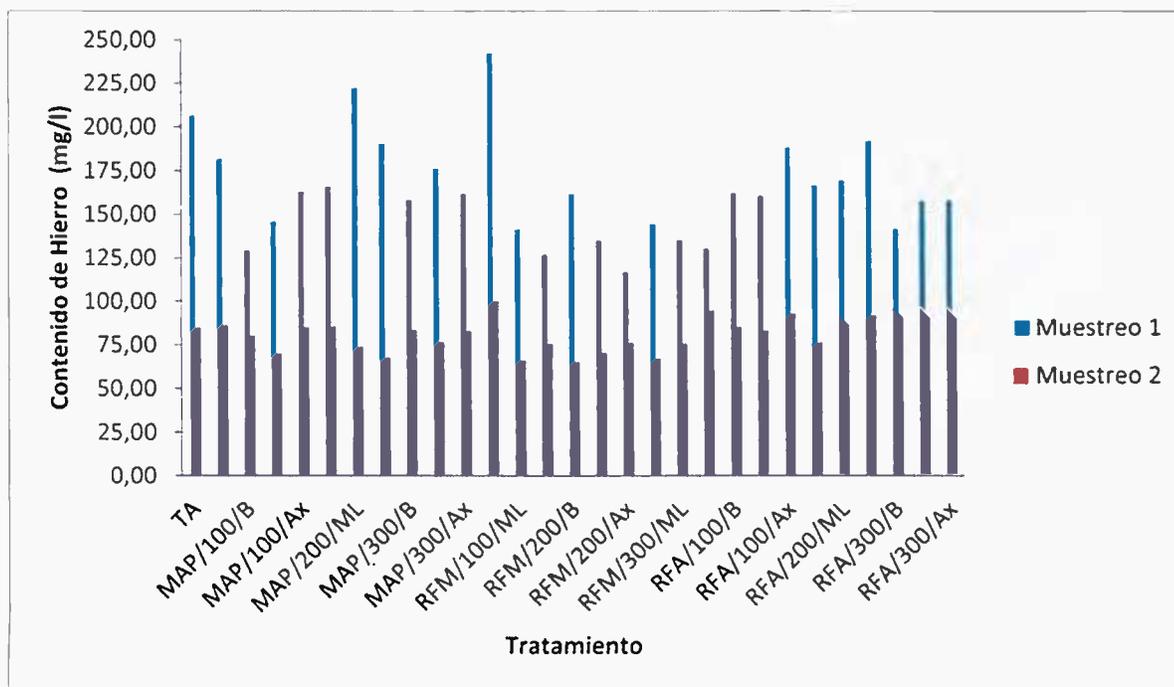


Figura 21. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Fe foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

los contenidos de Fe en los tratamientos y testigos. Viéndose que los valores para las medias de tratamientos, son muy similares entre sí.

En el Cuadro 38, se muestra que el tratamiento RFM/100/B, fue significativamente diferente (0,0041), a otros 24 tratamientos, en el primer

muestreo. Asimismo, no hubo diferencia significativa entre tratamientos, para el segundo muestreo.

No se presentaron diferencias significativas entre fuentes, dosis ó métodos de aplicación evaluados, para los contenidos de Fe foliar.

La Figura 22, muestra como en el primer muestreo, los mayores valores para el Mn foliar, los alcanzan tratamientos con la fuente MAP y son mayores a los testigos absolutos. En el segundo muestreo, se reducen para todos los tratamientos y testigos, los valores de las medias para la concentración foliar de Mn y no se notan diferencias importantes entre ellos.

El Cuadro 39, nos muestra que para el primer muestreo, el tratamiento MAP/200/Ax fue significativamente diferente (0,0081), a otros 22 tratamientos. Asimismo, para el segundo muestreo, el tratamiento RFM/200/Ax obtuvo el mayor valor de las medias para la concentración de Mn foliar, pero no fue significativamente diferente a los otros.

El Cuadro 40, nos muestra que para las fuentes evaluadas, hubo diferencia significativa (0,0001) entre el MAP y las otras dos fuentes de roca fosfórica, más los testigos.

También se presentó diferencia entre las fuentes de roca fosfórica (RFM y RFA) y el testigo absoluto. Lo anterior en el primer muestreo, ya que para el segundo no hubo diferencias.

Cuadro 38. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Hierro foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		Fe (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		206,33 abc		85,00 abcd
Testigo absoluto + N		181,67 bcdef		80,33 abcd
Fosfato	<u>Banda</u>	100	129,33 fgh	80,33 abcd
		200	166,00 cdefgh	85,67 abcd
		300	158,33 cdefgh	83,67 abcd
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	146,00 defgh	70,00 bcd
		200	222,33 ab	74,00 abcd
		300	176,33 bcdefg	76,67 abcd
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	163,00 cdefgh	85,33 abcd
		200	190,67 abcd	67,67 bcd
		300	161,67 cdefgh	83,00 abcd
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	242,33 a	100,33 a
		200	161,67 cdefgh	65,33 d
		300	144,33 defgh	67,33 bcd
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	141,67 defgh	66,33 cd
		200	135,00 efg	70,67 bcd
		300	135,0 efg	75,67 abcd
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	127,00 gh	75,67 abcd
		200	116,67 h	76,33 abcd
		300	130,00 fgh	94,67 ab
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	162,00 cdefgh	85,33 abcd
		200	166,67 cdefgh	76,33 abcd
		300	141,67 defgh	91,33 abcd
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	160,67 cdefgh	83,00 abcd
		200	169,33 bcdefgh	86,67 abcd
		300	157,67 cdefgh	91,00 abcd
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	188,00 bcde	93,00 abc
		200	192,00 abcd	92,00 abcd
		300	158,33 cdefgh	90,67 abcd

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas (p < 0,05) según prueba de Duncan.

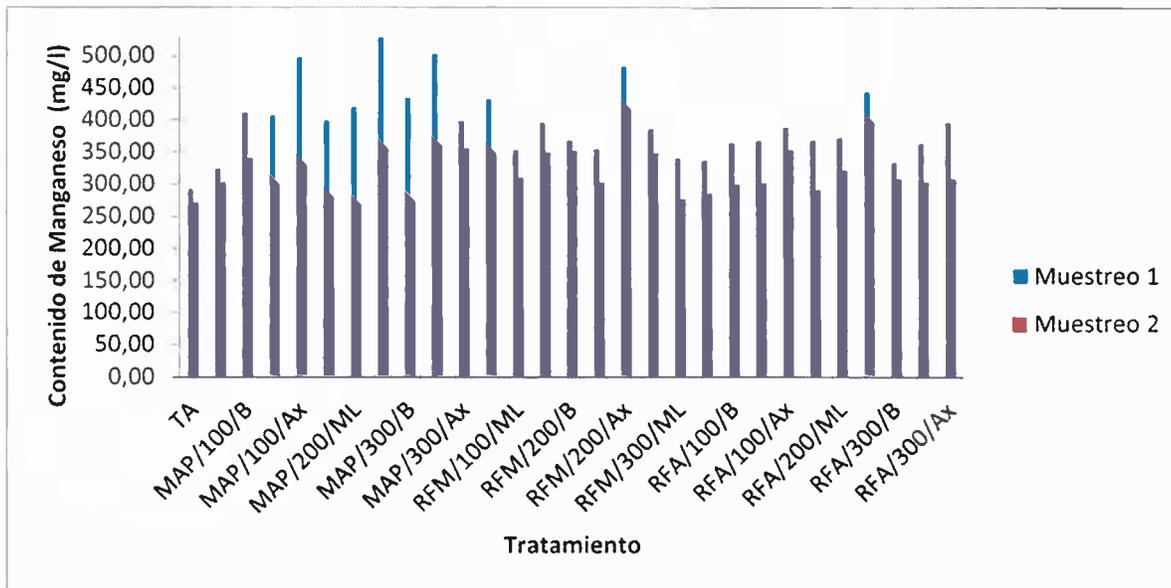


Figura 22. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de Mn foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

A la vez, para los métodos de aplicación en el primer muestreo, se presentó diferencia significativa (0,0344) entre la aplicación a la axila de hojas bajas y los otros métodos de aplicación y los testigos absolutos. También hubo diferencia entre la aplicación en banda y en media luna, con respecto al testigo absoluto. En el segundo muestreo, volvió a presentarse diferencia significativa (0,0378), entre la aplicación a la axila de hojas bajas y en banda, con respecto a la aplicación en media luna y testigos.

A la vez, para los métodos de aplicación en el primer muestreo, se presentó diferencia significativa (0,0344) entre la aplicación a la axila de hojas bajas y los otros métodos de aplicación y testigos absolutos. También hubo diferencia entre la aplicación en banda y en media luna, con respecto al testigo absoluto.

Cuadro 39. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Manganeso foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplic.).

		Mn (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		292,67 g		272,00 c
Testigo absoluto + N		324,33 fg		304,00 bc
Fosfato	<u>Banda</u> 100	411,00 bcdef		341,33 abc
	200	398,33 bcdef		280,67 c
	300	433,67 abcde		274,00 c
Monoamónico	<u>M.Luna</u> 100	406,00 bcdef		300,67 bc
	200	419,33 bcdef		268,33 c
	300	502,00 ab		360,67 abc
(M.A.P.)	<u>Axila</u> 100	497,00 ab		330,67 abc
	200	527,67 a		355,33 abc
	300	397,67 bcdefg		356,00 abc
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	430,67 abcdef		349,33 abc
	200	367,67 defg		352,00 abc
	300	385,67 cdefg		348,67 abc
Micronizada	<u>M.Luna</u> 100	352,67 defg		310,33 abc
	200	354,33 defg		303,33 bc
	300	340,00 defg		277,33 c
(R. F. M.)	<u>Axila</u> 100	395,33 bcdefg		349,67 abc
	200	482,67 abc		416,67 a
	300	336,00 defg		285,67 c
Roca Fosfórica	<u>Banda</u> 100	364,00 defg		300,00 bc
	200	368,00 defg		291,33 bc
	300	333,67 efg		309,00 abc
Acidulada	<u>M.Luna</u> 100	367,67 defg		302,00 bc
	200	372,00 defg		322,00 abc
	300	363,00 defg		304,00 bc
(R. F. A.)	<u>Axila</u> 100	388,33 cdefg		353,33 abc
	200	442,33 abcd		397,33 ab
	300	395,67 bcdefg		308,67 abc

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En el segundo muestreo, volvió a presentarse diferencia significativa (0,0378), entre la aplicación a la axila de hojas bajas y en banda, con respecto a la aplicación en media luna y testigos.

Cuadro 40. Efecto de las fuentes y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Manganeso foliar.

Variables	Mn (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	0,0001 **	N S	
	<u>T.A.</u>	292,67 c	272,00 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	324,33 bc	304,00 a
	<u>M.A.P.</u>	443,63 a	318,63 a
de	<u>R.F.M.</u>	382,78 b	332,56 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	377,19 b	320,85 a
(p-valor)	0,0344 *	0,0378 *	
	<u>T.A.</u>	292,67 c	272,00 b
Métodos	<u>T.A. + N</u>	324,33 bc	304,00 b
	<u>Banda</u>	388,07 b	316,26 a
de	<u>M. Luna</u>	386,33 b	305,41 b
Aplicación	<u>Axila</u>	429,19 a	350,37 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

En la Figura 23, se observa que los contenidos mayores de B foliar los obtienen tratamientos con la fuente MAP, en el primer muestreo; siendo muy parecidos los alcanzados por las dos fuentes de roca fosfórica.

En el segundo muestreo, disminuyen los contenidos de B foliar en todos los tratamientos y los testigos absolutos.

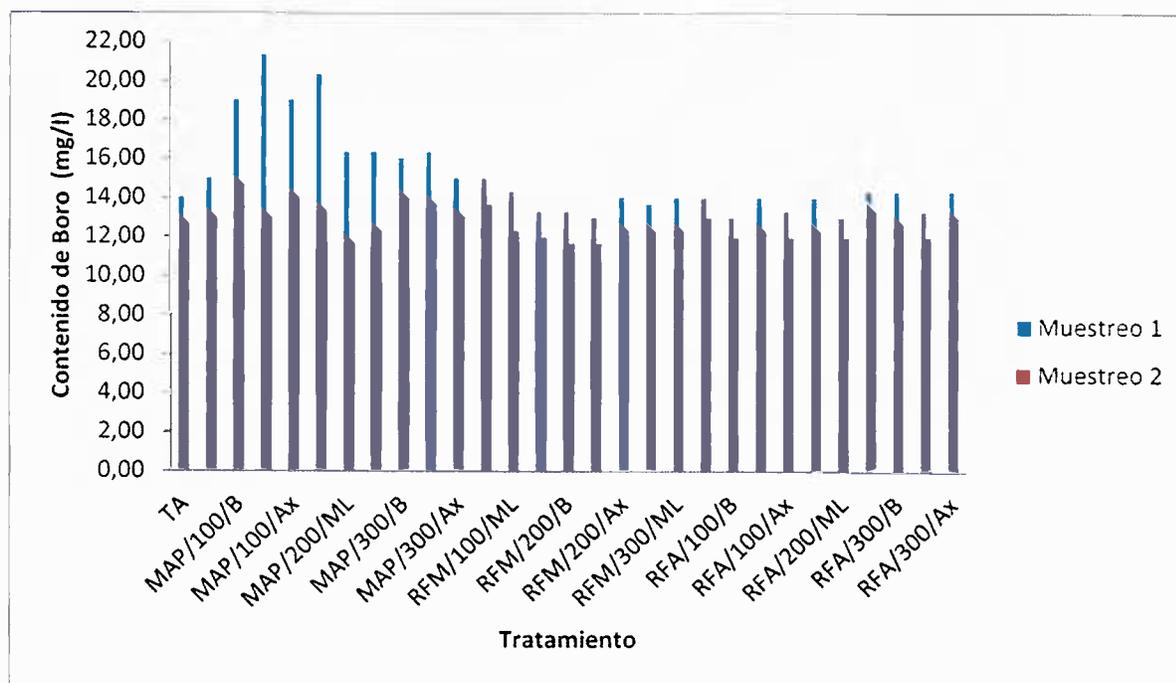


Figura 23. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la concentración de B foliar en plantas de piña, en los muestreos realizados a los 3 y 6 meses de la aplicación de los tratamientos.

En el Cuadro 41, se muestra que el tratamiento MAP/100/ML, fue significativamente diferente ($< 0,0001$), a otros 27 tratamientos, para el primer muestreo. El tratamiento MAP/100/B fue, en el segundo muestreo, significativamente diferente ($0,0004$), de otros 24 tratamientos.

El Cuadro 42, se muestra que en el primer muestreo, hubo diferencia significativa ($< 0,0001$), entre la fuente MAP y las otras dos fuentes fosfatadas (RFM y RFA) más los testigos absolutos, con respecto a los contenidos de B foliar.

Cuadro 41. Efecto de los tratamientos aplicados sobre los contenidos de Boro foliar, en el primer y segundo muestreos (3 y 6 meses de la aplicación).

		B (mg.l ⁻¹)		
Tratamientos		Muestreo 1		Muestreo 2
p-valor		< 0,0001 **		N S
Testigo absoluto (T.A.)		14,00 de		12,67 cdef
Testigo absoluto + N		15,00 cde		13,00 bcde
Fosfato	<u>Banda</u>	100	19,00 b	14,67 a
		200	20,33 ab	13,33 bcd
		300	16,00 cd	14,00 ab
Monoamónico	<u>M.Luna</u>	100	21,33 a	13,00 bcde
		200	16,33 c	11,67 f
		300	16,33 c	13,67 abc
(M.A.P.)	<u>Axila</u>	100	19,00 b	14,00 ab
		200	16,33 c	12,33 def
		300	15,00 cde	13,00 bcde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	15,00 cde	13,67 abc
		200	13,33 e	11,67 f
		300	13,67 e	12,33 def
Micronizada	<u>M.Luna</u>	100	14,33 cde	12,33 def
		200	13,00 l	11,67 f
		300	14,00 de	12,33 def
(R. F. M.)	<u>Axila</u>	100	13,33 e	12,00 ef
		200	14,00 de	12,33 def
		300	14,00 de	13,00 bcde
Roca Fosfórica	<u>Banda</u>	100	13,00 e	12,00 ef
		200	14,00 de	12,33 def
		300	14,33 cdef	12,67 cdef
Acidulada	<u>M.Luna</u>	100	14,00 de	12,33 def
		200	13,00 e	12,00 ef
		300	13,33 e	12,00 ef
(R. F. A.)	<u>Axila</u>	100	13,33 e	12,00 ef
		200	14,33 cde	13,33 bcd
		300	14,33 cde	13,00 bcde

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas (p < 0,05) según prueba de Duncan.

Para el segundo muestreo, se mantiene la diferencia significativa (0,0016), pero sólo entre el MAP y las dos fuentes de roca fosfórica.

En el Cuadro 42, también se observa que para el primer muestreo, hubo diferencias significativas (0,0182), entre todas las dosis evaluadas más el T.A.+N con respecto al T.A. Para el segundo muestreo, el Andeva mostró diferencia significativa, pero la prueba de comparaciones de medias (Duncan), no lo apreció así.

Cuadro 42. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre los contenidos de Boro foliar.

Variables	B (mg.l ⁻¹)		
	Muestreo 1	Muestreo 2	
(p-valor)	< 0,0001 **	0,0016 *	
	<u>T.A.</u>	14,00 b	12,67 ab
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	15,00 b	13,00 ab
	<u>M.A.P.</u>	17,74 a	13,30 a
de	<u>R.F.M.</u>	13,85 b	12,37 b
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	13,74 b	12,41 b
(p-valor)	0,0182 *	0,0213 *	
	<u>T.A.</u>	14,00 b	12,67 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	15,00 a	13,00 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	15,81 a	12,89 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	14,96 a	12,30 b
Aplicación (1)	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	14,56 a	12,89 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅..

2.5 CONCLUSIONES.

-La fuente MAP es la que genera los mayores valores para la concentración foliar de P, en plantas de piña.

-El efecto residual de la fuente MAP es poco y dura menos de 3 meses, luego de su aplicación.

-Conforme mayor es la dosis que se aplica de MAP, mayor son las concentraciones de P foliar que se logran en las plantas de piña.

-La aplicación de la fuente MAP provoca que las plantas aumenten sus contenidos foliares de Ca, Mg, K, S, Fe, Mn y B; más que con el uso de las fuentes de roca fosfórica (RFM y RFA), en los primeros 3 meses.

-Las fuentes RFM y RFA logran que las plantas de piña absorban más P, a corto-mediano plazo (de 3 a 6 meses, luego de su aplicación).

-Las fuentes RFM y RFA, logran que las plantas de piña aumenten su concentración de Ca, Mg, Zn y Cu a corto-mediano plazo (3 a 6 meses, luego de su aplicación).

-La fuente RFM logra que las plantas de piña aumenten la concentración de S foliar, más que con el uso de las fuentes MAP y RFA (a los 6 meses de su aplicación).

-La fuente RFA logra que las plantas de piña aumenten su concentración foliar de K, en comparación con la aplicación de la fuente RFM (a los 6 meses de la aplicación).

-La dosis de $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ provoca una mayor absorción de Zn por las plantas de piña; que las dosis de 200 y $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, respectivamente.

- La dosis de $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ provoca una mayor absorción de Cu por las plantas de piña; que las dosis de 100 y $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, respectivamente.

-La aplicación en banda hace que las plantas de piña aumenten su contenido de N foliar.

La aplicación en banda provoca que las plantas de piña aumenten la concentración de K y Zn foliar, en comparación con la aplicación en media luna.

-La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten la concentración de S y Mn foliar, en comparación con la aplicación en media luna.

-La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten los contenidos de Zn foliar, en comparación con la aplicación en media luna ó en banda.

-La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten sus contenidos foliares de Mn a los 3 meses de su aplicación.

3 CAPITULO 3

Efecto de fuentes de P de diferente solubilidad sobre el crecimiento y rendimiento de la piña (*Ananas comosus* (L)) var. MD-2; en un Ultisol de la Zona Norte de Costa Rica.

Palabras clave: Suelos ácidos, fuentes de fósforo, dosis de fósforo, formas de aplicación, roca fosfórica, ultisoles, piña (*Ananas comosus*), variables de crecimiento, producción.

3.1 Resumen

Se evaluó el efecto de la aplicación de tres fuentes fosfatadas de diferente solubilidad, sobre el crecimiento de plantas de piña y el rendimiento del cultivo. El ensayo se realizó en un Ultisol de Pital de San Carlos, Alajuela. Como fuentes de P se utilizaron el Fosfato Monoamónico (MAP, 50% P₂O₅ + 10% N), Roca Fosfórica Micronizada (RFM, 30% P₂O₅ + 40% CaO + 1% MgO) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA, 25% P₂O₅ + 35% CaO + 7% MgO). Los tratamientos fueron la interacción de tres dosis (100-200-300 kg.ha⁻¹), tres fuentes fosfatadas (MAP-RFM-RFA) y tres formas de aplicación (en banda, en media luna y en la axila de hojas bajas), más un Testigo Absoluto (TA) y un Testigo Absoluto + N (TA+N); para un total de 29 tratamientos. Las fuentes de P fueron aplicadas a mano en cada unidad experimental, a los 22 días de realizada la siembra de las plantas de piña (68000 plantas por hectárea). Asimismo se aplicó una fertilización base con N (21,1 kg.ha⁻¹) a los tratamientos con RFM, RFA y TA+N, para compensar el nivel del N en el suelo que aportan las dosis correspondientes de MAP (nivel menor). Se utilizaron unidades experimentales de 79,35 m² promedio, con un diseño experimental de Bloques Completos al azar, con 29 tratamientos y 3 repeticiones. En las variables altura de planta y largo de la hoja D tuvieron mayor efecto las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P. La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, tuvo mayor respuesta en las variables número de hojas y diámetro del tallo. Las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P lograron mayor peso de plantas al preforzamiento (2,5 kg a los 7 meses de edad). Hubo mayor incidencia de pudrición basal del tallo y fruta natural en el testigo absoluto (T.A.). Hay tendencia de las fuentes y dosis evaluadas a producir frutas de tamaño 5, 6 y 7; y de los testigos absolutos a formar frutas de tamaño 9 y 10. Se produjo menos frutas de rechazo con la aplicación a la axila de hojas bajas y con los testigos absolutos; esto incidió en que las fuentes, dosis y métodos de aplicación tuvieran un número menor de frutas por hectárea. La producción total exportable por hectárea y el número de cajas de fruta exportable por hectárea, no variaron por efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, ni por la acción de los testigos absolutos. Valores obtenidos fueron altos

dentro del rango normal de producción en Costa Rica. No hubo diferencia en la producción total de fruta exportable por hectárea, al usar MAP ó Roca Fosfórica como fuente de P. En general, no se observó necesidad de altas dosis de P_2O_5 en la fertilización, para lograr buena producción. Asimismo, el método de aplicación más efectivo fue el localizado (a la axila de hoja bajera).

3.2 INTRODUCCION

La piña, taxonómicamente pertenece al Reino Vegetal, División Monocotiledónea, Clase Liliopsidas, Orden Bromeliales, Familia Bromeliaceae, Género Ananas, especie comosus e identificada por Linneo (Jiménez, 1999).

Es una planta herbácea, con una altura de aproximadamente un metro y que morfológicamente está compuesta por un tallo, raíces, hojas, estructuras de reproducción, inflorescencia y fruto. El tallo está anclado al suelo por medio del sistema radical y una vez desarrollado mide hasta 80 ó 100 mm de diámetro. Posee yemas para el desarrollo de retoños y raíces. Es de consistencia herbácea, de forma redondeada, generalmente de 30-60 cm de altura, carnoso y rígido con entrenudos cortos; se continúa en el pedúnculo floral, luego en el eje central de la inflorescencia, con lo cual forma una sola masa terminando en el ápice en una corona de hojas (Jiménez 1996).

Los retoños y estructuras para reproducción vegetativa, que salen de las yemas del tallo (retoños) del pedúnculo de la fruta (hijos) y de la parte superior de la fruta (corona); todos poseen yemas de raíces y una cuarta estructura llamada hapa (mitad hijo, mitad retoño) se encuentra entre el eje de las hojas y el pedúnculo (Jiménez 1999).

Una planta madura puede llegar a tener de 60 a 80 hojas, adheridas al tallo en un arreglo espiral, poseen venas paralelas y tienen espinas, excepto el cultivar Cayena Lisa (Jiménez 1999). Retienen un 7% del agua adsorbida por las raíces y su forma acanalada le permite a la planta recoger en su base cualquier precipitación o rocío por mínimo que este sea, lo cual es de suma importancia en la aplicación de fertilizantes foliares (Py

1960). Las hojas están cubiertas por un polvo blanco llamado tricomas, que protegen a la misma de la pérdida de agua; y los estomas están en el envés, controlando la transpiración por medio de las células guardianes o buliformes (Jiménez 1999). La producción de nuevas hojas se interrumpe hasta que las flores se han formado, luego el crecimiento apical reanuda el desarrollo de las hojas, para la formación de la corona, este crecimiento cesa cuando el fruto madura y entra en estado de letargo (Arroyo 1979).

La mayoría de las raíces son fibrosas, adventicias secundarias (Jiménez 1999). El sistema radical de la planta de piña es bastante superficial. Puede crecer hasta dos metros, cuando el medio le resulta favorable. Las raíces penetran y se extienden hasta 15 cm y algunas pueden llegar a los 30 cm de profundidad. Las plantas recién sembradas poseen raíces primarias de corta vida, fibrosas y adventicias secundarias. Las raíces que están en contacto con el suelo son cortas y huecas, excepto en suelos bien aireados (Castañeda 2003 y Jiménez 1999).

La inflorescencia comienza en el ápice del tallo como un cono, el cual pasa por varias etapas y produce flores de color lavanda. Las flores de la base se abren primero, en 20 días todas las flores se abren. Se producen de 100 a 200 flores por inflorescencia y el desarrollo de la fruta es partenocárpico. Sin embargo, puede ocurrir polinización cruzada, por lo que se producirán semillas (Jiménez 1999). El fruto de la piña es compuesto o sea un racimo de frutículos individuales, que son como la extensión del tallo por la forma en que se aloja sobre un pedúnculo de 100 a 150mm de longitud. Su peso alcanza hasta 3,6 kg en piñas grandes, pero comercialmente es preferible la piña de tamaño mediano, de aproximadamente 1,8 kg promedio (Castañeda 2003).

La variedad sembrada en el ensayo, es el Híbrido MD-2, originalmente denominado 73-114 y se caracteriza por su madurez temprana.

Fue asignado a Del Monte en 1981 como fruta de doble propósito: proceso y fruta fresca. Crece rápidamente y llega a tener un peso de planta al momento de inducción floral, dos a tres meses antes que Champaka, dependiendo de las condiciones de desarrollo y época del año. La pulpa es firme y de alta pigmentación y no es compatible con los clones de Cayena Lisa en fruta procesada de empaque sólido. Este híbrido es más susceptible a la pudrición del tallo y las raíces, causada por *Phytophthora parasitica* y *P. cinnamomi* (Montero y Cerdas 2005, Castañeda 2003 y Jiménez 1999).

El ciclo vegetativo de la piña, descrito por Castro (2000), inicia con el desarrollo del hijuelo mediante la emisión de raíces adventicias, por su sección basal y hojas nuevas por la sección apical. El crecimiento es lento al principio pero aumenta por la formación de nutrimentos, por absorción radical y síntesis foliar. Luego continua con la acumulación de reservas, el desarrollo vegetativo se restringe y suceden una serie de cambios fisiológicos que estimulan la emisión del brote floral. A partir de este momento cesa la formación de hojas, la floración primero y luego la fructificación, posteriormente absorbe los nutrimentos y reservas, entrando la planta en una etapa en que predomina la fase de producción sobre la fase vegetativa.

Por lo general y 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, por lo que la planta 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 han transcurrido alrededor de 22 semanas (cinco meses y medio) necesarios para la floración, formación, desarrollo y maduración de consumo del fruto (Castro 2000).

La mayoría de los suelos cultivados con piña en Costa Rica son de naturaleza ácida, siendo principalmente Ultisoles, Inceptisoles distrícos 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 arcillas 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).

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).

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).

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).

La Roca Fosfórica, es un material que aunque su función principal es el aporte de P, posee un contenido nada despreciable de Ca, que poco a poco contribuye a disminuir la acidez presente en los suelos.

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.

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 (Bertsch 1995).

Para entender el efecto de los diversos factores que influyen en el crecimiento Bertsch (1998) propone que es importante considerar que:

□□Las reacciones biológicas de crecimiento son complejas. Un determinado proceso es afectado por varios factores a la vez. Por ejemplo, la floración es afectada tanto por factores ambientales como por factores internos de la planta.

□□Algunos factores de crecimiento pueden ser sustituidos. Existen diferentes rutas dentro de la planta que le permiten obtener un mismo producto final; por lo tanto, la disminución de la velocidad de una ruta o la reducción de la concentración de un elemento esencial puede no afectar la tasa de crecimiento de la planta. Si no hay disponibilidad de un determinado elemento básico, la planta puede recurrir, en un momento dado, a usar otro elemento presente en el ambiente con características similares al primero, y presentar un desarrollo normal, aunque el elemento básico sea limitante.

□□Existen interacciones entre los factores de crecimiento como el sinergismo (la adición de un factor puede hacer a otro más eficiente), antagonismo (la adición de un factor tiene un efecto directo supresor sobre otro factor) y reacciones en cadena (la adición de un elemento ocasiona que se produzca otra serie de reacciones en secuencia).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de P de diferente solubilidad sobre algunas variables de crecimiento y la

producción, de plantas de piña (*Ananas comosus* (L) var. MD-2; en un Ultisol de la Zona Norte de Costa Rica.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una plantación de piña var. MD-2, de la Finca Tres Amigos, ubicada en Piedra Alegre de Pital, San Carlos, Alajuela. Se seleccionó un área de 0,70 ha del lote #12 (secciones 20 y 21), donde cada sección se divide en áreas menores llamadas gavetas (separadas por drenajes terciarios). Cada una de ellas se dividió en 6 partes muy similares (unidad experimental) y se sembró con semilla vegetativa de piña, del mismo tipo y peso (600-800 g), curadas en el campo con fungicida e insecticida.

La siembra se realizó en camas de 80 cm de ancho, donde se colocaron 2 hileras dobles dispuestas en un arreglo espacial de tresbolillo y con una separación entre hileras de 60 cm. Cada unidad experimental constó de 10 hileras dobles de plantas y el área de la misma varió según la longitud de la gaveta. La parcela útil constó de las 5 camas centrales y se dejó como borde con el drenaje, las 5 plantas finales de cada hilera.

Las fuentes fertilizantes fosfatadas utilizadas fueron Fosfato Monoamónico (MAP), Roca Fosfórica Micronizada (RFM) y Roca Fosfórica Acidulada (RFA). La fuente nitrogenada para compensar el aporte de N del MAP fue la Urea prilada. Se aplicó a mano el tratamiento respectivo en cada unidad experimental, planta por planta, a los 22 días de realizada la siembra del área del ensayo (dds). Las restantes labores requeridas por el cultivo las realizó el personal de la finca, de igual forma para todos los tratamientos.

Los tratamientos aplicados fueron un Testigo Absoluto (T.A.) ($0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 y N), un Testigo Absoluto con N (T.A.+N) ($0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 y $21,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N), MAP ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5), RFM ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5), RFA ($100\text{-}200\text{-}300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5). La aplicación se realizó según la forma de aplicación que correspondía al tratamiento y en banda para el tratamiento T.A.+N.

Durante los primeros 6 meses, se realizó en forma mensual, la toma de datos para algunas variables de crecimiento, antes de la inducción floral. Luego, al momento de la cosecha, se realizó la evaluación del rendimiento (kg.ha⁻¹ fruta, tamaño de frutos, cantidad por parcela, grados brix de fruta por tamaño, acidez de fruta por tamaño.). Las variables biométricas evaluadas fueron la altura de planta, los días a inducción floral, el número de hojas, el diámetro de tallo y el largo de la hoja de muestreo (D); así como la incidencia de *Phytophthora* y de la floración natural. La recolección de datos, inició al mes de la aplicación de los tratamientos.

Con el fin de que al menos un 80% de las plantas presentara un peso igual ó mayor a 2,2 Kg previo a la inducción floral (forzamiento), se realizaron dos muestreos de peso de planta (196 y 213 dds). El peso se logró alcanzar en el segundo muestreo. La aplicación de la hormona se realizó a los 214 dds (días después siembra) vía foliar por aspersión con máquina asperjadora (spray boom). No se requirió una segunda aplicación para una cobertura total de las plantas. A los 28 días de la aplicación se muestrearon algunas plantas para comprobar la eficacia de la inducción floral.

Las evaluaciones realizadas se hicieron siguiendo el procedimiento que a continuación se detalla:

Altura de planta: La altura de planta se determinó midiendo, con una cinta métrica la longitud de la hoja D (más larga), iniciando desde el suelo, hasta la punta de la misma. Para llevar a cabo estas mediciones, se seleccionaron en cada unidad experimental 10 plantas, las cuales se marcaron con spray blanco, para poder identificarlas.

Edad de forzamiento: La edad de forzamiento de las plantas es un dato que se logró cuando las plantas alcanzaron el peso definido para su inducción

artificial. Para poder inducir a forzamiento en la finca, las plantas deben tener al menos un peso promedio de 2,2 kg.

Peso promedio: Para determinar el peso promedio de planta, se seleccionaron al azar dentro de cada unidad experimental, 10 plantas en cada evaluación; a las cuales, con ayuda de un balancín de mano, se les determinó el peso y luego se sacó un promedio. El peso se evaluó cuando las plantas estaban cerca de los 6 meses y quince días después (cuando alcanzaron el peso para forzamiento).

Número de hojas: El número de hojas se determinó haciendo un conteo de todas las hojas completas que conforman las plantas seleccionadas (no se tomó en cuenta las hojas recortadas), para lo cual se utilizaron las mismas 10 plantas seleccionadas para determinar la altura de planta.

Diámetro de tallo: Se determinó midiendo el diámetro de las plantas en la parte basal, para lo cual se usó un caliper manual. La medición se hizo en las plantas seleccionadas de cada unidad experimental, que se utilizaron en otras mediciones (altura, número de hojas, etc).

Longitud de hoja D: Se realizó midiendo la longitud de la hoja más larga (hoja D), de cada planta. Esta medición se hizo en las 10 plantas seleccionadas para tomar el contenido de nutrientes en la unidad experimental. La actividad se realizó con la ayuda de una cinta métrica.

Porcentaje de incidencia de Phytophthora: Se realizó mediante un muestreo visual en cada unidad experimental, de los síntomas típicos de la enfermedad. Se recorrieron las camas y se muestrearon el tallo y el follaje en general de las plantas, en busca de marchitez y pudriciones. Los individuos afectados se contaron en cada evaluación, para sacar un porcentaje de incidencia de la enfermedad.

Porcentaje de parición natural: La parición natural, se refiere a las plantas que se inducen a floración por sí solas, sin forzarlas artificialmente. Esta evaluación se hizo mediante un muestreo visual de la aparición temprana de frutos en las unidades experimentales. Se recorrieron las camas y se

contaron en cada evaluación, los frutos que aparecieron prematuramente, para sacar un porcentaje de parición natural.

Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (Andeva), para cada una de las variables evaluadas y una prueba de comparación de medias (Duncan), en aquellas variables que resultaron con efecto significativo de tratamiento.

3. 4 RESULTADOS Y DISCUSION.

3.4.1 Efecto sobre las Variables de Crecimiento.

3.4.1.1 Sobre la altura de las plantas de piña.

Como se observa en el Cuadro 43, para las fuentes de fósforo aplicadas hubo diferencia significativa (0,0001), de las tres fuentes con respecto a los dos testigos absolutos, en el efecto sobre la altura de las plantas de piña. La RFM tuvo los mejores valores para la altura de planta, pero no significativamente diferente a las otras dos fuentes (MAP y RFA).

Antes de que hicieran efecto los tratamientos aplicados, los T.A. fueron mejores (muestreo 1), pero durante el resto de las evaluaciones, se alternaron el primer lugar entre la RFM y el MAP. Importante observar que en las evaluaciones 5 y 6 y la sumatoria del aumento en altura; el RFM fue el mejor, probablemente por su mayor efecto residual. También es interesante ver que a pesar de su baja solubilidad en el suelo, la RFM logró un efecto similar al del MAP sobre la altura de planta y un mayor efecto que la RFA; ésta última por su proceso de fabricación, tiene mayor solubilidad que el RFM y logra un mayor efecto inmediato. Quizá esto se deba al pH bajo del suelo utilizado en el ensayo (menor de 5).

Con respecto a las dosis de fuentes evaluadas, se observa en el Cuadro 44 que hubo diferencia significativa (0,0015), entre las dosis y los dos testigos absolutos, para el acumulado del efecto en la altura de plantas. Asimismo, no hubo diferencia entre aplicar 200-100-300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, en el efecto sobre la altura de las plantas de piña.

Cuadro 43. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad aplicadas en el ensayo, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	FUENTES DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
1	0,0016 **	57,33 a	56,67 a	53,59 b	53,67 b	53,19 b
2	< 0,0001 **	64,67 c	65,00 c	72,78 ab	74,96 a	71,89 b
3	< 0,0001 **	72,33 b	72,00 b	86,22 a	85,96 a	83,33 a
4	< 0,0001 **	76,33 c	75,33 c	92,85 a	92,78 a	89,52 b
5	< 0,0001 **	79,33 b	77,33 b	97,52 a	97,56 a	95,63 a
6	< 0,0001 **	82,67 c	82,33 c	101,81 ab	103,41 a	100,89 b
Incremento	< 0,0001 **	25,33 c	25,67 c	48,22 ab	49,59 a	47,70 ab
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

También se observa en el Cuadro 44, que fue notoria la diferencia entre las dosis y los testigos absolutos (con y sin N), en la mayoría de las evaluaciones mensuales (sólo difirió en la primera). Aunque la probabilidad del ANDEVA cada una de las evaluaciones no fue significativa (excepto en la evaluación 6), en la prueba de comparaciones múltiples (Duncan) si se logró diferencia mínima significativa para la evaluaciones y para la sumatoria de las evaluaciones.

Con respecto a los métodos de aplicación de las fuentes fosfatadas evaluadas se observa en el Cuadro 45, que hubo diferencia significativa (0,0078) entre los métodos de aplicación y los dos testigos absolutos, para

Cuadro 44. Efecto de las dosis aplicadas de fuentes de P de diferente solubilidad, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	DOSIS DE APLICACIÓN (1)				
		T.A.	T.A. + N	100 Kg.Ha ⁻¹	200 Kg.Ha ⁻¹	300 Kg.Ha ⁻¹
1	0,7409 NS	57,33 a	56,67 a	53,67 b	53,52 b	53,26 b
2	0,3717 NS	64,67 b	65,00 b	73,78 a	72,63 a	73,22 a
3	0,8680 NS	72,33 b	72,00 b	85,37 a	85,30 a	84,85 a
4	0,6646 NS	76,33 b	75,33 b	91,63 a	92,19 a	91,33 a
5	0,4450 NS	79,33 b	77,33 b	96,81 a	97,37 a	96,52 a
6	0,0322 *	82,67 b	82,33 b	102,59 a	102,44 a	101,07 a
Incremento	0,0015 **	25,33 c	25,67 c	48,78 ab	49,19 a	47,56 b
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅

el acumulado del efecto en la altura de plantas. Asimismo, no hubo diferencia entre aplicar las fuentes a la axila de hojas bajas de plantas, en banda ó en media luna; en el efecto sobre la altura de las plantas de piña. También se observa en el Cuadro 45, que durante 4 muestreos, hubo diferencia entre las métodos de aplicación y los testigos absolutos (con y sin N). Aunque la probabilidad en las evaluaciones no fue significativa para el Andeva, en la prueba de comparaciones múltiples (Duncan), si se logró diferencia mínima significativa.

Importante tomar en cuenta, que la aplicación a la axila de hojas bajas, fue primera en las últimas dos evaluaciones y en el acumulado de los incrementos en altura de planta; lo cual indica que dicho método de aplicación, brinda buena residualidad a las fuentes fosfatadas.

Cuadro 45. Efecto de los métodos de aplicación evaluados de fuentes de P de diferente solubilidad, sobre la altura de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	METODOS DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	Banda	M. Luna	Axila
1	0,9713 NS	57,33 a	56,67 a	53,44 b	53,56 b	53,44 b
2	0,0001 **	64,67 c	65,00 c	75,37 a	73,00 ab	71,26 b
3	0,0536 NS	72,33 b	72,00 b	86,52 a	85,07 a	83,93 a
4	0,1497 NS	76,33 b	75,33 b	92,30 a	92,22 a	90,63 a
5	0,4861 NS	79,33 b	77,33 b	96,63 a	96,70 a	97,37 a
6	0,1721 NS	82,67 b	82,33 b	102,04 a	101,44 a	102,63 a
Incremento	0,0078 **	25,33 b	25,67 b	48,59 a	47,74 a	49,19 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

3.4.1.2 Sobre el número de hojas en las plantas de piña.

El aumento en el número de hojas, es una característica que indica el vigor de la planta ante la presencia de condiciones óptimas para su desarrollo. Como vemos en el Cuadro 46, no hubo diferencia significativa entre las fuentes evaluadas, ni entre estas y los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el número de hojas en plantas de piña

(evaluaciones parciales y sumatoria de los incrementos parciales). Importante notar que el MAP siempre tuvo los mayores valores de las medias de tratamientos, pero a pesar de la gran diferencia en solubilidad entre la fuente MAP y las dos fuentes de roca fosfórica, no se manifestó dicha diferencia en un mayor número de hojas por planta; puesto que hubo mayor disponibilidad de P y por lo tanto, condiciones más óptimas para desarrollo foliar. Esto hace suponer que el contenido óptimo de P para un buen desarrollo de las plantas de piña, no es por la cantidad, sino por la disponibilidad constante del mismo.

Cuadro 46. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad aplicadas en el ensayo, sobre el número de hojas de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

FUENTES DE APLICACIÓN						
# Muestreo	(p-valor)	T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
1	0,2971 NS	12,33 a	13,00 a	13,00 a	12,37 a	11,93 a
2	0,0227 *	13,67 a	14,00 a	14,56 a	13,44 a	12,96 a
3	0,0475 *	14,67 a	15,33 a	16,04 a	15,00 a	14,63 a
4	0,0934 NS	16,00 a	16,67 a	17,19 a	16,19 a	15,93 a
5	0,1749 NS	17,00 a	17,67 a	18,26 a	17,22 a	17,22 a
6	0,2808 NS	18,00 a	18,67 a	19,15 a	18,22 a	18,26 a
Incremento	0,2965 NS	5,67 a	5,67 a	6,15 a	5,85 a	6,33 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Igual comportamiento que las fuentes, fue obtenido con las dosis evaluadas no encontrándose diferencias entre ellas ni entre ellas y los testigos absolutos.

En referencia a los métodos de aplicación de las fuentes fosfatadas, el Cuadro 47 nos muestra que hubo diferencia significativa (0,0003), entre los métodos de aplicación evaluados y entre estos y los testigos absolutos, para el efecto sobre el número de hojas en las plantas de piña. La aplicación a la axila de hojas bajas, fue diferente a los testigos absolutos y a la aplicación en media luna; esto en el acumulado de los efectos parciales.

Este resultado indica que la aplicación de alguna de las fuentes evaluadas, en la axila de hojas bajas de plantas de piña, logra un mayor número de hojas por planta y esto a causa de tener un medio con mayor fertilidad

Cuadro 47. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de P de diferente solubilidad evaluadas en el ensayo, sobre el número de hojas en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	METODOS DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	Banda	M. Luna	Axila
1	0,0967 NS	12,33 a	13,00 a	12,85 a	12,63 a	11,81 a
2	0,0540 NS	13,67 a	14,00 a	14,11 a	13,85 a	13,00 a
3	0,0648 NS	14,67 a	15,33 a	15,78 a	15,22 a	14,67 a
4	0,1331 NS	16,00 a	16,67 a	16,96 a	16,30 a	16,04 a
5	0,2426 NS	17,00 a	17,67 a	18,04 a	17,30 a	17,37 a
6	0,3311 NS	18,00 a	18,67 a	18,93 a	18,22 a	18,48 a
Incremento	0,0003 **	5,67 b	5,67 b	6,07 ab	5,59 b	6,67 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

(por la disponibilidad de nutrimentos). Puede ser que la mayor residualidad, que aporta la aplicación a la axila de hojas bajas, sea importante para tener una mejor eficiencia de las fuentes fosfatadas aplicadas en el cultivo de la piña.

3.4.1.3 Sobre el diámetro del tallo de las plantas de piña.

Como se observa en el Cuadro 48, no hubo diferencias significativas (NS), entre las fuentes evaluadas ni de ellas con los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el diámetro de las plantas de piña. Importante notar, que en la mayoría de las evaluaciones realizadas, los mayores

Cuadro 48. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad aplicadas en ensayo, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	FUENTES DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
1	0,1117 NS	5,03 a	5,70 a	5,28 a	5,07 a	5,01 a
2	0,0225 *	5,30 b	5,30 b	5,60 a	5,49 ab	5,29 b
3	0,0550 NS	5,63 b	5,70 ab	5,94 a	5,94 a	5,73 ab
4	0,1479 NS	5,90 b	6,17 ab	6,32 a	6,34 a	6,21 a
5	0,1305 NS	6,30 b	6,63 a	6,78 a	6,76 a	6,64 a
6	0,1268 NS	6,70 b	7,10 a	7,26 a	7,14 a	7,06 a
Incremento	0,8162 NS	1,67 b	2,03 a	1,99 a	2,07 a	2,04 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

valores para esa característica lo obtuvo la fuente MAP, pero a la hora de la sumatoria de los efectos parciales, las fuentes RFM y RFA logran mayores valores para el diámetro del tallo de plantas de piña. Pareciera que no fue determinante la gran solubilidad del MAP, para ésta variable.

El Cuadro 49, nos muestra que no hubo diferencias significativas (NS), entre las dosis evaluadas de las fuentes fosfatadas ni de ellas con los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el diámetro de la planta de piña.

Cuadro 49. Efecto de las dosis de fuentes de P de diferente solubilidad aplicadas en el ensayo, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	DOSIS DE APLICACIÓN (1)				
		T.A.	T.A. + N	100 Kg.Ha ⁻¹	200 Kg.Ha ⁻¹	300 Kg.Ha ⁻¹
1	0,5341 NS	5,03 a	5,07 a	5,15 a	5,06 a	5,16 a
2	0,1544 NS	5,30 a	5,30 a	5,51 a	5,35 a	5,52 a
3	0,0197 **	5,63 b	5,70 ab	5,97 a	5,73 ab	5,91 ab
4	0,0077 **	5,90 b	6,17 ab	6,40 a	6,13 ab	6,34 a
5	0,0034 **	6,30 c	6,63 ab	6,87 a	6,55 bc	6,76 ab
6	0,0889 NS	6,70 b	7,10 ab	7,28 a	7,04 ab	7,14 a
Incremento	0,5700 NS	1,67 b	2,03 ab	2,13 a	1,99 ab	1,99 ab
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

(1) kg.ha⁻¹ P₂O₅

Importante notar que para la mayoría de las evaluaciones realizadas, los mayores valores para esa característica los obtuvo la dosis de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y lo mantuvo hasta el momento de la sumatoria de los efectos parciales. Pareciera que es indiferente la aplicación de las dosis de 100-200-300 kg.ha⁻¹ P₂O₅ para lograr un buen diámetro de tallo, en plantas de piña.

Se observa en el Cuadro 50, que hubo diferencia significativa (0,0093) entre la aplicación a la axila de hojas bajas y el testigo absoluto sin N., para el acumulado de los efectos de los métodos de aplicación con respecto al diámetro del tallo de plantas de piña. Entre los métodos de aplicación

Cuadro 50. Efecto de los métodos de aplicación de las fuentes de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el diámetro del tallo de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	METODOS DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	Banda	M. Luna	Axila
1	0,0001 **	5,03 ab	5,07 ab	5,26 a	5,25 a	4,86 b
2	< 0,0001 **	5,30 bc	5,30 bc	5,64 a	5,60 ab	5,14 c
3	< 0,0001 **	5,63 c	5,70 bc	6,03 a	5,95 ab	5,62 c
4	0,0090 **	5,90 b	6,17 ab	6,41 a	6,31 a	6,14 ab
5	0,3092 NS	6,30 b	6,63 ab	6,81 a	6,70 a	6,67 a
6	0,1649 NS	6,70 b	7,10 ab	7,26 a	7,06 ab	7,15 a
Incremento	0,0093 **	1,67 b	2,03 ab	2,00 ab	1,81 ab	2,29 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

evaluados, no hubo diferencias significativas, pero llama la atención que la aplicación en banda en la mayoría de las evaluaciones, tuvo los mayores valores para el diámetro de tallo y al final del periodo evaluado, logró un valor menor que la aplicación a la axila, pero mayor que la aplicación en media luna.

Esto confirma lo que se ha observado con respecto al comportamiento en otras variables de crecimiento como la altura de planta y el número de hojas por planta, donde la aplicación a la axila de las hojas bajas, logra un fuerte efecto residual de las fuentes fosfatadas evaluadas en el ensayo.

3.4.1.4 Sobre el largo de la hoja D de plantas de piña.

En el cuadro 51, se observa que hubo diferencia significativa ($< 0,0001$) entre las fuentes fosfatadas evaluadas y los testigos absolutos, respecto al efecto sobre el largo de la hoja D de plantas de piña. También se presentó diferencia entre fuentes, RFM fue significativamente diferente a la fuente RFA.

En todas las evaluaciones parciales, hubo diferencia entre las fuentes y los testigos absolutos, la cual fue bastante amplia en el acumulado. Entre las fuentes, se dieron algunas diferencias como se observa en las evaluaciones 2 y 6 (RFM diferente a RFA) y evaluación 4 (RFA y MAP diferentes a RFA). Al final en el acumulado, RFM fue diferente al MAP y a la RFA; parece que la mayor residualidad afecta los valores del largo de la hoja D en plantas de piña.

En el Cuadro 52, se muestra la diferencia significativa (0,0038) que se presentó entre las dosis evaluadas y los testigos absolutos para el acumulado; con respecto al efecto sobre el largo de la hoja D de plantas de piña. Entre las dosis no hubo diferencias significativas, lo que supone que el uso de cualquiera de ellas, produciría efectos similares para la variable largo de la hoja D; aunque en las evaluaciones sobresalieron la dosis de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ al inicio y la de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ al final.

Cuadro 51. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad aplicadas en el ensayo, sobre el largo de hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	FUENTES DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
1	0,0015 **	55,33 a	54,67 a	51,74 b	51,81 b	51,37 b
2	< 0,0001 **	62,00 c	62,67 c	70,00 ab	72,30 a	69,15 b
3	< 0,0001 **	69,33 b	69,33 b	82,89 a	82,70 a	80,07 a
4	< 0,0001 **	73,33 c	72,33 c	89,19 a	89,00 a	86,00 b
5	< 0,0001 **	75,33 b	73,33 b	93,56 a	93,63 a	91,67 a
6	< 0,0001 **	78,67 c	78,67 c	97,44 ab	98,89 a	96,59 b
Incremento	< 0,0001 **	23,33 c	24,00 c	45,70 b	47,07 a	45,22 b
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

En el Cuadro 53, se muestra la diferencia significativa (0,0345) que hubo entre los métodos de aplicación evaluados y los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el largo de la hoja D de plantas de piña. Entre los

métodos de aplicación no se presentaron diferencias significativas, lo que supone que el uso de cualquiera de ellos, produciría efectos similares en el largo de la hoja D; aunque la aplicación a la axila de la hoja bajera, pareciera tener mayor efecto residual (ver medias en el acumulado).

3.4.1.5 Sobre el peso de plantas de piña al momento de la inducción floral (preferzamiento).

En esta etapa de la producción de piña, lo que se pretende es conocer el peso promedio de las plantas de un área dada, con el fin de determinar si poseen el peso óptimo para ser inducidas artificialmente y producir frutos de alta calidad y aceptación en el mercado internacional. Existe una relación entre el peso de la planta al momento de su inducción y el calibre de la fruta que se obtendrá (relación entre peso y tamaño del fruto) (Gamboa, A. 2006). Los tamaños 6-7-8 de fruta son los más cotizados para exportación y un peso de planta entre 2,0 y 2,23 Kg, es el más indicado para lograr esos tamaños, al inducir plantas de piña variedad MD-2 (Gamboa, A. 2006). Cada finca tiene su escala propia de pesos de planta para inducir y en la finca Tres Amigos, el peso mínimo para forzar (inducir) es de 2,2 Kg.

En el Cuadro 54, se observa que hubo diferencia significativa (0,0001), entre las fuentes de aplicación evaluadas y los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el peso de plantas al preferzamiento de plantas de piña (tamaño promedio).

Entre las fuentes de aplicación no se presentaron diferencias significativas, lo que supone que el uso de alguna de ellas, producirá los mismos pesos de plantas al preferzamiento (tamaño promedio). Importante notar en el Cuadro 54, que la fuente MAP junto a la RFM y la RFA tendieron a

Cuadro 52. Efecto de las dosis de fuentes de P de diferente solubilidad evaluadas en el ensayo, sobre el largo de la hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	DOSIS DE APLICACIÓN (1)				
		T.A.	T.A. + N	100 Kg.Ha ⁻¹	200 Kg.Ha ⁻¹	300 Kg.Ha ⁻¹
1	0,3804 NS	55,33 a	54,67 a	52,00 b	51,30 b	51,63 b
2	0,3740 NS	62,00 b	62,67 b	71,00 a	69,89 a	70,56 a
3	0,8886 NS	69,33 b	69,33 b	82,11 a	81,93 a	81,63 a
4	0,6405 NS	73,30 b	72,33 b	87,89 a	88,56 a	87,74 a
5	0,4868 NS	75,33 b	73,33 b	92,89 a	93,37 a	92,59 a
6	0,0659 NS	78,67 b	78,67 b	98,15 a	97,96 a	96,81 a
Incremento	0,0038 **	23,33 b	24,00 b	46,15 a	46,67 a	45,19 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

(1)kg.ha⁻¹ P₂O₅.

producir más plantas extra grandes (2,99-3,30 kg) y grandes (2,40-2,99 kg). Mientras que los testigos (T.A. y T.A. + N) tienden a producir más plantas medianas (1,90-2,40 kg) y el testigo absoluto (T.A.) tiende a producir plantas pequeñas (1,40-1,90 kg) y muy pequeñas (menos de 1,40 kg).

En el Cuadro 55, se observa que no hubo diferencia significativa (NS) entre las dosis de aplicación evaluadas y los testigos absolutos, con respecto al efecto sobre el peso de plantas al preforzamiento (tamaño

Cuadro 53. Efecto de los métodos de aplicación de fuentes de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el largo de la hoja D de plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	METODOS DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	Banda	M. Luna	Axila
1	0,9857 NS	55,33 a	54,67 a	51,67 b	51,67 b	51,59 b
2	< 0,0001 **	62,00 c	62,67 c	72,67 a	70,22 ab	68,56 b
3	0,0432 **	69,33 b	69,33 b	83,19 a	81,85 a	80,63 a
4	0,1605 NS	73,33 b	72,33 b	88,56 a	88,59 a	87,04 a
5	0,3732 NS	75,33 b	73,33 b	92,67 a	92,70 a	93,48 a
6	0,2170 NS	78,67 b	78,67 b	97,63 a	97,11 a	98,19 a
Incremento	0,0345 **	23,33 b	24,00 b	45,96 a	45,44 a	46,59 a
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

promedio); aunque al hacer prueba de comparación de medias (Duncan), si se presenta diferencia entre las dosis y los testigos. Entre las dosis de aplicación tampoco se presentaron diferencias significativas, lo que supone que el uso de alguna de ellas, producirá los mismos pesos de plantas al preforzamiento.

Hubo tendencia de las dosis evaluadas de P a producir plantas extra grandes y grandes. Mientras que el testigo absoluto (T.A.), tendió a producir plantas medianas, pequeñas y muy pequeñas.

Cuadro 54. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el tamaño de plantas de piña al preforzamiento, evaluadas a los 196 dds (primer muestreo preforzamiento).

TAMAÑO		FUENTES DE APLICACIÓN				
PLANTA	(p-valor)	T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
Extragrande (2,99 - 3,30 K)	0,0255 *	5,32 bc	1,32 c	14,52 a	13,20 a	10,96 ab
Grande (2,40 - 2,98 K)	0,0075 **	20,00 c	29,32 b	39,24 a	32,00 ab	32,88 ab
Mediana (1,90 - 2,39 K)	0,0486 *	54,68 a	58,68 a	42,96 b	49,92 ab	49,48 ab
Pequeña (1,40 - 1,89 K)	< 0,0001 **	17,32 a	8,00 b	2,36 c	4,16 bc	5,64 bc
Muy Pequeña (< de 1,40 K)	0,2551 NS	2,68 a	2,68 a	0,92 b	0,72 b	1,04 ab
Planta Promedio	0,0001 **	43,88 b	45,08 b	49,32 a	48,16 a	47,64 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Con respecto a los métodos de aplicación evaluados, no se obtuvo diferencia significativa entre ellos, ni de ellos con los testigos absolutos. No se logró tener comportamiento definido con respecto a la producción de algún tamaño de planta en particular.

En el cuadro 56 se muestra el efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados sobre las plantas de piña, muestreadas a los 196 y 213 días después de la siembra (dds), en la etapa de preforzamiento para determinar si tenían el peso adecuado para su inducción floral.

Cuadro 55. Efecto de las dosis de fuentes de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el peso y tamaño de plantas de piña al preforzamiento, evaluadas a los 196 dds (primer muestreo preforzamiento).

TAMAÑO PLANTA	(p-valor)	DOSIS DE APLICACIÓN (1)				
		T.A.	T.A. + N	100 Kg.Ha ⁻¹	200 Kg.Ha ⁻¹	300 Kg.Ha ⁻¹
<u>Extragrande</u> (2,99 - 3,30 K)	0,5506 NS	5,32 bc	1,32 c	13,64 a	11,56 ab	13,48 a
<u>Grande</u> (2,40 - 2,98 K)	0,0255 *	20,00 c	29,32 b	39,12 a	32,16 ab	32,88 ab
<u>Mediana</u> (1,90 - 2,39 K)	0,0601 NS	54,68 ab	58,68 a	44,16 c	51,56 abc	46,68 bc
<u>Pequeña</u> (1,40 - 1,89 K)	0,0039 **	17,32 a	8,00 b	6,36 bc	3,72 cd	2,08 d
<u>Muy Pequeña</u> (< de 1,40 K)	0,6001 NS	2,68 a	2,68 a	1,04 ab	1,04 ab	0,60 b
Planta	0,0824 NS	43,88 b	45,08 b	49,12 a	47,88 a	48,12 a
Promedio						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

(1)kg.ha⁻¹ P₂O₅

Se observa como hasta el segundo muestreo es que se pudo determinar en el campo valores arriba del 65% de las plantas con pesos óptimos de forzamiento en la plantación del ensayo para los tratamientos evaluados, excepto para los testigos absolutos con respecto a las variables analizadas. Por eso, la plantación se forzó dos días después del segundo muestreo que corresponde a los 7 meses de edad, la cual es una excelente edad dado que normalmente en la finca Tres Amigos se realiza la acción hasta los 8 meses o más (Ing. Agr. Keylor Soto, gerente de la finca; comunicación personal).

Cuadro 56. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, sobre el peso de plantas de piña al preforzamiento, para decidir la inducción artificial de las plantas de piña (% de plantas con peso óptimo).

Variables	Preforzamiento		
	Muestreo 1 (196 dds)	(% plantas peso óptimo)	Muestreo 2 (213 dds)
		(%)	(%)
	<u>T.A.</u>	25,3 b	35,3 c
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	30,7 ab	42,8 b
De	<u>M.A.P.</u>	53,8 a	75,0 a
	<u>R.F.M.</u>	45,2 a	69,8 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	43,9 a	69,0 a
		(%)	(%)
	<u>T.A.</u>	25,3 b	35,3 c
Dosis	<u>T.A. + N</u>	30,7 ab	42,8 b
De	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	52,8 a	75,0 a
	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	43,7 a	70,0 a
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	46,4 a	69,2 a
		(%)	(%)
	<u>T.A.</u>	25,3 b	35,3 c
Métodos	<u>T.A. + N</u>	30,7 ab	42,8 b
de	<u>Banda</u>	51,4 a	73,2 a
	<u>M. Luna</u>	45,5 a	70,0 a
Aplicación	<u>Axila</u>	45,9 a	71,0 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Interesante ver que no hubo diferencias importantes entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados con respecto al porcentaje de plantas con peso óptimo para forzar, pero si la hubo entre éstos y los testigos (T.A. y T.A + N). Esto evidencia el importante papel que desempeña el P en el crecimiento de las plantas de piña y que las mismas lleguen pronto a los pesos adecuados para su inducción floral. Asimismo se puede generalizar al tratamiento MAP/100/Banda, como el más activo en la gestión de lograr el peso óptimo para forzamiento de las plantas de piña.

3.4.1.6 Sobre la incidencia de la pudrición basal del tallo (*Phytophthora sp.*).

Como se observa en el Cuadro 57, no hubo diferencias significativas entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, con respecto a la incidencia de la pudrición basal del tallo, causada por *Phytophthora sp.* en plantas de piña. Tampoco hubo diferencias significativas entre ellos y los testigos absolutos.

Es importante anotar que la enfermedad se comenzó a contabilizar en el campo hasta la quinta evaluación, esto debido a que durante los primeros tres meses de crecimiento de las plantas hubo pocas precipitaciones (época del año con disminución normal de las lluvias en la zona) y se requiere exceso de humedad para desarrollo fuerte de los hongos del suelo.

Posteriormente aumentaron fuertemente las precipitaciones (noviembre, diciembre y enero son los meses más lluviosos del año en la región) y se pudo observar mayor número de plantas afectadas.

La mayor incidencia de la pudrición se presentó en los tratamientos de los testigos absolutos; luego en los tratamientos con MAP como fuente, en dosis de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y en media luna como método de aplicación.

Cuadro 57. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados en el ensayo, sobre la incidencia de la pudrición basal del tallo (*Phytophthora sp.*) en plantas de piña, evaluadas cada 29 días desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

Variables	Muestreos				
	1 al 4	5	6	Incremento Total	
(p-valor)	sd	0,8539 NS	0,1058 NS	0,6698 NS	
<u>T.A.</u>	sd	0,47 a	1,10 a	1,57 a	
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	sd	0,63 a	0,47 ab	1,10 ab
	<u>M.A.P.</u>	sd	0,70 a	0,31 c	1,01 ab
de	<u>R.F.M.</u>	sd	0,37 a	0,14 d	0,51 c
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	sd	0,39 a	0,41 b	0,80 b
(p-valor)	sd	0,5714 NS	0,9504 NS	0,6946 NS	
<u>T.A.</u>	sd	0,47 a	1,10 a	1,57 a	
Dosis	<u>T.A. + N</u>	sd	0,63 a	0,47 b	1,10 ab
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	sd	0,68 a	0,30 c	0,98 ab
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	sd	0,41 a	0,26 c	0,67 b
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	sd	0,37 a	0,31 c	0,68 b
(p-valor)	sd	0,2012 NS	0,6087 NS	0,2384 NS	
<u>T.A.</u>	sd	0,47 a	1,10 a	1,57 a	
Métodos	<u>T.A. + N</u>	sd	0,63 a	0,47 c	1,10 ab
	<u>Banda</u>	sd	0,41 b	0,34 d	0,75 b
de	<u>M. Luna</u>	sd	0,81 a	0,33 d	1,14 ab
Aplicación	<u>Axila</u>	sd	0,24 c	0,19 e	0,44 c

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Se determinó con los resultados obtenidos y las observaciones de campo, que las condiciones óptimas para no tener ataque de la enfermedad, son el uso de fuentes de P a base de roca fosfórica, con dosis no menores de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y aplicado en la axila de hojas bajas de plantas de piña.

3.4.1.7 Sobre la incidencia de fruta natural.

Una de las principales limitantes de la producción de piña en Costa Rica es la floración natural, la cual provoca grandes pérdidas a los productores (Méndez, 2010). Se puede entender la floración como la inducción y formación de los primordios florales y la condicionan ó estimulan factores internos (hormonales y nutritivos) y factores externos (luz y temperatura) (Zamora 2006, Taiz y Zeiger 2002, Salisbury y Ross 1991).

En las plantaciones piñeras la floración natural ocurre antes que el productor la induzca de manera artificial (con hormona etileno) y lo negativo de esto es que las plantas con menor crecimiento o desarrollo son las más afectadas por el evento y las mismas producirán principalmente frutos pequeños porque al momento de la inducción natural tenían bajos pesos de planta (Gamboa, 2006). Evento se presenta principalmente en los meses de febrero, marzo y abril de cada año y provoca también una gran concentración de la cosecha en un período dado, donde casi siempre la oferta de fruta supera ampliamente la demanda para exportación (baja los precios y el recibo de fruta).

En el Cuadro 58, se observa que para la fuentes de P de diferente solubilidad, no hubo diferencia significativa en los primeros cuatro muestreos (del primero al quinto mes de edad) entre las fuentes evaluadas y los testigos absolutos (T.A. y T.A. + N), en la incidencia de fruta natural.

Cuadro 58. Efecto de las fuentes de P de diferente solubilidad evaluadas en el ensayo, sobre la incidencia de fruta natural en plantas de piña evaluadas cada 29 días, desde la aplicación de los tratamientos (22 dds) hasta el preforzamiento (196 dds).

# Muestreo	(p-valor)	FUENTES DE APLICACIÓN				
		T.A.	T.A. + N	M.A.P.	R.F.M.	R.F.A.
1	sd	sd	sd	sd	sd	Sd
2	0,7032 NS	0,00 a	0,00 a	0,02 a	0,00 a	0,00 a
3	0,2091 NS	0,00 a	0,00 a	0,10 a	0,00 a	0,00 a
4	0,8153 NS	0,00 a	0,00 a	0,05 a	0,02 a	0,00 a
5	sd	sd	sd	sd	sd	Sd
6	0,0060 **	1,40 a	0,00 b	0,23 b	0,21 b	0,05 b
Incremento	0,0037 **	1,40 a	0,00 a	0,40 b	0,23 b	0,05 b
Total						

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

sd = sin datos.

Fue a partir del sexto muestreo (enero 2012), cuando hubo diferencia significativa entre las fuentes fosfatadas evaluadas y el testigo absoluto (T.A.); con respecto a la incidencia de fruta natural. Igual efecto se dio al considerar el efecto aditivo de todos los muestreos (incremento total).

Este resultado confirma la buena nutrición de los tratamientos evaluados (excepto el testigo absoluto) y que pese a estar en el período de condiciones ambientales ideales para la floración natural, fueron mínimos las plantas afectadas y la fuente MAP fue la que presentó más casos. Ante este panorama, pareciera que la aplicación de fertilizantes (con P) evita la predisposición a la aparición de fruta natural en plantaciones de piña.

Para las dosis y métodos de aplicación evaluados, no hubo diferencia significativa entre ellos, ni de estos con los testigos absolutos evaluados; no fue posible observar alguna tendencia de los resultados.

3.4.2 Efecto en las Variables de Producción.

3.4.2.1 Sobre el tamaño de fruta para exportación por hectárea.

Como se observa en el Cuadro 59, las fuentes y dosis de aplicación de P evaluadas en el ensayo, mostraron alguna diferencia con respecto a los tamaños ó calibres de fruta exportable por hectárea.

No hubo diferencia significativa entre las fuentes evaluadas, ni entre éstas y los testigos, para los tamaños 5, 6, 7, 8 y 9; aunque se notan diferencias entre tamaños pero sin tendencia. Para el tamaño 10 si hubo diferencia significativa entre los testigos y las fuentes MAP y RFA; como es de esperar hay tendencia a producir fruta pequeña por los testigos que tuvieron menores pesos de fuerza y no así las fuentes fosfatadas.

En el Cuadro 59, también se observa como para las dosis de fuentes fosfatadas evaluadas, no hubo diferencia significativa entre dosis ni entre ellas y los testigos, para los tamaños 5, 6, 9 y 10; aunque para éste último tamaño se presentó lo mismo que sucedió con las fuentes. En cambio, si se presentó diferencia significativa para los tamaños 7 y 8. Hubo tendencia a producir más cantidad de fruta tamaño 7 por la dosis de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, que los testigos. Asimismo, hay tendencia de la dosis de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ de producir más fruta tamaño 8, que la dosis de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

Cuadro 59. Efecto de las fuentes y dosis de P de diferente solubilidad evaluadas en el ensayo, sobre el tamaño de las frutas de piña cosechadas al final del ensayo (363 dds).

		Tamaño de Frutas para Exportación					
		5	6	7	8	9	10
		(2,40-3,00kg)	(2,00-2,39 kg)	(1,70-1,99kg)	(1,50-1,69kg)	(1,30-1,49kg)	(1,04-1,29kg)
Variables							
(p-valor)		0,7210 NS	0,7043 NS	0,1122 NS	0,3619 NS	0,5447 NS	0,0336 *
	<u>T.A.</u>	1511 a	13976 a	22287 b	15487 a	6799 a	6799 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	0 a	14732 a	22287 b	15487 a	6799 a	7555 a
	<u>M.A.P.</u>	2015 a	15319 a	26190 a	14270 a	5037 a	3400 b
de	<u>R.F.M.</u>	1847 a	12196 a	24511 ab	12834 a	6296 a	5079 ab
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	1721 a	14942 a	23882 ab	16075 a	5498 a	4239 b
(p-valor)		0,8833 NS	0,3485 NS	0,0337 *	0,0423 *	0,7394 NS	0,2460 NS
	<u>T.A.</u>	1511 a	13976 a	22287 b	15487 ab	6799 a	6799 ab
Dosis	<u>T.A. + N</u>	0 a	14732 a	22287 b	15487 ab	6799 a	7555 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	1931 a	15655 a	25938 a	13557 b	5330 a	4071 c
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	1973 a	14060 a	23294 ab	16075 a	5666 a	4911 bc
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	1679 a	14186 a	25351 ab	15068 ab	5834 a	3735 c

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

No hubo diferencias significativas entre los métodos de aplicación evaluados, ni entre éstos con los testigos con respecto al tamaño de fruta exportable cosechada.

En general, al analizar las cantidades de tamaño de frutas exportables por hectárea presentadas en el cuadro 59, se observa tendencia a una mayor producción de tamaños 5, 6 y 7 por parte de las fuentes y dosis evaluadas.

Mientras que para los tamaños 9 y 10 hay mayor producción por parte de los testigos absolutos.

3.4.2.2 Sobre el número de frutas producidas por hectárea.

En relación al número de frutas producidas por hectárea, se puede observar en el cuadro 60 que no hubo diferencias significativas entre fuentes, dosis y métodos de aplicación, ni entre éstos y los testigos. Pero al analizar los datos de las cantidades, vemos que hay tendencia a producir mayor número de frutas por parte de los testigos evaluados, que por parte de las fuentes, dosis ó métodos de aplicación.

Esto se explica cuando uno observa el cuadro 61, donde es evidente la mayor cantidad de fruta de rechazo (no exportable) en los tratamientos con fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, que en los testigos. Frutas de mayor tamaño y peso, tienden a tener más presencia de deformidades que son causa de descarte para exportación (doble corona, corona pequeña, falta de corona, corona múltiple, etc.).

3.4.2.3 Sobre la cantidad de fruta de rechazo.

Como se observa en el cuadro 61, solo hubo diferencia significativa de los métodos de aplicación evaluados sobre la cantidad de fruta de rechazo (no apta para ser exportada). La aplicación en Media Luna tuvo el mayor valor para la fruta de rechazo y ella junto a la aplicación en Banda, fueron significativamente diferentes a la aplicación a la Axila de la planta y a los testigos evaluados. Esto indica que la aplicación a la Axila de la hoja de plantas de piña, proporciona un aporte gradual de nutrientes y esto evita incremento fuerte del crecimiento de la fruta, que con lleva a deformaciones que son causales del rechazo en el campo ó en la planta de empaque.

Cuadro 60. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el número de frutas de piña producidas por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).

Variables		Número de Frutas de Exportación por Hectárea.
(p-valor)		0,4350 NS
	<u>T.A.</u>	66771 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	66771 a
	<u>M.A.P.</u>	66143 a
De	<u>R.F.M.</u>	65640 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	66268 a
(p-valor)		0,2757 NS
	<u>T.A.</u>	66771 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	66771 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	66394 a
De	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	65891 a
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	65765 a
(p-valor)		0,2150 NS
	<u>T.A.</u>	66771 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	66771 a
	<u>Banda</u>	66017 a
De	<u>M. Luna</u>	65514 a
Aplicación	<u>Axila</u>	66520 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Asimismo, el cuadro 61 nos muestra que aunque no hubo diferencias significativas entre las fuentes y dosis de aplicación y entre éstas y los testigos, hay tendencia clara de un incremento en la producción de fruta de rechazo, por parte de las dosis altas (300 y 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) y por parte de la Roca Fosfórica Micronizada (RFM) y el Fosfato Monoamónico (MAP).

En general, se observa que los testigos evaluados siempre tuvieron el menor porcentaje de fruta de rechazo, esto podría ser efecto de un constante y equilibrado suministro de nutrimentos, que evita crecimientos anómalos en el fruto y que se confirma por el bajo porcentaje de rechazo de fuente con menor cantidad de P, de dosis con menor nivel de P₂O₅ y forma de aplicación con aporte más lento o reducido de nutrimentos. Los valores del porcentaje de fruta rechazada obtenidos con los tratamientos y testigos evaluados, son bastante menores a los valores promedio que se tienen en las fincas (entre 20 y 30 %) (Monge, 1996).

3.4.2.4 Sobre la producción total de fruta exportable por hectárea.

Como se observa en el cuadro 62, no hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, ni entre éstos y los testigos absolutos, sobre la producción total de fruta exportable por hectárea.

Sin embargo, es posible apreciar una mayor producción total cuando se aplica el P con la fuente MAP, a dosis no mayores de 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y aplicado a la axila de hojas bajas de plantas de piña.

El nivel de producción total de fruta exportable obtenido por los diferentes tratamientos aplicados, está dentro del rango normal de producción en

Cuadro 61. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el descarte de frutas de piña para exportación por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).

Variables		Fruta de Rechazo (%)
(p-valor)		0,4869 NS
	<u>T.A.</u>	5,00 b
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	6,66 b
	<u>M.A.P.</u>	7,77 a
de	<u>R.F.M.</u>	9,81 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	6,85 b
(p-valor)		0,3192 NS
	<u>T.A.</u>	5,00 b
Dosis	<u>T.A. + N</u>	6,66 b
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	6,85 b
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	7,96 a
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	9,63 a
(p-valor)		0,0257 *
	<u>T.A.</u>	5,00 b
Métodos	<u>T.A. + N</u>	6,66 b
	<u>Banda</u>	8,70 a
de	<u>M. Luna</u>	10,37 a
Aplicación	<u>Axila</u>	5,37 b

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Costa Rica para la variedad MD-2, la cual oscila entre 100 y 130 toneladas por hectárea y con un rechazo del 20-30% (Monge, 1996).

En general, por las buenas producciones obtenidas, se confirma que el uso de Roca Fosfórica en suelos Ultisoles no afecta el rendimiento de la plantación de piña, al compararlo con el uso de MAP. A la vez, no se requiere usar altas dosis de P_2O_5 para lograr buena producción (dosis menor fue la mejor) y que la aplicación de la fuente, se realice de una manera más localizada (en la axila de hojas bajas o en banda), para un suministro más constante del nutrimento.

3.4.2.5 Sobre el número de cajas de fruta exportable.

En el cuadro 63, se observa que no hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis o métodos de aplicación evaluados, ni entre éstos y los testigos absolutos.

Aunque los valores son diferentes, la tendencia que sigue el número de cajas de fruta exportable, es muy similar a la seguida por la producción total exportable. Cabe anotar que los valores de cajas de fruta exportables logrados por los tratamientos, son de los más altos reportados para nuestro país (Monge, 1996). Principalmente por apoyo que brinda el bajo porcentaje de fruta de rechazo obtenido (no mayor del 10,5 %). En casi todos los casos, los testigos tuvieron menor número de cajas de fruta exportable que los tratamientos (excepto la fuente RFM) y esa diferencia no fue menor del 2,5% del total de cajas para exportación.

Cuadro 62. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre la producción total de piña exportable por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).

Variables		Producción Total Exportable (Ton.ha ⁻¹)
(p-valor)		0,1949 NS
	<u>T.A.</u>	119,91 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	118,48 a
	<u>M.A.P.</u>	122,99 a
De	<u>R.F.M.</u>	119,60 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	121,57 a
(p-valor)		0,1825 NS
	<u>T.A.</u>	119,91 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	118,48 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	123,13 a
De	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	120,26 a
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	120,79 a
(p-valor)		0,2173 NS
	<u>T.A.</u>	119,91 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	118,48 a
	<u>Banda</u>	121,28 a
De	<u>M. Luna</u>	120,23 a
Aplicación	<u>Axila</u>	122,67 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

Aunque no se realizó un análisis económico de la producción obtenida por los tratamientos, si quiero mencionar que la producción tendió a cantidades mayores de los tamaños 6, 7 y 8 para las frutas cosechadas (81,67% del total de las frutas exportables) y que esos tamaños son los mejor pagados del mercado (Gamboa, 2006). Por lo que manejar adecuadamente la fertilización fosfatada de una plantación de piña, es algo que puede ser muy rentable para empresas productoras.

Cuadro 63. Efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P de diferente solubilidad evaluados en el ensayo, sobre el número de cajas de piña para exportación por hectárea, a la cosecha del ensayo (363 dds).

Variables		Número de cajas Exportables
(p-valor)		0,1947 NS
	<u>T.A.</u>	9992 a
Fuentes	<u>T.A. + N</u>	9874 a
	<u>M.A.P.</u>	10250 a
de	<u>R.F.M.</u>	9968 a
Aplicación	<u>R.F.A.</u>	10132 a
(p-valor)		0,1825 NS
	<u>T.A.</u>	9992 a
Dosis	<u>T.A. + N</u>	9874 a
	<u>100 Kg.Ha⁻¹</u>	10262 a
de	<u>200 Kg.Ha⁻¹</u>	10020 a
Aplicación	<u>300 Kg.Ha⁻¹</u>	10066 a
(p-valor)		0,2171 NS
	<u>T.A.</u>	9992 a
Métodos	<u>T.A. + N</u>	9874 a
	<u>Banda</u>	10108 a
de	<u>M. Luna</u>	10019 a
Aplicación	<u>Axila</u>	10223 a

Letras distintas dentro de la misma columna indica diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba de Duncan.

3.5 CONCLUSIONES

Para la variable altura de planta, hubo diferencias altamente significativas por parte de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados en el ensayo, con respecto a los testigos absolutos; lográndose una mayor altura de las plantas de piña.

Para la variable número de hojas, hubo diferencia altamente significativa entre la aplicación a la axila de hojas bajas de piña y los testigos absolutos junto con la aplicación en media luna; dándose un mayor número de hojas por efecto residual del P.

Para la variable diámetro del tallo, hubo diferencia altamente significativa entre la aplicación a la axila de hojas bajas de piña y el testigo absoluto (T.A.), donde aumenta el grosor del tallo por el efecto residual de las fuentes fosfatadas.

Para la variable largo de la hoja D, hubo diferencia altamente significativa de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados en el experimento, con respecto a los testigos absolutos; obteniéndose una mayor longitud de las hojas D de plantas de piña.

En el peso de plantas de piña al forzamiento, hubo diferencias significativas entre las fuentes y dosis de P evaluadas en el ensayo, con respecto a los testigos absolutos utilizados (T.A. sólo o junto al T.A. + N). Se logran mayores pesos de planta y por ende, de fruta a la cosecha.

Las fuentes y dosis de P evaluadas, tendieron a formar más plantas con tamaños extragrande y grande; mientras que los testigos fueron más proclives a formar plantas con tamaños pequeños y muy pequeños. Asimismo, hubo una mayor disposición por parte de las fuentes y dosis

utilizadas (más que de los testigos), en formar plantas con tamaño promedio (intermedio entre los tamaños analizados).

Las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados, fueron más efectivos en lograr que las plantas de piña llegaran al peso de forzamiento requerido por la finca (2,2 Kg); que los testigos absolutos del ensayo. También en menor tiempo (7 meses), que las plantaciones comerciales de la empresa donde se realizó el ensayo de campo (8 meses ó más).

En la pudrición basal del tallo de plantas de piña por *Phytophthora sp.*, hubo mayor incidencia del daño en el testigo absoluto (T.A.) que en las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados (incidencia máxima de 1,14%).

Para la variable formación de fruta natural, hubo diferencia altamente significativa entre las fuentes fosfatadas y el testigo absoluto (T.A.). Lo que denota una buena nutrición mineral de los tratamientos evaluados, dado que el porcentaje de incidencia de fruta natural para ellos, no fue mayor de 0,40%.

No hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P con respecto a los testigos absolutos evaluados, en el tamaño ó calibre de las frutas para exportación . Pero es clara la tendencia de las fuentes y dosis en formar principalmente frutas de tamaño 5, 6 y 7; así como la de los testigos absolutos de producir especialmente frutas de tamaño 9 y 10.

No hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P con respecto a los testigos absolutos evaluados, sobre el número de frutas producidas por hectárea. Pero es observable la tendencia que muestran los testigos absolutos en tener mayor cantidad de frutas,

que las producidas por las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados (por poseer estos últimos una mayor cantidad de fruta de rechazo).

Con respecto a la cantidad de frutas de rechazo, no hay diferencia significativa entre las fuentes y dosis aplicadas de P y los testigos absolutos. Pero si la hubo entre los métodos de aplicación de las fuentes fosfatadas y los testigos (testigos absolutos y aplicación a la axila de hojas bajas produjeron menos cantidad de fruta de rechazo, que la aplicación en media luna y en banda).

No se presentó diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, ni entre ellos y los testigos; para la variable producción total de fruta exportable por hectárea. Valores obtenidos fueron altos dentro del rango normal de producción en Costa Rica.

No hubo diferencia para la variable producción total de fruta exportable por hectárea, al usar MAP ó Roca Fosfórica como fuente de P. Pero si hay diferencia marcada en costo económico, entre ellas.

Tampoco se presentó diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, ni entre ellos y los testigos; sobre la variable número de cajas de fruta exportable por hectárea. Tendencia que presentan los tratamientos, es similar a la de la producción total de fruta exportable por hectárea.

En general, no se observó necesidad de altas dosis de P_2O_5 en la fertilización, para lograr una buena producción; ni tampoco hubo diferencia entre el uso de MAP ó Roca Fosfórica. Asimismo, el método de aplicación más efectivo fue el localizado (a la axila de hoja baja).

DISCUSIÓN GENERAL

La aplicación de MAP en banda presentó los mayores contenidos de Fósforo disponible en el suelo, en forma creciente según fueron mayores las dosis aplicadas. No hubo efecto de las diferentes dosis de Fósforo en cuanto a la disponibilidad de P para la planta. La aplicación en banda presentó una mayor disponibilidad inicial de Fósforo (sin diferencias significativas con las aplicaciones en media luna y a la axila de hojas bajas), pero a mediano plazo se redujo mucho su disponibilidad.

Entre las fuentes de Roca Fosfórica, la Roca Fosfórica Acidulada liberó más P que la Roca Fosfórica Micronizada.

El MAP causó una mayor acidificación del suelo, principalmente aplicado en banda y en dosis mayores de P (aumentó la acidez, el % de saturación de la acidez y disminuyó el pH). Asimismo, aumentó el contenido de Fe disponible en el suelo, con la aplicación en banda.

Las fuentes de Roca Fosfórica evaluadas, no afectaron la acidez del suelo, lograron un mayor aporte de Ca, Mg, mayor disponibilidad de K y un aumento del valor de la CICE en el suelo, en los primeros meses.

Las dosis de Fósforo bajaron las concentraciones de Mg y Zn en el suelo, igualmente los altos contenidos de P mejoraron la disponibilidad de Ca para las plantas de piña. No hubo efecto sobre el N.

El método de aplicación a la axila de hojas bajas, fue el que afectó menos los parámetros de los análisis de suelo y con ello proporciona a las plantas de piña, mayor balance y estabilidad en su nutrición.

Los mayores valores de Fósforo foliar se lograron con la fuente MAP, siguiendo un efecto creciente según la dosis de P y su efecto residual permaneció menos de 3 meses. El aumento en los contenidos foliares de Ca, Mg, K, S, Fe, Mn y B; los provoca más el MAP que las fuentes de Roca Fosfórica, durante los primeros 3 meses de la aplicación. Las fuentes de R.F. logran que las plantas de piña absorban más P a corto-mediano plazo (3-6 meses de la aplicación) y que aumenten la concentración de Ca, Mg, Zn y Cu.

La aplicación en banda de Fósforo, hace que las plantas de piña aumenten su contenido de N foliar y de otros elementos como K y Zn, al compararla con la aplicación en media luna. La aplicación de Fósforo en la axila de hojas bajas de piña, aumenta concentración foliar de S, Mn y Zn.

Las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados en comparación con los Testigos Absolutos (T.A.), incrementaron la altura y el largo de la hoja D de plantas de piña. Asimismo, lograron que las plantas de piña llegaran al peso requerido para ser forzadas (inducidas a floración). También, las fuentes y dosis de aplicación evaluadas, aumentaron el peso y tamaño de plantas al preforzamiento, en comparación con los T.A.

El método de aplicación a la axila de hoja baja de piña, incrementó el número de hojas por planta y el grosor del tallo, en comparación con los testigos absolutos.

El daño por *Phytophthora sp.*, tuvo mayor incidencia en los testigos absolutos que las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados.

Igual comportamiento tuvieron los testigos absolutos con respecto a la incidencia de fruta natural, pero en relación con las fuentes de fósforo evaluadas.

No hubo diferencias significativas entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación evaluados, con respecto a los T.A. en relación al tamaño de la fruta para exportación y el número de frutos por hectárea; pero es clara la tendencia de los primeros a obtener frutas de tamaño 5-6-7 y menos número de frutas exportables, por el mayor % de rechazo que tienen. En forma inversa, los T.A. tienen mayor producción de frutas tamaño 9-10 y mayor número de frutas exportables, por el menor % de rechazo.

Importante hacer notar que la aplicación a la axila de hoja bajera y los testigos absolutos, son los que presentan los menores % de rechazo de fruta, esto porque ofrecen un volumen bajo pero constante de nutrimentos a las plantas de piña.

En cuanto a la producción total de fruta de piña exportable y el número de cajas de fruta exportable, no hubo diferencias significativas entre fuentes, dosis y métodos de aplicación, con respecto a los testigos absolutos; pero es bueno indicar que se lograron valores de producción muy altos para el rango normal de Costa Rica.

No se observó diferencia significativa entre producción total con MAP ó con R.F.; pero si hay marcada diferencia en costo económico entre ambas fuentes.

La fuente MAP acidifica mucho al suelo y su costo es alto, por lo que sería muy beneficioso para el suelo y las plantas, el poder sustituirla por la Roca Fosfórica como fuente de P en suelos con pH ácido, sin afectar la productividad del cultivo de piña.

CONCLUSIONES GENERALES

La aplicación de MAP en banda presentó el mayor contenido de P disponible en el suelo, en forma creciente según sean mayores las dosis.

Las diferentes dosis de P aplicadas, no tuvieron diferencias entre ellas, en cuanto a la disponibilidad de P por la planta.

La aplicación en banda presentó una mayor disponibilidad inicial de P (no hubo diferencias con aplicación en ML y Ax), pero a mediano plazo se redujo mucho su disponibilidad.

El MAP causó una mayor acidificación del suelo, principalmente aplicado en banda y en dosis mayores de P; incrementando la acidez intercambiable y el % de saturación de la acidez, y disminuyendo el pH.

Las fuentes de roca fosfórica (R.F.) evaluadas, no afectaron la acidez del suelo.

Las fuentes de R.F. lograron un mayor aporte de Ca (aplicado a la axila principalmente), de Mg (como RFA), aumento en la disponibilidad de K (principalmente a dosis de $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y aumento del valor de la CICE en los primeros meses de la aplicación.

La aplicación de MAP aumentó el contenido de Fe disponible en el suelo, principalmente con la aplicación en banda; muy probablemente por haber causado mayor acidificación del suelo, que por aumento de la disponibilidad del Hierro.

La fuente MAP es la que genera los mayores valores para la concentración foliar de P, en plantas de piña.

El efecto residual de la fuente MAP es poco y dura menos de 3 meses, luego de su aplicación.

Conforme mayor es la dosis que se aplica de MAP, mayor son las concentraciones de P foliar que se logran en las plantas de piña.

La aplicación de la fuente MAP provoca que las plantas aumenten sus contenidos foliares de Ca, Mg, K, S, Fe, Mn y B; más que con el uso de las fuentes de roca fosfórica (RFM y RFA), en los primeros 3 meses.

Las fuentes RFM y RFA logran que las plantas de piña absorban más P, a corto-mediano plazo (de 3 a 6 meses, luego de su aplicación).

Las fuentes RFM y RFA, logran que las plantas de piña aumenten su concentración de Ca, Mg, Zn y Cu a corto-mediano plazo (3 a 6 meses, luego de su aplicación).

La fuente RFM logra que las plantas de piña aumenten la concentración de S foliar, más que con el uso de las fuentes MAP y RFA (a los 6 meses de su aplicación).

La fuente RFA logra que las plantas de piña aumenten su concentración foliar de K, en comparación con la aplicación de la fuente RFM (a los 6 meses de la aplicación).

La dosis de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ provoca una mayor absorción de Zn por las plantas de piña; que las dosis de 200 y $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, respectivamente.

La dosis de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ provoca una mayor absorción de Cu por las plantas de piña; que las dosis de 100 y $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, respectivamente.

La aplicación en banda hace que las plantas de piña aumenten su contenido de N foliar.

La aplicación en banda provoca que las plantas de piña aumenten la concentración de K y Zn foliar, en comparación con la aplicación en media luna.

La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten la concentración de S y Mn foliar, en comparación con la aplicación en media luna.

La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten los contenidos de Zn foliar, en comparación con la aplicación en media luna ó en banda.

La aplicación a la axila de hojas bajas de piña, provoca que las plantas aumenten sus contenidos foliares de Mn a los 3 meses de su aplicación.

Para la variable altura de planta, hubo diferencias altamente significativas por parte de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados en el ensayo, con respecto a los testigos absolutos; lográndose una mayor altura de las plantas de piña.

Para la variable número de hojas, hubo diferencia altamente significativa entre la aplicación a la axila de hojas bajas de piña y los testigos absolutos junto con la aplicación en media luna; dándose un mayor número de hojas por efecto residual del P.

Para la variable diámetro del tallo, hubo diferencia altamente significativa entre la aplicación a la axila de hojas bajas de piña y el testigo absoluto (T.A.), donde aumenta el grosor del tallo por el efecto residual de las fuentes fosfatadas.

Para la variable largo de la hoja D, hubo diferencia altamente significativa de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados en el experimento, con respecto a los testigos absolutos; obteniéndose una mayor longitud de las hojas D de plantas de piña.

En el peso de plantas de piña al forzamiento, hubo diferencias significativas entre las fuentes y dosis de P evaluadas en el ensayo, con respecto a los testigos absolutos utilizados (T.A. sólo o junto al T.A. + N). Se logran mayores pesos de planta y por ende, de fruta a la cosecha.

Las fuentes y dosis de P evaluadas, tendieron a formar más plantas con tamaños extragrande y grande; mientras que los testigos fueron más proclives a formar plantas con tamaños pequeños y muy pequeños. Asimismo, hubo una mayor disposición por parte de las fuentes y dosis utilizadas (más que de los testigos), en formar plantas con tamaño promedio (intermedio entre los tamaños analizados).

Las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados, fueron más efectivos en lograr que las plantas de piña llegaran al peso de forzamiento requerido por la finca (2,2 Kg); que los testigos absolutos del ensayo. También en menor tiempo (7 meses), que las plantaciones comerciales de la empresa donde se realizó el ensayo de campo (8 meses ó más).

En la pudrición basal del tallo de plantas de piña por *Phytophthora* sp., hubo mayor incidencia del daño en el testigo absoluto (T.A.) que en las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P evaluados (incidencia máxima de 1,14%).

Para la variable formación de fruta natural, hubo diferencia altamente significativa entre las fuentes fosfatadas y el testigo absoluto (T.A.). Lo que denota una buena nutrición mineral de los tratamientos evaluados, dado que el porcentaje de incidencia de fruta natural para ellos, no fue mayor de 0,40%.

No hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P con respecto a los testigos absolutos evaluados, en el tamaño ó calibre de las frutas para exportación . Pero es clara la tendencia de las fuentes y dosis en formar principalmente frutas de tamaño 5, 6 y 7; así como la de los testigos absolutos de producir especialmente frutas de tamaño 9 y 10.

No hubo diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P con respecto a los testigos absolutos evaluados, sobre el número de frutas producidas por hectárea. Pero es observable la tendencia que muestran los testigos absolutos en tener mayor cantidad de frutas, que las producidas por las fuentes, dosis y

métodos de aplicación de P evaluados (por poseer estos últimos una mayor cantidad de fruta de rechazo).

Con respecto a la cantidad de frutas de rechazo, no hay diferencia significativa entre las fuentes y dosis aplicadas de P y los testigos absolutos. Pero si la hubo entre los métodos de aplicación de las fuentes fosfatadas y los testigos (testigos absolutos y aplicación a la axila de hojas bajas produjeron menos cantidad de fruta de rechazo, que la aplicación en media luna y en banda).

No se presentó diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, ni entre ellos y los testigos; para la variable producción total de fruta exportable por hectárea. Valores obtenidos fueron altos dentro del rango normal de producción en Costa Rica.

No hubo diferencia para la variable producción total de fruta exportable por hectárea, al usar MAP ó Roca Fosfórica como fuente de P. Pero si hay diferencia marcada en costo económico, entre ellas.

Tampoco se presentó diferencia significativa entre las fuentes, dosis y métodos de aplicación de P, ni entre ellos y los testigos; sobre la variable número de cajas de fruta exportable por hectárea. Tendencia que presentan los tratamientos, es similar a la de la producción total de fruta exportable por hectárea.

En general, no se observó necesidad de altas dosis de P_2O_5 en la fertilización, para lograr una buena producción; ni tampoco hubo diferencia entre el uso de MAP ó Roca Fosfórica. Asimismo, el método de aplicación más efectivo fue el localizado (a la axila de hoja baja).

LITERATURA CITADA

- AMBERGER, A. 2006. Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics. Paris, France. Internacional Fertilizar Industry Association and International Potash Institute. 1ed. 96 p.
- ARROYO, M. 1989. Evaluación de fuentes de fósforo. Medellín, Colombia. Universidad de Santander. Revista de Suelos. 43 p.
- ABOPAC, 2008. Nutrición del cultivo de piña. Datos sin publicar. San José, Costa Rica.
- BARTHOLOMEW, D.P et al. 2003. The Pineapple, Botany, Production and Uses. University of Hawaii at Manoa. CABI Publishing. Honolulu, USA. 301 p
- BERTSCH, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS. 1ed. 157 p.
- BERTSCH, F. 1998. Manual para interpretar la fertilidad de los Suelos. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 2 ed. 87 p.
- BERTSCH, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, Costa Rica. ACCS. 1ed. 307 p.
- CANAPEP, 2014. Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña. Pagina web: <https://canapep.com/estadisticas/>
- CATHCART, J.B. 1976. The role of Phosphorus in Agriculture. Alabama, U.S.A. In: Symposium of American Society of Agronomy Inc. 1ed. 350 p.
- CASTAÑEDA, P. 2003. En Línea. Manual técnico: Seminario sobre la producción y manejo post cosecha de la piña para exportación. San Salvador, El Salvador. 09 al 11 diciembre del 2003 (En línea). Proyecto VIFINEX. República de China- ORISA. Consultado el 21 ene 2009. Disponible en: www.Manual-05%20PI%C3%91A%20-%20OIRSA.com
- CAMACHO, C. 2006. Comportamiento del periodo de cosecha de fruta de Piña (*Ananas comosus*) (L) Merr Híbrido MD-2 bajo condiciones de producción en finca La Fama, Santa Fe, Aguas Zarcas. Práctica de Especialidad. Bach. Agr. San Carlos, CR, ITCR. 52h.

- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA 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>.
- CHIQUITA BRANDS. 2004. Manual de calidad y empaque: Piña. Costa Rica. 73 p.
- CIAT. 1983. Oxisoles y Ultisoles en América Tropical. II: Mineralogía y Características Químicas. Cali, Colombia. Guía de Estudio. 68 p.
- CONITTA. 1991. Piña. Comisión Nacional de Investigaciones y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 21 p.
- DIAZ-ROMEY, R. HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelo, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica 61 p.
- ESPINOSA, J. MOLINA, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. 1 ed. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 42 p.
- FAO / IFA. 2002. Los Fertilizantes y su Uso. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, junto a la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. 4ed. 76 p.
- FASSBENDER, H. BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con Énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica. 420 p.
- GAMBAUDO, S. 2007. Acidez Edáfica (en línea). Consultado el 26 de marzo del 2008. Disponible en <http://www.inta.gov.ar>
- IFA. 1992. Manual de Uso de Fertilizantes en el Mundo. Paris, Francia. Asociación Internacional de Fabricantes de Fertilizantes. 632 p.
- INPOFOS. 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, Ecuador. Instituto de la Potasa y el Fósforo. 55 p.
- INPOFOS. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Quito, Ecuador. Instituto de la Potasa y Fosfato. 140 p.

- IPNI. 2013. Manual de Nutrición de Plantas 4R: Un manual para mejorar el manejo de la nutrición de plantas. (T.W. Bruulsema , P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, EE.UU.
- JIMENEZ, J.A. 1999. Manual Práctico para el cultivo de piña de exportación. San José, Costa Rica. Editorial ITCR. 224 p.
- JOHNSTON, A.E. 2000. Soil and Plant Phosphate. Paris, Francia. International Fertilizer Industry Association. 1ed. 46 p.
- KASS, D. 1996. Fertilidad de suelos. Ed. Por J. Núñez. Editorial Universidad Estatal a Distancia, primera edición. San José, Costa Rica. 233 p.
- LEON, L.A. 1989. Los fertilizantes fosfatados nativos y su manejo para incrementar la productividad agrícola. IFDC. Trabajo presentado en Seminario "El impacto de los fertilizantes y manejo sobre la productividad agrícola". Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile. 1989 (p 103-108).
- MARSCHNER, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 ed. Academic Press, Londres, Inglaterra. 889 p.
- MELLENDEZ, 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
- MENGEL, K. KIRKBY, E. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4 ed. International Potash Institute, Berna, Suiza. 692 p.
- MITE, F. MEDINA, L. ESPINOSA, J. 2009. Efecto de la corrección del pH en el rendimiento de piña en suelos volcánicos. Informaciones Agronómicas, International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, Ecuador. No 73, abril 2009.
- MOLINA, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS, San José, Costa Rica. 45 p.
- MOLINA, E. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. San José, Costa Rica. En memorias de Seminario de Fertilización Foliar : principios y aplicaciones. Editado por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR. ACCS. p 85-104.

- MOLINA, E. 2003. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. San José, Costa Rica. En memorias de Seminario de Fertilizantes: características y manejo. Editado por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR. ACCS. p. 31-58.
- MONTERO, M; CERDAS, MM. 2005. En Línea. Guías técnicas para el manejo pos cosecha para el mercado fresco: piña (*Ananas comosus*). San José, CR. MAG. Consultado el 08 feb 2009. Disponible en:
www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pina_pre-pos.pdf.
- ORTIZ, E.F. 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 de Grecia, Costa Rica. Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 71 págs.
- PY, C. 1969. La piña Tropical. Editorial Blume, primera edición. Barcelona, España. 278 p.
- PY, C. et al. 1987. The Pineapple, Cultivation and Uses. Editions G.-P. Maisonneuve & Larose. París. 428 p.
- SANCHEZ, C.A. 2007. Phosphorus. In: Handbook on Plant Nutrition. A.V. Baker y D.J. Pilbeam (eds). CRC Press, Florida, USA. P. 51-90.
- SYERS, J.K., JOHNSTON, A.E. and CURTIN, D. 2008. Efficiency of soil and Fertilizer phosphorus use. Rome, Italy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1ed. 108 p.
- SULLIVAN, L.Z. 1978. Mono-ammonium phosphate (MAP) versus others sources. Tulsa. Agrico Chemical Company. 4 p.
- VALENCIA, G, 1998. Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Quito, Ecuador. 61 p.
- VILLALOBOS, E. KILLORN, R. 2001 Nutrición Mineral. En: Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Fascículo 1. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 161-196.
- ZAPATA, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 208 p.

Anexos

