

FERTILIZACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE STROLLER EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2, EN LA FINCA EL TREMEDAL S.A. SAN CARLOS, COSTA RICA.

RONALD FONSECA VARGAS

Trabajo Final de Graduación Presentado a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

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

2010

FERTILIZACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE STROLLER EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2, EN LA FINCA EL TREMEDAL S.A. SAN CARLOS, COSTA RICA.

RONALD FONSECA VARGAS

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

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

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora; M.Sc. _____
Jurado

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

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

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

2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco en la Finca El Tremedal S.A, al señor Luis Badilla Arredondo por haberme abierto las puertas para laborar para esta excelente empresa y por todas las facilidades que me brindó para desarrollar la presente investigación.

Al Ingeniero Max Garita Rodríguez por su gran apoyo incondicional y quien por su gran experiencia y conocimiento ha sido un valuarte muy importante en mi aprendizaje y en la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Oscar Bogantes Campos por sus aportes en el desarrollo del trabajo.

Al Ingeniero Parménides Furcal Berigüete por el incondicional apoyo y conocimiento aportado durante la realización de este documento.

A los Ingenieros Joaquín Durán Mora y Zulay Castro Jiménez, por participar como jurado y por la acertada revisión del documento.

A todos mis profesores y compañeros del ITCR, especialmente a la generación 2001.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso

Por una vida llena de bendiciones.

A mis padres

A mi madre que está en el cielo y en mi corazón para toda la vida y a la cual le estaré agradecido siempre por ser ese pilar tan importante en mi educación como persona.

A mi padre que siempre se esforzó por darme todo lo que estaba en su posibilidad y por ser un ejemplo de hombre excelente en mi vida.

A mi esposa e hija

A Laura mi esposa, le agradezco todo el apoyo incondicional y por impulsar mi crecimiento como hombre, esposo y profesional y a nuestra princesita Sara. Que Dios bendiga nuestra familia.

A mis hermanas

Susana y Andrea, las amo mucho y admiro mucho y le doy gracias a Dios por hacernos unos hermanos tan unidos y por la motivación que siempre me han dado a seguir adelante. Que Dios las bendiga y prospere.

A Dilana, doña Gilda, don Sigifredo, Alejandro, Dinia, Rosario, quienes siempre de alguna u otra forma han sido un apoyo importante en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis de trabajo.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del cultivo de piña.....	4
2.2 Descripción Botánica.....	4
2.3 Descripción morfológica	4
2.3.1 Tallo:	4
2.3.2 Retoños y estructuras para reproducción vegetativa:	5
2.3.3 Hojas:.....	5
2.3.4 Raíces:.....	6
2.3.5 Inflorescencia y fruta:	6
2.4 Sistema de producción agrícola	6
2.5 Criterios para estudiar nutrición de cultivos.....	7
2.5.1 Observación.....	8
2.5.2 Análisis.....	8
2.5.3 Registros.....	9
2.5.4 Conocimiento teórico	9
2.5.5 Experiencia	9
2.6 Crecimiento y desarrollo de la planta	9
2.7 Fertilización	11
2.7.1 Factores que intervienen en la absorción de las soluciones.....	13
2.8 Papel que desempeña el agua en el crecimiento de la planta	15

2.9 Efecto de los suelos en la nutrición de las plantas	15
2.10 Importancia del análisis foliar para el desarrollo del cultivo	17
2.10.1 Principios básicos	18
2.10.2 Metodología de determinación	19
2.10.3 Muestreo	19
2.10.4 Interpretación	19
3. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Ubicación del estudio	21
3.2 Periodo del Experimento	21
3.3 Material Experimental.....	21
3.3.1 Cultivo	21
3.3.2 Productos utilizados en la nutrición del cultivo	22
3.4 Aplicaciones de fertilizante	23
3.4.1 Composición del plan de fertilización	23
3.4.2 Preparación de las soluciones	24
3.4.3 Aplicación del producto	24
3.5 Descripción del proceso de aplicación	24
3.6 Tratamientos.....	25
3.7 Diseño Experimental	26
3.8 Área del experimento	26
3.8.3.1 El área experimental.....	28
3.8.3.2 Parcela Experimental	28
3.8.3.3 Parcela Útil	28
3.9 Recopilación de datos	29
3.10 Variables evaluadas	30
3.10.1 Variables Vegetativas	30
3.10.1.1 Peso de planta	30
3.10.1.2 Longitud de hojas	31
3.10.1.3 Ancho de hojas.....	31
3.10.1.4 Análisis químico foliar.....	31
3.10.1.5 Análisis estadístico.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Método de aplicación.....	34

4.2 Fertilización	34
4.2.1. Estudio nutricional.....	35
4.3 Variables Productivas.....	36
4.3.1. Longitud de hojas.....	36
4.3.2. Ancho de hoja “D”	36
4.3.3. Peso de planta	37
4.4 Resultados del análisis químico de hojas.....	39
4.4.1. Análisis Foliares.....	39
4.4.2. Cuantificación de la absorción de nutrientes.....	40
4.4.2.1. Nitrógeno.....	42
4.4.2.2. Fósforo	43
4.4.2.3. Potasio	44
4.4.2.4. Calcio	46
4.4.2.5. Magnesio.....	47
4.4.2.6. Azufre.....	48
4.4.2.7. Hierro.....	50
4.4.2.8. Cobre.....	51
4.4.2.9. Zinc.....	52
4.4.2.10. Boro.....	53
4.4.2.11. Manganeso.....	54
4.5 Parámetros Fisiológicos	58
4.6 Presupuesto	58
4.6.1. Costos fijos de los tratamientos por hectárea de plantación	58
4.6.2. Costos variables de los tratamientos por hectárea de plantación	58
5. CONCLUSIONES	61
6. RECOMENDACIONES	63
7. LITERATURA	64
8. ANEXOS	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Resumen de los tratamientos de tres niveles de fuentes de fertilizantes aplicados mediante el método de Stroller en la planta de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr, híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica, 2010.	23
2.	Variables evaluadas y materiales utilizados para su correspondiente medición y momento de evaluación. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	30
3.	Resultados de longitud de hoja “D” promedio por tratamiento en planta de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	36
4.	Resultados del ancho de hoja “D” promedio por tratamiento en planta de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	37
5.	Comparación entre tratamientos a través del peso promedio de planta de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	38
6.	Recomendación de uso por tratamiento en el experimento sobre aplicación de fertilizante por el método Stroller durante la etapa de crecimiento de un cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr. finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	56

7. Resumen de costos por hectárea para los tres tratamientos del experimento sobre aplicación por el método Stroller en la etapa de crecimiento de un cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.....60

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Representación de la distribución de siembra en cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.	22
2.	Representación de la aplicación de fertilizantes por el Método Stroller en cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.	25
3.	Bloque utilizado para la distribución del área del experimento en la aplicación por el método de stroller en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.	27
4.	Representación esquemática de la distribución de los tratamientos experimentales durante el estudio de fertilización mediante el Método Stroller en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	28
5.	Representación de una parcela útil para cada tratamiento en un cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	29
6.	Proceso para determinar peso de planta en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.	30

7. Metodología para la medición de las variables longitud y ancho de hoja “D” en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.....	31
8. Cronograma de actividades para la aplicación por el Método Stroller en plantas de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.	32
9. Representación de las muestras tomadas para el análisis químico foliar en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.	32
10. Concentración de macroelementos según análisis foliares en plantas de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 fertilizadas con el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.....	41
11. Concentración de microelementos según análisis foliares en plantas de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 fertilizadas con el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.....	50
12. Relación de costos por hectárea para las aplicaciones por el Método de Stroller en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.....	59

RESUMEN

En la empresa El Tremedal S.A, situada en la provincia de Alajuela, cantón San Carlos, distrito Venecia, se produce piña híbrido MD-2 para la exportación como fruta fresca. Esta finca, con aproximadamente 14 años de producir, se ha destacado por tener amplia experiencia y poseer una visión de investigación en el cultivo de la piña. El presente experimento tiene como finalidad establecer cual es el nivel de fuente de fertilizante más adecuado, para mantener la productividad óptima durante el ciclo de siembra a preforzamiento, aplicado mediante el método de "Stroller".

Se establecieron tres tratamientos con cinco repeticiones cada uno; dichos tratamientos corresponden a un nivel de fuente de fertilizante distinto, en donde T1= Actualmente utilizado en la finca, T2= Actualmente utilizado en la finca menos una reducción de un 20% en la cantidad de todos los productos y T3= Actualmente utilizado en la finca menos una reducción de un 30% en la cantidad de todos los productos. Se determinó el peso de la plantas de piña híbrido MD-2 y además se midieron las variables longitud y ancho de hoja para determinar si hay diferencia en el peso alcanzado por la planta antes de inducción, o que es lo mismo a preforzamiento, entre los tratamientos anteriormente citados.

En lo que respecta al peso de planta se encontró que éste no varió significativamente, siendo para el T1 (2,97kg), T2 (3,0kg) y T3 (2,97kg), al igual que en las variables de longitud de hoja donde (T1= 124.3cm, T2= 125,5cm y T3= 124,1cm) y ancho de hoja donde (T1= 6,7cm, T2= 6,7cm y T3= 7,0cm) en las que los resultados tampoco reflejaron una diferencia significativa.

Los resultados de los análisis foliares fueron estudiados y en algunos de ellos se encontró una diferencia en su concentración o porcentaje dentro de la planta, sin embargo en la mayoría no se encontró una variación de importancia.

Palabras claves: Fuente de fertilizante, piña, Stroller, Híbrido MD-2, peso de planta, preforzamiento.

ABSTRACT

El Tremedal, S.A., company is located in the province of Alajuela, canton of San Carlos, district of Venecia, it is dedicated to produce MD-2 hybrid pineapple for exportation as a fresh fruit. This farm with approximately fourteen years of production has been distinguished for having a big experience, and an investigation vision program focuses on the pineapple cultivation. The present experiment has as a goal to establish and determine which could be the best source of fertilizer for keeping the optical productivity during the sowing cycle of preforcing uses by the "Stroller" method.

Three treatments were established with five times each one; such treatments correspond to a different level of fertilizer, where T1=actually used in the farm, T2=actually uses in the farm less a reduction of a 20% in the amount of all the products and T3=actually uses in the farm less a reduction of a 30% in the amount of all the products. It has been determined the weight of the plants of MD-2 hybrid pineapple and besides the variables such as longitude, and width leaves for determining the difference in the gain weight for the plant, before the induction, the same meaning to preforce, among the treatments before mentioned.

With respect to the weight of plant was found it did not change significantly, for T1 (2,97kg), T2 (3,0kg) and T3 (2,97kg), as in the leaf length variables where (T1 = 124,3cm, T2 = T3 = 125,5cm and 124,1cm) and width of leaves where (T1 = 6,7cm, T2 = 6,7cm and T3 =7,0cm) in which the results did not reflect a significant difference.

The results of leaf analysis were studied and they also were no difference in the concentration or percentage in the plant.

Key words: fertilizer source, pineapple MD-2 hybrid, plant weight, preforcing.

1. INTRODUCCIÓN

La planta de piña (*Ananas comosus*) es un cultivo perenne y al igual que cualquier otro tipo de planta, independientemente de la clasificación vegetativa, necesitan crecer y desarrollar tejidos en forma óptima para ingresar a los ciclos de producción de frutos. Hay muchos factores que afectan el desarrollo vegetativo de las plantas, como los ligados a los ambientes edáfico y climático, o factores internos ligados al organismo vegetal (Kass 1996), sin dejar al lado las plagas y enfermedades.

La fertilización se encuentra entre los rubros más costosos del manejo de un cultivo, y es también la práctica cultural que requiere más conocimientos técnicos sobre el comportamiento del suelo y de las plantas. Un programa eficiente de fertilización conduce hacia el consumo más económico del fertilizante, sin llegar a excesos ni a deficiencias (Barahona y Sancho 1991).

El determinar las necesidades de fertilizante de una plantación es bastante complejo; lo recomendable es hacer uso de una serie de recursos como los análisis de suelo, los ensayos en invernadero, o en el campo, los análisis foliares, las observaciones visuales de síntomas de exceso o deficiencia de nutrimentos en la planta, y la experiencia de productores vecinos (Barahona y Sancho 1991).

En la planta debe existir un equilibrio entre los elementos esenciales, de modo que se logre un contenido óptimo alrededor de las raíces de las plantas, para así lograr adecuadas concentraciones en la solución del suelo, y en sus mecanismos de disponibilidad. Evitando cometer en errores que ocasionen deficiencia nutricional de las plantas, un antagonismo a la hora del mezclado de los productos o una toxicidad por el uso indiscriminado de un elemento que se presente altamente disponible, y que éste pueda provocar lesiones en la raíz, follaje, o en los meristemas de crecimiento y reproducción (Kass 1996).

Actualmente el productor debido a las exigencias del mercado y al constante aumento en el precio de los fertilizantes es que debe utilizar éstos en forma racional, con un objeto básico: mayor eficiencia de su uso, para obtener una adecuada producción que cubra los costos económicos y que permita a la planta expresar su mayor potencial productivo (Kass 1996). Por lo tanto se hace necesario mejorar las prácticas de suministro de fertilizantes a la plantación durante su ciclo de crecimiento para así hacer más eficiente la absorción de los nutrientes por parte de las mismas.

El presente trabajo tiene el propósito de hacer el uso más eficiente de los fertilizantes, generar información acerca del buen crecimiento de la plantación de piña durante el periodo de siembra al forzamiento, reduciendo los costos de producción. En ese sentido se han considerado los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

- Evaluar la eficacia del Método Stroller en la aplicación de tres niveles de fertilización en la planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2, durante la etapa de desarrollo.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad de la aplicación por el Método de Stroller como un medio para disminuir los niveles de fertilizante aplicados por unidad de área.
- Determinar el nivel de fertilizante que promueve un mayor crecimiento y peso de las plantas de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2 a fecha de forzamiento.
- Determinar el nivel de fertilizante que provee mayor concentración de nutrientes en la planta piña durante el inicio de su desarrollo.

- Cuantificar el porcentaje de reducción de costos en la aplicación de fertilizante aplicado mediante el Método de Stroller en plantas de piña.

1.3 Hipótesis de trabajo

Los niveles de fertilizante reducidos en un 20% y 30% respecto al nivel utilizado en la finca, aplicadas mediante el Método de Stroller, son capaces de mantener el mismo comportamiento en el desarrollo de la plantación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de piña

La piña es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne que mide hasta un metro de altura, con un tallo rodeado de 30 a 40 hojas, largas, gruesas y con espinas; en las variedades seleccionadas las espinas duras y finas sólo están en la punta. La fruta se forma sobre un pedúnculo de unos 100 a 150mm de longitud en el ápice del tallo. La fruta es compuesta, ya que las flores de color lavanda junto con sus brácteas adheridas a un eje central (corazón), se hacen carnosas y se unen para formar la fruta de piña, la cual madura cinco meses después de la floración (Jiménez 1999).

Actualmente, es cultivada en áreas tropicales y su fruta es exportada a nivel mundial. El cultivo se ha esparcido hacia las zonas tropicales de la tierra, siendo los productores líderes: Australia, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, China, Filipinas, Ghana, Hawaii, India, Nigeria, Perú, Tailandia, Venezuela y Vietnam (García y Serrano 2005).

2.2 Descripción Botánica

Es una planta herbácea, perenne, alógama, productora de frutos múltiples de alto valor nutritivo. El tamaño de la planta es variable y depende de factores como clima, suelo, variedad y densidad (IICA 1983).

2.3 Descripción morfológica

2.3.1 Tallo: el tallo está anclado al suelo por medio del sistema radical; una vez desarrollado mide hasta 80 o 100mm de diámetro. Posee las yemas para el desarrollo de retoños y raíces. El tallo es de consistencia herbácea, de forma redondeada, generalmente de 30-60cm de altura, carnosos y rígidos 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).

2.3.2 Retoños y estructuras para reproducción vegetativa: De las yemas del tallo salen los retoños propiamente dichos. Del pedúnculo de la fruta salen hijos y de la parte superior de la fruta sale la corona. Todos poseen yemas de raíces. Una cuarta estructura llamada hapa (mitad hijo, mitad retoño) se encuentra entre el eje de las hojas y el pedúnculo (Jiménez 1999).

2.3.3 Hojas: En una planta madura existen de 60 a 80 hojas adheridas al tallo, en un arreglo espiral. Las hojas poseen venas paralelas y tienen espinas, excepto el cultivar Cayena Lisa; sin embargo, ésta posee el gen recesivo de espinas, que se pueden manifestar en situaciones de estrés. Retienen un 7% del agua adsorbida por las raíces (Jiménez 1999). La forma acanalada de las hojas 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 hoja de la pérdida de agua, las estomas están en el envés de las hojas, controlando la transpiración por medio de las células guardianes o buliformes (Jiménez 1999).

Las hojas reciben una clasificación para conocer su edad y usos posteriores en análisis. La hoja "A" es la más vieja (puede haber hasta cuatro). La hoja "D" es la más madura y la más larga, y se utiliza para los análisis foliares de nutrición. La hoja "D" está dividida en tres secciones: la base blanca, el medio, y la punta. La base blanca se usa para determinar los niveles de potasio, calcio, magnesio, y fósforo; el medio se usa para determinar nitrógeno, hierro y azufre (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).

2.3.4 Raíces: En general, la mayoría de las raíces son fibrosas, adventicias secundarias (Jiménez 1999). El conjunto del sistema radical de las plantas adultas dependen esencialmente de las características físicas del suelo, estructura, aireación y humedad (Py 1969).

2.3.5 Inflorescencia y fruta: 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).

2.4 Sistema de producción agrícola

En términos generales, la producción de un sistema agrícola o agroecosistema es la salida que se obtiene como resultado de la interacción de sus tres componentes, suelo, planta y clima, con los cuales con un buen manejo agronómico y ambiental que el humano realice sobre estos, es que se podrá obtener un mejor funcionamiento de este sistema, además del beneficio económico que genera un sistema agrícola (Bertsch 1998).

Para valorar la efectividad en el funcionamiento de un sistema, además de la producción bruta (salida total del sistema) o de la producción neta (salida total menos entradas), deben considerarse criterios como el de eficiencia, que es una medida que se relaciona con la ganancia por el esfuerzo invertido en el agroecosistema, en términos energéticos o económicos, y la variabilidad o sostenibilidad del sistema. Esto tiene que ver con el funcionamiento del sistema productivo en el tiempo. Se trata de reponer lo que se usa, de modo que el mismo funcionamiento del sistema no lo desgaste, ni deteriore el ambiente. En todo caso, para ponderar cada uno de estos tres criterios, producción, eficiencia y

sostenibilidad, es fundamental involucrar los aspectos económico y ambiental. Más que un nivel máximo de producción biológica, es importante un nivel de producción rentable y un nivel de producción que garantice la perdurabilidad de los recursos naturales (Bertsch 1998).

El manejo del aspecto nutricional del sistema de producción agrícola tiene que ver con dos puntos importantes: la aplicación de fertilizantes en cualquiera de sus formas (química y orgánica) y la aplicación de enmiendas. Para aprender a realizar estas prácticas en forma adecuada se debe contestar las siguientes preguntas: por qué aplicar?, cuánto aplicar?, qué aplicar?, cuándo aplicar? y cómo aplicar. Lo cual constituye el objetivo de un buen funcionamiento del sistema de producción agrícola; sin embargo, debe tenerse en cuenta en todo momento, que el grado de organización con que se decida efectuar las prácticas de manejo dentro de un sistema de producción agrícola en su globalidad, considerando la prioridad y complemento de las mismas, será lo que determine los resultados finales en la producción. Nunca se debe perder de vista que es el análisis y la comprensión integral de la situación, lo que va a permitir alcanzar la mejor expresión de un sistema. Por ello, para dar buenas recomendaciones de manejo agrícola, se hace evidente la necesidad de evaluar y estudiar en forma disciplinada todos y cada uno de los componentes del agroecosistema (Bertsch 1998).

2.5 Criterios para estudiar nutrición de cultivos

Según Bertsch (1998) el evaluar el estado nutricional de un sistema de cultivos significa identificar, determinar o establecer las potencialidades y las limitaciones nutricionales (cantidad y calidad de nutrimentos disponibles presentes) que tiene un suelo dado para la producción de esa unidad agrícola.

Bertsch (1998) describe que existen cinco criterios que, especialmente si se utilizan en forma complementaria e integral, permiten la ejecución de una buena evaluación nutricional. Tales criterios son los siguientes:

2.5.1 Observación

Es muy importante ser sensible al sistema de cultivos con que se trabaja y saber distinguir los cambios o las alteraciones que se producen en las plantas que lo componen. Para ello conviene desarrollar agudeza visual, mediante autoentrenamiento, que permita percibir detalles y recordar comportamientos anteriores que puedan asociarse con situaciones actuales.

2.5.2 Análisis

En la línea de análisis y experimentos, existen tres lugares en los cuales se pueden realizar evaluaciones sobre el estado nutricional de un sistema agrícola:

- El laboratorio
- El invernadero
- El campo

Cada uno de estos lugares tiene sus ventajas y desventajas, de tal forma que los diferentes procedimientos que se sigan en cada sitio resultarán útiles en la medida en que se conozca y se sepa interpretar el tipo de información que suministran. Es probable que sea la evaluación integral, que incorpore estudios en los tres sitios, la que brinde la mejor comprensión del estado nutricional de un sistema de producción. Sin embargo, estudios globales de este tipo no siempre son viables ni necesarios, especialmente si se sabe manejar y aprovechar la información que ha sido generada previamente. Cada procedimiento por sí solo constituye una alternativa con características, confiabilidad, alcances y limitaciones propias. Estos aspectos son los que hay que conocer muy bien para escoger el método de evaluación más apropiado en cada circunstancia, darle su interpretación adecuada, y sacar de él o de ellos, las conclusiones y recomendaciones más acertadas.

2.5.3 Registros

Más que un análisis individual, será válido la secuencia de análisis en el tiempo. El suelo y el cultivo son entes dinámicos, por lo que su nutrición también lo es. Contar con un registro organizado y consistente de resultados de análisis, datos de producción, prácticas de manejo realizadas, observaciones, etc, es un requisito indispensable para hacer evolucionar el manejo nutricional de una manera acorde a las transformaciones naturales e inducidas del sistema.

2.5.4 Conocimiento teórico

Conocer y comprender el funcionamiento de un sistema es la mejor forma de modificarlo. Elementos teóricos sobre el suelo y la planta que permitan explicarse mejor lo que ocurre dentro de ellos, son herramientas fundamentales para elaborar buenas recomendaciones nutricionales.

2.5.5 Experiencia

Sin lugar a dudas, entre un experto en suelos y un conocedor del cultivo, llegará a dar mejores recomendaciones de fertilización para un cultivo específico, el que conoce el cultivo a profundidad. Sin embargo, un buen dominio de los aspectos relacionados con los suelos afinará en forma muy positiva la recomendación.

2.6 Crecimiento y desarrollo de la planta

Crecimiento y desarrollo son palabras usadas para indicar el crecimiento 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 del 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 (Bertsch 1998).

Debido a la existencia de controles genéticos dentro de las plantas, los productos fotosintéticos se distribuyen de una manera particular en cada planta, generando una expresión morfológica característica en cada especie o cultivar. Los factores ambientales influyen sobre esta expresión genética modificando, en cierta medida, los patrones de crecimiento característicos de cada cultivo (Bertsch 1998).

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: luz, agua, dióxido de carbono, oxígeno, temperatura y nutrientes (Bertsch 1998).

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).

2.7 Fertilización

Para realizar una fertilización correcta existen dos reglas básicas muy importante: la ley del mínimo (la productividad se ve condicionada por el nutrimento que esté en menor proporción) y el requerimiento óptimo de nutrimentos (una vez que el óptimo de nutrimento se cumple, el exceso de fertilización no se traduce en productividad (OCEANO 1999).

Antes de iniciar un programa de fertilización, es recomendable realizar tanto análisis de suelo como foliares, para conocer con mayor certeza las necesidades de elementos mayores y menores por parte de la planta. La piña es una planta que responde muy bien a las aplicaciones de fertilizante dirigido al suelo y especialmente al follaje (Castro y Hernández 1992).

La fertilización se efectúa mediante varias aplicaciones parciales durante el periodo de crecimiento (IICA 1983).

Los elementos identificados como esenciales para el crecimiento normal de los organismos, tienen importancia por que participan en una serie de procesos fisiológicos que incluyen: la captación de energía solar y la participación en numerosas funciones fisiológicas o bioquímicas, entre ellas, la activación de enzimas y la transferencia de energía. Todos los mecanismos permiten la producción de biomasa (Kass 1996).

La piña tiene requerimientos nutricionales específicos. Entre ellos el N, P, Ca, K y B. La carencia o exceso de algunos elementos puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta, en consecuencia de la fruta (Jiménez 1999).

La aplicación de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro es esencial para lograr los rendimientos y la calidad deseados; pero si la planta absorbe en forma indiscriminada el elemento altamente disponible, sufre lesiones en la raíz, el follaje o en los meristemas de crecimiento y reproducción (Kass 1996).

La fertilización adecuada es un factor muy importante, para esto se debe tomar en cuenta factores como horas luz, disponibilidad de la humedad, características nutricionales del suelo asociado a los requerimientos de la planta (Jiménez 1999).

El nitrógeno y el potasio son los dos elementos que la planta de piña requiere en mayores cantidades, estos deben estar balanceados desde la siembra hasta el momento de la inducción, el fósforo solo es indispensable en suelos deficientes de dicho elemento (Rebolledo 1992), además solo es asimilable por la planta en cantidades relativamente reducidas.

De acuerdo con Castro (1982), las necesidades nutricionales de la planta de piña aumentan con su desarrollo, son crecientes según crece la plantación hasta el momento de la inducción floral, después de ésta las necesidades son mucho menores. La planta vive en parte por sus reservas, pero continúa sin embargo absorbiendo elementos.

La cantidad de abono a usarse depende de la fertilidad natural del suelo, condiciones climáticas, densidad de siembra y variedad cultivada (IICA 1983).

Si la planta no encuentra en la solución del suelo un equilibrio entre los elementos que la impregnan, se observa la deficiencia de uno o varios elementos, manifestándose rápidamente los síntomas de deficiencia en la planta (Py 1969).

Si los aportes de abono antes del forzamiento se han efectuado correctamente, los aportes posteriores no van a tener ningún efecto sobre el rendimiento pero si pueden afectar la calidad de la fruta en el caso de que se le aplique nitrógeno. El aporte de potasio después de la inducción floral, en cambio, puede modificar la calidad y ser ventajoso (Castro 1982).

La piña es un cultivo que requiere de muchos nutrimentos, sin embargo ya que en el suelo en los que se cultiva no están muy disponibles, debe adicionárselos por aparte. El nitrógeno y el potasio son los elementos más importantes para la piña y generalmente deben ser aplicados como fertilizantes para poder cubrir los requerimientos de producción (Solís *et al.* 1995).

2.7.1 Factores que intervienen en la absorción de las soluciones

Las plantas pueden absorber los nutrientes a través de las raíces, los tallos y las hojas. Sin embargo, la mayor parte de los nutrientes es captada por las raíces. Los nutrientes entran a la planta sólo en forma de soluciones. La absorción más intensa de nutrientes se realiza a través de los pelos absorbentes. Las raíces viejas han perdido la habilidad para absorber los nutrientes y sirven más bien para transportar los elementos hacia la base del tallo de las planta (Graetz 1979).

1. Al penetrar en las capas del suelo, los pelos absorbentes entran en íntimo contacto con las partículas minerales y con la solución del suelo.
2. Los elementos requeridos por la planta entran por el intercambio que se realiza entre los pelos absorbentes, la solución y los minerales alrededor de ellos. Para compensar los elementos absorbidos, las raíces pequeñas exudan otros elementos.

Según Graetz (1979) la intensidad de la absorción de los nutrientes es afectada por los siguientes factores:

- Presencia de suficiente aire fresco en los espacios del suelo. Esta es muy importante para el desarrollo y actividad de los pelos absorbentes.
- La humedad del suelo que lleva los nutrientes en solución haciéndolos disponibles a la planta.
- La densidad y distribución del sistema radicular que determina las cantidades de nutrientes que pueden ser absorbidos.

Trogmé y Gras (1966) definen aquellos factores que intervienen en la absorción de las soluciones fertilizantes por medio de las plantas según diversas condiciones. Dichos factores afectan por igual a todas las plantas en general.

- a) Las concentraciones demasiado elevadas producen quemaduras. Por el contrario, las demasiado diluidas pueden aportar pocos elementos para que sean eficaces prácticamente. Las concentraciones óptimas varían según la naturaleza del producto utilizado
- b) El empleo de productos mojantes aumenta la superficie de absorción, reduciendo el peligro de quemaduras.
- c) La absorción se realiza mejor a temperaturas poco elevadas y en atmósfera relativamente húmeda, que impiden la elevación demasiado rápida de la concentración de la solución utilizada en la aplicación. Por lo tanto, se reducen los riesgos de quemaduras cuando las aplicaciones se efectúan al amanecer o al atardecer.
- d) Son preferibles las aplicaciones mediante gotas gruesas.
- e) La absorción es mejor por el envés de la hoja.
- f) Las hojas más jóvenes absorben mejor, por regla general, que las viejas, pero son más sensibles que éstas a las quemaduras.

2.8 Papel que desempeña el agua en el crecimiento de la planta

EL agua es uno de los principales constituyentes de los vegetales, llegando a constituir hasta el 95% de los tejidos jóvenes; este porcentaje desciende hasta valores del orden del 12% en aquellos tejidos en los que los fenómenos vitales están retardados (Trogné y Gras 1966).

El agua que contiene un vegetal no representa más que una ínfima parte de la cantidad total que consume a lo largo de su ciclo. Mientras que la planta retiene una proporción importante de los elementos nutritivos, hay, en cambio, una continua renovación del agua. Absorbida por las raíces, se evapora al llegar al nivel de la cutícula, y sobre todo por los estomas de las hojas (transpiración). La evaporación en las hojas evita que se eleve la temperatura de la planta; ya que la energía utilizada en dicho fenómeno no se utiliza para el calentamiento de la planta. La falta de agua provoca, en primer lugar, una reducción en la abertura de los estomas, después un marchitamiento de las hojas, que puede ser temporal o permanente (Trogné y Gras 1966).

2.9 Efecto de los suelos en la nutrición de las plantas

En condiciones de baja fertilidad natural, el suelo no proporciona los nutrientes suficientes para lograr un rendimiento satisfactorio de los cultivos. Por lo tanto es necesario suplementar las deficiencias de nutrientes propios del suelo por medio de un suministro de fertilizante químico (Graetz 1979).

Estos fertilizantes son productos industriales, que se elaboran en diferentes formas. El contenido de nutrientes presentes en un determinado tipo de fertilizante se expresa en un porcentaje de la cantidad total. Este, a su vez, determina la calidad de un fertilizante (Graetz 1979).

La disponibilidad de los dieciséis elementos de importancia para la nutrición de las plantas, así como de algunos específicos, puede ser afectada por factores ligados al suelo como pH, el tipo de arcilla, el contenido de materia orgánica y las

formas de humus que predominen, la actividad de microorganismos, el contenido de agua y la fuente fertilizante aplicada, especialmente por su solubilidad, ligado al cultivo y su etapa de crecimiento (Kass 1996).

El aprovechamiento de los nutrientes es muy importante por que por ejemplo en suelos arenosos pobres, cuya pobreza de nutrimentos hace imposible su aprovechamiento por los cultivos, la piña sin embargo puede proporcionar a menudo buenos rendimientos si se le suministran cantidades correctas de fertilizantes y en forma adecuada, por otro lado las cantidades de nutrientes extraídos por la piña son considerablemente mayores que aquellos que originan otros cultivos (Hidalgo 1975).

El cultivo de la piña requiere de suelos que permitan un rápido drenaje para eliminar las cantidades en exceso de agua. Los excesos de agua en el suelo provocan enanismo y decoloración en las plantas, además el peligro de crear un ambiente apropiado para el establecimiento de enfermedades principalmente fungosas (Stallings 1985).

El tipo de suelo ideal para el cultivo de la piña es profundo, bastante permeable, de fertilidad moderada y con un pH entre 4.5 y 6.0 (Rojas 1988).

La obtención de buenas o malas cosechas se determina por la capacidad del suelo para aportar nutrimentos en la planta (Rojas 1988).

Antes de comenzar un programa de fertilización es importante corregir la acidez del suelo, tratando de alcanzar un pH de 5,5 mediante el encalado. Un suelo excesivamente ácido será probablemente pobre en calcio, magnesio, potasio y sodio. Así mismo, los suelos muy lavados o lixiviados por lluvias y erosión, son frecuentemente deficientes en nitrógeno, fósforo, boro, hierro, zinc, manganeso, cobre y molibdeno (Barahona y Sancho 1991).

En el suelo pueden presentarse dos condiciones generales, que son los suelos donde predominan condiciones de alcalinidad y aquellos en los que

predominan condiciones de acidez. En ambos casos se dan condiciones que afectan la disponibilidad de elementos como nitrógeno en forma amoniacal o nítrica; fósforo, potasio, molibdeno y boro, ya que dependiendo de si el pH es alcalino o ácido, muchos elementos forman precipitados en la disolución del suelo, que los hace no solubles y no disponibles para las raíces de las plantas (Kass 1996).

Los elementos nutritivos que extraen las plantas del suelo, se clasifican en tres grupos: elementos mayores (N, P, K); elementos secundarios (Ca, Mg, S, Cl); y elementos menores (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo) (Barahona y Sancho 1991).

Las características físico-químicas del suelo deben ser conocidas por el productor, ya que el crecimiento, desarrollo de los cultivos, la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con los nutrimentos y las características de los suelos. Así mismo el rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrimentos esenciales, ya que cuando estos no están en las cantidades adecuadas se crea la necesidad de la aplicación de fertilizantes, de acuerdo a las deficiencias presentadas y al resultado del análisis de suelo realizado (Castro y Solís 1998).

La porosidad es de mucha importancia porque permite mayor desarrollo de raíces, mayor aireación y mayor facilidad para el aprovechamiento de los nutrientes que se aplican al suelo (Donahue y Shickluna 1987).

2.10 Importancia del análisis foliar para el desarrollo del cultivo

Los análisis de crecimiento y absorción de nutrientes según plantea Bertsch (1998), permiten llegar a cuantificar el crecimiento y desarrollo de las plantas conociendo así sus principios o elementos durante todo su periodo de vida.

Bertsch (1998) menciona que mediante los análisis de absorción de nutrientes se puede explicar fisiológicamente las diferencias por efecto de un nutriente y se puede señalar de una manera más eficiente y específica, la época de mayor efecto (punto crítico).

Las hojas D, son las hojas más jóvenes que han terminado prácticamente su desarrollo. Son las más largas si se desarrollan en un medio favorable y su tejido basal es frágil. Son las utilizadas para conocer el estado nutricional de las plantas (Peña et al 1996). Además es una variable muy importante para conocer la forma como se va comportando el crecimiento de dicha planta.

De acuerdo con Sancho (1999), una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutrimento que determina las cantidades extraídas por una planta a través de su ciclo de vida. La demanda de nutrimentos depende de diferentes factores internos (potencial genético, edad de la planta), y externos (temperatura, humedad y brillo solar).

El nivel crítico en el suelo es aquella concentración extraída del suelo por encima de la cual las posibilidades de encontrar respuesta a la fertilización son muy bajas y por debajo de la cual muy probablemente los rendimientos serán pobres (Jiménez 1999). En el cuadro 19 (Anexos), se expresan los niveles críticos de los nutrientes más relevantes, tanto en suelos como en los tejidos foliares.

2.10.1 Principios básicos

Según Bertsch (1998) como técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de las plantas, el análisis foliar se basa en que las plantas, la hoja y cada uno de sus órganos requieren una determinada concentración de cada nutrimento esencial para el normal desenvolvimiento de las funciones que en ellos tiene lugar, y de las cuales depende la producción.

La concentración óptima de un nutrimento dado en la hoja depende del papel que juega ese elemento en el metabolismo y debe determinarse experimentalmente (Bertsch 1998).

El principio básico del análisis foliar consiste en la comparación entre los resultados del laboratorio y los niveles propuestos como óptimos para un determinado cultivo (Bertsch 1998).

2.10.2 Metodología de determinación

En el análisis de tejido se determina el contenido total de cada elemento, el cual es una cantidad constante para una determinada muestra. El proceso consiste en digerir una muestra foliar de 0,5g, debidamente lavada, secada a 70°C y molida, con mezclas de ácidos fuertes en presencia de calor (Bertsch 1998).

Como son totales, los datos que se obtienen son más exactos que los de un análisis de suelos.

2.10.3 Muestreo

El contenido de elementos varía bastante entre los diferentes órganos de la planta (hojas, tallo, raíces), con la edad del tejido y la edad de las plantas (Bertsch 1998).

Por esta razón, es muy importante estandarizar el muestreo, y analizar el tejido indicador que mejor muestre el estado nutricional de la planta, tomado de una posición definida de la planta cuando esta tiene una edad determinada (Bertsch 1998).

2.10.4 Interpretación

El nivel crítico de deficiencia foliar es el contenido de un elemento en cierto tejido indicador por debajo del cual se espera una respuesta significativa a la

aplicación del elemento, y por encima del cual no se espera una respuesta. Igualmente, el nivel crítico de toxicidad determina el contenido del elemento por encima del cual la planta sufre intoxicación por exceso de este elemento. Entonces, el rango normal para el mejor crecimiento de la planta está entre el nivel crítico de deficiencia y el nivel crítico de toxicidad. Esto no quiere decir que el óptimo económico esté dentro de este rango (Bertsch 1998).

La correcta interpretación de los resultados obtenidos en el análisis foliar es la parte más compleja del método, debido a los múltiples factores que intervienen en el contenido de nutrimentos de las hojas (Bertsch 1998).

La interpretación requiere en primer término, estudios previos para establecer los índices o concentraciones de nutrimentos en hoja que corresponden a un estado de nutrición bajo, medio adecuado o excesivo del cultivo que se va a diagnosticar, o sea, establecer los niveles críticos (Bertsch 1998).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del estudio

La Finca El Tremedal S.A., se encuentra ubicada en Venecia de San Carlos, Alajuela, Costa Rica; sus coordenadas geográficas son aproximadamente 10°26' latitud Norte y 84°15' longitud Este. Ésta se encuentra aproximadamente a unos 320 m.s.n.m, posee una humedad relativa promedio de 80% y una precipitación que va de 3,500 a 4,000mm al año y con un rango de temperatura desde los 22°C a los 32°C.

En la zona por lo general hay una estación de baja precipitación muy marcada de diciembre a abril y una estación lluviosa de mayo a noviembre.

3.2 Periodo del Experimento

El trabajo de campo se realizó entre noviembre del 2009 y junio del 2010 con una duración de aproximadamente siete meses, tomando en cuenta la primera y la segunda aplicación más el periodo adicional hasta llegar a forzamiento para permitir que la planta crezca y así poder evaluar la eficiencia de la aplicación en la misma.

3.3 Material Experimental

3.3.1 Cultivo

La Finca El Tremedal S.A., se dedica a la producción y exportación de piña del material genético híbrido MD-2, el cual se siembra en camas conformadas por dos hileras en un diseño espacial de “tres bolillo” para una densidad total de 70,400 plantas por hectárea aproximadamente (Figura 1), a una distancia determinada de la siguiente manera:

- Entre hileras de 45cm.
- De centro a centro de las camas de 1,12m
- Entre plantas de 22cm

La finca va direccionada a sembrar únicamente material vegetativo de dos tipos o pesos, que son de 450 – 650g y de 650 – 950g.



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009

Figura 1. Representación de la distribución de siembra en cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.

3.3.2 Productos utilizados en la nutrición del cultivo

Los productos utilizados en la Finca El Tremedal S.A. para la nutrición del cultivo se describen en el Cuadro 1, los cuales a su vez están separados según corresponden los tratamientos que fueron utilizados en el estudio y los periodos de aplicación después de la siembra.

La principal fuente de nitrógeno utilizado es el nitrato de amonio, en el caso del potasio es el cloruro de potasio y el magnesio se aportó como sulfato, mientras que para los otros elementos se utilizaron otras fuentes de fertilizantes compuestas.

Cuadro 1. Resumen de los tratamientos de tres niveles de fuentes de fertilizantes aplicados mediante el Método de Stroller en la planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr, híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica, 2010.

Producto	Tratamiento					
	T 1 (Finca)		T 2 (Finca -20%)		T 3 (Finca -30%)	
	22 dds*	45 dds*	22 dds*	45 dds*	22 dds*	45 dds*
Fórmula N (l)	520	210	416	168	364	147
Fórmula K (l)	458	186	366,4	148,8	320,6	130,2
Fosfato Monoamónico (kg)	48	16	38,4	12,8	33,6	11,2
Miel (kg)	1,5	1,5	1,2	1,2	1,05	1,05
Agri Gro (l)	2,5	2,5	2	2	1,75	1,75
Radix (Pastillas)	3	-	2,4	-	2,1	-
Protector K (l)	7	-	5,6	-	4,9	-
Sulfato Mg (kg)	-	20	-	16	-	14
Protifert (l)	3	-	2,4	-	2,1	-
Disolución (l/ha)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

Nota: Las características de los productos verlas en anexos.

3.4 Aplicaciones de fertilizante

3.4.1 Composición del plan de fertilización

El plan de fertilización general de la finca está compuesto por 16 ciclos de aplicación, siendo la unión de los ciclos (1-2-3) identificados como primera aplicación por el Método de Stroller y el ciclo (4) es la segunda aplicación por el Método de Stroller, después de esas dos aplicaciones siguen un promedio de 12 aplicaciones foliares con equipo aspersor, lo cual puede variar dependiendo con la rapidez con que el cultivo haya alcanzado el peso ideal de forzamiento.

3.4.2 Preparación de las soluciones

Las soluciones se prepararon mediante una mezcla realizada por el personal de bodega de agroquímicos y los productos fueron adicionados uno por uno hasta completar el paquete en su totalidad. Se aplicó primero el tratamiento uno (Testigo), luego el tratamiento dos (Testigo -20%) y por último el tratamiento tres (Testigo -30%).

3.4.3 Aplicación del producto

Las soluciones de fertilizantes fueron vertidos a un equipo aspersor con capacidad de 5,610 litros, equipado con doce mangueras, donde cada manguera corresponde a un trabajador, quien aplicará a cada planta 60ml de disolución dirigido al centro de la planta (Figura 2), según corresponde a cada tratamientos.

3.5 Descripción del proceso de aplicación

El sistema de aplicación por el Método de Stroller o aplicación dirigida consiste en aportar directamente a la base de la planta insumos fertilizantes o agroquímicos previamente disueltos en agua, de modo que se aporta específicamente a cada planta la necesidad de nutrientes ideal para cada una; lo cual se logra con la ayuda de maquinaria especializada, como por ejemplo un equipo aspersor, mangueras, boquillas aptas para dicha labor, además de una adecuada calibración y de personal capacitado para dosificar cada planta con la cantidad exacta de disolución que la misma necesita (Figura 2).



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009

Figura 2. Representación de la aplicación de fertilizantes por el Método Stroller en cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica 2009.

3.6 Tratamientos

La aplicación por el método Stroller se evaluó en tres niveles de fertilización diferentes, los cuales incluyen lo actualmente utilizado en la finca, que en este caso funcionaría como testigo absoluto, un nivel de fertilización reducido en un 20% y otra con un nivel de fertilización reducido en un 30% menos de lo utilizado en la finca.

La aplicación de los tratamientos se realizó en dos momentos, transcurridos 22 y 45 días después de la siembra, con volumen de 4,000 l/ha de agua, aplicando 60ml por planta en el centro de la misma.

Para garantizar el volumen de agua previsto por planta se utilizó equipo especializado, el cual para este caso fue el equipo aspersor #2 provisto con una bomba Tj 150 y se calibró a una presión de cinco bares, con 1,400 rpm en primera marcha sencilla, para un tractor de llantas marca New Holland 100 HP. Además el personal que colaboró en el proceso de aplicación es muy experimentado y es el que previamente obtuvo las mejores calificaciones a la hora de calibrarles la descarga a aplicar por planta.

Para no generar una alteración en las características de los productos, antes de cada periodo de aplicación, el tanque del aspersor se lavó y se aseguró que no quedaran residuos de las aplicaciones anteriores.

El agua utilizada para realizar las aplicaciones proviene de pozos de la finca El Tremedal S.A. y presentaba un ph ideal de 5.

Las aplicaciones se realizaron en las horas más frescas de la mañana, a partir de las 6:00am y se terminaron aproximadamente a las 8:45am.

3.7 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones.

El modelo matemático se presenta a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

y_{ij} = Variable de respuesta correspondiente al i -ésimo tratamiento.

μ = Efecto promedio global.

α_i = Es el efecto sobre la respuesta debido al i -ésimo tratamiento.

e_{ij} = Es el término del error experimental.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2007, además de la ayuda del programa de Office Excel 2003.

Se realizó el análisis de varianza correspondiente y la prueba de medias (Tukey al 1%) para comparar las medias de los tratamientos entre sí.

3.8 Área del experimento

El área del experimento tuvo lugar en el bloque 25 del lote 15 (un bloque es aquel que tiene una misma fecha de siembra, mismo tipo y tamaño de planta y el

cual está conformado por 24 camas, separadas una de la otra por un camino o una barrera física (Figura 3). Un lote está conformado por un conjunto de bloques. Las plantas a las cuales, cuando se les realizó la primera aplicación de los tratamientos tenían 22 dds, y la segunda aplicación se realizó transcurridos 45 dds. La densidad de siembra fue de 70,400 plantas por hectárea. El área del bloque comprende 0,61ha y su población es de 42,944 plantas.

De los dos pesos de semilla que se siembran en la finca, el utilizado para el experimento fue el de tipo basal de 650gr – 950gr.

El área del experimento comprendió 2,385m², conformada por las 24 camas (26,5m) del bloque por la longitud necesaria para distribuir los 15 tratamientos (80m), distribuyendo siete tratamientos en la mitad del bloque y los restantes ocho tratamientos en la otra mitad. Además se dejó 10m desde la cabecera del bloque al área donde iniciaron los tratamientos y cinco metros al final de los tratamientos hacia lo largo del resto del bloque (Figura 3).



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009

Figura 3. Bloque utilizado para la distribución del área del experimento en la aplicación por el Método de Stroller en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.

3.8.3.1 El área experimental

El área experimental consta de la superficie donde está localizado el experimento y representa: dos camas de borde a cada lado del bloque, diez metros de longitud a la cabecera del bloque, cinco metros al final de los tratamientos hacia lo largo del resto del bloque, quedando así conformada por 15 tratamientos de 11m de ancho (10 camas) y 10m de longitud para un área por tratamiento de 110m², y un área de parcela experimental total de 1,650m² equivalente a 11,616 plantas por parcela o 774 plantas por tratamiento (Figura 4).

3.8.3.2 Parcela Experimental

Consiste de 6,6m de ancho por 6m de largo, ya que se dejó un borde de dos metros a cada extremo y se eliminaron dos camas a cada lado hacia lo ancho del bloque, lo cual corresponde a las seis camas centrales de la parcela. Esto suma un total de 279 plantas por parcela útil (Figura 5).

3.8.3.3 Parcela Útil

La unidad experimental es el área conformada por la parcela útil más los bordes de ésta. Aquí se ubicaron las plantas utilizadas para evaluar las variables necesarias (Figura 5).

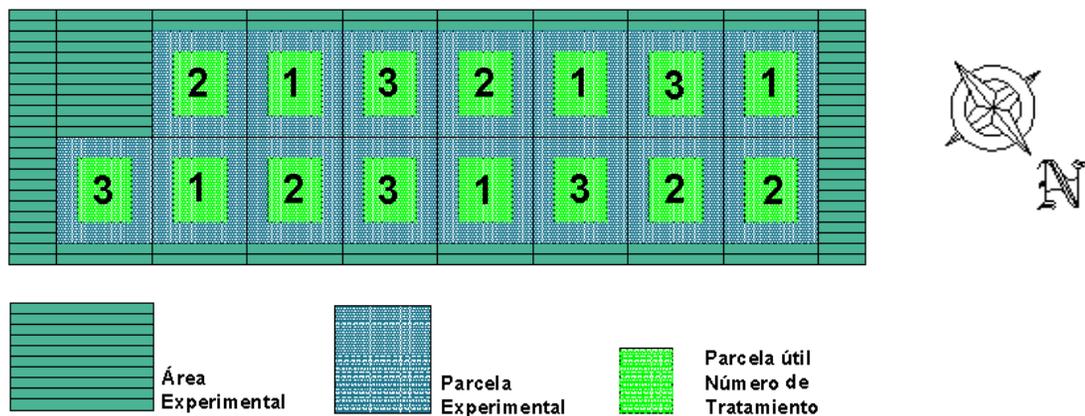


Figura 4. Representación esquemática de la distribución de los tratamientos experimentales durante el estudio de fertilización mediante el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

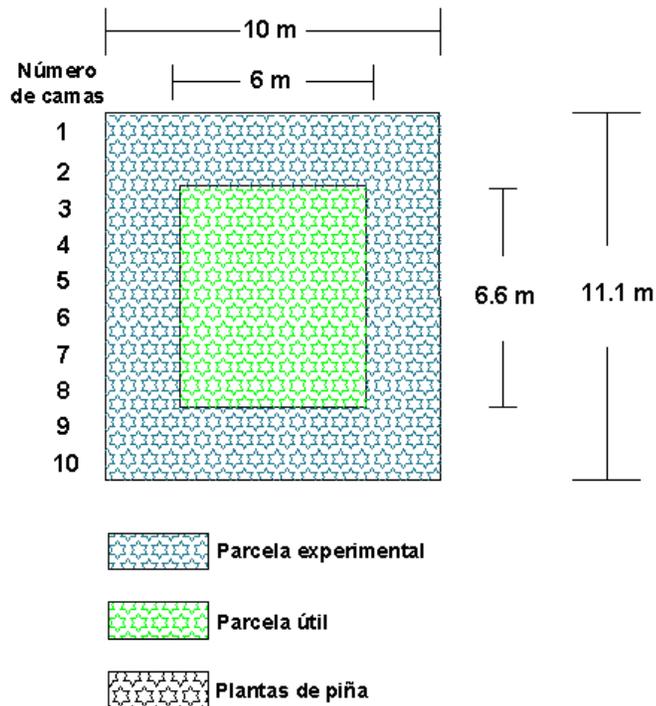


Figura 5. Representación de una parcela útil para cada tratamiento en un cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

3.9 Recopilación de datos

La toma de datos se realizó en el campo, mediante observaciones semanales para las variables de enfermedades (*Erwinia*, *Phytophthora*, entre otros) y plagas (Picudo, Joboto, Nemátodos, Sinfílidos, entre otros), y una única observación para las variables de crecimiento (longitud de hoja, ancho de hoja y peso de planta).

Se contó con el apoyo de instrumentos de peso, como el balancín y de medida como la cinta métrica, además de la ayuda del personal especializado en la finca en el área de muestreos.

Cuadro 2. Variables evaluadas y materiales utilizados para su correspondiente medición y momento de evaluación. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Variable	Instrumento para la toma de datos	Momento de observación (DDS)
Longitud de hoja D	Cinta métrica	210
Ancho de hoja D	Cinta métrica	210
Peso de planta	Balancín	210
Daños por enfermedad	Observación Visual	Cada 15 días
Análisis químico foliar	Análisis de laboratorio	20, 43, 58 DDS*

3.10 Variables evaluadas

3.10.1 Variables Vegetativas

3.10.1.1 Peso de planta.

Se extrajo la planta en su totalidad, a la cual se le cortaron y pesaron las raíces y por aparte se pesó la planta. Para que el peso sea representativo se tomó una muestra correspondiente al once por ciento del total de plantas de la parcela útil. Se utilizó kilogramos como unidad de medición (Figura 6).



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009

Figura 6. Proceso para determinar peso de planta en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.

3.10.1.2 Longitud de hojas.

La metodología utilizada para la medición de esta variable fue tomar la hoja D de cada tratamiento al azar y cortarlas para poder medirlas desde su base hasta la punta (Figura 7).

3.10.1.3 Ancho de hojas.

La medición del ancho de hojas se le realizó en la hoja D, y la metodología consistió en tomar la hoja entera y doblarla por el medio uniendo la punta con la base la hoja y fue medida exactamente donde se marcó el doblar de la misma (Figura 7).



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2010

RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2010

Figura 7. Metodología para la medición de las variables longitud y ancho de hoja "D" en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

3.10.1.4 Análisis químico foliar.

Se realizó un muestreo foliar dos días antes de la primera aplicación o sea 20 días después de siembra* (DDS), y otro muestreo dos días antes de la segunda aplicación o sea, transcurridos 43 días. Posteriormente se realizó otro análisis trece días después de la segunda aplicación (58 DDS), dos días antes que inicien las aplicaciones foliares con equipo aspersor, como corresponden en el programa de aplicaciones de la finca (Figura 8).

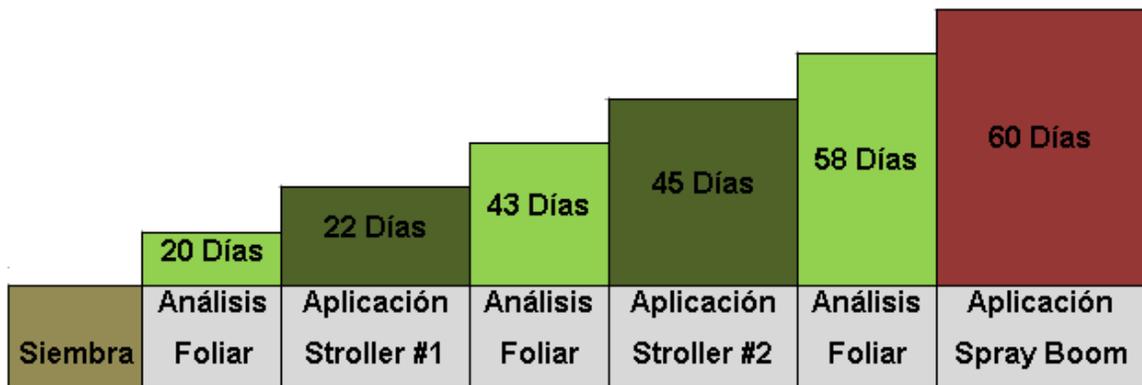


Figura 8. Cronograma de actividades para la aplicación por el método Stroller en plantas de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

El estudio nutricional se basó en la recopilación y análisis de toda la información relacionada con la aplicación de nutrimentos a la plantación. Los datos de la cantidad de productos fueron traducidos a una hectárea de terreno con una densidad de 70,400 plantas por hectárea.

Los análisis foliares fueron separados por tratamientos y se identificaron de forma correspondiente, para ser enviados al laboratorio de análisis químico (Figura 9).



RONALD FONSECA / FINCA EL TREMEDAL S.A. 2009

Figura 9. Representación de las muestras tomadas para el análisis químico foliar en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009.

La Hoja D, es la indicada para la evaluación de la concentración de nutrientes en la planta, demostrados por medio de análisis foliares, por ser la que mejor representa el estado nutricional de la planta, al ser la hoja más grande, la más gruesa, una de las mas jóvenes y en la que los nutrientes tienden a estar más concentrados.

3.10.1.5 Análisis estadístico.

Una vez aplicado el análisis estadístico se procedió a interpretar los resultados para determinar la relación en el peso, longitud y ancho de hoja para cada tratamiento evaluado, de tal manera que permitiera obtenerse el efecto que tiene la disminución de los niveles de fertilizante sobre el desarrollo de la planta.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Método de aplicación

No se menciona o al menos no se encontró información escrita sobre el proceso específico para la aplicación de agroquímicos por el Método de Stroller que describen las condiciones ideales para que dicho método sea sumamente eficiente, en el cual se interprete los posibles problemas de conductividad, precipitación y concentración de los fertilizantes así como cantidad de agua ideal para la disolución, entre otros. Por lo tanto para llevar a cabo el presente experimento se utilizó la información de otra finca, ubicada en la Virgen de Sarapiquí, donde también se ha utilizado dicho método, además de la propia información obtenida en la finca en el lapso de tiempo que se tenía trabajando en dicha labor y con los datos recopilados hasta el momento, más las correcciones que se la habían realizado a la labor hasta ese momento, como por ejemplo la fecha de aplicación después de la siembra, el aumento en la disolución en agua del fertilizante, entre otros.

4.2 Fertilización

Las aplicaciones que se realizaron durante el periodo de experimentación, en algunos casos superó las 16 aplicaciones programadas, sin embargo, específicamente para el bloque 25 (área experimental) solo fue necesario realizar 16 aplicaciones o ciclos, caso contrario al de otros bloques del mismo lote, donde en algunos casos fue preciso realizar 18 aplicaciones, o en algunos casos mas bien fue necesario menos aplicaciones.

A las aplicaciones con equipo aspersor no se redujo el porcentaje de productos para ser aplicadas por tratamientos, sino que se aplicó una misma dosis uniforme para toda el área experimental, lo cual generó un efecto por igual en los tres tratamientos, por lo que siempre el efecto inicial de los tratamientos puede verse reflejado; y si es cierto que aplicaciones foliares posteriores a las aplicaciones dirigidas por el Método de Stroller pudieron provocar que las plantas

del tratamiento dos (Finca -20%) y tres (Finca -30%) con el pasar de los ciclos de aplicación se emparejaran con el tratamiento uno (Finca), eso lo único que demuestra entonces, es que al inicio de la fertilización por el Método Stroller se pude reducir la cantidad de insumos fertilizantes utilizados, ya que las aplicaciones foliares emparejarán el crecimiento de las plantas con el pasar de las semanas o meses de tal modo que al llegar al peso de forzamiento no haya diferencia alguna en lo que a variables de crecimiento corresponde.

4.2.1. Estudio nutricional

De los tres análisis foliares realizados en las plantas de piña en estudio, el primero de éstos muestra el estado de la plantación de la siembra a antes de realizada la primera aplicación de fertilización por el Método Stroller (Anexos Figura 7) lo cual fue de mucha importancia para comparar el aumento esperado en la concentración de los elementos después de realizada la primera aplicación (Anexos Figura 8). Sin embargo este aumento solo se observó en el caso del potasio, calcio y azufre, caso contrario al nitrógeno y magnesio, los cuales se mantuvieron prácticamente en los mismos niveles de concentración de elementos, y muy distinto al caso del fósforo el cual más bien sufrió una reducción en la concentración del elemento dentro de la planta después de la primera aplicación.

Para los resultados del tercer análisis, el cual describe la concentración de los elementos después de realizada la segunda aplicación (Anexos Figura 9), muestra como el potasio, calcio y azufre mantiene el mismo comportamiento creciente que en los resultados del anterior análisis, al cual se les suma el magnesio el cual para este caso si presenta aumento en la concentración del elemento dentro de la planta y también el fósforo, solo que para este elemento el crecimiento solo se dio en el tratamiento uno (Finca) y dos (Finca -20%), mientras que por último el nitrógeno creció en concentración dentro de la planta solo en el tratamiento dos (Finca) y tres (Finca -20%).

4.3 Variables Productivas

Dichas variables han descrito los rendimientos de importancia obtenidos durante el transcurso de la investigación y han constituido junto a las variables nutricionales una herramienta muy importante a la hora de determinar la viabilidad de este trabajo.

4.3.1. Longitud de hojas

En el Cuadro 3 se puede observar el promedio de longitud de hoja “D” de plantas de piña por tratamiento. La medición se realizó una semana antes del forzamiento correspondiente, cuando la planta ya había alcanzado su peso ideal para ser inducida y proceso que se realizó el día 25 de mayo del 2010, en plantas de siete meses de edad. El promedio de longitud de hoja “D” del tratamiento dos (Finca -20%) superó por un pequeño margen al tratamiento uno (Finca) y al tres (Finca -30%). Sin embargo, al aplicar la prueba de Tukey, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos en esta variable (Anexo Cuadro 16).

Cuadro 3. Resultados de longitud de hoja “D” promedio por tratamiento en planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Longitud de hojas (cm)
T 1 (Finca)	124,3 a
T2 (Finca -20%)	125,5 a
T3 (Finca -30%)	124,1 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,01$)

4.3.2. Ancho de hoja “D”

En el Cuadro 4 se puede observar el promedio del ancho de hoja “D” de plantas de piña por tratamiento. Dicha medición, al igual que la longitud de hojas se realizó una semana antes del forzamiento. El promedio de ancho de hoja “D” del tratamiento tres (Finca -30%) superó por un pequeño margen al tratamiento

uno (Finca) y dos (Finca -20%). Al realizar el análisis estadístico, se encontró que dicho margen no demuestra una diferencia significativa entre los tratamientos para dicha variable (Anexos Cuadro 18).

Cuadro 4. Resultados del ancho de hoja “D” promedio por tratamiento en planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Tratamiento	Ancho de hojas (cm)
T 1 (Finca)	6,68 a
T2 (Finca -20%)	6,72 a
T3 (Finca -30%)	6.96 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < =0,01$)

4.3.3. Peso de planta

La producción de biomasa para este cultivo es un aspecto muy importante, ya que, dependiendo del mismo es que se podrá determinar varios factores muy importantes para el proceso de producción, como por ejemplo la edad al forzamiento, la proyección de los tamaños de la fruta, entre otros.

Las plantas utilizadas a la fecha de siembra pesaron entre 0,65kg y 0,95kg, siendo el promedio de estas de 0,8kg, y a la fecha del muestreo final la plantación alcanzó un promedio de peso de 2,97kg a 3,0kg. Lo que significa una ganancia de peso de aproximadamente 2,2kg en el lapso siembra-forzamiento. Dicha ganancia al compararse con el ideal de crecimiento de una planta en un lapso de tiempo específico, demuestra como los tres tratamientos alcanzaron un desarrollo óptimo en cuanto a ganancia de peso, en el tiempo; pudiendo ser forzada toda el área experimental a la vez sin verse afectado el proceso continuo de la finca.

Este crecimiento constante se debe a que según Barahona (1998), las necesidades nutricionales de la planta de piña aumentan con su desarrollo hasta el momento de la inducción floral, donde dichas necesidades son mucho

menores, ya que la planta vive de sus reservas, sin embargo continúa absorbiendo elementos.

En el Cuadro 5 se puede observar el promedio del peso de plantas de piña por tratamiento. Dicha medición se realizó una semana antes del forzamiento. El promedio del peso de planta del tratamiento dos (Finca -20%) superó por un pequeño margen al tratamiento uno (Finca) y tres (Finca -30%). Sin embargo al someter los datos al análisis estadístico se encontró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para dicha variable (Anexos Cuadro 20).

Cuadro 5. Comparación entre tratamientos a través del peso promedio de planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010

Tratamiento	Peso promedio(kg)
T 1 (Finca)	2,97 a
T 2 (Finca -20%)	3,00 a
T 3 (Finca -30%)	2,97 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,01$)

En general, se puede decir que los distintos niveles de fertilización aplicados a las plantas de piña por el método Stroller durante el inicio de la etapa de crecimiento, después de ser analizados estadísticamente, no refleja diferencia significativa alguna entre los tratamientos evaluados. Estas diferencias son tan pequeñas que no dan potestad para confirmar a un tratamiento mejor que el otro, como lo demuestran los análisis estadísticos realizados, donde evidencia que el P-valor no muestra la existencia de alguna diferencia entre los tratamientos, tal y como lo confirma la prueba de medias Tukey para cada variable (Cuadros 16, 18 y 20 de Anexos).

4.4 Resultados del análisis químico de hojas

4.4.1. Análisis Foliares

Al realizar el análisis químico de las muestras de las hojas se determinó la concentración de los nutrientes para la planta de piña durante los primeros dos meses después de sembrada la plantación. Los resultados que reflejan los análisis describen el comportamiento de los macro y micro elementos antes y después de cada aplicación por el Método Stroller, como lo menciona (Jiménez 1999), la carencia o exceso de algunos elementos puede afectar la apariencia, vitalidad y calidad de la planta.

Según FAO (1969) la importancia de los análisis foliares es que puede brindar valiosas indicaciones para la utilización de los abonos cuando se desea obtener rendimientos casi máximos, es por eso que partimos de dichos análisis para interpretar el comportamiento usual o inusual que en este caso algunos de los elementos presentaron como se explicó en el punto 4.2.1. del estudio nutricional.

Bertsch (1998) y Castro (1998), indican que la piña posee demandas altas en nitrógeno y potasio, mientras que el fósforo solo es asimilable por la planta en cantidades relativamente reducidas, como se muestra en la Figura 11, donde los porcentajes de nitrógeno y potasio están por encima del uno y el dos por ciento respectivamente, lo cual está muy por encima al porcentaje del fósforo el cual se mantiene en un rango de 0,12% y 0,18% en general para los tres tratamientos. No así el ejemplo del potasio, el cual después de las dos aplicaciones de Stroller aumentó de poco más de dos por ciento hasta casi cinco por ciento aproximadamente en los tres tratamientos, siendo el tratamiento dos (Finca -20%) el que presentó un incremento mayor en porcentaje con un tres por ciento, seguido por el tratamiento tres (Finca -30%) y por último el tratamiento uno (Finca). Por consiguiente y considerando las condiciones edafoclimáticas, tanto el

nitrógeno y el potasio deben ser aplicados con alta frecuencia para mantener los niveles del elemento dentro de la planta y evitar así síntomas de deficiencia.

A pesar que la primera aplicación de Stroller se realiza hasta los 22 días después de la siembra (DDS), la semilla utilizada proviene de áreas de semilleros propios de la finca, los cuales mantienen un programa constante de fertilización alto en nitrógeno y potasio, además a esta edad la planta apenas está en inicio de formación y crecimiento de raíces, por lo tanto en ese lapso de 22 días no hay preocupación de que los niveles de dichos elementos disminuyan mucho, y cuando corresponde la primera aplicación, esta se hace en niveles muy altos de nitrógeno para darle un buen arranque a la plantación, sin embargo como lo demuestran los resultados, mucho de ese nitrógeno no es absorbido en su totalidad por las plantas, por lo que mucho del elemento se pierde.

4.4.2. Cuantificación de la absorción de nutrientes

Al realizar el análisis químico de las muestras de biomasa se determinó la concentración de nutrientes para la planta de piña en el inicio de su ciclo (antes y después de la primera y segunda aplicación por el Método Stroller). Los resultados reflejan las concentraciones de los macroelementos (N, P, K, Ca, Mg, S) y microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn, B).

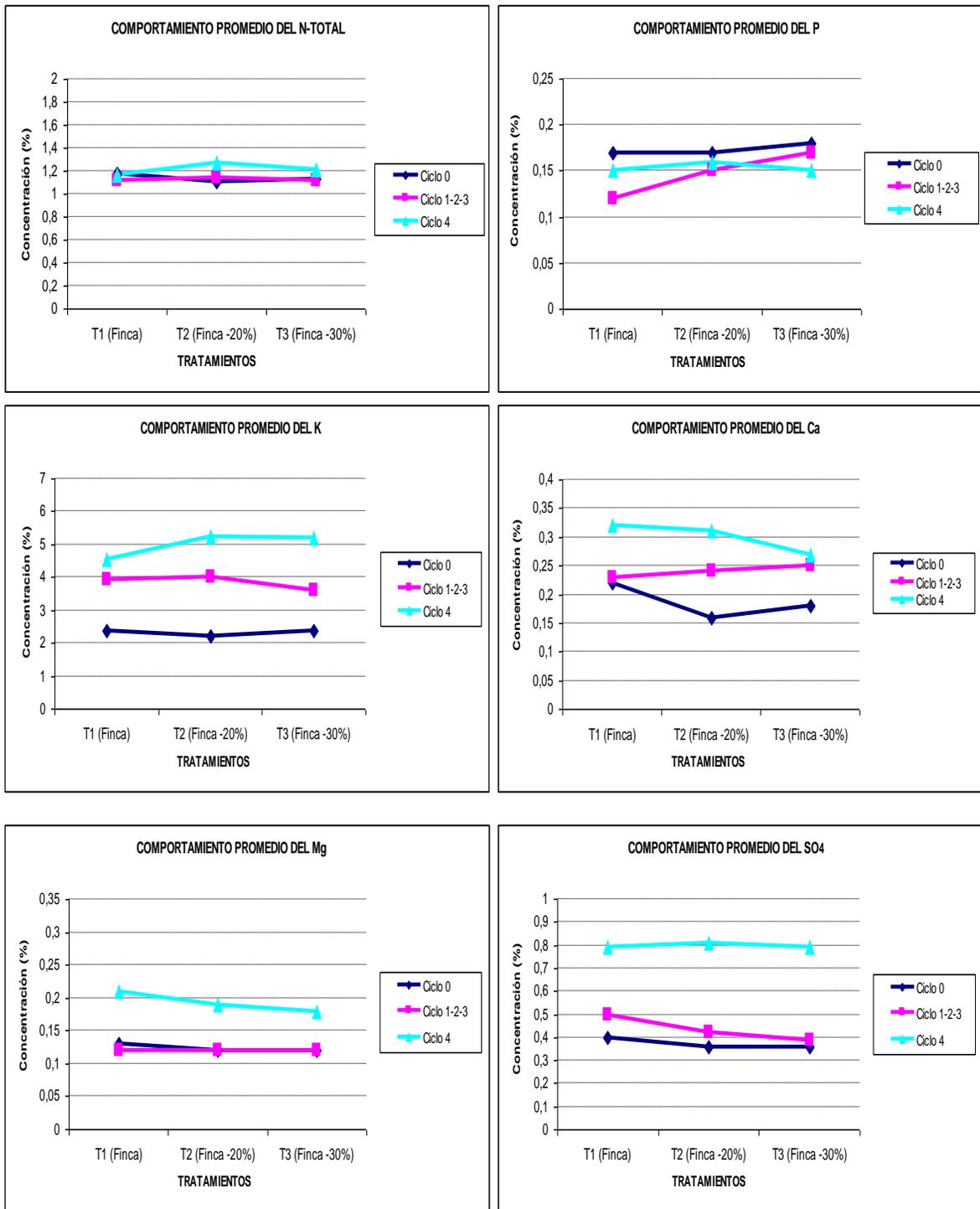


Figura 10. Concentración de macroelementos según análisis foliares en plantas de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 fertilizadas con el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

En la Figura 10 se observa el comportamiento que tienen las plantas de piña en cuanto a concentración de nutrientes en la hoja “D” se refiere. Se muestra también que dichas concentraciones son poco variables para la mayoría de los elementos a lo largo del periodo de prueba, que incluye los primeros 22 días de siembra cuando se hizo la primera aplicación hasta la segunda aplicación y 15 días después de la misma, lo que es lo mismo que 58 días aproximadamente (Figura 8).

4.4.2.1. Nitrógeno

Específicamente para el caso del nitrógeno se observa que el porcentaje de concentración es casi el mismo y que por el lapso de las aplicaciones éste se mantiene prácticamente igual, con una variación de 0,17% entre el valor mínimo y el máximo lo cual es relativamente bajo. Este comportamiento similar entre los tres tratamientos se mantiene para los resultados de los análisis realizados antes y después de la primera aplicación, sin embargo para el análisis obtenido después de la segunda aplicación el nitrógeno tendió a estar en mayor concentración dentro de la hoja “D” en caso del tratamiento dos (Finca -20%) con un total de 1,27% que aunque en poca medida, pero fue el único de los tres tratamientos que mostró un comportamiento creciente escalonado desde el primer análisis hasta el tercer análisis.

Al comparar la concentración de nitrógeno obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (1,4% – 1,7%), (Anexos Cuadro 23), se observó que el nitrógeno nunca alcanzó el valor mínimo ideal en ninguno de los tres tratamientos, ni antes ni después de las aplicaciones, siendo el tratamiento dos (Finca -20%) el que mas se aproximó a dicho valor con 1,27%, demostrando que el efecto del nitrógeno al principio de la plantación no se refleja tanto como cuando las plantas alcanzan los 3,5 meses donde se da el periodo de máxima absorción del elemento por las plantas.

4.4.2.2. Fósforo

Para el caso del fósforo, se mantiene el mismo patrón de igualdad en los tres tratamientos antes de la primera aplicación de Stroller, sin embargo para después de la primera aplicación, el porcentaje de fósforo para el tratamiento uno (Finca) tiende a descender un 0,05%, (de 0,17% a 0,12%) aproximadamente mientras que el tratamiento dos (Testigo -20%) desciende solamente un 0,02%, (de 0,17% a 0,15%) y por último para el tratamiento tres (Testigo -30%) la disminución es de apenas 0,01% (de 0,17% a 0,16%). Este comportamiento es inusual, ya que en lugar de decrecer la concentración del elemento en la hoja "D", al igual que decrece la cantidad de fertilizante aplicado, mas bien la concentración tendió a incrementar y presentar una curva creciente, esto puede deberse según Bertsch y Castro (1998), a que el fósforo es poco asimilable y en cantidades pequeñas, por lo tanto, no necesariamente la planta debe de absorber todo lo que se le suministre.

Después de la segunda aplicación de Stroller, el fósforo, en los tres tratamientos toma un valor prácticamente igual, en donde el tratamiento uno (Finca) hasta 0,15% y el dos (Finca -20%) aumenta a 0,16%, mientras que el tres (Finca -30%) disminuye su concentración hasta 0,15%, llegando con esto a darse un equilibrio comparativo entre tratamientos, en la concentración del elemento después de realizadas las dos aplicaciones de Stroller. Este comportamiento me permite definir al tratamiento tres (Finca -30%) como el de mejor comportamiento para el caso del fósforo ya que sus niveles de concentración en el lapso de las aplicaciones siempre fueron mayores o en el peor de los casos igual a los otros dos tratamientos. Este comportamiento genera ventajas, como por ejemplo una mayor producción de raíces, mejor transporte de energía en la planta, síntesis de proteínas, entre otros (FAO 1969).

Al comparar la concentración de fósforo obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (0,15% – 0,25%), (Anexos Cuadro 23), se observa que antes de hacer la primera aplicación las

concentraciones del elemento en los tres tratamientos se encontraba en el rango ideal, sin embargo después de la primera aplicación, el tratamiento uno (Finca) descendió por debajo del nivel óptimo, mientras que el tratamiento dos (Finca - 20%) apenas llegó al límite inferior y el tratamiento tres (Finca -30%) si estuvo en el rango ideal con un 0,17%. Después de la segunda aplicación la concentración del elemento en los tres tratamientos llegaron al límite del nivel mínimo ideal estando cercano al 0,15%.

4.4.2.3. Potasio

El caso del Potasio, de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis foliares, permite apreciar como incrementó la concentración del elemento después de la primera y segunda aplicación de Stroller. Las concentraciones iniciales de potasio en la hoja "D" antes de la primera aplicación era muy similar, siendo de 2,39% para el tratamiento uno (Finca), 2,23% para el tratamiento dos (Finca - 20%) y 2,38% para el tratamiento tres (Finca -30%), existiendo así una variabilidad en el tratamiento dos principalmente al compararlo con el tratamiento uno y tres. Cabe destacar que este comportamiento no es resultado del experimento y que las cantidades de elemento que presentan los tratamientos en los análisis son el reflejo de la reserva que ellos traen de las aplicaciones a los semilleros de las cuales provienen dichas plantas.

Después de la primera aplicación se puede evaluar el efecto de la fertilización y los resultados que en este caso reflejaron los análisis tendieron a presentar el comportamiento decreciente esperado en la concentración del elemento, siendo el tratamiento tres (Finca -30%) el que presentó menor concentración, con una diferencia considerable en comparación con el tratamiento uno (Finca) y dos (Finca -20), sin embargo ésta diferencia cambia de rumbo después de realizada la segunda aplicación Stroller, donde la curva de concentración de elementos dentro de la planta va a la inversa de la reducción de productos por tratamiento, esto quiere decir que el tratamiento dos fue el que presentó una mayor concentración del potasio en la hoja "D", con un 5,23%,

seguido por el tratamiento tres apenas abajo con un 5,19%, y más abajo encontramos al tratamiento uno con 4,5%, esto quiere decir que la reducción de al menos un 30% en los niveles de aplicación de potasio se mantiene las concentraciones del elemento más altas que con el tratamiento de finca actualmente utilizado.

Es importante considerar que este efecto adverso en el comportamiento de la concentración de potasio en la hoja "D" de las plantas de piña, también puede ser el efecto de altas concentraciones de calcio y magnesio, los cuales al aumentar su concentración dentro de la planta tienden a disminuir la absorción del potasio (FAO 1969).

Al comparar la concentración de potasio obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (2,6% – 3,6%), (Anexos Cuadro 23), se observa que antes de realizada la primera aplicación los valores del elemento apenas se acercan al valor mínimo ideal (2,6), sin embargo después de la primera aplicación de Stroller el valor para el tratamiento uno (Finca) es de 3,9% y para el tratamiento dos (Finca -20%) es de 4%, estando por encima del rango lo cual puede considerarse como consumo de lujo; Caso contrario al tratamiento tres (Finca -30%) cuyo valor es de 3,6%, el cual está en el rango del límite superior, esto nos permite reducir los niveles del fertilizante hasta en un 30% y mantener la concentración ideal del elemento en la planta.

Después de realizada la segunda aplicación por el Método Stroller, se observa que la concentración del potasio se incrementa mucho por encima del rango de valores ideales, teniendo el tratamiento dos y el tratamiento tres un 5,2% de concentración del elemento, mientras que el tratamiento uno se incrementó hasta 4,5%. Esto podría considerarse como consumo de lujo, por lo tanto se podría pensar en reducir un 30% o más en los niveles de fertilización con fuente de potasio para no exceder la concentración del elemento en las plantas.

4.4.2.4. Calcio

Al ver la Figura 10, en lo que respecta al comportamiento del calcio, podemos decir que para las plantas del tratamiento uno (Finca), el nivel del elemento fue muy superior a los otros dos tratamientos, en lo que respecta a la reserva que dichas plantas poseían de las aplicaciones anteriores en semilleros donde se encontraban. Este comportamiento permitiría deducir que las plantas con mayor cantidad de elemento deberían aumentar su concentración al adicionarles mas, sin embargo este no es el caso, ya que después de realizada la primera aplicación Stroller, en las plantas del tratamiento uno (Finca) donde había alta presencia del elemento calcio por reserva, no aumentó prácticamente nada la concentración de calcio, siendo este aumento de apenas 0,01%, mientras que para el caso del tratamiento dos (Finca -20%) y tres (Finca -30) el aumento en la concentración de calcio fue de 0,08% y 0,07% respectivamente, siendo el tratamiento tres el que mejor concentración tubo al cabo de la primera aplicación con 0,25%, y el tratamiento uno el mas bajo en concentración, presentando una curva inversa inusual.

Después de realizada la segunda aplicación la curva de concentración de elementos dentro de las hojas "D" para el calcio tiende a mantener un comportamiento natural, el cual es, que a menor nivel de fertilizante aplicado a la planta, menor concentración del elemento debe haber dentro de ella; como se observa en la Figura 10, gráfico del calcio, donde el tratamiento uno (Finca), el cual presenta el nivel de fertilizante más alto y a su vez, es el que muestra mayor concentración de calcio con un 0,32%, concentración que disminuye en el tratamiento dos (Finca -20) hasta un 0,31%, y decae aún mas para el tratamiento tres (Finca -30) a un 0,27%.

Al comparar la concentración de calcio obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (0,30% – 0,38%), (Anexos Cuadro 23), se observa que antes de la primera aplicación los niveles del elemento en la planta están muy por debajo del rango óptimo, ya que en la hoja

“D” de los tres tratamientos, esta no supera el 0,22%. Después de la primera aplicación Stroller las concentraciones aumentan mas en el tratamiento dos (Finca -20%) de 0,16% a 0,24% y en el tratamiento tres (Finca -30%) de 0,18% a 0,25%, mientras que el tratamiento uno (Finca) solamente aumenta de 0,22% a 0,23%.

Después de realizada la segunda aplicación los tratamientos que alcanzan los valores óptimos son el tratamiento uno (0,32%) y el tratamiento dos (0,31%) mientras que el tratamiento tres debido a la reducción en los niveles de fertilización no logra alcanzar la concentración óptima para este elemento, por lo que se podría recomendar el uso del tratamiento dos como una alternativa de manejo para el caso de este elemento.

4.4.2.5. Magnesio

El Magnesio mantuvo su concentración siempre estable para los tres tratamientos antes de la primera aplicación e inclusive después de la primera aplicación, donde no hubo variación alguna ni entre tratamientos, ni entre aplicaciones, ya que antes de la primera aplicación de Stroller las concentraciones de magnesio eran de 0,13% para T1, 0,12% para T2 y 0,12% para T3. Estas concentraciones se mantuvieron iguales después de realizada la primera aplicación Stroller, a excepción del tratamiento uno (Finca), el cual si descendió, sin embargo fue de un 0,01%, quedando así los tres tratamientos en 0,12% de concentración de magnesio en la hoja “D” de las plantas. Es importante destacar que la primera aplicación de Stroller no lleva ninguna fuente de magnesio, por tal motivo se presenta dicho comportamiento.

Cuando se hizo la segunda aplicación de Stroller, las concentraciones de magnesio en la planta aumentaron de una forma muy favorable, esto debido a que en dicha aplicación se incluye el sulfato de magnesio como la fuente del elemento y cabe destacar además, que presentaron la curva ideal de comportamiento, donde a mayor nivel de producto aplicado, mayor concentración del elemento dentro de las hojas “D”, como lo muestra la Figura 10, gráfico de

magnesio, sin embargo, no es el planteado en la hipótesis del trabajo. Esto deja ver que el magnesio si responde muy bien al aumento o disminución del nivel de producto aplicado, ya que después de estar en concentraciones iguales, cuando se realizó la segunda aplicación el elemento pasó de 0,12% a 0,21% para el tratamiento uno (Finca), mientras que el tratamiento dos (Finca -20%) pasó de un 0,12% a 0,19% y por último para el tratamiento tres (Finca -30%) el aumento fue de 0,12% a 0,18%.

Al comparar la concentración de magnesio obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (0,20% – 0,28%), (Anexos Cuadro 23), se observa que antes de la primera aplicación los niveles del elemento en la planta están muy por debajo del rango óptimo, ya que en la hoja “D” de los tres tratamientos, esta no supera el 0,13%. Después de la primera aplicación Stroller la concentración tiene un pequeño aumento en el caso del tratamiento uno (Finca), mientras que el tratamiento dos (Finca -20%) y tres (Finca -30%) se mantienen en 0,12% sin tener variación alguna.

Después de realizada la segunda aplicación el tratamiento que alcanza el valor óptimo es el tratamiento uno (0,21%) mientras que el tratamiento dos (0,19%) y el tratamiento tres (0,18) debido a la reducción en los niveles de fertilización no logra alcanzar la concentración óptima para este elemento, por lo que se podría recomendar el uso del tratamiento uno como una alternativa de manejo para el caso de este elemento.

4.4.2.6. Azufre

Por último, en el caso del Azufre, al igual que en el magnesio, existió un incremento considerable en la concentración del elemento dentro de las hojas “D” después de la segunda aplicación de Stroller, ya que como se mencionó antes, la fuente utilizada en esta aplicación para aportar magnesio es mediante un sulfato, por ende la planta recibe este elemento y lo añade a su funcionamiento; este aumento, en relación a la concentración del elemento después de la primera

aplicación de Stroller, pasó a ser de 0,50% a 0,79% para el tratamiento uno (Finca), mientras tanto para el tratamiento dos (Finca -20%), pasó de 0,42% a 0,81% y por último para el tratamiento tres (Finca -30%) el incremento fue de 0,39% a 0,79%.

En este caso con el azufre, los resultados de las concentraciones del elemento dentro de la hoja "D", tanto antes como después de la primera aplicación de Stroller mantuvieron el comportamiento esperado, el cual es que, la concentración del elemento va a descender conforme descienda los niveles del fertilizante aplicado; quedando evidente que en el tratamiento uno, el elemento está en mayor concentración en la hoja "D", que el tratamiento dos y aún mas que el tratamiento tres. Sin embargo las diferencia entre ciclo de aplicación para un mismo tratamiento es pequeña después de la primera aplicación de Stroller, en relación al análisis realizado antes de dicha aplicación.

Al comparar la concentración de azufre obtenida en los análisis, con los valores críticos del elemento a nivel foliar para plantas de piña (N/A), (Anexos Cuadro 23), no es posible obtener datos de comparación, sin embargo se puede analizar la factibilidad de utilizar el nivel de fuente de fertilizante que mantenga la concentración de los elementos a tal grado que no se presenten síntomas de deficiencia en las plantas.

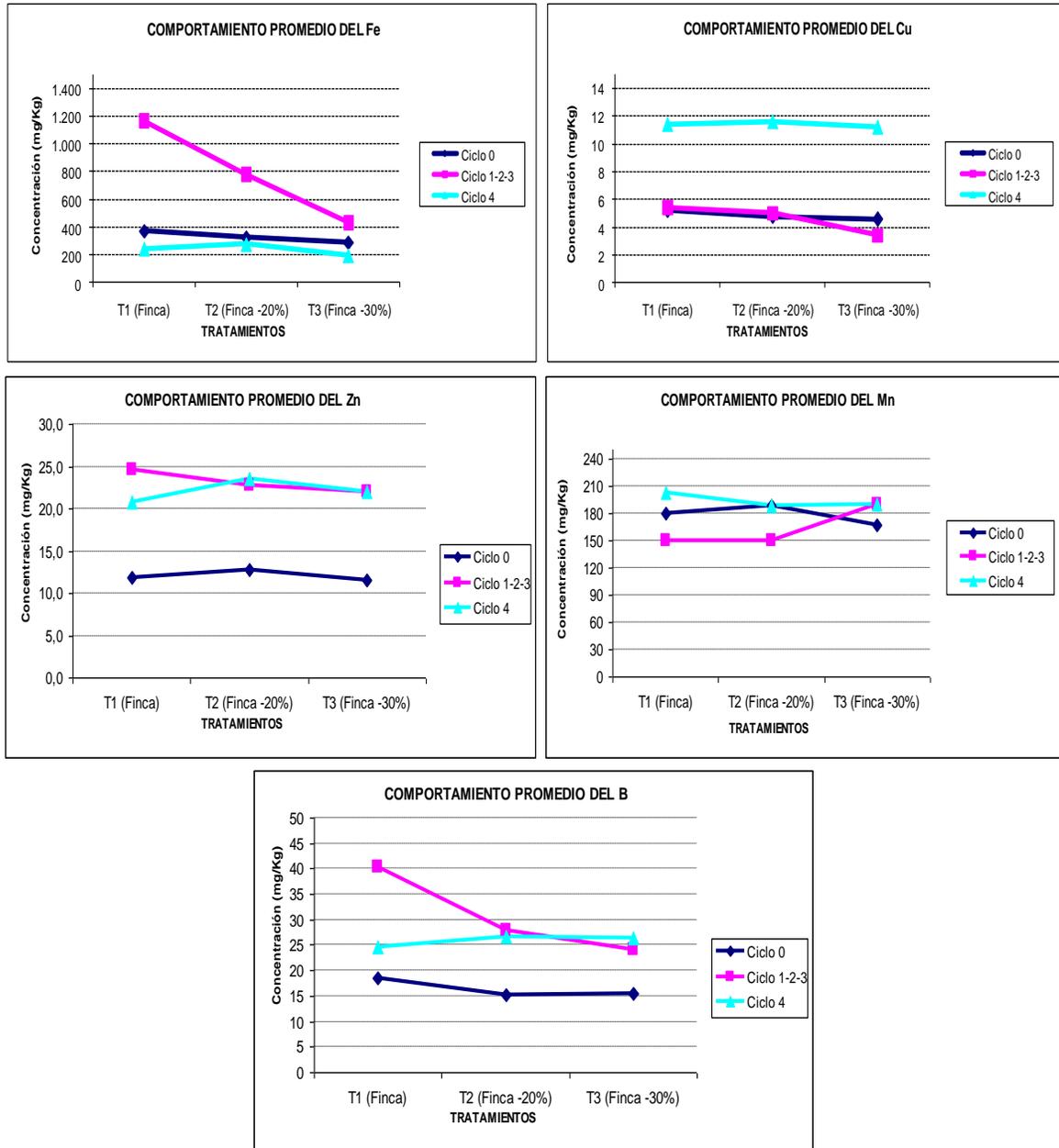


Figura 11. Concentración de microelementos en los análisis foliares en plantas de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2, fertilizados mediante el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

4.4.2.7. Hierro

En el caso de los microelementos se puede notar que a diferencia de los macronutrientes, en estos se da mayor variabilidad, sobre todo en la concentración del Hierro, en el cual se puede observar como la concentración del

elemento en la hoja “D” de las plantas de piña, antes de realizada la primera aplicación de Stroller, es muy similar para los tres tratamientos, variando entre los 200mg/kg y los 300mg/kg. Después de realizar la primera aplicación de Stroller se observa como la concentración aumenta para los tres tratamientos pero en una proporción muy similar, de tal modo que ningún tratamiento llega a sobrepasar los 400mg/kg, permitiendo ver como los tratamientos se comportan de forma poco variable hasta este momento.

Después de realizada la segunda aplicación de Stroller, se llega a observar una variación considerable, entre aplicaciones y entre tratamientos, observando como en el tratamiento uno (Finca) la concentración de hierro llega a 1,168.2mg/kg, para el tratamiento dos (Finca -20%) alcanza solamente los 800mg/kg, mientras que apenas en el tratamiento tres (Finca -30%) apenas alcanza los 450mg/kg del elemento en la hoja “D”.

La concentración de hierro se ve afectada negativamente con la disminución en los niveles del fertilizante aplicado por el método Stroller. Sin embargo cuando se compara los datos obtenidos de concentración de hierro, con los valores críticos del elemento a nivel foliar (75mg/kg a 175mg/kg), el resultado es que el tratamiento tres es el que está mas cercano al rango ideal de concentración de hierro en las plantas de piña, mientras que el tratamiento uno y dos sobrepasan en exceso el nivel de hierro ideal, siendo este exceso un consumo de lujo por la plantación.

4.4.2.8. Cobre

En el análisis de la concentración de cobre en la hoja “D” de las plantas de piña, se observa la total similitud entre tratamientos antes de realizar la primera aplicación, las concentraciones prácticamente se mantuvieron estables para el caso del tratamiento uno (Finca) y tratamiento dos (Finca -20%), sin embargo para el tratamiento tres (Finca -30%), se da una disminución del elemento hasta por debajo de 4mg/kg.

Una vez realizada la segunda aplicación por el método Stroller, los niveles en la concentración de Cu sufren un incremento importante, llegando el tratamiento dos (Finca -20%) a ser el de mayor cantidad de elemento, aunque esta superioridad es de a penas 0,4mg/kg con respecto al Tratamiento tres (Finca -30%) y de 0,2mg/kg con respecto al tratamiento uno (Finca), lo cual deja reflejado que la disminución en los niveles de fertilizante no afecta considerablemente la concentración del cobre en la hoja “D” de las plantas.

Sin embargo cuando se compara los datos obtenidos de concentración de cobre, con los valores críticos del elemento a nivel foliar (>8mg/kg), se observa como antes y después de la primera aplicación por el método de Stroller los niveles de concentración del elemento en la hoja “D” estuvieron por debajo de dichos valores (6mg/kg), siendo el de mayor concentración el tratamiento uno (Finca) y el de menor concentración el tratamiento tres (Finca -30%) con 3,4mg/kg.

Después de la segunda aplicación por el método de Stroller los tres tratamientos alcanzan el rango ideal de valores críticos, siendo el tratamiento dos (Finca -20%) el que en este caso alcanza el valor mayor de concentración con 11,6mg/kg, seguido del tratamiento dos (Finca -20%) con 11,4mg/kg y por último el tratamiento tres (Finca -30%) con 11,2mg/kg. Dicha diferencia es relativamente pequeña y en los tres casos la concentración se encuentra en el rango óptimo de los valores críticos del elemento, por lo tanto podría considerarse utilizar como alternativa la disminución del 20% o 30%, sin ver afectado el desarrollo de la plantación.

4.4.2.9. Zinc

El comportamiento del Zinc reflejado en los análisis foliares de la hoja “D” de las plantas de piña se comporta de forma muy similar en los tres tratamientos antes de realizar la primera aplicación por Stroller, con valores de 0,12mg/kg para el tratamiento uno (Finca), 0,13mg/kg para el tratamiento dos (Finca -20%) y

nuevamente 0,12mg/kg para el tratamiento tres (Finca -30%). Después de realizada la primera aplicación de Stroller, el zinc, en el tratamiento dos, tiende a aumentar a tal grado que su concentración llega a ser 24mg/kg, mientras que el tratamiento tres aumenta hasta 23mg/kg y el tratamiento uno aumenta hasta 21mg/kg, por lo tanto el mejor comportamiento lo presentó el tratamiento dos. Sin embargo después de realizada la segunda aplicación de Stroller, el zinc en los tratamientos dos y tres no aumenta y sus niveles de concentraciones mantienen iguales a los reflejados en el primer análisis, mientras que en lo que corresponde al tratamiento uno, si se da un incremento en la concentración del elemento de 21mg/kg a 25 mg/kg, por lo tanto este es el de mejor comportamiento después de realizadas las dos aplicaciones correspondientes.

Al comparar los datos obtenidos de concentración de zinc, con los valores críticos del elemento a nivel foliar (20mg/kg a 30mg/kg), se observa como las concentraciones de los tres elementos en la hoja "D" después de realizada la primera y segunda aplicación por el método Stroller alcanzan el rango de valores óptimos para dicho elemento y aun que el tratamiento uno (Finca) después de realizada la primera aplicación fue el que alcanzó niveles mayores de concentración, después de la segunda aplicación dicha concentración disminuyó hasta ser el mas bajo, aunque siempre dentro del rango ideal; caso contrario para los resultados de concentración del tratamiento dos (Finca -20%) el cual siempre se mantuvo constante dentro del rango óptimo y cuya concentración prácticamente no varió entre aplicaciones (de 23,6mg/kg bajó a 22,8mg/kg).

4.4.2.10. Boro

Para el caso del boro, las concentraciones iniciales antes de las aplicaciones son muy similares para los tres tratamientos, con una pequeña superioridad para el tratamiento uno (Finca), en relación al tratamiento dos (Finca -20%) y el tres (Finca -30%). Sin embargo, después de realizada la primera aplicación, se dio un incremento importante entre aplicaciones, siendo el de mayor aumento el tratamiento tres, luego el tratamiento dos y por último el

tratamiento uno, lo cual es un comportamiento inverso a lo esperado, ya que al tratamiento que se le aplicó menor cantidad de fertilizante fue el que presentó mayor concentración del elemento en las hojas de de la planta.

El anterior comportamiento varía y toma su dirección normal después de realizada la segunda aplicación de Stroller, donde el tratamiento uno incrementa considerablemente de 24mg/kg a 40mg/kg, lo que significa un aumento de 18mg/kg, mientras que en el caso del tratamiento dos apenas se da un aumento de 2mg/kg y en el tratamiento tres mas bien se da una reducción de aproximadamente 2mg/kg, siendo así el tratamiento uno muy superior al tratamiento dos y tres.

Al comparar los datos obtenidos de concentración de boro, con los valores críticos del elemento a nivel foliar ($>18\text{mg/kg}$), se observa que después de realizadas las dos aplicaciones, las concentraciones de elemento en la hoja "D" para los tres tratamientos alcanzan el rango ideal; sin embargo para el tratamiento uno (Finca) se da un consumo de lujo, ya que después de realizada la primera aplicación de stroller la concentración del elemento en la hoja "D" se incrementa hasta 40mg/kg, estando muy por encima del rango óptimo, mientras que en el tratamiento dos (Finca -20%) varía solamente de 28mg/kg a 26,6mg/kg, manteniéndose también en el rango ideal, y para el tratamiento tres (Finca -30%) sucede algo muy similar solamente que a concentraciones un poco menores entre 26,4mg/kg y 24mg/kg, manteniéndose de igual forma que los otros tratamientos por encima del rango óptimo de los niveles críticos.

4.4.2.11. Manganeso

Las concentraciones del manganeso en la hoja "D" antes de realizada la primera aplicación, reflejó una mayor cantidad de elemento para el caso del tratamiento dos (Finca -20%) con 188mg/kg, seguido por el tratamiento uno (Finca) con 180mg/kg, y más por debajo el tratamiento tres (Finca -30%) con 167mg/kg. Dichas concentraciones después de realizada la primera aplicación de

Stroller, disminuyen hasta 149,6mg/kg en igual forma el tratamiento uno y dos, mientras que en el caso del tratamiento tres se da un incremento en la cantidad del elemento hasta 190mg/kg, a pesar que el nivel de fertilizante utilizado es más bajo que los otros dos tratamientos.

Después de realizada la segunda aplicación Stroller, vuelve a incrementar el concentración del elemento en el tratamiento uno, de 180mg/kg a 202 mg/kg, mientras que el tratamiento dos aumenta de 149mg/kg a 188mg/kg; caso contrario el tratamiento tres, en el cual se da una pequeña reducción en la concentración de 190,2mg/kg a 189,8mg/kg. Al final es el tratamiento uno el que presenta concentración mayor del elemento manganeso en la hoja "D" de las plantas.

Al comparar los datos obtenidos de concentración de manganeso, con los valores críticos del elemento a nivel foliar (65mg/kg a 180mg/kg), se observa que después de realizada la primera aplicación de Stroller, el tratamiento uno (Finca) y dos (Finca -20%) se mantienen en el rango de niveles críticos óptimo (149,6mg/kg en ambos casos), mientras que el tratamiento tres (Finca -30%) sobrepasa el rango óptimo con 189,8mg/kg. Sin embargo después de la segunda aplicación de Stroller, los tres tratamientos sobrepasan el valor crítico máximo ideal de concentración del elemento manganeso en la hoja "D", siendo el tratamiento dos el que mas se aproxima al valor máximo con 188mg/kg.

En el Cuadro 6 se puede observar un resumen de las recomendaciones que mejor se adecuan a un plan de manejo de fertilización que conlleve a la finca en una reducción en el costo de los insumos fertilizantes, sin que se vea afectado el crecimiento o desarrollo de la plantación.

Cuadro 6. Recomendación de uso por tratamiento utilizados en el experimento sobre aplicación de fertilizante por el Método Stroller, durante la etapa de crecimiento de un cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Fuente	Recomendación de Uso	Reducción Costo (Ha)
Nitrógeno	Reducir 30%	Q116.043,72
Fósforo	Reducir 30%	Q22.896,58
Potasio	Reducir 30%	Q118.655,71
* Calcio	Reducir 20%	Q6.117,51
Magnesio	No Reducir	Q0,00
Azufre	No Reducir	Q0,00
** Hierro	Reducir 30%	Q8.398,75
* Cobre	Reducir 20%	-
* Zinc	Reducir 20%	-
** Manganeso	Reducir 30%	-
** Boro	Reducir 30%	-
TOTAL		Q272.112,27

* Estos elementos se suministran de un mismo producto comercial por lo tanto al reducir el porcentaje de calcio a la vez se reduce el porcentaje de cobre y de zinc, por dicho motivo la reducción del costo de estos dos elemento no se considera.

Este comportamiento general que presentan los elementos dentro de la planta puede deberse a que la absorción está dada por el crecimiento de la planta y la concentración, la tendencia general de la absorción es muy parecida a la tendencia que tiene el crecimiento de la misma.

En general se puede decir que tanto los micro y macro elementos se mantienen en niveles muy constantes antes y después en cada tratamiento, por lo tanto podría decirse que el crecimiento no se vería afectado al utilizar cualquiera de los tres tratamientos, con la ventaja que el tratamiento dos (Finca -20%) y el tratamiento tres (Finca -30%), al llevar menos cantidad de producto por área, proporciona un ahorro en el consumo de los fertilizantes que componen el paquete total de aplicación.

Este comportamiento constante, al que hacemos mención puede deberse según FAO (1969) a que entre los cationes nutritivos (potasio, calcio, magnesio y sodio) la mengua de absorción de un nutriente, se compensa poco más o menos por un aumento en la de otros elementos, de tal manera que el equivalente total de cationes nutritivos presentes en los tejidos de la planta permanecen aproximadamente constantes.

Las gráficas que muestran la absorción de elementos de la planta debería ser siempre decreciente, mostrando mayor la concentración en el tratamiento uno, que es el que lleva más cantidad de fertilizantes, luego ésta debería descender un poco para el tratamiento dos por la disminución del 20% en la cantidad de fertilizante utilizado en relación al tratamiento uno, hasta llegar a bajar más para el tratamiento tres debido a que la cantidad de fertilizante es menor en un 30% en relación al tratamiento uno, como se muestra en los resultados de la concentración del hierro después del ciclo de aplicación (4) Figura 11.

Sin embargo para la mayoría de los elementos el comportamiento no fue el que se esperaba, esto puede deberse, según FAO (1969) a que la absorción de los nutrientes por la planta depende de las dimensiones del sistema radicular, de las características inherentes a las propias raíces y de la mayor o menor concentración de elementos nutritivos en el suelo; también menciona que un desequilibrio en la alimentación de la planta produce antagonismos, por ejemplo, el aumento del calcio y del magnesio disponibles puede tender a disminuir la absorción del potasio, o inversa.

Este caso en particular, al comparar la concentración de calcio y magnesio con la de potasio, podemos ver que en el tratamiento uno (Testigo), presenta las concentraciones de calcio y magnesio más altas, el potasio no tiende a estar tan concentrado dentro de la planta como en el tratamiento tres (Testigo -30%), donde el calcio y el magnesio disminuyen en su concentración y el potasio por contraparte tiende a aumentar un poco, como se puede ver en la Figura 10.

Otro aspecto importante que tomar en cuenta es la cantidad de agua en la disolución, que para el caso de los tres tratamientos fue la misma (60cc de disolución por planta), ya que el crecimiento de la planta se puede ver limitado, más por la ingestión de agua, antes que por una absorción mal equilibrada de nutrientes.

4.5 Parámetros Fisiológicos

Los parámetros fisiológicos son utilizados para cuantificar el efecto de las diferentes cantidades y calidad de los factores externos sobre el crecimiento. Dichos factores son la temperatura, precipitación, horas luz, entre otras. Estos factores ejercen su influencia sobre el uso de los fertilizantes.

Durante el periodo de experimentación la presencia de estos factores permitió obtener los resultados finales y el comportamiento para dichas condiciones en las que se hizo el trabajo (Anexo Cuadro 21).

4.6 Presupuesto

4.6.1. Costos fijos de los tratamientos por hectárea de plantación

Para la determinación de estos costos se revisaron dos factores, los cuales son la mano de obra y el costo de la maquinaria, los cuales para el caso de los tres tratamientos siempre se mantiene constante ya que el tiempo que tarda el personal de campo en aplicar una hectárea de terreno no se verá afectada por la concentración de los fertilizantes en la disolución del agua, más aún que la dosificación de agua no varía por tratamientos. En el caso de la maquinaria sucede lo mismo ya que este factor no influye en el tiempo de aplicación, ya que se maneja una calibración constante para este método.

4.6.2. Costos variables de los tratamientos por hectárea de plantación

En el Cuadro 7 se observan los costos variables de producción estimados durante la investigación, los cuales fueron calculados en relación a una hectárea

de plantación. En los mismos resalta la importancia del factor fertilizante, ya que representa el valor más elevado (95% en promedio), así mismo se nota que entre el costo de horas maquinaria y el de una cuadrilla de personas apenas representa el 5% del costo total por hectárea (Figura 12).

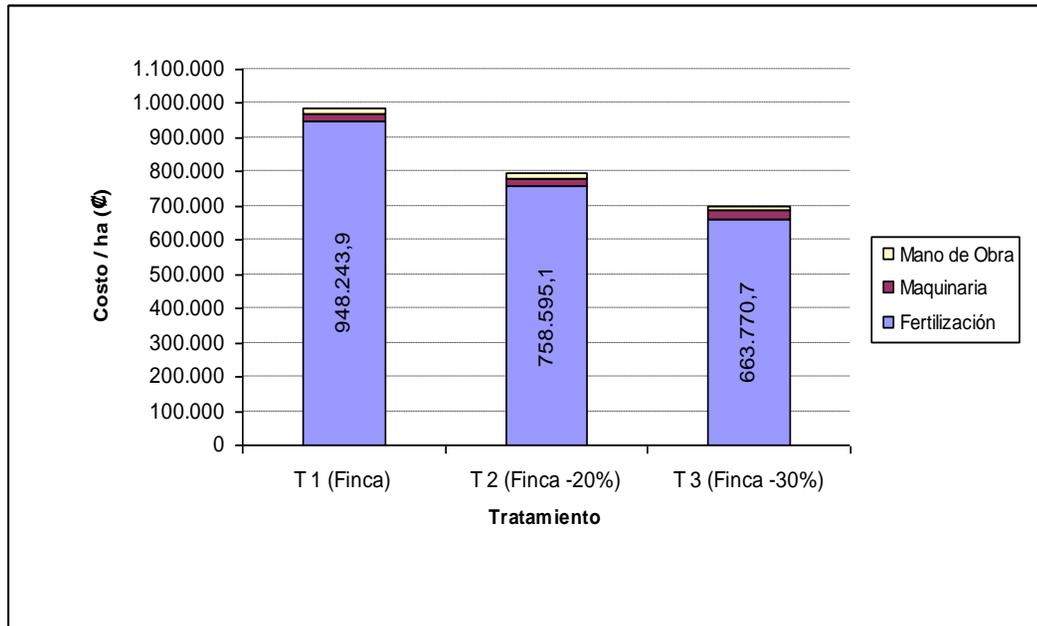


Figura 12. Relación de costos por hectárea para las aplicaciones por el Método de Stroller en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica, 2010.

Cuadro 7. Resumen de costos por hectárea para los tres tratamientos del experimento sobre aplicación por el método Stroller en la etapa de crecimiento de un cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Costos Variables	(¢) / Tratamiento / ha		
	T 1 (Finca)	T 2 (Finca -20%)	T 3 (Finca -30%)
Primera Aplicación	676.675,1	541.340,1	473.672,6
Segunda Aplicación	271.568,7	217.255,0	190.098,1
Sub Total	948.243,9	758.595,1	663.770,7
Costos Fijos			
Maquinaria	22.500,0	22.500,0	22.500,0
Mano de obra	15.397,2	15.397,2	15.397,2
Análisis foliares	135.000,0	135.000,0	135.000,0
Sub Total	172.897,2	172.897,2	172.897,2
TOTAL (¢)	1.121.141,1	931.492,3	836.667,9
Porcentaje Diferencia respecto al testigo	-	20,00%	30,00%

Nota: Costo fijo en relación al presupuesto de la empresa

En lo que respecta a los costos variables se puede ver que si se utiliza como una alternativa el tratamiento dos (Testigo -20%), que consiste en reducir en un 20% la cantidad de todos los productos por aplicar, se obtendría una disminución de los costos por hectárea aplicada de un 20%, y de hacerse tomando en cuenta el tratamiento tres, la reducción en el costo por disminución de productos sería de un 30% como lo muestra el Cuadro 7.

En este caso podríamos inclinarnos por cualquiera de las dos variables a lo actualmente utilizado en la finca, ya que por los datos estadísticos obtenidos, observamos que no hay diferencia significativa en el crecimiento de las plantas al usar uno u otro tratamiento; y lo que sí es significativo, es la reducción en el consumo de fertilizantes y por ende en la inversión de dinero.

5. CONCLUSIONES

Con las condiciones de clima presentes durante el periodo de experimentación y tomando en cuenta el tipo de suelo presente en el área del ensayo, además del manejo que se le dio a los tratamientos, se concluye:

1. La aplicación de fertilizante en plantas de piña MD-2 por el método de Stroller permite disminuir la cantidad de producto por hectárea hasta en un 30% sin que se vea afectada la eficiencia de aplicación en el aspecto económico y productivo.
2. Las plantas de piña híbrido MD-2 fertilizadas mediante el método de Stroller con reducción del nivel de fertilizante en un 20% y 30% llegaron al peso de forzamiento (3,0kg y 2,97kg respectivamente) transcurrido un periodo de siete meses, comportamiento igual que las plantas tratadas con el nivel de fertilizante completo (2,97kg).
3. El resultado de la variable ancho de hoja, obtenidas a partir de plantas de piña MD-2 no mostraron diferencias significativas cuando se comparó el tratamiento dos (Finca -20%) y tres (Finca -30%) con el tratamiento uno (Manejo actual de finca).
4. El resultado de la variable longitud de hoja, obtenidas a partir de plantas de piña MD-2 no mostraron diferencias significativas cuando se comparó el tratamiento dos (Finca -20%) y tres (Finca -30%) con el tratamiento uno (Manejo actual de finca).
5. Los datos obtenidos de los análisis foliares de las plantas de piña MD-2 fertilizadas por el Método de Stroller, reflejaron cierta variabilidad en las concentraciones de algunos de los elementos nutritivos dentro de las mismas, sin embargo estas diferencias son tan pequeñas que no afectaron la variable de crecimiento de la planta.

6. La disminución en el consumo de fertilizantes para los tratamientos dos (Finca -20%) y tres (Finca -30%) es sumamente significativa en el aspecto económico, ya que dicha reducción equivale a un 20% y 30% respectivamente, en comparación al tratamiento uno que es el que actualmente utiliza la finca.
7. A pesar que las diferencias en las concentraciones de los elementos dentro de las hojas "D" no afectan el crecimiento de las plantas, es importante tomarlo en cuenta para el aspecto económico, ya que en la mayoría de los elementos puede disminuirse su nivel de aplicación lo cual representaría un ahorro considerable de insumo fertilizante y de dinero.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al personal de investigación de la finca El Tremedal S.A, implementar la reducción en el nivel de porcentaje deseado; pudiendo ser este un 20% o 30% para cada producto utilizado como fuente fertilizante en el proceso de aplicación dirigida.
2. Llevar el ensayo hasta la producción para ver el efecto en la reducción de los niveles de fuentes de fertilizantes en la producción, tamaño y calidad de la fruta.
3. Implementar un nuevo ensayo en un área más grande y en periodos distintos del año, para evaluar posibles variabilidades por factores de suelo o ambientales.
4. Realizar más cantidad de análisis foliares durante el periodo de experimentación con el fin de verificar por que en algunos casos el tratamiento al cual se le aplicó mayor cantidad de fertilizante posee menor concentración de elementos en las hojas "D".

7. LITERATURA

Arroyo T. 1979. Fruticultura Tropical. I.T.C.R. San Carlos. Costa Rica. 475p.

Barahona M., Sancho E. 1991. Fruticultura general (Fruticultura 1). 2 ed. San José, Costa Rica. EUNED (Editorial Universitaria Estatal a Distancia). 164p.

Bertsch F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS; 1a ed. 157p.

Castro, Z. 1982. El cultivo de la piña, material de clase. San Carlos, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 20p.

Castro, Z. y Hernández, P. 1992. Cultivo, Empaque y Comercialización de la piña. IFAIN. Ecuador 46p.

_____.Solís, R. 1998. Curso básico de agricultura orgánica sostenible. Programa de capacitación comunal. Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica y Educación Ambiental del Trópico Húmedo. CIDASTH-TEC. San Carlos, C.R, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 38p.

Donahue, M; Shickluna, J. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Prentice - Hall Hispanoamericana. México 624p.

FAO, 1969. El uso eficaz de los fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. 379p.

García D., Serrano H. 2005. La Piña, *Ananas comosus* (L.) Merr. (Bromeliaceae), algo más que un fruto dulce y jugoso. México 624p.

Graetz H. 1979. Suelos y Fertilización. México. Dirección general de Educación Tecnológica Agropecuaria. 72p.

Hidalgo G. 1975. Algunos aspectos de importancia sobre fertilización en piña. San Carlos, Escuela Técnica Agrícola. 5p.

Infoagro. 2002. El cultivo de piña (en línea). s.l. Consultado 8 jun. 2010. Disponible en http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/piña.htm

IICA. 1983. La Piña. Managua, Nicaragua. 20p.

Jiménez J. 1999. Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica; Libro Universitario Regional (LUR); 1ª ed. 224p.

Kass D. 1996. Fertilidad de suelos. San José, Costa Rica. Editorial EUNED; 1a ed. 272p.

OCEANO. 1999. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España. pp: 345-346.

Peña, A.; Días, A.; Martínez, T. 1996. Fruticultura Tropical. Bogotá, Colombia. ICFES. pp: 6-16, 71-84.

Py C. 1969. La piña tropical técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Bulle. Barcelona, España. 278p.

Rebolledo A. 1992. Áreas con potencial productivo para el cultivo de piña en Veracruz. Folleto técnico. (Mex). Vol 12 (2): 27-28-29.

Rojas L. 1988. El cultivo de la piña I.T.C.R. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 10p.

Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrimentos: importancia y uso en los programas de fertilización. Informes agronómicos. San José, CR. No 36. Pp: 11-13.

Solís, J; Guillen, J; Quiroz, E. 1995. Estudio de un caso de un piñal ubicado en El Valle, Guatuso. San José, CR. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 25p.

Stallings, J. 1985. El suelo, su uso y mejoramiento. Editorial CECSA. México. 2^{da} ed. 480 p.

Trogmé, S; Gras, R. 1966. Suelo y fertilización en fruticultura. Editorial Mundi Prensa. Francia. 2^{da} ed. 366p.

8. ANEXOS



Figura 1. Labor de aplicación por el método de Stroller o aplicación dirigida. Finca El Tremedal S.A. Venecia de San Carlos. 2009.

8.1 Características de los productos utilizados en la investigación

1. Fórmula N

Es una mezcla líquida de fertilizante nitrogenado de tipo amoniacal, nítrico y ureico, con nitrato de amonio a una concentración de 33.5 % de nitrógeno total, y urea a una concentración de 46 % de nitrógeno total.

Las fuentes para la elaboración de la fórmula N, están compuestas por un 70 % de Nitrato de Amonio y un 30 % de Urea.

2. Fórmula K

Es una solución líquida de fertilizante potásico elaborado en a base de un solo compuesto, el cual es el Cloruro de Potasio, cuya concentración es del 62 % de K_2O .

3. Fosfato Monoamónico

Es un fertilizante en cristales solubles cuyos compuestos son el nitrógeno amoniacal en un 12% y el fósforo en un 60 %.

4. Miel

Es un producto extraído del procesamiento de la caña de azúcar el cual tiene un valor altamente energético.

5. Agri Gro

Es un biofertilizante mejorador del suelo, con un contenido bacteriano en solución natural.

- *Azobacter*. bacteria aeróbica fijadora de nitrógeno atmosférico, con una concentración de 9.2×10^6 UFC/ml.
- *Bacillus*. bacteria aeróbica que solubiliza fósforo y ayuda en la descomposición de la materia orgánica, con una concentración de 8.0×10^7 UFC/ml.
- *Clostridium*. bacteria anaeróbica que trabaja en asociación con el *Azobacter* para fijar el nitrógeno atmosférico, tiene una concentración de 6.7×10^7 UFC/ml.

La composición química del Agri Gro es la siguiente. Ácidos Húmicos 0.4%, Potasio 0.13%, Magnesio 0.11%, Hierro 0.62%, Manganeseo 0.0004%, Boro 0.45%, Aluminio 0.0001%, Fósforo 0.35%, Calcio 0.21%, Azufre 0.22%, Cobre 0.00035%, Zinc 0.12%, Sodio 0.05%, Caldo de cultivo 97.34%.

6. Radix/AIB 35% TB

Es un regulador del crecimiento vegetal (ácido indolbutírico) que actúa como enraizador, su presentación es en tabletas solubles en agua. Sus 51.5 gramos de peso contienen un equivalente a 18 gr de ácido indolbutírico.

7. Protector K

Es una fuente soluble de fósforo y potasio de rápida asimilación, imprimiendo en las plantas con estos elementos las defensas naturales de las plantas al ataque de enfermedades. Posee 410 g/l de P_2O_5 y 380 g/l de K_2O .

8. Sulfato de Magnesio

Es un producto rico en Magnesio de alta solubilidad en agua. Está formulado para suplir de forma inmediata y eficiente las cantidades del elemento necesarias para alcanzar una alta producción. Su composición química es óxido de magnesio 16.19%, Azufre 12.88%, otros ingredientes 70.93%.

9. Protifert LMW

Es una formulación con aminoácidos y péptidos de uso agrícola con efecto bioestimulante del complejo orgánico y el suministro de nitrógeno orgánico. Actúan como reguladores de la nutrición, antiestrés, surfactantes, enmiendas del suelo.

8.2 Resultado del análisis químico de las hojas

Cuadro 1. Comportamiento promedio del Nitrógeno Total antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	N-TOTAL (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	1,18	1,12	1,16
T2 (Finca -20%)	1,10	1,14	1,27
T3 (Finca -30%)	1,13	1,12	1,21

Cuadro 2. Comportamiento promedio del Fósforo antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	P (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	0,17	0,12	0,15
T2 (Finca -20%)	0,17	0,15	0,16
T3 (Finca -30%)	0,18	0,17	0,15

Cuadro 3. Comportamiento promedio del Potasio antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	K (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	2,39	3,92	4,53
T2 (Finca -20%)	2,23	4,03	5,23
T3 (Finca -30%)	2,38	3,61	5,19

Cuadro 4. Comportamiento promedio del Calcio antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Ca (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	0,22	0,23	0,32
T2 (Finca -20%)	0,16	0,24	0,31
T3 (Finca -30%)	0,18	0,25	0,27

Cuadro 5. Comportamiento promedio del Magnesio antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Mg (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	0,13	0,12	0,21
T2 (Finca -20%)	0,12	0,12	0,19
T3 (Finca -30%)	0,12	0,12	0,18

Cuadro 6. Comportamiento promedio del Azufre antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	SO4 (%)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	0,40	0,50	0,79
T2 (Finca -20%)	0,36	0,42	0,81
T3 (Finca -30%)	0,36	0,39	0,79

Cuadro 7. Comportamiento promedio del Hierro antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Fe (mg/kg)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	370,60	1168,20	243,80
T2 (Finca -20%)	323,00	783,40	276,60
T3 (Finca -30%)	285,40	431,00	195,60

Cuadro 8. Comportamiento promedio del Cobre antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Cu (mg/kg)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	5,20	5,40	11,40
T2 (Finca -20%)	4,80	5,00	11,60
T3 (Finca -30%)	4,60	3,40	11,20

Cuadro 9. Comportamiento promedio del Zinc antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Zn (mg/kg)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	11,80	24,60	20,80
T2 (Finca -20%)	12,80	22,80	23,60
T3 (Finca -30%)	11,60	22,00	22,00

Cuadro 10. Comportamiento promedio del Manganeseo antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	Mg (mg/kg)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	180,00	149,60	202,20
T2 (Finca -20%)	188,20	149,60	188,00
T3 (Finca -30%)	167,00	190,20	189,80

Cuadro 11. Comportamiento promedio del Boro antes y después de cada aplicación.

Tratamiento	B (mg/kg)		
	Ciclo 0	Ciclo 1-2-3	Ciclo 4
T1 (Finca)	18,60	40,40	24,60
T2 (Finca -20%)	15,20	28,00	26,60
T3 (Finca -30%)	15,60	24,00	26,40

Cuadro 12. Formulario para la identificación de los muestreos de hojas para determinar análisis químico. Finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica. 2010.

LOTE		LOTE		LOTE	
BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE	
SECCIÓN		SECCIÓN		SECCIÓN	
SIEMBRA		SIEMBRA		SIEMBRA	
CICLO		CICLO		CICLO	
T1		T2		T3	
R1		R1		R1	

Cuadro 13. Formulario para la recopilación de datos. Muestreo de peso de planta, largo de hojas y ancho de hojas. Finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica. 2010.

Muestreo de peso de planta, largo y ancho de hojas

Finca: _____ Tratamiento: _____ Fecha: _____
 Cultivo: _____ Repetición: _____
 Lote: _____
 Bloque: _____
 Sección: _____

TRATAMIENTO				
Largo	Ancho	Peso de Planta Cantado		
		PROMEDIO		
		Pequeña	Mediana	Grande

Cuadro 14. Formulario para la recopilación de datos. Muestreo de plagas y enfermedades. Finca El Tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica. 2010.

Muestreo de plagas y enfermedades

Finca: _____ Tratamiento: _____ Fecha: _____
 Cultivo: _____ Repetición: _____
 Lote: _____
 Bloque: _____
 Sección: _____

	Tratamiento				
	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
PLAGAS					
Picudo					
Joboto					
Sinfílicos					
Nemátodos					
Esclerotium					
Otros					
ENFERMEDADES					
Erwinia					
Phytophthora					
Otros					

8.3 Resultado del análisis de varianza para las variables de crecimiento

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable de largo de hojas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54,57	2	27,29	0,93	0,3952
Tratamiento	54,57	2	27,29	0,93	0,3952
Error	4293,40	147	29,21		
Total	4347,97	149			

Cuadro 16. Prueba estadística para el análisis del largo de hojas promedio por tratamiento en planta de piña (Ananas comosus) (L) Merr híbrido MD2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=3,21001

Error: 29,2068 gl: 147

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3	124,14	50	0,76 A
1	124,32	50	0,76 A
2	125,50	50	0,76 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,01)

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de ancho de hojas.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,29	2	1,15	4,38	0,0141
Tratamiento	2,29	2	1,15	4,38	0,0141
Error	38,44	147	0,26		
Total	40,73	149			

Cuadro 18. Prueba estadística para el análisis del ancho de hojas promedio por tratamiento en planta de piña (Ananas comosus) (L) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,30374

Error: 0,2615 gl: 147

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	6,68	50	0,07 A
2	6,72	50	0,07 A
3	6,96	50	0,07 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,01)

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable de peso de planta.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,45	2	0,22	0,24	0,7844
Tratamiento	0,45	2	0,22	0,24	0,7844
Error	330,52	357	0,93		
Total	330,97	359			

Cuadro 20. Prueba estadística para el análisis del peso de planta promedio por tratamiento en planta de piña (Ananas comosus) (L) Merr híbrido MD-2 en la finca El Tremedal S.A., Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,36892

Error: 0,9258 gl: 357

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	6,55	120	0,09 A
3	6,55	120	0,09 A
2	6,63	120	0,09 A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,01$)

8.4 Resultado graficados para las variables de crecimiento

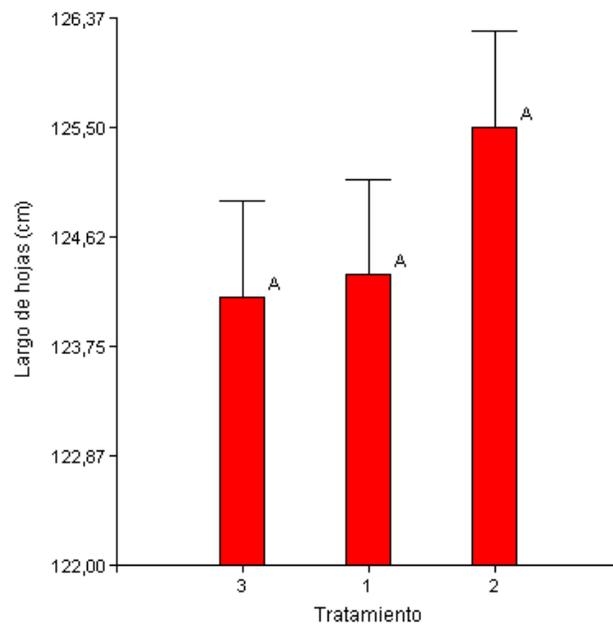


Figura 2. Gráfico de medias para la variable longitud de hojas.

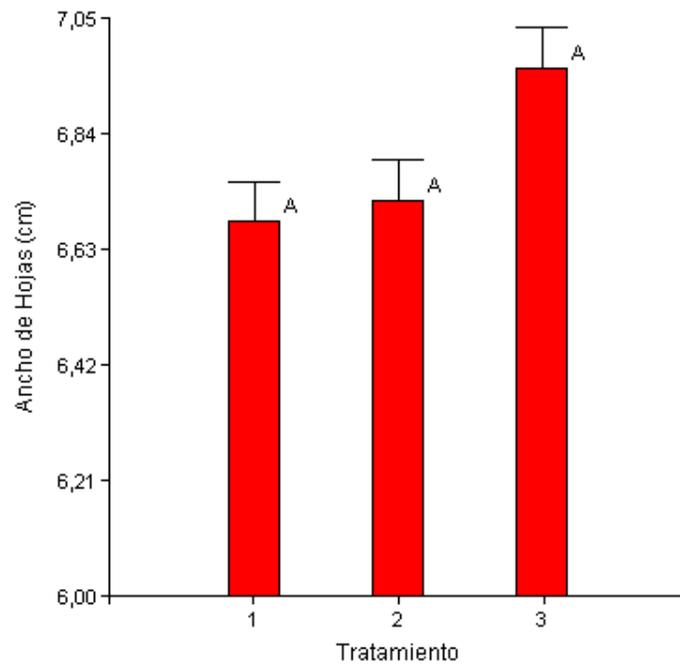


Figura 3. Gráfico de medias para la variable ancho de hojas.

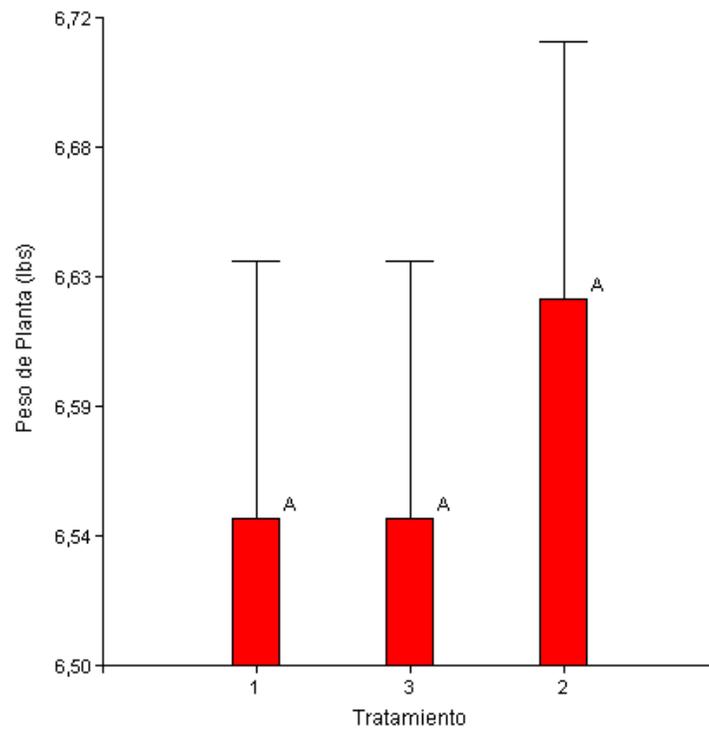


Figura 4. Gráfico de medias para la variable peso de planta.

Cuadro 21. Precipitación promedio mensual durante el periodo de experimentación en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009 - 2010.

AÑO Y MES		PRECIP / cc/m ²
2009	OCTUBRE	465,0
	NOVIEMBRE	377,0
	DICIEMBRE	171,0
2010	ENERO	418,0
	FEBRERO	275,0
	MARZO	462,0
	ABRIL	55,0
	MAYO	291,0
	JUNIO	386,0

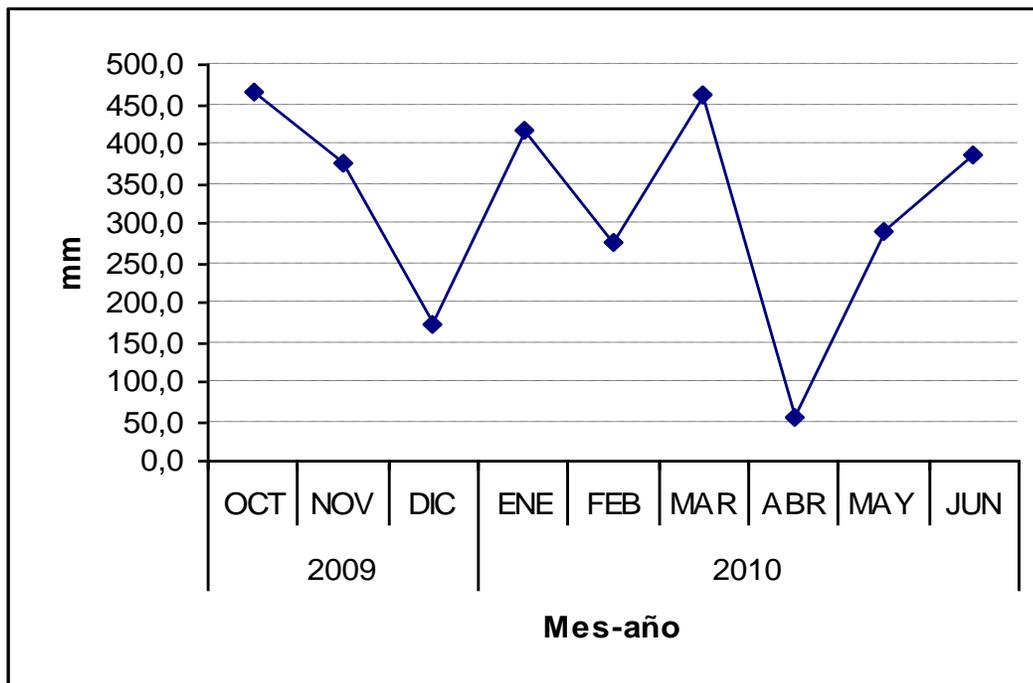


Figura 5. Comportamiento de la precipitación (mm), durante el periodo del experimento, Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009-2010.

Cuadro 22. Temperatura promedio mensual durante el periodo de experimentación en la finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009 - 2010.

		TEMP °C	
AÑO Y MES		MIN	MAX
2009	NOVIEMBRE	21,0	25,6
	DICIEMBRE	21,2	32,7
2010	ENERO	19,7	28,7
	FEBRERO	22,1	30,7
	MARZO	21,1	30,4
	ABRIL	21,9	34,9
	MAYO	22,5	34,9

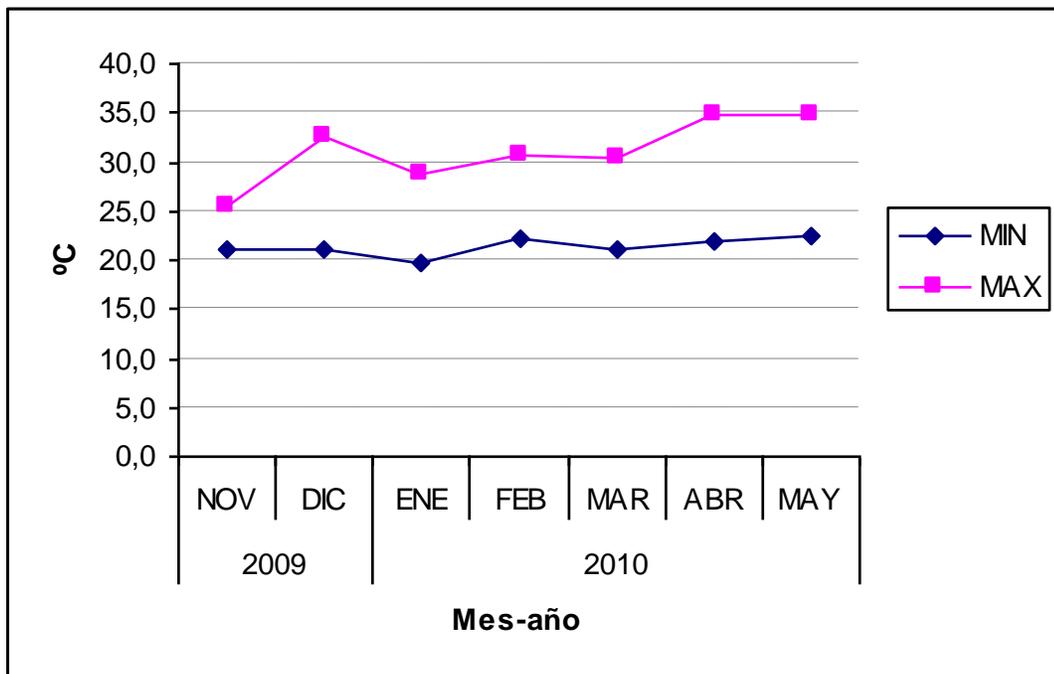


Figura 6. Comportamiento de la temperatura, durante el periodo del experimento, Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2009-2010.

Cuadro 23. Niveles críticos de los nutrientes más importantes en piña. Finca El Tremedal S.A. 2010.

FUENTE		
N-Total	1,4 - 1,7	%
P	0,15 - 0,25	
K	2,6 - 3,6	
Ca	0,30 - 0,38	
Mg	0,20 - 0,28	
SO4	-	
Fe	75 - 175	mg/kg
Cu	>8	
Zn	20 - 30	
Mn	-	
B	18	

Figura 7. Resultados de la concentración de elementos en los análisis foliares obtenidos antes de realizada la primera aplicación por el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.



INFORME DE ANALISIS FOLIAR

FECHA: 26/11/2009

CLIENTE: El Tremedal S. A.

PROVINCIA: Alajuela

CANTON: San Carlos

DISTRITO: Venecia

CULTIVO: Piña

No. LAB.	IDENT. DE CAMPO	TRATAM	%					mg/Kg					
			N-TOTAL	P	K	Ca	Mg	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Mn	B
F-1763-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 1R1	T1R1	1,34	0,20	2,40	0,23	0,15	0,51	459	6	13	154	22
F-1764-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 1R2	T1R2	1,11	0,17	2,42	0,41	0,13	0,41	443	5	12	183	16
F-1765-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 1R3	T1R3	1,14	0,16	2,50	0,17	0,13	0,38	365	5	12	176	18
F-1766-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 1R4	T1R4	1,03	0,15	2,22	0,15	0,12	0,34	311	5	11	190	19
F-1767-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 1R5	T1R5	1,29	0,17	2,41	0,16	0,13	0,36	275	5	11	197	18
F-1768-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 2R1	T2R1	1,04	0,16	2,31	0,17	0,13	0,31	326	4	13	196	16
F-1769-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 2R2	T2R2	1,14	0,16	2,36	0,17	0,12	0,33	334	4	13	194	17
F-1770-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 2R3	T2R3	1,08	0,17	2,15	0,15	0,12	0,37	308	5	12	185	15
F-1771-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 2R4	T2R4	1,17	0,18	2,11	0,15	0,12	0,41	361	6	12	176	15
F-1772-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 2R5	T2R5	1,05	0,17	2,20	0,15	0,13	0,36	286	5	14	190	13
F-1773-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 3R1	T3R1	1,26	0,18	2,24	0,15	0,11	0,34	281	4	11	172	16
F-1774-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 3R2	T3R2	1,01	0,19	2,36	0,19	0,11	0,36	249	5	11	167	16
F-1775-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 3R3	T3R3	1,16	0,18	2,41	0,17	0,12	0,33	364	5	11	160	13
F-1776-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 3R4	T3R4	1,03	0,18	2,47	0,16	0,12	0,37	321	6	13	168	18
F-1777-09	27-10-09 Lote 15 Bloque 25 Sección 1 Ciclo 0T 3R5	T3R5	1,21	0,17	2,40	0,21	0,13	0,40	212	3	12	168	15

Figura 8. Resultados de la concentración de elementos en los análisis foliares obtenidos después de realizada la primera aplicación por el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.



INFORME DE ANALISIS FOLLAR

FECHA: 18/12/2009

CLIENTE: El Tremedal S. A.

PROVINCIA: Alajuela

CANTON: San Carlos

DISTRITO: Venecia

CULTIVO: Piña

No. LAB.	IDENT. DE CAMPO	TRATAM	N-TOTAL	%					mg/Kg				
				P	K	Ca	Mg	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Mn	B
F-1866-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 1 R1	T1R1	1,10	0,11	3,76	0,24	0,12	0,56	2011	6	23	142	48
F-1867-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 1 R2	T1R2	1,07	0,12	4,03	0,25	0,13	0,57	1194	6	26	139	45
F-1868-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 1 R3	T1R3	1,04	0,12	3,92	0,23	0,12	0,52	1098	5	23	141	45
F-1869-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 1 R4	T1R4	1,32	0,12	3,90	0,24	0,13	0,41	715	5	26	159	30
F-1870-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 1 R5	T1R5	1,08	0,13	3,98	0,20	0,12	0,43	823	5	25	167	34
F-1871-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 2 R1	T2R1	1,12	0,13	3,87	0,21	0,12	0,43	894	5	25	166	29
F-1872-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 2 R2	T2R2	1,20	0,15	4,20	0,28	0,13	0,48	1194	6	25	151	32
F-1873-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 2 R3	T2R3	1,15	0,15	4,34	0,24	0,12	0,44	532	4	23	130	32
F-1874-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 2 R4	T2R4	1,12	0,15	3,80	0,25	0,11	0,38	755	5	21	149	27
F-1875-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 2 R5	T2R5	1,10	0,15	3,95	0,22	0,12	0,37	542	5	20	152	20
F-1876-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 3 R1	T3R1	1,09	0,16	3,86	0,25	0,12	0,40	391	3	22	145	29
F-1877-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 3 R2	T3R2	1,17	0,16	3,81	0,22	0,11	0,33	464	2	22	142	23
F-1878-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 3 R3	T3R3	1,13	0,17	3,41	0,25	0,12	0,36	556	4	22	209	25
F-1879-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 3 R4	T3R4	1,14	0,19	3,52	0,25	0,13	0,42	543	4	20	209	20
F-1880-09	27-10-09 Lots 15 Bloques 25 Sección 1 Ciclo 1-2-3T 3 R5	T3R5	1,09	0,18	3,46	0,26	0,13	0,42	201	4	24	246	23

Figura 9. Resultados de la concentración de elementos en los análisis foliares obtenidos después de realizada la segunda aplicación por el Método Stroller. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos, Costa Rica. 2010.



INFORME DE ANALISIS FOLLAR

FECHA: 08/01/2010

CLIENTE: El Tremedal S. A.

PROVINCIA: Alajuela

CANTON: San Carlos

DISTRITO: Venecia

CULTIVO: Piña

No. LAB.	IDENT. DE CAMPO	TRATAM	%						mg/Kg				
			N-TOTAL	P	K	Ca	Mg	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Mn	B
F-16-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T1 R1	T1R1	1,02	0,14	4,58	0,35	0,23	0,75	223	12	20	220	28
F-17-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T1 R2	T1R2	1,13	0,14	4,32	0,34	0,22	0,80	217	11	19	219	22
F-18-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T1 R3	T1R3	1,41	0,15	4,00	0,33	0,22	0,75	202	10	21	213	25
F-19-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T1 R4	T1R4	1,17	0,16	5,45	0,29	0,18	0,80	250	12	21	173	24
F-20-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T1 R5	T1R5	1,07	0,15	4,32	0,30	0,18	0,85	327	12	23	186	24
F-21-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T2 R1	T2R1	1,09	0,15	4,92	0,31	0,19	0,81	289	12	23	179	25
F-22-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T2 R2	T2R2	1,24	0,15	5,28	0,30	0,20	0,79	254	11	24	183	28
F-23-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T2 R3	T2R3	1,42	0,15	5,84	0,30	0,19	0,77	249	11	22	179	27
F-24-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T2 R4	T2R4	1,39	0,17	5,53	0,31	0,19	0,80	228	12	26	186	24
F-25-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T2 R5	T2R5	1,23	0,16	4,60	0,33	0,20	0,88	363	12	23	213	29
F-26-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T3 R1	T3R1	1,14	0,16	5,31	0,27	0,19	0,79	232	12	28	205	28
F-27-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T3 R2	T3R2	1,26	0,15	5,92	0,26	0,18	0,77	200	11	20	189	26
F-28-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T3 R3	T3R3	1,34	0,16	4,92	0,30	0,19	0,80	227	11	21	194	29
F-29-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T3 R4	T3R4	1,16	0,15	5,33	0,27	0,18	0,82	149	11	22	187	24
F-30-10	09/01/10 Lote 15 Boque 25 Sección 1 Cdo4 T3 R5	T3R5	1,14	0,14	4,45	0,26	0,17	0,78	170	11	19	174	25