

**Caracterización química de los suelos de
una finca de piña en Río Cuarto de
Grecia, Costa Rica, para mejorar su
condición nutricional**

Gabriel Eduardo Girón Durán

EL ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.
Diciembre, 2004

Caracterización química de los suelos de una finca de piña en Río Cuarto de Grecia, Costa Rica, para mejorar su condición nutricional

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Gabriel Eduardo Girón Durán

HONDURAS
Diciembre, 2004

El autor concede a El Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Gabriel Eduardo Girón Durán

Honduras
Diciembre, 2004

**Caracterización química de los suelos de una finca de piña
en Río Cuarto de Grecia, Costa Rica, para mejorar su
condición nutricional**

Presentado por

Gabriel Eduardo Girón Durán

Aprobada

Gloria Arévalo de Gauggel, MSc.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Coordinador de Área
Fitotecnia C.C.P.A.

Odilo Duarte, Dr. Sci. Agr., M.B.A.
Asesor Secundario

Jorge Iván Restrepo, MBA
Coordinador de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Eduardo Gurdián, Ing. Agr.
Asesor Secundario

Aurelio Revilla, Ph.D.
Decano Académico

Reinerio Barahona, Ing. Agr.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por todas sus bendiciones.

A mi familia por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: por apoyarme en todas las decisiones de mi vida.

A mis hermanos: por su apoyo tanto profesional como sentimental.

A Oscar Huete y Jorge Castilblanco, por toda la ayuda que me prestaron en estos tres años de conocernos.

A la Ing. Gloria de Gauggel, por su apoyo.

Al Ing. Eduardo Gurdian, por ser ejemplo de responsabilidad y dedicación al trabajo.

Al Dr. Odilo Duarte por su apoyo.

Al Ing. Reinerio Barahona por su apoyo.

Al Ing. Wilbert Campos, por el apoyo durante y después de la pasantía.

A mis colegas de la clase 2004 por su apoyo en estos 4 años en que formaron parte de mi familia.

RESUMEN

Girón G, 2004. Caracterización química de los suelos de una finca productora de piña en Río Cuarto de Grecia, Costa Rica, para mejorar su condición nutricional. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 39 p

Río Cuarto de Grecia está ubicado en una zona lluviosa (3,782 mm anuales). Una actividad agrícola de la zona es la producción de piña, cultivo importante para Costa Rica. Al igual que todo cultivo, la piña necesita un manejo nutricional adecuado, el cual se vuelve crítico por el pH al cual se cultiva (4.5-6.5). Los objetivos del estudio fueron: analizar las condiciones de fertilidad de los suelos por lote, definir unidades de manejo de la fertilidad de los suelos, definir unidades de fertilización, realizar una comparación de las condiciones químicas y físicas del suelo mediante los índices de calidad de suelo y cuantificar el costo de los planes de fertilización recomendados. El suelo se caracterizó químicamente, lo cual consistió en la división de unidades de manejo de fertilidad del suelo; estas unidades se definieron con base en los resultados de los análisis de suelo y las dosis de fertilizantes requeridas para mejorar su condición en el suelo. Se caracterizó física y morfológicamente el suelo, mediante calicatas en puntos estratégicos dentro de la finca. Las variables evaluadas fueron profundidad de los horizontes, textura, color, estructura, consistencia, resistencia a la penetración, poros, raíces, presencia de rocas o piedras y límite entre horizontes. Basado en estas variables se determinó la condición física del suelo, evaluando el índice de calidad del suelo de cada lote. Una de las principales limitantes químicas encontradas fue el pH, con valores ácidos de 3.92 a 5.88, para la corrección del mismo, se recomienda utilizar cal dolomítica en suelos con deficiencia de Mg y cal agrícola en el resto de las unidades de manejo de fertilidad. Las dosis de P_2O_5 recomendadas son: alta > 69 kg/ha, media entre 30-69 kg/ha y baja < 30 kg/ha. El K_2O se recomienda utilizarlo en dosis altas > 50 kg/ha, bajas < 50 kg/ha y no utilizarlo en las unidades con niveles de K óptimos. Con los resultados de los análisis químicos y con los requerimientos nutricionales del cultivo se definieron seis unidades de fertilización. El índice promedio de calidad física actual fue de 27, que al compararlo con el índice potencial de 28, se puede concluir que las propiedades físicas del suelo están en la mejor condición posible para estas condiciones. En cuanto al índice de calidad químico, los lotes 101, 106 y 107 tienen valores bajos, lo cual indica que las condiciones químicas del suelo deben ser mejoradas. Los bajos índices químicos se deben a las condiciones de bajo pH.

Palabras clave: *Ananas comosus*, calicatas, caracterización de suelos, muestreo de suelos, unidades de manejo de fertilidad, unidades de fertilización.

CONTENIDO

Portadilla	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	3
Ubicación	3
Muestreo de suelos	3
Análisis físicos y morfológicos	3
Análisis químicos	4
Agrupamiento de los resultados según los lotes.....	4
Ordenamiento de los datos y cálculo de las dosis requeridas de cada elemento para el acondicionamiento del suelo	4
Unidades de manejo de la fertilidad.....	5
Mapa de distribución de los suelos según las unidades de manejo de fertilidad	6
Unidades de fertilización.....	6
Mapa de distribución de los suelos según los planes de fertilización	6
Índices de calidad de suelos	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
Análisis de fertilidad de suelos por lote:	7
Unidades de manejo de fertilidad del suelo:	11
Mapa de distribución de unidades de manejo de la fertilidad	15
Plan de fertilización por unidad de manejo de fertilidad	17
Mapa de distribución de los suelos según los planes de fertilización	25
Índices de calidad de suelos	27
Costos por plan de fertilización.....	28
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		
1	Valores máximos, mínimos y promedio de cada elemento por lote, en una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica.....	9
2	Elementos limitantes por lote.....	10
3	Dosis de P ₂ O ₅ , K ₂ O y Zn en kg/ha, por unidad de manejo de la fertilidad, en suelos con pH mayor o igual a 5.00, en una finca productora de piña, cantón Grecia, Costa Rica.....	12
4	Dosis de P ₂ O ₅ , K ₂ O y Zn en kg/ha, por unidad de manejo de la fertilidad, en suelos con pH menor a 5.0, en una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica.....	14
5	Identificación por colores de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	15
6	Agrupamiento de lotes según el plan de fertilización recomendados para una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004	18
7	Plan de fertilización 1, con dosis alta de potasio y alta de zinc.....	19
8	Plan de Fertilización 2, con dosis baja de potasio y alta de zinc.....	20
9	Plan de fertilización 3, con dosis baja de potasio y media de zinc.....	21
10	Plan de fertilización 4, con dosis media de potasio y alta de zinc.....	22
11	Plan de fertilización 5, con dosis media de potasio y media de zinc...	23
12	Plan de fertilización 6, con dosis media de potasio y baja de zinc.....	24
13	Identificación por colores de las unidades de fertilización, de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	25
14	Índices físicos y químicos de los suelos de una finca de piña, en el cantón Grecia, Costa Rica.....	27
15	Costos de los materiales de cada plan de fertilización propuestos para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1	Mapa de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, lotes del 101-107 de una finca de piña ubicada en el cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	15
2	Mapa de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, lotes del 201-205 de la finca de piña ubicada en el cantón Grecia, Costa Rica, 2004	16
3	Mapa de unidades de fertilización del cultivo para los lotes del 101-107 de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	25
4	Mapa de unidades de fertilización del cultivo para los lotes del 201-205 de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	26

ÌNDICE DE ANEXOS

Anexo

1	Costos de cada plan de fertilización para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.....	31
---	--	----

INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus*), es un cultivo de alta importancia económica para algunos de los países de Centro América, siendo Costa Rica el mayor productor de la región. En cuanto a la producción mundial, ésta es dominada por los países del lejano oriente, los cuales producen el 52% del total mundial. En segundo lugar se ubica América Latina, con un 27%. Como país, Tailandia en el 2002 se ubicó como el mayor productor con un 15%, seguido por Brasil y Filipinas con 12% y 11% respectivamente. Costa Rica este mismo año ocupó el octavo lugar con un 2.5%. En cuanto a producción de piña fresca, es Costa Rica quien ocupa el primer lugar con un 29.25% de las exportaciones mundiales, lo cual demuestra el gran potencial para nuestra región en este cultivo (Proexant 2002).

La piña pertenece a la familia de las Bromeliáceas y es originaria de América del Sur, específicamente de una región llamada Matto Grosso, la cual se encuentra entre Uruguay y Brasil. Es un cultivo perenne, pero para lograr una producción rentable, únicamente se deja producir una o dos cosechas, las cuales se logran en aproximadamente 2 años y medio (MAG 1991). Es una planta herbácea, monocotiledónea, que mide hasta un metro de alto. Cuando las plantas están recién plantadas, presentan raíces primarias que tienen una vida corta. Debido a esto, la mayoría de las raíces son fibrosas, adventicias y secundarias (Jiménez 1999).

En cuanto a suelos, la piña requiere suelos sueltos, aireados y con un excelente drenaje (MAG 1991). Los suelos de la región en que se encuentra la finca, pertenecen al orden Ultisol; estos suelos presentan horizontes argílicos, con menos de 35% de saturación de bases. (Foth 1987). Este tipo de suelos, presentan frecuentes deficiencias de N, P, K, Ca, Mg, Mn Zn y Mo. El tipo de arcilla más abundante en estos suelos es la caolinita (Duran *et al.* 2000).

En cuanto a acidez del suelo, ésta se da generalmente por altas precipitaciones, las cuales causan lixiviación. Por esta razón, se lavan gran cantidad de las bases del suelo, lo que causa un incremento en la acidez y por lo tanto un descenso del pH (Bohn *et al.* 1993). Los Ultisoles, por lo general representan los suelos típicamente ácidos. Presentan pH bajos, contenidos muy altos de acidez o Al intercambiable y una capacidad de intercambio cationico efectiva (CICE) baja. La piña se adapta a suelos con pH de 4.5 a 6.5. y RAS menor a 30% (Molina 1998).

Para el cálculo de la dosis de cal a utilizar para la neutralizar la acidez, existen varios métodos, como por ejemplo, tablas con dosis ya establecidas y fórmulas para el cálculo

de la dosis, Existe una formula modificada, la cual combina los criterios prácticos de las formulas de Cochrane, Salinas y Sánchez y la de Van Raij (Molina 1998). La fórmula modificada es:

$$t \text{ CaCO}_3/\text{ha} = \frac{1.5(\text{Al-RAS})(\text{CICE})}{100} \times f$$

Para la corrección de la acidez del suelo, se hace necesaria la realización de un encalado, que consiste en la aplicación masiva de sales básicas; para encalar se pueden utilizar una serie de materiales, como carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de Ca y/o Mg. La capacidad neutralizante de cada uno de estos materiales es variable y esto se debe principalmente a las bases químicas a las cuales están ligados los cationes. Los materiales más comunes que se utilizan para la neutralización de la acidez, son: cal calcita (CaCO_3), oxido de calcio (CaO), hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), cal dolomítica ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y oxido de magnesio (MgO) (Molina 1998).

En general, el N, el P y el K presentan deficiencias en suelos con pH ácidos, mientras que los micronutrientes incrementan su disponibilidad a medida que disminuye el pH (Bohn *et al.* 1993).

El objetivo principal de este estudio fue mapear las condiciones químicas del suelo de una finca productora de piña y con base en ellas realizar un plan de manejo; como objetivos específicos se tuvieron: determinar las condiciones nutricionales del suelo para cada lote de la finca, establecer unidades de manejo de la fertilidad de los suelos, proponer planes para cada unidad de fertilización, establecer una relación entre las propiedades químicas y las características morfológicas en los lotes donde se posee la información y finalmente realizar un análisis de costos para la recomendación de aplicación de fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

La finca estudiada en este trabajo está ubicada en la zona norte de Costa Rica, específicamente en San Rafael de Río Cuarto, en el cantón Grecia, de la provincia de Alajuela. En la zona se llevan a cabo varias actividades como la ganadería, producción de yuca, pejibaye y piña. Con respecto al clima, esta es una zona con precipitación promedio de 3,782 mm anuales y una temperatura media mensual de 26.5° C.

La finca tiene un área de 600 hectáreas, de las cuales la mayor parte se encuentra en producción de piña. Algunas áreas, se encuentran bajo el cultivo de yuca, debido a que en cierto tiempo este cultivo fue el principal, pero fue sustituido por piña. Otra actividad sustituida por el cultivo de la piña fue la ganadería.

MUESTREO DE SUELOS

El muestreo se realizó a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm), definidas según la profundidad radicular efectiva de la piña; luego se realizó una división de los lotes en unidades de muestreo de 5 hectáreas cada uno, esto con la finalidad de obtener datos representativos de cada lote. En algunos casos, el área de muestreo fue menor, debido a las condiciones topográficas de los lotes.

En cada unidad de muestreo se tomaron 20 submuestras aleatorias, las cuales luego fueron mezcladas para obtener una muestra compuesta. El número total de lotes muestreados, fue de 18, de los cuales se obtuvo un total de 150 muestras de 0-15 cm y 150 de 15-30 cm

ANÁLISIS FÍSICO Y MORFOLÓGICO

Para llevar acabo el análisis morfológico de los suelos de la finca, se excavaron calicatas, con las siguientes dimensiones: 2.0 m de largo por 1.0 m de ancho por 1.5 m de profundidad. En total se hicieron 7 calicatas ubicadas en los lotes fuera del área producción, con el fin de evitar causar daño a la plantación. Los lotes donde se hicieron calicatas fueron: 101, 102, 103, 104, 105, 106 y 107.

En cada una de las calicatas se identificaron los horizontes maestros y sus características; las características estudiadas fueron: profundidad, textura, estructura, color, consistencia, resistencia a la penetración, poros (tamaño, forma y cantidad), raíces (tamaño y cantidad) y límites (topografía y nitidez) de cada horizonte. Se identificó también la topografía de cada lote.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis para la determinación de las propiedades químicas del suelo, fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad de Costa Rica (UCR). A cada muestra se le determinó: pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y acidez. La CICE se determinó como la sumatoria de Ca, Mg y K, expresados todos en cmol^+/L .

AGRUPAMIENTO DE LOS RESULTADOS SEGÚN LOS LOTES

Se agruparon con el fin de analizar cada lote completo; para esto, se agruparon los resultados de todas las sub-muestras obtenidas en cada lote. Para cada lote, se obtuvieron los valores máximos, mínimos y promedio de cada uno de los elementos analizados en el laboratorio y así se presenta la información.

ORDENAMIENTO DE LOS DATOS Y CÁLCULO DE LAS DOSIS REQUERIDAS DE CADA ELEMENTO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SUELO

La dosis se calculó con base en el requerimiento nutricional de la piña. Con el conocimiento de este requerimiento, se calculó la cantidad de cada elemento necesaria para llevar el suelo a un nivel de fertilidad adecuado. Para trabajar la información se agruparon los datos de acuerdo al pH; se definieron dos rangos: pH menor a 5 y pH mayor o igual a 5. El calcio y el magnesio no se dividieron en rangos. El manejo de estos elementos se planteó de acuerdo a los niveles de los mismos, estableciendo la recomendación de aplicación de diferentes tipos de cal según se requiera o no uno de estos elementos. Los materiales utilizados como base para la división de grupos son: cal dolomítica para la corrección de pH y deficiencia de magnesio y cal agrícola en aquellos suelos que no presentaron deficiencia de magnesio, sino que únicamente requieren corrección de pH.

Las dosis de fósforo se establecieron de acuerdo a su contenido en el suelo a fin de llevarlos todos a 25 ppm. En suelos con contenido de P menor a 10 ppm, se recomienda la dosis alta (más de 69 kg/ha); suelos con contenido de P de 10-24 ppm, dosis media (30-60 kg/ha) y suelos con contenido mayor a 25 ppm, dosis baja (menos de 30 kg/ha).

Las dosis de K se dividieron en los siguientes rangos: alta, mayor de 50 kg/ha, cuando el nivel en el suelo es menor a 0.5 cmol/kg ; baja, menor a 50 kg/ha en suelos con nivel de 0.5-0.8 cmol/kg y ausente 0 kg/ha cuando el nivel es mayor a 0.8 cmol/kg. Para el resto de los elementos no se definieron rangos, debido a que no se realizará o no se necesita corrección de ellos en el suelo.

UNIDADES DE MANEJO DE LA FERTILIDAD

Se determinó establecer unidades de manejo de fertilidad (UMF) para el manejo de la fertilización, para el acondicionamiento del suelo. La división de UMF se realizó tomando como criterio los elementos limitantes, según el análisis químico realizado en el laboratorio. Se definieron cuatro criterios por medio de los cuales se identificaron 16 UMF. El primer criterio, fue el pH; debido a que la piña se adapta a suelos con pH que van de 4.5-6.5, se hizo una separación inicial de los datos, en lotes con pH menor a 5 en un grupo y mayores o iguales a 5 en el otro. Para el manejo, se tomó como criterio llevarlos hasta 5.

Posteriormente, se separaron los grupos con pH menor a 5, según el tipo de material a utilizar en la realización de enmiendas. Los lotes que presentan deficiencia de magnesio, fueron ubicados en un grupo y los lotes que no presentaron deficiencia de magnesio, fueron ubicados en el grupo de lotes a ser tratados con cal agrícola en la enmienda. En los lotes con pH mayor o igual a 5 donde no se recomienda modificar el pH, el criterio de separación de grupos fue la saturación de acidez. Se separó por nivel de Ca y Mg y tipo de material a utilizar en la enmienda; para la aplicación de los demás elementos, se siguió el mismo criterio descrito anteriormente.

El siguiente criterio, en el proceso para definir las unidades de manejo, fue la dosis de fósforo a utilizar para llevarlo al nivel que la piña requiere. Esta separación se realizó para todos los grupos identificados anteriormente, sin importar si se recomienda o no enmienda. Los grupos separados por fósforo, fueron identificados según la dosis a utilizar para la corrección de éste en aquellos lotes deficientes, las cuales fueron: alta > 69 kg/ha, media 30-69 kg/ha y baja < 30 kg/ha.

Por último, en los grupos que fueron separados por los criterios anteriormente citados, se observó el nivel de K. De acuerdo a este, fueron separados según la dosis de potasio a utilizar en la corrección de la deficiencia del mismo; nuevamente se separó en grupos con dosis alta > 50 kg/ha, baja < 50 kg/ha y otro grupo en el cual no se recomienda aplicar potasio.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN LAS UNIDADES DE MANEJO DE FERTILIDAD

Una vez identificadas las UMF, se procedió a ubicar cada unidad en los mapas suministrados por la finca. Luego de ubicar en los mapas las UMF, éstos se unieron en uno solo, el cual fue escaneado y luego coloreado para identificar cada UMF.

UNIDADES DE FERTILIZACIÓN

Estas se plantearon para el manejo de la fertilidad postplante. Luego de la división de las unidades de manejo de fertilidad (UMF), se propuso un plan de fertilización postplante, asumiendo que el suelo se adecuará con base en la propuesta de UMF; en este caso se hizo una nueva división de unidades. Los elementos incluidos en la división, además de Ca, Mg, P y K, fueron: Zn y Fe.

Los aspectos tomados en cuenta fueron: el nivel que cada elemento presente en el suelo y los requerimientos del cultivo. Las dosis de nitrógeno y fósforo, son las mismas para todas las unidades. En el caso del nitrógeno, por no contar con datos de materia orgánica, se propone una dosis alta de acuerdo a el requerimiento de la piña, que es de 240 kg/ha. El fósforo, se propone aplicarlo en dosis medias considerando que se mejorará el pH del suelo y los niveles de fósforo con el manejo de las UMF, lo cual incrementará su disponibilidad. El potasio, se trabajó tomando en cuenta el contenido en el suelo de este elemento y las dosis aplicadas para la corrección en las UMF; por esta razón, se proponen dosis bajas, medias y altas de potasio, según la condición del suelo. El zinc, hierro y magnesio, fueron trabajados con dosis altas para su aplicación.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN LOS PLANES DE FERTILIZACIÓN

Una vez identificadas las unidades de fertilización, se ubicó cada unidad en los mapas suministrados por la finca. Luego se unieron los mapas en uno solo que fue coloreado para identificar las unidades de fertilización.

ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELOS

Este análisis se realizó a los lotes 101, 102, 103, 104, 105, 106 y 107, debido a estos fueron los únicos lotes donde se abrieron calicatas.

Una vez caracterizados los suelos de estos lotes, se procedió a calificar cada una de sus propiedades a fin de obtener un índice de calidad de cada uno de ellos.

Los índices de calidad se basan en asignar a cada uno de los parámetros de evaluación de suelos un valor dado, según las condiciones presentes en cada calicata; cada uno de estos valores se multiplica por un valor de peso de cada parámetro y así se obtiene el valor de calidad del suelo de cada propiedad. Con la sumatoria de todos los valores totales, se obtiene un valor, el cual se divide por el valor potencial total del suelo y de esta manera se obtiene el porcentaje de calidad actual del suelo (Gauggel 2003).

Para el cálculo de índices de calidad químicos, se sigue la misma metodología que para los físicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS POR LOTE:

Los resultados de los análisis se resumen en el Cuadro 1, donde se agruparon por lote. En el Cuadro 2, se presenta un resumen de los elementos limitantes por lote.

pH: en general, el pH varió entre 3.92 y 5.88; esto muestra claramente que la mayoría de estos suelos se encuentran dentro del rango de acidez extremada a ligeramente ácidos. Según la división realizada en el análisis, los lotes 106, 107, 201, 202, 203, 204, 301, 302 y 304, tuvieron pH extremadamente ácidos, que representa suelos con pH menor a 4.5; el resto de los lotes (101, 102, 103, 104, 105, 205, 303, 401 y 402) tuvieron un pH que en general varía dentro del rango de pH fuertemente ácido, que va de 4.5 a 5.5.

Calcio: debido a que todos los lotes presentaron pH ácidos, en la mayoría de estos, se presentaron niveles bajos de calcio. Los lotes 101, 102, 103, 104, 106, 107, 201, 202, 203, 204, 301, 302, 304 y el 402 presentaron deficiencia de este elemento. En el lote 105, los niveles de calcio se encontraron en el punto más bajo del rango del requerimiento de la piña. El resto de lotes (105, 205, 303 y 401) no tuvieron problemas de deficiencia de este elemento.

Fósforo: El fósforo, por ser un elemento con disponibilidad limitada en suelos ácidos, presentó muchos problemas en estos suelos; en los lotes 101, 102, 103, 104, 106, 107, 201, 202, 301 y 402 se presentaron deficiencias de este elemento. En el resto de ellos (105, 203, 204, 205, 302, 303, 304 y 401) se presentaron niveles adecuados.

Potasio: En general, este elemento se encontró en niveles adecuados en los suelos de la finca. Se presenta deficiencia de este elemento en los lotes 104, 106, 107, 202, 203 y 204. En los lotes 103, 105, 201, 205, 301 y 302 los niveles de potasio se encuadraron en el punto más bajo de los requerimientos de la piña. El resto de lotes (101, 102, 303, 304, 401 y 402) presentaron niveles adecuados de potasio.

Magnesio: Este elemento fue deficiente en los lotes 102, 103, 104, 106, 107, 203 y 204; en los lotes 101, 105, 201, 301 y 302 se encontró en los niveles más bajos del requerimiento. El resto de lotes (202, 205, 303, 304, 401 y 402) presentaron niveles adecuados de este elemento.

Acidez: La acidez en todos los lotes es mayor a 0.3 cmol(+)/L, siendo éste el valor máximo del rango al cual se adapta adecuadamente la piña.

CICE: La capacidad de intercambio catiónico efectiva es mayor a 0.5 cmol/kg en todos los lotes de la finca, lo cual indica que existe un adecuado CICE en estos suelos.

Zinc: Presentó deficiencias en la mayoría de los lotes; los lotes con deficiencia de zinc fueron el 102, 103, 104, 106, 201, 202, 203, 204, 301, 302, 304 y 401. El lote 107 presenta niveles que están en el punto más bajo del requerimiento y el resto de lotes (101, 105, 205, 303 y 402) presentaron niveles adecuados de zinc.

Cuadro 1. Valores máximos, mínimos y promedio de cada elemento por lote, en la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Lote	Valor	pH 5.5-6.5	cmol(+)/L					mg/L				
			Ca 4-20	Mg 1-5	K 0.2-0.8	ACIDEZ < 0.3	CICE > 0.5	P 10-50	Cu 1-20	Fe 10-50	Mn 10-50	Zn 3-10
101	Max	5.28	5.02	2.00	0.85	2.78	7.85	10.40	15.80	233.00	142.00	6.40
	Min	4.80	0.88	0.23	0.23	0.61	1.34	5.60	7.70	167.00	63.00	4.80
	Promedio	5.09	3.41	1.20	0.64	1.34	5.25	8.73	10.45	200.75	106.75	5.63
102	Max	5.88	6.80	2.42	0.66	1.99	9.87	13.00	9.20	221.00	59.00	4.70
	Min	5.04	2.10	0.36	0.18	0.20	2.74	6.50	3.70	124.00	10.80	1.10
	Promedio	5.38	4.10	1.12	0.44	0.83	5.66	9.10	5.66	159.86	28.91	2.73
103	Max	5.08	2.16	0.74	0.45	2.50	3.17	11.20	7.80	175.00	93.00	4.00
	Min	4.70	0.77	0.32	0.27	1.19	1.54	8.40	6.50	134.00	56.00	3.50
	Promedio	4.88	1.48	0.53	0.35	1.88	2.36	9.97	7.13	153.00	79.00	3.70
104	Max	5.15	3.29	0.97	0.32	1.96	4.44	12.70	7.40	155.00	92.00	3.30
	Min	4.30	1.54	0.73	0.14	0.93	2.41	9.20	3.50	132.00	18.40	1.90
	Promedio	4.82	2.43	0.84	0.21	1.31	3.48	10.57	5.00	143.00	45.70	2.50
105	Max	4.96	4.94	1.81	0.37	0.98	6.96	19.70	7.40	138.00	67.00	4.70
	Min	4.74	4.14	1.60	0.21	0.63	6.11	12.50	4.60	129.00	36.20	3.10
	Promedio	4.85	4.54	1.71	0.29	0.81	6.54	16.10	6.00	133.50	51.60	3.90
106	Max	4.34	1.18	0.81	0.13	3.04	1.62	12.80	9.90	464.00	22.50	3.00
	Min	4.04	0.69	0.15	0.07	2.38	0.98	6.00	7.40	238.00	9.90	2.10
	Promedio	4.17	0.83	0.31	0.10	2.68	1.24	8.22	8.34	367.80	14.34	2.56
107	Max	4.33	1.65	1.14	0.18	3.16	2.97	12.00	14.80	601.00	33.90	4.20
	Min	3.92	0.95	0.18	0.06	1.95	1.26	6.60	8.60	248.00	6.80	2.40
	Promedio	4.19	1.21	0.52	0.10	2.62	1.82	8.41	12.53	379.13	22.14	3.09
201	Max	4.97	4.78	1.97	0.26	1.55	7.01	7.30	12.00	223.00	142.00	3.00
	Min	4.19	1.82	0.69	0.25	0.34	2.76	6.70	5.30	159.00	19.50	2.00
	Promedio	4.58	3.30	1.33	0.26	0.95	4.89	7.00	8.65	191.00	80.75	2.50
202	Max	5.14	5.20	2.29	0.36	1.93	7.85	10.60	11.80	374.00	81.00	3.10
	Min	4.25	1.96	0.59	0.03	0.30	2.61	9.10	4.60	138.00	17.30	1.40
	Promedio	4.63	3.36	1.12	0.13	1.01	4.61	9.55	9.05	246.25	48.98	2.60
203	Max	4.23	0.78	0.33	0.09	3.05	1.16	15.70	14.00	482.00	78.00	3.50
	Min	4.05	0.61	0.24	0.05	2.67	0.91	8.70	9.90	291.00	51.00	2.40
	Promedio	4.14	0.70	0.29	0.07	2.92	1.05	12.45	11.88	403.50	65.25	2.78
204	Max	4.63	2.28	0.70	0.10	0.98	3.08	12.30	10.80	257.00	47.10	2.80
	Min	4.63	2.28	0.70	0.10	0.98	3.08	12.30	10.80	257.00	47.10	2.80
	Promedio	4.63	2.28	0.70	0.10	0.98	3.08	12.30	10.80	257.00	47.10	2.80
205	Max	5.36	11.10	2.90	0.33	0.63	13.84	19.60	8.70	210.00	46.10	3.20
	Min	4.73	6.00	2.41	0.16	0.23	8.59	11.30	6.80	165.00	26.70	2.90
	Promedio	5.11	7.90	2.61	0.27	0.34	10.78	13.50	7.85	182.00	36.80	3.03

Continuación Cuadro 1. Valores máximos, mínimos y promedio de cada elemento por lote, en una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica.

Lote	Valor	pH	cmol(+)/L					mg/L				
			Ca	Mg	K	ACIDEZ	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn
301	Max	5.23	4.29	3.70	0.35	2.55	8.30	9.60	13.90	351.00	78.00	3.90
	Min	4.04	0.94	0.45	0.10	0.16	1.52	6.30	7.60	139.00	2.70	1.90
	Promedio	4.50	2.16	1.48	0.21	1.39	3.85	8.15	11.51	234.13	48.49	2.51
302	Max	4.90	3.96	2.13	0.62	2.70	6.71	23.70	18.30	353.00	136.00	3.20
	Min	4.27	1.04	0.38	0.11	0.84	1.55	6.00	11.30	195.00	20.70	1.60
	Promedio	4.61	2.15	1.33	0.35	1.41	3.82	10.58	14.30	273.09	66.47	2.42
303	Max	5.35	8.50	2.71	0.93	1.52	11.36	10.30	15.00	327.00	159.00	5.00
	Min	4.71	1.94	1.15	0.35	0.26	3.44	5.30	6.60	134.00	26.20	2.10
	Promedio	5.07	4.92	1.99	0.63	0.77	7.55	7.97	11.88	236.50	95.57	3.47
304	Max	4.57	2.02	1.21	0.38	1.62	3.61	14.00	16.30	311.00	89.00	2.70
	Min	4.42	1.95	0.94	0.28	1.36	3.17	12.50	15.00	224.00	67.00	2.70
	Promedio	4.50	1.99	1.08	0.33	1.49	3.39	13.25	15.65	267.50	78.00	2.70
401	Max	5.30	7.10	4.20	0.78	0.73	11.48	11.80	13.40	205.00	105.00	21.40
	Min	4.42	2.66	1.03	0.38	0.19	4.11	8.50	7.10	123.00	27.80	1.50
	Promedio	4.92	4.86	2.91	0.53	0.34	8.30	9.91	9.85	161.38	58.46	5.58
402	Max	5.38	5.60	2.15	0.82	1.79	8.21	10.80	21.10	384.00	155.00	7.90
	Min	4.56	0.68	0.19	0.05	0.20	0.92	5.30	5.50	108.00	9.10	1.50
	Promedio	5.02	3.88	1.48	0.43	0.60	5.79	7.39	11.62	175.81	52.68	3.60

Cuadro 2. Elementos limitantes por lote

Lote	Ca	Mg	K	P	Zn
101	x			X	
102	x	x		X	x
103	x	x		X	x
104	x	x	x	X	x
105					
106	x	x	x	X	x
107	x	x	x	X	
201	x			X	x
202	x		x	X	x
203	x	x	x		x
204	x	x	x		x
205					
301	x			X	x
302	x				x
303					
304	x				x
401					x
402	x			X	

X Señala el elemento limitante

UNIDADES DE MANEJO DE FERTILIDAD DEL SUELO:

Los cuadros 3 y 4 muestran la propuesta de manejo de los elementos que presentan mayores problemas de deficiencia. En los lotes con pH menor a 5.00 (Cuadro 3), son Ca, Mg y P, mientras que K en la mayoría de los suelos está en un nivel adecuado, por lo cual no se recomienda aplicar K en algunas unidades de manejo o niveles variables de este elemento en las restantes.

Para elevar los niveles de Ca se propone hacer encalado antes de plantar la piña con dos tipos de materiales: Cal agrícola, en aquellos suelos que no presentan deficiencia de Mg y cal dolomítica en los que si necesitan corrección de deficiencias de Mg. Las dosis de cal agrícola y dolomítica van desde 0.3 hasta 7.9 t/ha. En el caso del fósforo, se recomienda aplicarlo desde 5.9 hasta 90.2 kg/ha de P_2O_5 . Las dosis de K van desde hasta 84.2 kg/ha de K_2O .

El Cuadro 4 presenta, las dosis a aplicar de cada elemento en los lotes con pH mayor a 5. El mismo Cuadro 4, muestra que los elementos con mayor deficiencia a pH mayores o iguales a 5, fueron el Ca, Mg y P, mientras que K presentó un nivel adecuado en la mayoría de los suelos. En algunos de los lotes de este grupo, los niveles de Ca y Mg fueron adecuados, por lo cual no se recomienda la realización de enmiendas para la corrección de deficiencias, en ellos. En general, las dosis a aplicar de cal, van de 0.5 hasta 5.0 tn/ha. Para el caso del P, se recomiendan aplicaciones que van de 24.7 a 88.9 kg/ha de P_2O_5 ; las dosis de K van de 0 hasta 103 kg/ha de K_2O . En el caso de la cal agrícola y cal dolomítica, se recomienda aplicarlas antes de la preparación de suelos, con el fin de incorporarlas con esta actividad. El K y el P, se deberán aplicar antes de plantar la piña y se recomienda utilizar roca fosfórica para corregir la deficiencia de P y de esta manera lograr una lenta liberación para mantener por mas tiempo su efecto; para el caso del K se recomienda utilizar sulfato de K.

Cuadro 3. Dosis de P₂O₅, K₂O y Zn en kg/ha, por unidad de manejo de la fertilidad, en suelos con pH menor a 5.0, en una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Unidad de Manejo	Lote	Manejo	t/ha	kg/ha	
			Dosis de Cal	Dosis P ₂ O ₅	Dosis K ₂ O
1-1	203-4	D [¥] -PM [€] -KB [±]	6.7	42.5	46.8
	107-7		6.7	62.2	37.4
1-2	103-3	D [¥] -PM [€] -KAu [£]	6.2	67.3	0
	106-5		6.2	55.8	0
	107-2		7.9	59.5	0
1-3	101-1	D [¥] -PA ^ª -KAu [£]	7.0	69.6	0
	106-3		5.9	71.4	0
	302-9		6.7	80.6	0
	106-4		7.6	86.5	0
1-4	107-1	D [¥] -PA ^ª -KB [±]	6.5	81.0	28.1
	203-2		7.3	78.7	46.8
	107-6		7.4	72.8	46.8
	107-8		7.0	84.2	37.4
	203-3		7.6	81.9	18.7
	203-1		7.6	74.6	46.8
	106-2		6.8	87.0	9.4
1-5	302-8	CA ^µ -PB ^ˆ -KAu [£]	2.3	5.9	0
	401-3		0.8	24.2	0
1-6	105-2	CA ^µ -PM [€] -KAu [£]	1.8	57.2	0
	107-5		3.6	50.3	0
	302-7		1.5	51.7	0
	302-6		1.6	49.4	0
	304-2		3.0	50.3	0
	302-4		1.6	54.5	0
	304-1		2.5	57.2	0
	401-2		1.3	61.3	0
	401-1		0.8	65.0	0
1-7	204-5	CA ^µ -PM [€] -KB [±]	1.8	58.1	9.4
	202-4		2.6	65.9	28.1
1-8	205-3	CA ^µ -PM [€] -KA [€]	1.1	61.3	84.2

¥ D: Cal dolomítica

µ CA: Cal agrícola

€ KA: Fertilización alta en potasio

± KB: Fertilización baja en potasio

£ KAu: No aplicar potasio

ª PA: Fertilización alta en fósforo

€ PM: Fertilización media en fósforo

ˆ PB: Fertilización baja en fósforo

Continuación Cuadro 3. Dosis de P₂O₅, K₂O y Zn en kg/ha, por unidad de manejo de la fertilidad, en suelos con pH menor a 5.0, en una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Unidad de Manejo	Lote	Manejo	t/ha	kg/ha	
			Dosis de Cal	Dosis P ₂ O ₅	Dosis K ₂ O
1-9	401-4	CA ^μ -PA ^ε	0,4	69.6	0
	105-1		1,1	74.1	0
	402-10		0,6	81.5	0
	401-7		0,3	71.9	0
	103-1		3,6	76.0	0
	301-5		2,0	70.5	0
	104-3		3,7	69.6	0
	402-15		0,5	79.6	0
	301-4		3,4	70.5	0
	302-2		3,0	72.8	0
	201-2		2,9	83.8	0
	302-3		1,8	70.9	0
	302-5		1,6	79.2	0
	301-3		4,8	76.4	0
	302-11		3,4	87.0	0
	202-1		0,7	79.2	0
	303-1		2,3	90.2	0
	402-18		3,0	83.3	0
	301-6		1,3	78.3	0
	303-2		2,8	87.4	0
	201-1		0,6	81.0	0
301-2	4,6	81.5	0		
402-21	2,0	90.2	0		
402-20	3,3	88.3	0		
302-10	4,6	83.3	0		
1-10	302-1	CA ^μ -PA ^ε -KB [±]	2,1	84.2	9.4
	301-1		4,1	85.6	9.4
	107-3		4,6	81.5	18.7
	107-4		4,5	77.8	28.1
	106-1		5,2	73.2	46.8
202-3	3,6	71.4	56.1		

¥ D: Cal dolomítica

μ CA: Cal agrícola

€ KA: Fertilización alta en potasio

± KB: Fertilización baja en potasio

£ KAu: No aplicar potasio

ε PA: Fertilización alta en fósforo

€ PM: Fertilización media en fósforo

ô PB: Fertilización baja en fósforo

Cuadro 4. Dosis de P₂O₅, K₂O y Zn en kg/ha, por unidad de manejo de la fertilidad, en suelos con pH mayor o igual a 5.00, en una finca productora de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Unidad de manejo	Lote	Manejo Recomendado	t/ha	kg/ha	
			Dosis de Cal	Dosis P ₂ O ₅	Dosis K ₂ O
2-1	205-1	PB ^δ -KB [±]		24.7	18.7
2-2	401-9	PM [€] -KAu [£]		60.5	0
2-3	205-2	PM [€] -KB [±]		62.7	28.1
2-4	402-6	PA ^æ -KAu [£]		73.7	0
	401-5			75.6	0
	402-4			81.1	0
	102-5			73.7	0
	401-8			74.7	0
	303-5			72.4	0
	402-2			80.6	0
	205-4			83.8	0
	301-8			78.8	0
	102-7			82.4	0
301-7		72.8	0		
2-5	202-2	PA ^æ -KA [€]		75.6	102.9
2-6	102-1	D [¥] -PA ^æ -KAu [£]	5.0	69.2	0
2-7	101-4	CA ^μ -PM [€] -KAu [£]	1.3	66.9	0
	303-4		0.8	67.3	0
	103-2		2.2	63.2	0
	102-3		2.9	59.1	0
	102-2		1.9	55.0	0
	104-2		1.9	61.8	0
	104-1		1.7	56.3	0
	402-1		0.6	65.0	0
2-8	101-3	CA ^μ -PA ^æ -KAu [£]	2.2	72.8	0
	303-6		0.6	76.9	0
	402-5		0.6	80.2	0
	101-2		1.1	88.9	0
	102-6		0.6	77.4	0
	402-3		0.6	76.9	0
	102-4		0.8	82.0	0
303-3	1.4	84.7	0		

¥ D: Cal dolomítica

μ CA: Cal agrícola

€ KA: Fertilización alta en potasio

± KB: Fertilización baja en potasio

£ KAu: No aplicar potasio

æ PA: Fertilización alta en fósforo

€ PM: Fertilización media en fósforo

ô PB: Fertilización baja en fósforo

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES DE MANEJO DE LA FERTILIDAD

Se elaboró un mapa general de la finca, en el cual se muestran las áreas en las cuales realizarán las correcciones a fondo de la fertilidad del suelo (Figuras 1 y 2). En total son 18 unidades de manejo de la fertilidad, coloreadas como se muestra en el Cuadro 5

Cuadro 5. Identificación por colores de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Unidad	Color	Unidad	Color
1-1	Rojo	1-10	Celeste
1-2	Amarillo	2-1	Verde claro
1-3	Verde Musgo	2-2	
1-4	Verde	2-3	Verde oscuro
1-5		2-4	Café
1-6	Morado	2-5	Morado Claro
1-7	Azul	2-6	Azul claro
1-8	Azul oscuro	2-7	Anaranjado
1-9	Gris	2-8	Amarillo huevo

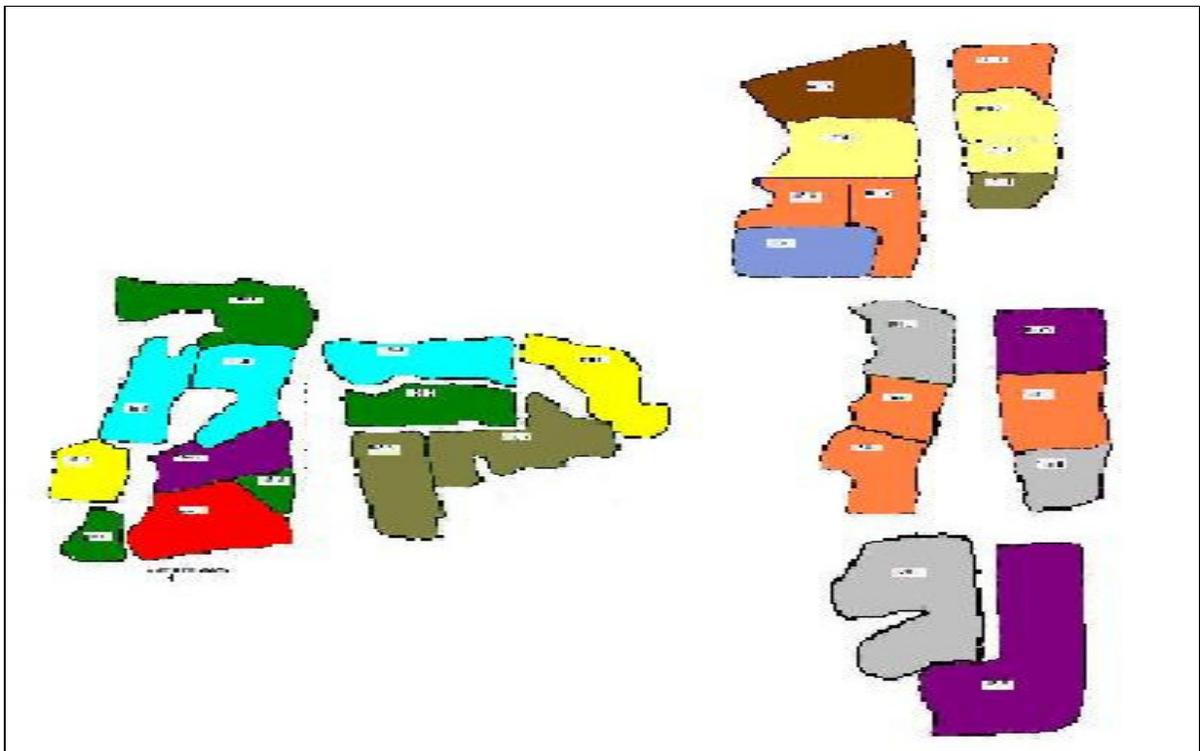


Figura 1. Mapa de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, lotes del 101-107 de una finca de piña

ubicada en el cantón Grecia, Costa Rica, 2004

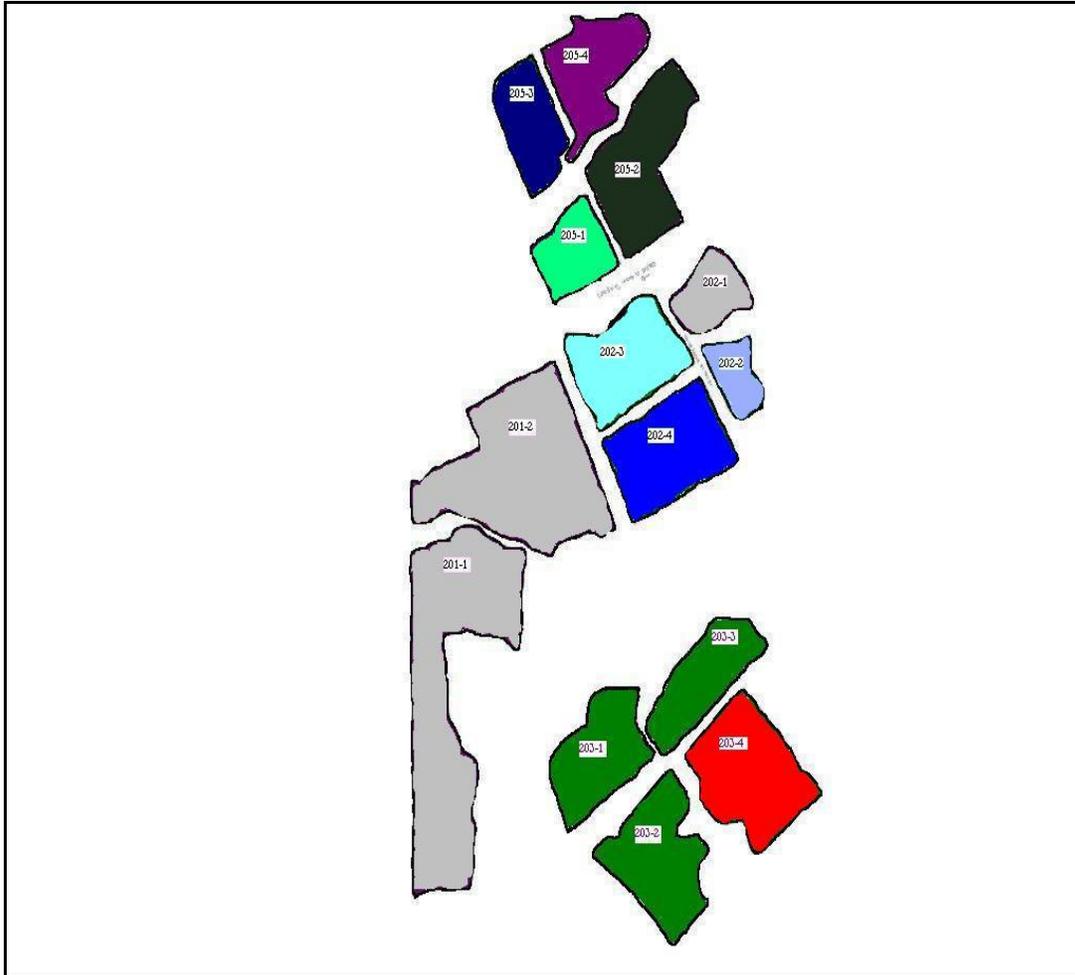


Figura 2. Mapa de las unidades de manejo de fertilidad del suelo, lotes del 201-205 de la finca de piña ubicada en el cantón Grecia, Costa Rica, 2004

PLAN DE FERTILIZACIÓN POR UNIDAD DE MANEJO DE FERTILIDAD

En total se plantean 6 planes de fertilización, para un manejo más eficiente de la nutrición de la plantación. Estos adquieren valor luego de corregir las deficiencias del suelo mediante las recomendaciones de aplicación de cal, K y P propuestas para cada unidad de manejo de la fertilidad del suelo. En los planes de fertilización las dosis de P_2O_5 son las mismas en todos, mientras que las dosis de K_2O son variables debido a que algunos lotes al momento del muestreo presentaron niveles muy altos de este elemento.

La primera aplicación, se recomienda hacerla al suelo a los 15 días después de la plantación, mientras que el resto de aplicaciones a partir del día 30, se deberán realizar foliarmente.

La dosis de cada elemento fue planteada como se muestra a continuación:

Nitrógeno: 500 kg por hectárea por ciclo de cultivo.

Fósforo: 90 kg de P_2O_5 por hectárea por ciclo.

Potasio: Aplicación en tres dosis; la primera es una dosis alta, la cual equivale a 800 kg de K_2O por hectárea por ciclo; la dosis media equivale 450 kg de K_2O por hectárea por ciclo y la baja a 300 kg de K_2O por hectárea por ciclo.

Magnesio: Dosis única de 25 kg de MgO por hectárea por ciclo.

Zinc: también fue dividido en tres dosis: la alta equivalente a 18 kg, la media de 15 kg y la baja de 10 kg por hectárea por ciclo.

Hierro: Dosis única de 25 kg por hectárea por ciclo.

La aplicación de los elementos se propone realizarla quincenalmente y dividida según las curvas de absorción de nutrientes de este cultivo, propuesta por Bertsh 2001.

El Cuadro 6, muestra en forma numérica, los lotes a los cuales se aplicará cada plan de fertilización. En los Cuadros 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se presentan cada uno de los planes de fertilización foliar recomendados.

Cuadro 6. Agrupamiento de lotes según el plan de fertilización recomendados para una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Plan de Fertilización					
1	2	3	4	5	6
102-1	101-4	101-2	102-2	101-1	401-5
104-2	102-3	101-3	102-4	105-1	402-4
104-3	102-6	303-6	102-5		402-5
106-1	302-6	401-4	102-7		
106-2	302-7	402-6	103-1		
106-3	302-8		103-2		
106-4	303-3		103-3		
106-5	303-4		104-1		
107-1	303-5		105-2		
107-2	401-3		201-1		
107-3			201-2		
107-4			202-1		
107-5			205-1		
107-6			205-2		
107-7			205-4		
107-8			301-5		
202-2			301-6		
202-3			301-7		
202-4			301-8		
203-1			302-3		
203-2			302-4		
203-3			302-5		
203-4			303-1		
204-1			303-2		
205-3			304-1		
301-1			304-2		
301-2			401-1		
301-3			401-2		

301-4	401-7
302-1	401-8
302-2	401-9
302-9	402-1
302-10	402-2
302-11	402-3

Cuadro 7. Plan de fertilización 1, con dosis alta de potasio y alta de zinc , para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	0	0	0	0
1	43	0	29	0	0	0.5
2	20	0	39	0	0	2.75
2	10	0	39	0.75	0.5	2.75
3	5	0	30	0.75	0.5	0
3	25	0	45	0.75	0.5	0
4	15	1.3	50	0.75	0.5	0
4	6	1.3	50	0.75	1	0
5	4	1.3	50	0.75	2	0
5	4	1.3	27	1.5	2	0
6	5	1.3	40	1.5	4	2.5
6	15	1.3	50	2	4	2.5
7	50	3.9	49	1.5	3	0
7	50	3.9	50	1.5	1.5	0
8	35	3.2	34	1.5	1.5	1
8	35	3.2	35	1	1	1
9	35	3.8	35	1	1	1
9	35	3.8	35	1	1	1
10	10	5.2	5	1	1	1
10	8	5.2	6	0	0	1
11	25	0	7	0	0	4
11	15	0	25	0	0	4

12	0	0	30	0	0	0
12	0	0	40	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0

Cuadro 8. Plan de Fertilización 2, con dosis baja de potasio y alta de zinc , para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P₂O₅	K₂O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	11	0	0	0
1	42.5	0	11	0	0	0.5
2	20.6	0	15	0	0	2.75
2	10	0	15	0.75	0.5	2.75
3	5	0	6	0.75	0.5	0
3	25	0	6	0.75	0.5	0
4	15	1.3	14	0.75	0.5	0
4	6	1.3	29	0.75	1	0
5	4	1.3	15	0.75	2	0
5	3.5	1.3	14	1.5	2	0
6	5.7	1.3	20	1.5	4	2.5
6	15.1	1.3	20	2	4	2.5
7	50	3.9	14	1.5	3	0
7	50	3.9	13	1.5	1.5	0
8	35	3.2	13	1.5	1.5	1
8	35	3.2	13	1	1	1
9	35	3.8	8	1	1	1
9	35	3.8	2	1	1	1
10	10	5.2	2	1	1	1
10	8	5.2	5	0	0	1
11	25.0	0	5	0	0	4
11	14.6	0	5	0	0	4

12	0.0	0	15	0	0	0
12	0.0	0	9	0	0	0
13	0.0	0	10	0	0	0
13	0.0	0	10	0	0	0

Cuadro 9. Plan de fertilización 3, con dosis baja de potasio y media de zinc, para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P₂O₅	K₂O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	11	0	0	0
1	42.5	0	11	0	0	0.5
2	20.6	0	15	0	0	2.75
2	10	0	15	0.5	0.5	2.75
3	5	0	6	0.5	0.5	0
3	25	0	6	0.5	0.5	0
4	15	1.3	14	0.5	0.5	0
4	6	1.3	29	0.5	1	0
5	4	1.3	15	0.5	2	0
5	3.5	1.3	14	1	2	0
6	5.7	1.3	20	2	4	2.5
6	15.1	1.3	20	3	4	2.5
7	50	3.9	14	3	3	0
7	50	3.9	13	0.5	1.5	0
8	35	3.2	13	0.5	1.5	1
8	35	3.2	13	0.5	1	1
9	35	3.8	8	0.5	1	1
9	35	3.8	2	0.5	1	1
10	10	5.2	2	0.5	1	1
10	8	5.2	5	0	0	1
11	25.0	0	5	0	0	4
11	14.6	0	5	0	0	4

12	0.0	0	15	0	0	0
12	0.0	0	9	0	0	0
13	0.0	0	10	0	0	0
13	0.0	0	10	0	0	0

Cuadro 10. Plan de fertilización 4, con dosis media de potasio y alta de zinc, para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P₂O₅	K₂O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	16	0	0	0
1	42.5	0	17	0	0	0.5
2	20.6	0	22	0	0	2.75
2	10	0	22	0.75	0.5	2.75
3	5	0	19	0.75	0.5	0
3	25	0	20	0.75	0.5	0
4	15	1.3	33	0.75	0.5	0
4	6	1.3	33	0.75	1	0
5	4	1.3	5	0.75	2	0
5	3.5	1.3	5	1.5	2	0
6	5.7	1.3	25	1.5	4	2.5
6	15.1	1.3	25	2	4	2.5
7	50	3.9	21	1.5	3	0
7	50	3.9	20	1.5	1.5	0
8	35	3.2	20	1.5	1.5	1
8	35	3.2	20	1	1	1
9	35	3.8	20	1	1	1
9	35	3.8	20	1	1	1
10	10	5.2	6	1	1	1
10	8	5.2	15	0	0	1
11	25.0	0	10	0	0	4
11	14.6	0	15	0	0	4

12	0.0	0	6	0	0	0
12	0.0	0	15	0	0	0
13	0.0	0	12	0	0	0
13	0.0	0	8	0	0	0

Cuadro 11. Plan de fertilización 5, con dosis media de potasio y media de zinc, para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P₂O₅	K₂O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	16	0	0	0
1	42.5	0	17	0	0	0.5
2	20.6	0	22	0	0	2.75
2	10	0	22	0.5	0.5	2.75
3	5	0	19	0.5	0.5	0
3	25	0	20	0.5	0.5	0
4	15	1.3	33	0.5	0.5	0
4	6	1.3	33	0.5	1	0
5	4	1.3	5	0.5	2	0
5	3.5	1.3	5	1	2	0
6	5.7	1.3	25	2	4	2.5
6	15.1	1.3	25	3	4	2.5
7	50	3.9	21	3	3	0
7	50	3.9	20	0.5	1.5	0
8	35	3.2	20	0.5	1.5	1
8	35	3.2	20	0.5	1	1
9	35	3.8	20	0.5	1	1
9	35	3.8	20	0.5	1	1
10	10	5.2	6	0.5	1	1
10	8	5.2	15	0	0	1
11	25.0	0	10	0	0	4
11	14.6	0	15	0	0	4

12	0.0	0	6	0	0	0
12	0.0	0	15	0	0	0
13	0.0	0	12	0	0	0
13	0.0	0	8	0	0	0

Cuadro 12. Plan de fertilización 6, con dosis media de potasio y baja de zinc, para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Mes	kg/ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Fe	MgO
1	50	50	16	0	0	0
1	42.5	0	17	0	0	0.5
2	20.6	0	22	0	0	2.75
2	10	0	22	0.25	0.5	2.75
3	5	0	19	0.25	0.5	0
3	25	0	20	0.25	0.5	0
4	15	1.3	33	0.25	0.5	0
4	6	1.3	33	0.25	1	0
5	4	1.3	5	0.25	2	0
5	3.5	1.3	5	1	2	0
6	5.7	1.3	25	2	4	2.5
6	15.1	1.3	25	3	4	2.5
7	50	3.9	21	1	3	0
7	50	3.9	20	0.25	1.5	0
8	35	3.2	20	0.25	1.5	1
8	35	3.2	20	0.25	1	1
9	35	3.8	20	0.25	1	1
9	35	3.8	20	0.25	1	1
10	10	5.2	6	0.25	1	1
10	8	5.2	15	0	0	1
11	25.0	0	10	0	0	4
11	14.6	0	15	0	0	4

12	0.0	0	6	0	0	0
12	0.0	0	15	0	0	0
13	0.0	0	12	0	0	0
13	0.0	0	8	0	0	0

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN LOS PLANES DE FERTILIZACIÓN

Se elaboró un mapa de la finca, en el cual se muestran las áreas en las cuales se aplicará cada plan de fertilización foliar, las cuales son identificadas por colores.

El Cuadro 13 muestra los colores de asignados a cada unidad de fertilización identificada en el mapa. Las figuras 3 y 4 muestran las unidades de fertilización.

Cuadro 13. Identificación por colores de las unidades de fertilización, de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004

Plan de fertilización	de Color	Plan de fertilización	de Color
1	Verde	4	Morado
2	Azul	5	Rojo
3	Amarillo	6	Sin mapa

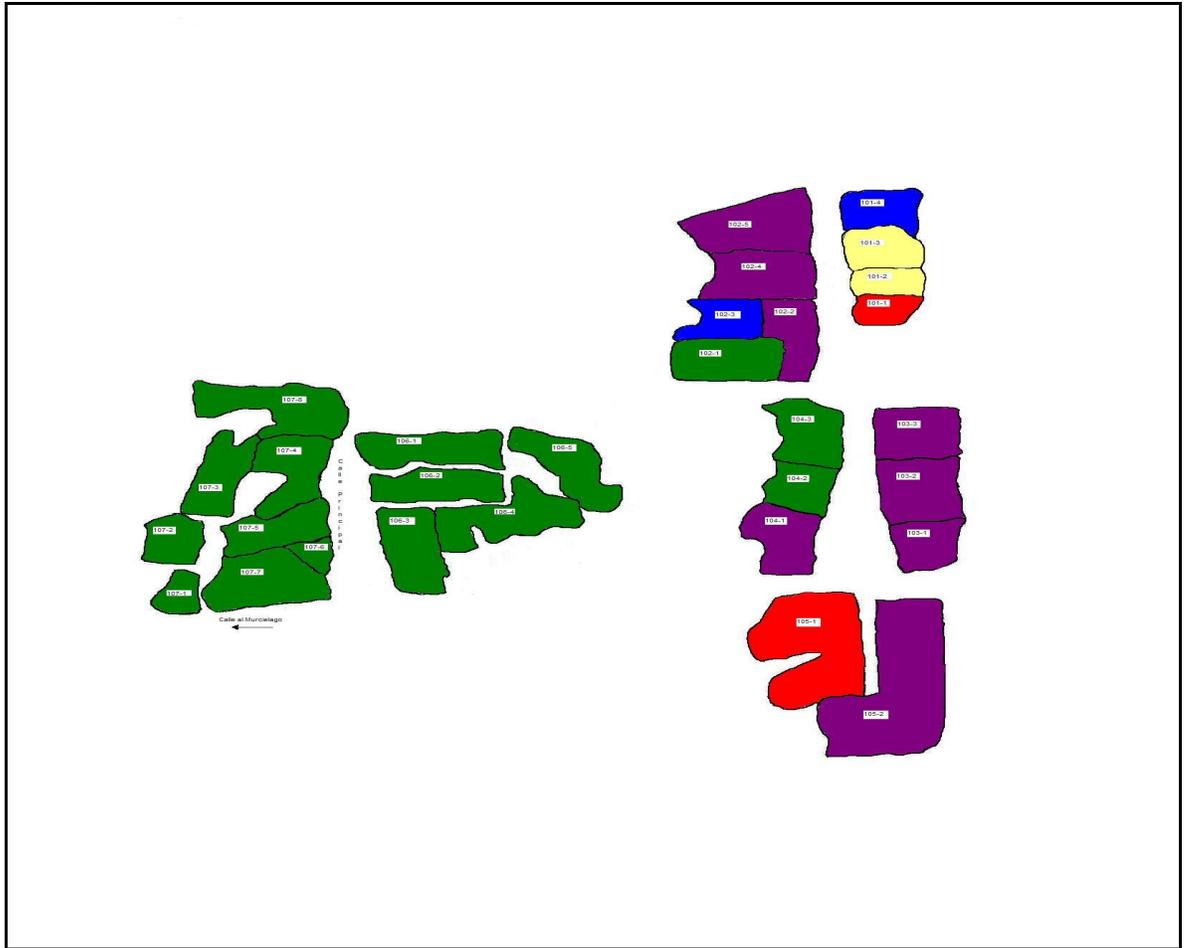


Figura 3. Mapa de unidades de fertilización del cultivo para los lotes del 101-107 de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.

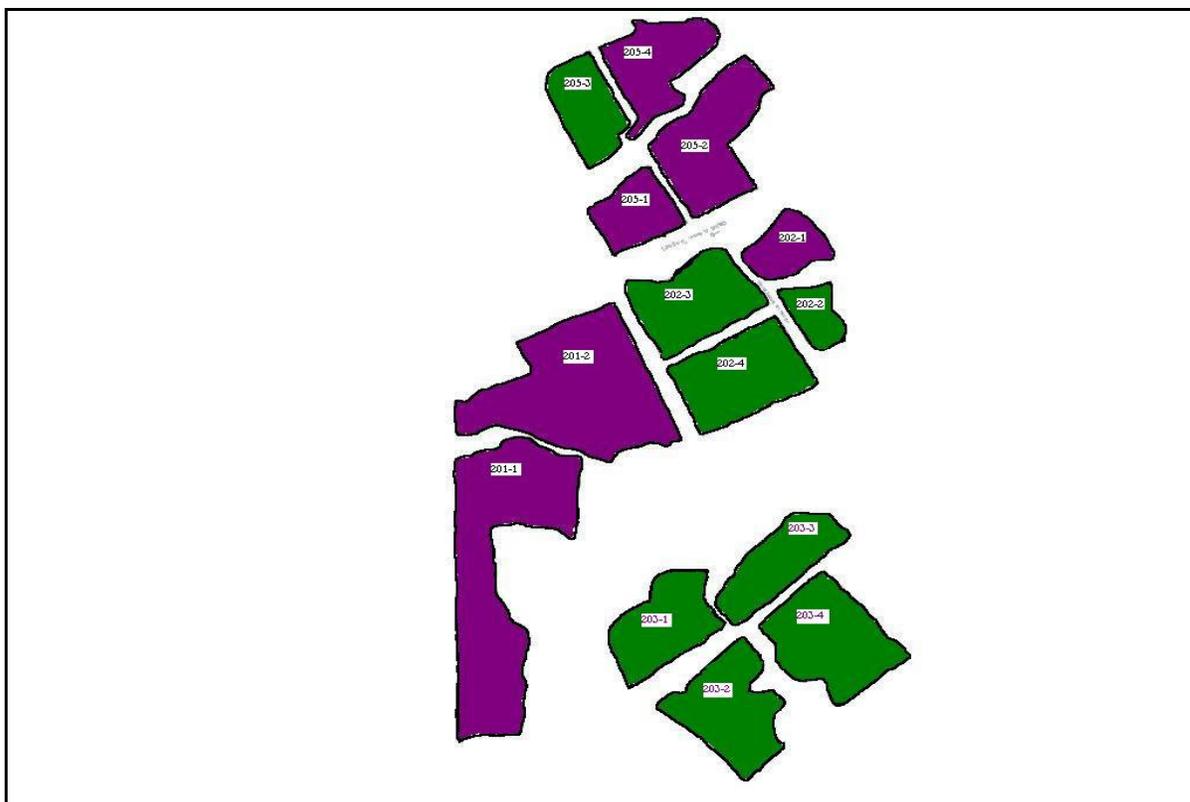


Figura 4. Mapa de unidades de fertilización del cultivo para los lotes del 201-205 de una finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica, 2004.

ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELOS

El Cuadro 14 muestra los índices de calidad de los suelos de cada uno de los lotes que se analizaron físicamente mediante calicatas. A su vez, se compara con los índices químicos para cada uno de los lotes estudiados. En general, los suelos de estas áreas se encuentran en una condición física adecuada, lo cual se muestra al comparar el índice de calidad actual físico (ICAf) con el potencial (ICPf); en todos los lotes analizados, la diferencia entre el ICAf y el ICPf, es menor a 2, lo cual lo ubica como un suelo en el que la oportunidad de mejoramiento ya se obtuvo o es muy poca, (Arévalo, 2004)¹ lo que indica que no tienen mayores limitantes para el desarrollo radicular del cultivo. La limitante de los suelos evaluados es la clase textural (franco Arenosa) que domina el suelo. Esta condición limita la retención de agua, que dada la condición de precipitación del área no es una limitante sino una ventaja para el drenaje interno de los suelos; sin embargo, la pérdida de nutrientes por lixiviación y lavado va a ser favorecida con esta condición.; en cuanto a la parte química, los lotes 101, 106 y 107, presentan índices de calidad químico (ICQ) bajos, que al ser comparados con el índice de calidad

¹ Arevalo, G. 2004. Mejoramiento de las condiciones del suelo. Zamorano. EAP. (Entrevista)

potencial (ICP), se obtienen diferencias mayores a 5, lo cual los ubica en la categoría muy alta en cuanto a la oportunidad de mejorarlos.

Cuadro 14. Índices físicos y químicos de los suelos de una finca de piña, en el cantón Grecia, Costa Rica

Lote	Índice Físico [±]		Índice Químico ^Æ	
	Actual	Potencial	Actual	Potencial
101	24.4	26.3	7.8	13.3
102	27.5	28.0	13.6	14.4
103	28.6	29.1	14.2	14.5
104	29.2	29.7	14.4	14.3
105	25.7	27.6	14.3	14.5
106	26.2	26.7	8.4	14.5
107	27.7	28.2	8.3	14.5

± El máximo posible es 37.5

Æ El máximo posible es 18.5

COSTOS POR PLAN DE FERTILIZACIÓN

En el Cuadro 15 se presentan los costos de cada plan de fertilización, basado en los siguientes fertilizantes: Nitrato de amonio (31-0-0), 0-0-14.5, 8-40-12, sulfato de Zn, sulfato de Mg y ácido fosfórico al 40 %.

Cuadro 15. Costos de los materiales de cada plan de fertilización propuestos para la finca de piña, cantón Grecia, Costa Rica

Plan de fertilización	\$/ha/ciclo
1	1,634
2	1,203
3	1,188
4	1,333
5	1,318
6	1,293

CONCLUSIONES

- Los suelos estudiados presentan una alta diversidad química; esto se refleja en el número de unidades de manejo de fertilidad, que en total fueron 18.
- Los lotes 105, 205 y 303 tienen un nivel adecuado de fertilidad para el cultivo de la piña. Los otros lotes, tienen deficiencia de por lo menos un elemento
- La finca fue dividida en 18 unidades de manejo de fertilidad, según las dosis necesarias de cada elemento para corregir las deficiencias de los mismos
- Se establecieron 6 planes de fertilización, con el fin de proveer a cada lote del cultivo el nivel nutricional más adecuado según las condiciones del suelo, una vez adecuada la fertilidad de los mismo con la implementación de las correcciones a fondo de las unidades de manejo de la fertilidad del suelo.
- Las condiciones físicas de los lotes evaluados (101 al 107) son adecuadas para el movimiento de los elementos en la solución del suelo; la única limitante es la textura arenosa, debido a su baja retención de humedad y fácil lavado de nutrientes
- Los costos de los planes de fertilización oscilan entre 1188 y 1634 dólares/ha/ciclo

RECOMENDACIONES

- Aplicar las dosis recomendadas para cada unidad de manejo de fertilidad antes de plantar la piña y seis meses después, realizar un muestreo para comprobar la efectividad del plan de manejo
- Adoptar los planes de fertilización recomendados para cada unidad, con el fin de hacer más precisa la nutrición de cada lote
- Realizar un muestreo foliar por cada unidad de fertilización, con el fin de ajustar los planes de fertilización
- Utilizar roca fosfórica y fertilizantes poco solubles para la corrección a fondo de la fertilidad

BIBLIOGRAFIA

Bertch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Editores: centro de investigaciones agronómicas. San José, Costa Rica. 82-86 p.

Bohn, H; Mcneal, B; O´conor, G. 1993. Química del suelo: Suelos Ácidos. Trad M Sánchez. México, Editorial Limusa. p. 233

Durán, A; Mora D; Ramírez, L. 2000. Compendio de información para la producción vegetal, El libro verde. Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 74

Foth, L. 1987. Fundamentos de la ciencia de suelos. Trad AM Ambrosio. Tercera Edición. México, Editorial Continental. p. 283-284

Gauggel, C. 2003. Índices de calidad de suelos para las propiedades morfológicas, físicas y químicas. Honduras. 8 p.

Jiménez, J. 1999. El cultivo de la piña de exportación: Origen y características. Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. p. 17-19

MAG, 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado 12 ago. 2004. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/ciencia/tec-piña.pdf

Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 14-15

Proexant, 2002. Producción mundial de los cultivos tropicales. (en línea). s.l. Consultado 2 ago. 2004. Disponible en http://www.proexant.org.ec/HT_Pi%C3%B1a.html

ANEXOS

Anexo 1. Costos de cada plan de fertilización

Descripción	Unidad	Precio unitario \$	Cantidad	Total \$
Plan de Fertilización 1				
31-0-0	litro	0.32	1613	516
0-0-14,5	litro	0.125	5517	690
8-40-12	quintal	14.5	2.8	41
Sulfato de Zinc	25 kg	10.9	3.24	35
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1398
Plan de Fertilización 2				
31-0-0	litro	0.32	1613	516.2
0-0-14,5	litro	0.125	2068	258.5
8-40-12	quintal	14.5	2.8	40.6
Sulfato de Zinc	quintal	50	3.24	162
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1094
Plan de Fertilización 3				
31-0-0	litro	0.32	1613	516.2
0-0-14,5	litro	0.125	2068	258.5
8-40-12	quintal	14.5	2.8	40.6
Sulfato de Zinc	quintal	50	2.7	135
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1067

Continuación Anexo 1. Costos de cada plan de fertilización

Descripción	Unidad	Precio unitario \$	Cantidad	Total \$
Plan de Fertilización 4				
31-0-0	litro	0.32	1613	516.2
0-0-14,5	litro	0.125	3103	387.9
8-40-12	quintal	14.5	2.8	40.6
Sulfato de Zinc	quintal	50	3.24	162
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1223
Plan de Fertilización 5				
31-0-0	litro	0.32	1613	516.2
0-0-14,5	litro	0.125	3103	387.9
8-40-12	quintal	14.5	2.8	40.6
Sulfato de Zinc	quintal	50	2.7	135
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1196
Plan de Fertilización 6				
31-0-0	litro	0.32	1613	516.2
0-0-14,5	litro	0.125	3103	387.9
8-40-12	quintal	14.5	2.8	40.6
Sulfato de Zinc	quintal	50	1.8	90
Sulfato de Mg	25 kg	6.5	3.06	20
Sulfato de Fe	25 kg	8.0	3.24	26
DAP	quintal	16.4	4.3	71
Total				1151