

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FUENTES DE CALCIO
Y COMPOST SOBRE *Furcraea macrophylla* Baker VARIEDAD UÑA DE
AGUILA NEGRA, SEMBRADA EN LA VEREDA LOS LLANOS, MUNICIPIO
DE POPAYÁN.**



**CESAR FERNEY ITUYAN PIZO
ROBINSON RIVERA OTERO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2009**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FUENTES DE CALCIO Y
COMPOST SOBRE *Furcraea macrophylla* Baker. VARIEDAD UÑA DE AGUILA
NEGRA, SEMBRADA EN LA VEREDA LOS LLANOS, MUNICIPIO DE
POPAYÁN.**

**CESAR FERNEY ITUYAN PIZO
ROBINSON RIVERA OTERO**

**Trabajo de Investigación para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

DIRECTOR:

**Ing. Agrónomo, MSc. IVAN ENRIQUE PÁZ
Docente del Programa de Ingeniería Agropecuaria**

CODIRECTOR:

**Ing. Agrónomo: HENRY NELSON MUÑOZ
Catedrático del Programa de Ingeniería Agropecuaria**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN**

2009

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Algunas diferencias entre plantas C ₃ , C ₄ y CAM.	33
Cuadro 2. Principales plagas del cultivo de fique.	38
Cuadro 3. Principales enfermedades del cultivo de fique.	39
Cuadro 4. ANOVA para los promedios del material vegetal propagado por bolsas y eras, sobre la variable número de hojas en los primeros siete meses de establecimiento del cultivo de fique.	69
Cuadro 5. Costos de establecimiento de plantas de fique propagadas mediante bolsas y con la aplicación de compost y cal.	71
Cuadro 6. Costos de establecimiento de plantas de fique propagadas mediante eras y con la aplicación de compost y cal.	72

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores de neutralización de algunos materiales de encalado.	23
Tabla 2. Composición química de las cales.	44
Tabla 3. Composición química del compost	44
Tabla 4. Correlación (r) entre condiciones ambientales y el promedio de las variables evaluadas en el cultivo de <i>Furcraea macrophylla</i> Baker.	53
Tabla 5. Incremento promedio por mes de las variables evaluadas.	56
Tabla 6. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas con la aplicación de compost (T1), compost y cal dolomita (T2), compost y calfos (T3) y compost más fosforita Huila (T4) en la siembra de fique.	58
Tabla 7. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas, en el testigo (To), al adicionar cal dolomita y compost (T2) y la aplicación de cal dolomita (T5).	62
Tabla 8. Incrementos mensuales de las variables evaluadas, en el testigo (To), al aplicar calfos (T6) y la mezcla calfos más compost (T3).	64
Tabla 9. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas, en el testigo (To), al aplicar fosforita Huila (T7) y la mezcla de fosforita Huila y compost (T4).	66

LISTA DE GRÁFICOS

	pag.
Gráfico 1. Tasas de fijación de CO ₂ y de transpiración en la planta CAM <i>Agave americana</i> en periodos alternos de luz y oscuridad.	34
Gráfico 2. Mapa del sitio del ensayo.	43
Gráfico 3. Distribución de los tratamientos en el sitio del ensayo.	45
Gráfico 4. Plantas evaluadas en cada tratamiento.	46
Gráfico 5. Variables ambientales para Popayán, de acuerdo a la estación metereológica del aeropuerto Guillermo León Valencia.	52
Gráfico 6. Relación de las variables evaluadas con la precipitación.	54
Gráfico 7. Regresión de los promedios de las variables evaluadas entre el mes de octubre de 2006 y abril de 2007	55
Gráfico 8. Efecto del compost sobre las variables evaluadas en el fique.	57
Gráfico 9. Efecto de la aplicación de la cal dolomita y la mezcla de cal dolomita y compost sobre las plantas de fique.	59
Gráfico 10. Efecto de la aplicación de calfos y la mezcla de calfos más compost sobre las variables evaluadas en las plantas de fique.	62
Gráfico 11. Efecto sobre las variables evaluadas en el testigo, al aplicar fosforita Huila y el compost en el cultivo de fique.	64
Gráfico 12. Efecto de los medios de propagación del fique, sobre el número de hojas en la etapa de establecimiento.	68
Gráfico 13. Costo de establecimiento de plantas de fique provenientes de bolsas, aplicando compost y diferentes fuentes de calcio.	72
Gráfico 14. Costo de establecimiento de plantas de fique provenientes de eras, aplicando compost y diferentes fuentes de calcio.	73
Gráfico 15. Costo de establecimiento en el sitio definitivo de plantas de fique propagadas en bolsas y en eras.	74

LISTA DE FIGURAS

	pag.
Figura 1. Parámetro para medir la altura de las plantas efectivas.	47
Figura 2. Medición del número de hojas en campo.	48
Figura 3. Medida del largo de las hojas en las plantas en campo.	48
Figura 4. Medida del ancho de las hojas en campo.	48
Figura 5. Planímetro polar	49
Figura 6. Medida del área foliar mediante el uso del planímetro polar.	49
Figura 7. Medición del largo de las hojas en el papel.	49
Figura 8. Medición del ancho de las hojas en el papel.	49
Figura 9. Medición del grosor de la hoja.	50
Figura 10. Pita sobre el borde de la hoja.	50
Figura 11. Longitud de la pita.	50

ANEXOS

	pag.
Anexo A. Análisis de varianza para los tratamientos y bloques en cada variable de respuesta, evaluada cada mes.	86
Anexo B. Resultados de los análisis de suelos, 20 días después de la aplicación de las enmiendas y al finalizar el periodo de evaluación (210 días).	88
Anexo C. Costos de establecimiento del cultivo de fique (<i>Furcraea macrophylla</i> Baker) propagado mediante bolsas y con aplicación previa a la siembra de enmiendas.	90
Anexo D. Costos de establecimiento del cultivo de fique (<i>Furcraea macrophylla</i>) propagado mediante eras y con la aplicación previa a la siembra de enmiendas.	91

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEORICO	17
1.1 REFERENTE A SUELOS	17
1.1.1 Andosoles.	17
1.1.2 Caracterización edáfica del ecotopo 218A departamento del Cauca	18
1.1.3 Alófanos.	19
1.1.4 Capacidad de intercambio catiónico.	19
1.1.5 Aluminio.	20
1.1.6 Calcio.	22
1.1.7 Fuentes para el encalamiento.	23
1.1.8 Tipos de fuentes para el encalado.	24
1.1.9 Reacciones de la cal en el suelo.	25
1.1.10 Formas de aplicación de la cal.	25
1.1.11 Frecuencia de aplicaciones de cal.	26
1.1.12 Efectos causados por excesos de aplicación de cal.	27
1.1.13 Materia orgánica	28
1.2 REFERENTE AL CULTIVO DE FIQUE.	30
1.2.1 Botánica.	30
1.2.2 Características de la especie <i>Furcraea macrophylla</i> Baker.	30
1.2.3 Morfología.	31
1.2.4 Fisiología.	32
1.2.5 Aspectos agroecológicos del cultivo de fique.	34

1.2.6	Propagación.	36
1.2.7	Siembra.	37
1.2.8	Aspecto fitosanitario del fique (<i>Furcraea macrophylla</i>)	38
1.2.9	Aspectos del cultivo de fique en el departamento del Cauca.	39
1.3	ANTECEDENTES.	41
2	MATERIALES Y METODOS	43
2.1	UBICACIÓN.	43
2.2	MATERIALES.	43
2.3	MÉTODO.	44
2.4	VARIABLES DE RESPUESTA.	47
2.5	PARÁMETROS DE MEDICIÓN EN LAS PLANTAS.	47
2.5.1	Altura de la planta.	47
2.5.2	Número de hojas.	47
2.5.3	Área foliar.	48
2.5.4	Grosor de la hoja.	49
2.5.5	Perímetro de la hoja.	50
2.6	Análisis de datos.	51
3	RESULTADOS	52
3.1	RELACIÓN ENTRE CLIMA Y TENDENCIAS DE DESARROLLO	52
3.1.1	Condiciones metereológicas.	52
3.1.2	Relación entre tiempo y promedio general para cada variable evaluada.	55
3.2	EFFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES DE CALCIO Y COMPOST SOBRE LAS VARIABLES EVALUADAS.	57
3.2.1	Efecto del material orgánico (compost).	57

3.2.2	Efecto de la cal dolomita y la mezcla cal dolomita más compost.	59
3.2.3	Efecto del calfos (Escorias Thomas) y la mezcla calfos más compost.	62
3.2.4	Efecto de la fosforita Huila (roca fosfórica) y la mezcla de fosforita Huila más compost.	64
3.3	ANÁLISIS GENERAL DE LA APLICACIÓN DE LAS CALES Y LA MEZCLA CON EL COMPOST SOBRE LAS PLANTAS DE <i>Furcraea macrophylla</i> Baker.	66
3.4	EFFECTO DE LOS MEDIOS DE PROPAGACIÓN (BOLSAS Y ERAS) EN EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FIQUE (<i>Furcraea macrophylla</i> Baker)	68
3.5	COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FIQUE.	71
4.	CONCLUSIONES.	75
5.	RECOMENDACIONES.	76
	BIBLIOGRAFIA.	77
	ANEXOS.	85

RESUMEN

El fique (*Furcraea macrophylla*) es una especie generalmente utilizada por su fibra, pero actualmente se le ha dado mayor valor agregado a subproductos como el bagazo de donde se puede obtener papel, fibra reforzada y musgo ecológico, además del jugo se logran extraer sustancias químicas utilizadas en la industria farmacéutica. Teniendo en cuenta este potencial y la aplicación generalizada de enmiendas en este cultivo por los productores, se decidió evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio y compost en el establecimiento y desarrollo agronómico de plantas de *Furcraea macrophylla* Baker, variedad “uña de águila negra”, propagadas mediante bolsas y eras. El ensayo se realizó durante un periodo de siete meses, en un andosol (melanudán) del municipio de Popayán, empleando un diseño de bloques completamente al azar con ocho tratamientos, que incluyeron la aplicación individual de compost, cal dolomita, calfos, fosforita huila y la interacción del material orgánico con cada fuente de calcio. Al final del periodo de evaluación y después de un ANOVA se determinó que no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos para el desarrollo foliar de las plantas, pero sí, presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) los medios de propagación para la variable número de hojas a favor de las plantas propagadas en bolsas, debido a que posiblemente se reduce el estrés causado por el trasplante, lo cual se refleja en un rápido desarrollo de la parte aérea, promoviendo así mayor precocidad en campo. De acuerdo con los anteriores resultados se concluye que en similares condiciones de suelo, no es relevante la aplicación de enmiendas en este cultivo, debido a que es una planta nativa y se adapta al ambiente existente. En cuanto a los medios de propagación se recomienda la utilización de bolsas, porque a pesar de incrementar los costos, disminuye el estrés por trasplante y mantiene un número superior de hojas, en comparación con las plantas propagadas en eras. Sin embargo con estos resultados se hace necesario realizar otras investigaciones agronómicas, fisiológicas y genéticas, que permitan mejorar la productividad del cultivo y aprovechar el potencial que esta especie ofrece para productores e industriales.

Palabras claves: fique, fuentes de calcio, compost, medios de propagación, trasplante.

Nota de aceptación:

Calificación

Firma del Jurado

Firma del jurado

Popayán, 30 de marzo de 2009.

DEDICATORIA

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres que nos han apoyado siempre y nos han brindado la oportunidad para superarnos en cada momento de nuestra vida, especialmente en esta etapa que culminamos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos la existencia y la salud, para alcanzar nuestras metas día a día.

A nuestros padres y hermanos que nos han brindado el apoyo incondicional en los momentos más difíciles de nuestra vida y han aportado para alcanzar este logro.

A la Universidad del Cauca por brindarnos los espacios necesarios para nuestra formación como profesionales.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, especialmente a los Ingenieros. Agrónomos Iván Enrique Paz y Henry Nelson Muñoz por su colaboración en el planteamiento y desarrollo de la presente investigación.

A Empaques del Cauca .S.A. por la colaboración económica que nos brindo para llevar a cabo esta investigación.

A la penitenciaría Nacional de San Isidro, especialmente a su director, dragoniantes encargados del área agropecuaria, al grupo de internos que durante el periodo de evaluación, nos brindaron su colaboración en la asignación del terreno y en las labores de campo realizadas.

A nuestros amigos con los que hemos compartido todos aquellos momentos difíciles y de alegría, que vivimos en la universidad, además de aportar de una u otra para el desarrollo de este logro.

INTRODUCCION

El fique es una planta nativa de los andes colombianos, la cual ha sido utilizada desde tiempos precolombinos, especialmente por su fibra, pero en la actualidad las investigaciones realizadas, han dado mayor importancia a subproductos como el jugo, donde se han encontrado compuestos, precursores de productos hormonales, corticoides, ácidos grasos, azúcares, sulfatos y sustancias con actividad biopesticida, creando nuevas expectativas para el aprovechamiento de esta planta. Además, tanto la fibra larga como la fibra corta son materia prima para la industria y la artesanía.¹

A pesar del potencial que presenta esta especie, se tiene en general un número reducido de investigaciones en cuanto a la relación del suelo con la planta, especialmente en las condiciones de la meseta de Popayán, donde uno de los factores limitantes es la acidez de los suelos, caracterizada por un alto contenido de Al, y un bajo pH, que genera deficiencias en algunos nutrientes esenciales. Estas limitaciones producen poco crecimiento y desarrollo de las plantas de interés económico. Por lo tanto es necesaria la aplicación de enmiendas como la cal que permite aumentar el pH, la disponibilidad y eficiencia de los nutrientes, mejora la actividad biológica del suelo. De acuerdo a esto si mejoran estas condiciones aumentará la productividad de los cultivos.

Diversos investigadores como Howard y Adams, (1965) citado por Fuentes, (1994), concluyeron que la adición de calcio era necesaria para un buen crecimiento de las plantas, siendo este parámetro evaluado en varios cultivos comerciales, como en la naranja, donde el uso de cal ha resultado una práctica apropiada logrando incrementos importantes en el crecimiento y rendimiento de los árboles (Koo, 1989), además el uso de enmiendas con Mg, como la cal dolomita, son una alternativa más eficaz para corregir deficiencias de Mg en suelos ácidos, debido a su reacción más lenta que mantiene un efecto residual prolongado, contrario a los fertilizantes que son más solubles y susceptibles de perderse por lixiviación (Espinosa y Molina 1999).

De acuerdo a los factores antes mencionados y la importancia que presenta el cultivo de fique (considerada una planta rustica de gran valor comercial, tanto a nivel artesanal como industrial), se determinó evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio y materia orgánica en la siembra definitiva de

¹ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la cadena del fique en Colombia.

plántulas de fique, teniendo en cuenta la procedencia del almácigo (bolsas y eras), además de establecer el costo de establecimiento para cada uno de los tratamientos aplicados y determinar el mejor comportamiento agronómico, de acuerdo con las diferentes variables evaluadas. El ensayo se llevo a cabo durante un periodo de siete meses, en los predios de la penitenciaría Nacional San Isidro, ubicada en la vereda los llanos, municipio de Popayán, a una altura de 1905 m.s.n.m.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo recopila información de los resultados obtenidos en la investigación antes mencionada, donde se establecen parámetros comparativos de elementos químicos, factores climáticos, variables agronómicas, para determinar el mejor resultado, que sirva de recomendación técnica para los fiqueros de la región.

1. MARCO TEORICO

1.1 REFERENTE A SUELOS.

1.1.1 Andosoles. Los Andosoles son suelos jóvenes de laderas montañosas, formados a partir de cenizas volcánicas, aunque estos suelos son relativamente fértiles, tiene como principal característica sus minerales arcillosos (alófana, imogolita y ferrhidrita) y complejos Al-humus producto de la meteorización de la ceniza volcánica.

Según Ospina (1974), las características especiales de los andosoles según las conclusiones de la reunión sobre clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas que tuvo lugar en Tokio en 1964 son:

- “Horizonte A: de color negro o pardo oscuro, friable, relativamente grueso, alto contenido de materia orgánica, baja densidad aparente, poca pegajosidad, alta capacidad de retención de humedad”.
- “Horizonte B: sin cantidades significativas de arcilla aluvial, fracción activa dominada por materiales amorfos”.

Según González, (1982) citado por Espinosa et al. (2006), los suelos en la región Nororiental del departamento del Cauca presentan alta fijación de fósforo característica de suelos derivados de cenizas volcánicas, lo cual esta relacionado con el pH del suelo y su mineralogía, donde a pHs inferiores a 5.5 y con presencia de material alofánico y óxidos hidratados de hierro y aluminio, determinan una alta fijación de este elemento.

Se ha reportado que “litológicamente, la formación de Popayán es esencialmente volcánica; al miembro inferior, corresponden conglomerados y aglomerados de andesita, capas de tobas y cenizas de composición andesítica. Al miembro superior, pertenecen mantos de gredas pardas, que fueron originalmente cenizas volcánicas finas que se meteorizaron y se distribuyeron desde Popayán hasta Timbío; también se caracteriza este miembro por arcillas rojas (provenientes de

diabasa y andesita), sepultadas por capas negras muy ricas en carbón orgánico ácido”.

1.1.2 Caracterización edáfica del ecotopo 218A departamento del Cauca. De acuerdo con la clasificación de FEDECAFE (1999), los suelos de la meseta de Popayán, lugar donde se desarrolló la evaluación, hacen parte del ecotopo 218A que comprende la zona cafetera de los municipios Popayán, Timbío, Piendamó, Totoro además de los municipios de Morales, Cajibío, Caldon y Tambo. A una altura entre 1400 y 2000 m.s.n.m aproximadamente. “La geología de esta región se conoce como la formación Popayán y se caracteriza por ser esencialmente volcánica con presencia de gran cantidad de material sedimentario intercalado. Su topografía ondulada a casi plana con una temperatura que varía 6°C por cada 100 m de diferencia latitudinal.”

La unidad Popayán presenta material parental, predominando la ignimbrita (roca de origen volcánico), localizándose principalmente en las hoyas de los ríos, presentes en la meseta, conformando complejos con otros materiales del piso de Popayán.

Las ignimbritas son rocas relacionadas con erupciones volcánicas violentas, presentan texturas de flujo, fragmentos de pómez, compuestas de cuarzo, plagioclasa, oxybiotita, algunas cantidades de horblendo y feldespato potásico, además de fragmentos alóctonos flotando en una matriz de vidrio (Murcia y Pichler, 1986)

Según Marín, (1979), debido a la composición mineralógica de los suelos de la meseta de Popayán, estos presentan una fertilidad natural baja a media, con un alto contenido de materia orgánica, a la cual se le atribuye la alta capacidad de intercambio catiónico de estos suelos, también tienen un pH que varía entre 4.5 y 6.0, predominando valores entre 4.5 y 5.0, además de un alto contenido de Al y K intercambiable, donde este último presenta valores de 0.5 al 1 meq/100 g de suelo, que contrastan con una baja saturación de Ca y Mg los cuales están alrededor de 2 y 1 meq/100 g de suelo respectivamente y un contenido de P que esta generalmente por debajo de 10 p.p.m determinado por el método Bray II.

Para el uso, manejo y conservación de estos suelos se debe tener en cuenta sus altas pendientes, debido a que presentan alta susceptibilidad a la erosión, restringiéndose su uso a la reforestación de tipo proteccionista y en terrenos con pendientes menos pronunciadas proyectos de café bajo sombrío, hasta una cota de 1750 m.s.n.m., además tiene actitud para caña panelera, mora, tomate de

árbol, hortalizas y fique, no se recomienda para estanques de piscicultura por infiltración, solí fluxión y derrumbes

1.1.3 Alófanos. Son arcillas derivadas de cenizas volcánicas aunque pueden también ser encontrados en la fracción de la arcilla de muchos suelos no volcánicos. Formadas básicamente por aluminio, sílice y agua, con una razón molecular SiO_2 , Al_2O_3 variable entre 0.5 y 2.0 (Campos et al. 2000).

Los elementos del ambiente que controlan la formación de alófanos son primordialmente el material geológico, la vegetación y el clima. En condiciones naturales, los suelos con alófanos poseen un volumen grande pero cuando se produce una deshidratación éste disminuye de manera notable.²

Según Burbano, (1989) citado por Espinosa et al. (2006), “La alófana es un coloide de naturaleza anfoterica, capaz de intercambiar cationes y aniones simultáneamente, bajo un pH de 5,5 adquiere carga positiva y entre un pH de 6,0 y 7,5 adquiere elevada carga negativa, de modo que la carga puede considerarse como esencialmente variable”.

Parfitt y Kimble, (1989) citado por Jaramillo (2000), encontraron que la alófana se forma a pH entre 5 y 7, a partir del vidrio y a pH alrededor de 5, de feldespatos y/o biotita, en suelos bajo régimen údico y buen drenaje. Ellos concluyeron que, en general se requieren valores de pH mayores a 4.7 para que se precipite las alófanos.

Las arcillas de carga variable se presentan en suelos altamente meteorizados de los trópicos y han sufrido un cambio en su carga eléctrica en la superficie originando adsorción de iones determinantes. Siendo los más importantes el hidrógeno (H^+) y los hidroxilos (OH^-). La adsorción de estos iones en la superficie de los minerales arcillosos depende del pH de la solución del suelo y los minerales que se comportan de esta manera a menudo son conocidos como dependientes del pH o minerales de carga variable.

1.1.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes, a un valor de pH determinado y se puede expresar como meq/100g o como cmol/kg de suelo seco, siendo igual el valor (Plaster, 2000).

² Ibíd., p..149.

Según Guerrero, (1996) citado por Espinosa et al. (2006), se debe tener en cuenta que la CIC de un suelo depende del porcentaje de arcilla y de materia orgánica presente; la primera, por ser la más abundante, tiene mas influencia en la CIC.

Según la textura de los suelos, los valores medios que suelen darse son:

- Suelos arenosos 10 cmol/Kg
- Suelos francos 15 cmol/Kg
- Suelos arcillosos 20 cmol/Kg

Estos valores dependen del tipo de arcilla presente en el suelo, ya que unos tipos presentan mayor poder de fijación que otros.

Fassbender (1986), ha observado que en suelos de América Central y Brasil, las características de los equilibrios cationicos presentan los valores más altos de CIC para Andosoles y Fluviosoles, con promedios de 36,9 y 40.9 cmol/Kg de suelo, reflejando el alto contenido de materia orgánica y arcillas de los grupos de suelos respectivos. Concluye que la determinación de la CIC en condiciones de pH definida, permite obtener valores comparativos entre sí, pero sin embargo no reflejan siempre las condiciones reales de los suelos, esto se debe a la influencia del pH sobre las cargas electro negativas que presentan la materia orgánica, los óxidos e hidróxidos de Fe, Al y algunas arcillas especialmente la alófana.

La CIC aumenta, naturalmente con las adiciones de Ca^{++} y Mg^{++} , estas variaciones se ajustan a la capacidad tampón de los suelos, donde los volcánicos andisólicos registran aumentos menores y en los aluviales los mayores.³

1.1.5 Aluminio. Los factores que inciden en la solubilidad del aluminio y su toxicidad entre otros, son: el pH del suelo, el tipo de arcilla predominante, concentración de otros cationes, sales y contenido de materia orgánica.

Según Kamprath (1970), el pH es importante en la determinación de la cantidad de aluminio soluble en el suelo, ya que su aumento induce a una reducción del aluminio soluble, debido a que se forman precipitados de hidróxido de aluminio. En

³ Ibid, p. 196

general a pH 5.5 se dice que no ocurre toxicidad, siendo frecuentes estos problemas a pH inferior a 5.0, donde la solubilidad se incrementa rápidamente.

Según Simpson, (1986), las consecuencias de un bajo pH del suelo pueden ser:

- Mayor concentración de elementos como Al, Fe y Mn, que puede llegar a niveles tóxicos, debido a que su solubilidad se incrementa en suelos ácidos, como es el caso del Al que limita posiblemente el crecimiento de las plantas en suelos fuertemente ácidos (pH menor a 5.5 en la mayoría de los suelos).
- Menor número y actividad de los organismos responsables de descomponer la materia orgánica y de mineralizar el nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), promoviendo la deficiencia de Ca^{2+} cuando la CIC del suelo es extremadamente baja, además puede presentarse una deficiencia de Mg^{2+} , P, Mo e incrementarse el potencial de lixiviación del K.
- Poco efecto de los herbicidas aplicados y los suelos arcillosos muy ácidos son menos agregados. Esto promueve una baja permeabilidad y aireación. Un efecto indirecto del encalado es que esta práctica produce más residuos de cultivos y esto a su vez mejora la estructura del suelo.

Según Millaway, (1979) citado por López et al. (1985), dice que la toxicidad del Al se puede disminuir mediante aplicaciones de Ca, debido a que el Al compite con este ion en el complejo de cambio del suelo por sitios de intercambio. Además Zanstra, (1971) citado por el mismo autor dice, que la reducción en el desarrollo radicular en condiciones de altas concentraciones de aluminio, podría deberse a la deficiencia de Ca, la cual obstaculiza el desarrollo de raíces primarias.

Según Blanco, (1994), la toxicidad de Aluminio a la que puede estar expuesta una planta se caracteriza por:

- Inhibir el desarrollo radicular en especies susceptibles, lo cual esta asociado con una disminución en la absorción y utilización del P. En plantas tolerantes al aluminio, las raíces han emergido como pequeñas protuberancias y su desarrollo es anormal.

- Formar un precipitado de fosfato de aluminio (Al-PO_4), causando una disminución en la utilización del P por las raíces de las plantas.
- Disminuye la absorción de Mg, K, Fe, B y Ca, además de la translocación de este último nutriente por las plantas.

1.1.6 Calcio. El calcio es absorbido por las plantas como ion Ca^{2+} . Una vez dentro de la planta, funciona de varias formas, incluyendo las siguientes (INPOFOS, 1997):

- Estimula el desarrollo de las hojas y raíces, donde simultáneamente forma compuestos que son parte de las paredes celulares, fortaleciendo así la estructura de la planta.
- Ayuda en las plantas a reducir el (NO_3), ha activar varios sistemas de enzimas y ha neutralizar los ácidos orgánicos.
- Influye indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces, disminuyendo la solubilidad y toxicidad del Mn, Cu y Al, y aumentando la disponibilidad del Molibdeno y la absorción de otros nutrientes, también estimula la actividad microbiana, como en el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno, las cuales requieren calcio en grandes cantidades.

Las plantas con deficiencia de calcio presentan un pobre crecimiento de brotes terminales y tejidos apicales de sus raíces. A consecuencia de los síntomas anteriores, el crecimiento de las plantas cesa en ausencia de un adecuado suministro de este elemento. El Ca es el catión dominante en el suelo, aun a valores de pH bajos, ocupa normalmente el 70% o más en los sitios en el complejo de intercambio. También este ion hace parte de la estructura de varios minerales del suelo como la dolomita, calcita, apatita y feldspatos, siendo estos las fuentes principales de Calcio.⁴

Según Fassbender, (1986) citado por Espinosa et al. (2006), las fuentes de calcio utilizadas para el encalamiento se disuelven lentamente en el suelo produciendo efectos de supresión en las deficiencias de Ca^{2+} y Mg^{2+} , corrigen los efectos

⁴ Ibid, p 6

negativos presentes en suelos ácidos como: la deficiencia de las bases cambiables, alto poder de fijación de fósforo y molibdeno, baja actividad microbiana y por consiguiente mineralización restringida, toxicidad de Al, Fe, Mn y deficiencia de algunos elementos. La absorción de Ca por las plantas varía entre 30 y 250 kg CaO/ha siendo más baja para cereales que para leguminosas.

El contenido de calcio en el suelo suele ser alto en las regiones áridas, en cambio es escaso en las regiones de mucha pluviométrica, sobre todo en los suelos arenosos, debido a grandes pérdidas por lixiviación (Fuentes, 1994).

1.1.7 Fuentes para el encalamiento. Cuando se selecciona un material de encalado, se debe tener en cuenta el valor de neutralización, grado de finura y reactividad de la cal. En los sitios donde la presencia de Mg^{2+} en el suelo es baja o deficiente, se debe considerar el contenido de Mg^{2+} de la cal como uno de los factores para seleccionar el material (Garman, 1999).

El valor neutralizante de un material de encalado se determina por comparación con el valor neutralizante del carbonato de calcio puro ($CaCO_3$). Se ha establecido que el valor neutralizante del $CaCO_3$ puro es 100 % y de esta forma se puede determinar por comparación el valor de neutralización de cualquier material de encalado. Este valor se denomina "valor de neutralización relativa" o "equivalente de carbonato de calcio". Los valores de neutralización relativa de varios materiales de uso común en encalado se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Valores de neutralización en algunos materiales de encalado.

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

Fuente: Ludwick et al. (1995)

Cuando se mezcla una cantidad determinada de cal con el suelo, la tasa y grado de reactividad son afectados por el tamaño de las partículas del material; las partículas de cal gruesas reaccionan más lentamente y en forma incompleta; mientras las partículas finas reaccionan más rápidamente y en su totalidad. El costo de la cal se incrementa a medida que las partículas son más finas, pero se promueve un cambio rápido de pH, sin embargo los materiales de encalado contienen tanto gránulos finos como gruesos.

Además del tamaño de las partículas, pH inicial y del grado de incorporación en el suelo, es importante considerar la naturaleza química del material de encalado, donde el óxido y el hidróxido de calcio reaccionan más rápidamente que el CaCO_3 .

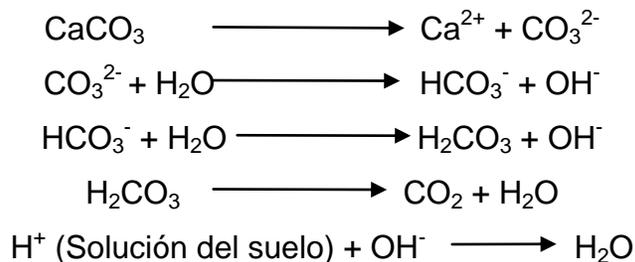
1.1.8 Tipos de fuentes para el encalado. Existen diferentes cales, que de acuerdo a su naturaleza depende su reacción en el suelo, dentro de las cuales se encuentran (INPOFOS, 1997):

- Calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$). Estos son los materiales de encalado de uso más común. La calidad depende del contenido de impurezas del material, tales como arcilla o residuos de materia orgánica. Sus valores de neutralización (CaCO_3 equivalente) fluctúan desde 65 - 70% hasta un poco más del 100%.
- Óxido de calcio (CaO). Es un polvo cáustico, blanco, el cual al ser aplicado al suelo, se debe mezclar completamente con este, debido a que reacciona rápidamente y además al no estar en íntimo contacto con las partículas del suelo este material se solidifica y puede tornarse ineficiente.
- Hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). Conocido también como cal hidratada o cal de construcción, el Ca(OH)_2 es un polvo blanco, cáustico, difícil de manejar. Este tipo de cal neutraliza rápidamente la acidez cuando se aplica al suelo.
- Gredas. Son depósitos no consolidados de CaCO_3 . Estos materiales son generalmente bajos en Mg y su valor encalante es inversamente proporcional a la cantidad de arcilla que contienen.
- Escorias industriales. Las escorias Thomas son un producto residual de la manufactura del hierro. Las escorias básicas son un residuo de la producción

de acero. Generalmente se utiliza por su contenido de P antes que por su valor como material de encalado.

- Residuos de la producción de cemento. Es un polvo residual de la producción de cemento que contiene una mezcla de CaO, CaCO₃, óxido de potasio (K₂O), carbonato potasio (K₂CO₃) y otros materiales. Es un material muy fino difícil de manejar.

1.1.9 Reacciones de la cal en el suelo. Según Espinosa (1994), las reacciones de las cales en el suelo permite la neutralización de los iones H⁺ en la solución del suelo por medio de los iones OH⁻ producidos al entrar en contacto la cal con el agua del suelo. Por esta razón la cal es efectiva solamente cuando el suelo esta húmedo. Estas reacciones al aplicar CaCO₃ son las siguientes:



El ion calcio Ca²⁺ proveniente de la disolución del CaCO₃ no interviene en las reacciones de incremento del pH. Este catión reemplaza al Al³⁺ en los sitios de intercambio en la superficie de los coloides del suelo, sirviendo como nutriente a las plantas. Mientras que el ion carbonato (CO₃²⁻) reacciona con el agua de la solución del suelo creando un exceso de iones OH⁻, que a su vez reaccionan con el exceso de H⁺ (acidez) formando agua. Por lo tanto el pH aumenta debido a que disminuye la concentración de H⁺ en la solución del suelo. Al incrementarse el pH permite la precipitación del Al³⁺ como Al(OH)₃, eliminando el efecto toxico de este cation en las plantas y la principal fuente de iones de H⁺. Es importante indicar que el ion CO₃²⁻ se disipa como CO₂ después de las reacciones de hidrólisis.⁵

1.1.10 Formas de aplicación de la cal. Otro factor importante que determina la efectividad de la cal es la forma de aplicación. Es esencial incorporar la cal de modo que se logre un contacto máximo del material de encalado con el suelo en la

⁵ Ibid, p.117.

capa arable. La mayoría de los materiales de encalado son solo parcialmente solubles en agua, por lo tanto, la completa incorporación en el suelo es muy importante para que la cal reaccione completamente. Además, es indispensable que el suelo se encuentre húmedo para que las reacciones de la cal ocurran.

Una fórmula que determina la cantidad de cal necesaria para disminuir el nivel de saturación de aluminio de la capa superior del suelo al rango deseado es:

$$\text{CaCO}_3 \text{ equivalente (ton/ha)} = 1.8 (\text{Al} - \text{RAS} (\text{Al}^{3+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}))/100$$

Donde el RAS es el porcentaje crítico de saturación de aluminio requerido por un cultivo, una variedad o un sistema agrícola determinado para superar la toxicidad del Al^{3+} , el Ca^{2+} y Mg^{2+} son los niveles intercambiables de estos cationes expresados en cmol/Kg o meq/100 g de suelo. Al compararla con datos reales de campo, la capacidad de predicción de esta ecuación es excelente (Cochrane et al. 1980 citado por López et al. 1985).

Kamprath, (1978) citado por Espinosa et al. (2006), sugiere que las proporciones de cal se basan en las cantidades que neutralizan el aluminio intercambiable, en lugar de llevar el pH a 6.5 o 7.

Espinosa, (1999), concluye que en suelos andisoles la capacidad tampón es alta y es necesario aplicar 6 ton/ha de cal para precipitar el aluminio y producir buenos rendimientos de cultivos susceptibles al aluminio. En otros andosoles la capacidad tampón es menor y en consecuencia se debe aplicar menor cantidad de Cal.

1.1.11 Frecuencia de aplicaciones de cal. Algunas veces la cal no produce los resultados esperados debido a que no tiene el tiempo suficiente para reaccionar en el suelo. Los materiales de encalado más cáusticos (como el óxido y el hidróxido de calcio) deben ser aplicados con suficiente tiempo de anticipación para prevenir daños a las semillas que están por germinar (Simpson, 1986).

Cuando se hacen recomendaciones generalizadas con respecto a la frecuencia de aplicación de cal, se pueden ocasionar problemas en campo, debido a que en esta práctica están involucrados muchos factores. La mejor forma de determinar la

necesidad de un reencalado es el análisis de suelo, además de los siguientes factores⁶:

- Los suelos de textura arenosa deben ser reencalados más a menudo, que los suelos arcillosos, debido a que reciben una menor cantidad de cal por su baja capacidad buffer y porque los nutrientes son lixiviados en épocas de lluvias.
- Las dosis altas de N como amonio (NH_4) generan una acidez considerable, implicando mayor aplicación de cal.
- Cantidad de bases removidas por los cultivos: Dependiendo del cultivo, del rendimiento y de las partes cosechadas, se pueden remover cantidades substanciales de Ca^{2+} y Mg^{2+} del suelo.
- Cantidad de cal aplicada: La aplicación en altas cantidades generalmente reduce la frecuencia del reencalado, pero no se debe sobre encalar.
- Rango de pH deseado. El mantener un pH alto generalmente requiere de aplicaciones más frecuentes de cal, que cuando se busca mantener un pH intermedio. A menudo no se logra obtener el rango deseado de pH debido: a que no se aplica la cantidad requerida de cal, se está usando un material de baja calidad (gránulos gruesos) o no se mezcla completamente la cal con el suelo.

1.1.12 Efectos causados por excesos de aplicación de cal. En suelos lateríticos puede provocar la destrucción de la estructura porosa granular. Además provoca una descomposición muy rápida de la materia orgánica, acelerando la nitrificación y consumo del humus, por ello no se debe realizar encalados en terrenos pobres en materia orgánica a menos que se aporte ésta. También un exceso de cal produce inmovilización o reducción de algunos elementos nutritivos como Fe, Mn, Zn, B, y Cu, y deficiencias de los mismos y cuando se usa sólo CaCO_3 , se reprime la absorción de Mg^{2+} a causa del antagonismo Ca/Mg. Además se afecta adversamente la relación Ca/K y puede inducir deficiencia de K (Simpson, 1986).

⁶ Ibid., p.9.

1.1.13 Materia orgánica. Según Jordan, (2005), la materia orgánica del suelo constituye un sistema complejo y heterogéneo, con una dinámica propia e integrada por diversos grupos de sustancias como: vegetales, animales, microorganismos, sus restos y las sustancias resultantes de su degradación físico-química. Es de gran importancia por su influencia en la estructura, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y en los efectos bioquímicos que causa sobre los vegetales.

Una parte considerable de la materia orgánica está formada por microorganismos, que a su vez crecen a partir de restos, o de enmiendas orgánicas. Durante el proceso degradativo, la relación C/N disminuye hasta estabilizarse. De acuerdo a los procesos mencionados anteriormente que forman la materia orgánica se producen en esta un conjunto de sustancias en constante transformación y difíciles de definir, frente a los componentes inorgánicos de la fase sólida del suelo, lo que unido a la diversidad de reacciones químicas que tienen lugar y a la heterogeneidad del medio, explica la gran diversidad de sustancias húmicas resultantes.

Debido a su tamaño y a que se trata de moléculas cargadas eléctricamente, las sustancias orgánicas poseen un marcado carácter coloidal. Al igual que las arcillas, poseen la capacidad de hincharse, contraerse, adsorber moléculas en su superficie, dispersarse, flocular y participar en el intercambio catiónico con la solución del suelo. La materia orgánica, por lo tanto, posee la capacidad de reaccionar con el suelo y las raíces. Las moléculas húmicas están cargadas negativamente, debido a la disociación débil de los grupos carboxílicos. La floculación de estos coloides sólo se ve afectada por iones, como el Ca^{2+} o Mg^{2+} . Por esta razón, el encalamiento debe preceder a los aportes de materia orgánica, de modo que el humus pueda formarse en presencia de Ca^{2+} . En este caso, el Mg^{2+} tiene una acción menos importante que el Ca^{2+} . La necesidad de Ca^{2+} necesaria para la saturación de los coloides húmicos es mucho mayor que en el caso de la arcilla. El humus mejora el poder de retención de cationes del suelo (poder adsorbente).⁷

Según Arcila y Farfán (2007), la materia orgánica presenta efectos benéficos sobre las propiedades del suelo. De acuerdo a esto en las propiedades físicas, da el color oscuro, debido al contenido de humus, permitiéndole absorber hasta el 80% de la radiación solar. También da resistencia a los agregados del suelo (cohesión), donde las sustancias húmicas actúan sobre las arcillas como el cemento de unión de las partículas minerales, haciendo mas ligeros los suelos arcillosos porque favorece la porosidad y con esto la aireación y la circulación del

⁷ Ibid., p.37.

agua, en suelos arenosos da mayor estabilidad a los agregados, además de ofrecer mayor resistencia a la acción degradativa de la lluvia y los vientos. También disminuye la densidad aparente y aumenta la capacidad del suelo para retener agua, permitiéndole almacenar más agua durante épocas de lluvias y reducir en épocas secas las pérdidas por evaporación.

Sobre las propiedades químicas del suelo la materia orgánica es fuente de micro y macronutrientes especialmente N, P y S, siendo particularmente importante el P orgánico en los suelos ácidos. También actúa como agente quelatante del aluminio y de micronutrientes previniendo en estos últimos su lixiviación y evitando su toxicidad. Aumenta la capacidad de intercambio catiónica debido al carácter coloidal de las moléculas húmicas, lo que incrementa su papel como reserva de nutrientes del suelo. La CIC de la materia orgánica es de 3 a 5 veces superior a la CIC de las arcillas. Este valor depende esencialmente del grado de oxidación de la materia orgánica humificada. Al aumentar el grado de oxidación aumenta también el número de grupos funcionales capaces de intercambiar cationes con el medio. Los suelos con una elevada proporción de materia orgánica tienen gran capacidad amortiguadora del pH, ya que entre los diversos cationes fijados por el complejo adsorbente está el catión hidrógeno. La proporción de protones adsorbidos está en equilibrio con la concentración de protones en la solución del suelo, de modo que ante un descenso del pH, los protones en exceso pueden ser incorporados al complejo adsorbente, y ante un incremento del pH, los protones adsorbidos pueden pasar a la solución. De esta manera, la materia orgánica actúa como un regulador de la acidez del suelo. Además provee de ácidos orgánicos y alcoholes, los cuales a través de su descomposición sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y a los que intervienen en la fijación de N.

La materia orgánica actúa también sobre las propiedades biológicas del suelo, ya que los ácidos húmicos regulan el estado oxidoreductor del medio en que se desarrollan las plantas; por lo tanto cuando el oxígeno es insuficiente, facilitan la respiración radical de la planta en forma de humatos, pero en condiciones normales favorece el intercambio de CO_2 y O_2 proveniente de raíces y microorganismos del suelo, los cuales al recibir una fuente energética como la materia orgánica se estimula su actividad, favoreciendo la descomposición, en cuyo proceso se puede producir una serie de sustancias que pueden ser absorbidas por las plantas, aumentando el crecimiento, además de producir otras como antibióticos que protegen a las plantas de plagas y enfermedades.

1.2 REFERENTE AL CULTIVO DE FIQUE

1.2.1 Botánica. El género *Furcraea* Vent. comprende cerca de 20 especies diferentes, algunas de las cuales se utilizan para la extracción de fibras. Frecuentemente estas especies han sido confundidas con las pertenecientes al género *Agave*, de las cuales son completamente distintas desde el punto de vista botánico (Zamonsc, 1981).

El fique se describe taxonómicamente así⁸:

REINO:	Vegetal
PHYLUM:	Tracheophyta
DIVISIÓN:	Spermatophyta
CLASE:	Angiospermae
SUBCLASE:	Monocotyledónea
ORDEN:	Liliflorae
FAMILIA:	Agavaceae
GÉNERO:	<i>Furcraea</i>
ESPECIES:	<i>macrophylla</i> Baker, <i>cabuya</i> Trel, <i>castilla</i> entre otras.
NOMBRES COMUNES:	fique, cabuya, penca, maguey entre otros.

1.2.2 Características de la especie *Furcraea macrophylla* Baker. Llamada vulgarmente uña de águila. Se caracteriza por su tronco corto; hojas verdes, generalmente lisas por el haz y ásperas por el envés, 1.5 – 2 m de largo y 0.08 – 0.14 m de ancho medidos alrededor del envés convexo; los márgenes presentan agujones de color castaño o moreno rojizo, encorvado hacia la parte distal de la hoja y separados uno del otro en trechos de 4 – 8 cm; escapo floral de 7 – 10 m de alto, las inflorescencias presentan cápsulas seminíferas y también bulbillos.

La especie uña de águila tiene un amplio rango latitudinal, crece también en las cercanías de Santander de Quilichao, Cauca, (1.115 m.s.n.m.) como en Covarachia, Boyacá, (2.500 m.s.n.m.); prefiere los suelos lateríticos y secos. La vida de la planta varía entre 14 y 20 años. Las hojas contienen de 3 a 4.5 % de fibra.

⁸ Cía. de Empaques S.A.et. al, 2004. Guía ambiental del subsector figuero.

Según Muñoz, (2008) citado por Balcazar et al. (2008), manifiesta que en el departamento del Cauca existen plantas de *Furcraea macrophylla* (uña de águila blanca y negra) con más de 30 años productivos sin ningún manejo agronómico.

1.2.3 Morfología⁹:

Las raíces, son primarias, formadas por el desarrollo de la radícula de los bulbos o de los hijuelos, estas se ramifican y dan origen a las raíces secundarias. Su forma es fasciculada, son perennes y profundas.

El tallo, es corto, de crecimiento erguido y superficie ligeramente rugosa en la que se encuentran visibles las cicatrices de las hojas que han caído. Al comienzo es bulboso y a medida que va creciendo se vuelve estipitoso.

Las yemas, tienen una posición terminal, aunque existen yemas laterales y adventicias, generalmente latentes, que permanecen inactivas por periodos largos, hasta que encuentran un ambiente propicio para su desarrollo. La mayoría de las yemas son para hojas, pero hay una yema terminal florífera.

Las hojas, son lanceoladas, de forma laminar, diez veces mas largas que anchas y acuminadas. Los bordes son dentados, acerrados y aún crenados o festoneados. La superficie del limbo puede ser glabras, glabrescentes, canescentes o seriaceas, tienen vernación convoluta y cuando están desarrolladas son carnosas y paralelinervias. Pueden llegar a medir hasta 3 metros.

Las flores, están enclavadas en una inflorescencia pluriflora, indeterminada compuesta y en forma de panícula. Son hermafroditas, con simetría radial, entomófila y anemófila, rodeada por un involucro de dos o más brácteas. Sépalos petaloides, de color verde claro. La corola es blanca punteada, dialipétala, epigina y de estibación también imbricada. Ovario inferior con tres celdas; polen amarillo harinoso. Olor penetrante a fruta madura

El fruto, es una cápsula en donde se alojan varias semillas aladas, las cuales tienen endospermo carnoso que rodea el pequeño embrión.

⁹ Mahecha V. et. al, (2004), Guía ambiental del subsector figuero.

1.2.4 Fisiología. Según Pérez, (1974), la especie *Furcraea macrophylla* Baker presenta el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM, siglas en inglés de *Cassulacean acid metabolism*) debido a su adaptación a ambientes semidesérticos y a su morfología. El nombre de metabolismo ácido hace referencia a la acumulación de ácidos orgánicos durante la noche por las plantas que poseen este mecanismo de fijación de carbono.

Las plantas CAM son el resultado de las modificaciones evolutivas, donde el CO₂ es fijado en dos etapas separadas temporalmente. Durante la noche la apertura de los estomas permite la difusión de CO₂, que es fijado e incorporado en ácidos C₄ que se acumulan en las vacuolas. Durante el día los estomas se cierran y los ácidos C₄ son llevados al citoplasma, en donde son descarboxilados. El CO₂ liberado, es fijado en los cloroplastos por el rubisco para incorporarlo al ciclo de Calvin - Benson. (Medrano y Flexas, 2000).

Este mecanismo de concentración de dióxido de carbono permite disminuir la probabilidad de que entre un O₂ en el sitio activo de la Rubisco, por lo que la eficiencia fotosintética es mayor. La mayoría de las plantas CAM suelen ser carnosas y relegadas a ambientes secos, aunque existen algunas plantas CAM acuáticas; esto es debido a su bajo rendimiento total fotosintético (ya que la absorción de dióxido de carbono está limitado a la cantidad de malato que se puede almacenar en la vacuola) por lo que son malas competidoras con las plantas C₃ o C₄.¹⁰

Por otro lado las plantas CAM muestran adaptaciones dentro de las cuales se incluyen: un mesófilo consistente en células con paredes celulares delgadas y vacuolas prominentes, variados grados de succulencia en hojas o tallos, estomas pequeños generalmente encriptados, cutículas gruesas y baja frecuencia de estomas que limitan la pérdida de agua (Sharkey, 1993 citado por Geydan y Melgarejo, 2005). Ver cuadro 1.

¹⁰ Ibid, p. 195

Cuadro 1. Algunas diferencias entre plantas C₃, C₄ y CAM.

CARACTERÍSTICA	C₃	C₄	CAM
Porcentaje de la flora mundial	89%	< 10%	1%
Hábitat típico Sitios	Distribución amplia	Sitios cálidos y praderas	Xéricos y epifíticos
Anatomía	Vaina del haz vascular no presente o sin cloroplastos	Vaina del haz vascular con cloroplastos (Kranz)	Suculencia celular o de los tejidos
Frecuencia estomática (estomas por mm ⁻²)	40 - 300	100 - 160	1 - 8
EUA (g CO ₂ fijado por kg H ₂ O transpirada)	1 - 3	2 - 5	10 - 40
Tasa máxima de crecimiento (g m ⁻² d ⁻¹)	5-20	40-50	0.2
Tasa de transpiración (H ₂ O/incremento en el peso seco)	450-950	250-350	18-125

Fuente: Leegood (1993) ¹¹

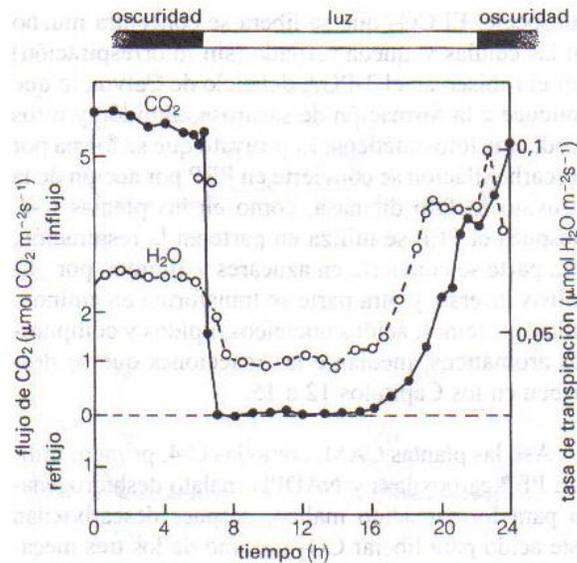
Las plantas CAM usualmente poseen mesófilo no clorénquimatoso denominado hidrénquima, especializado en la acumulación de agua utilizada para la supervivencia durante largos períodos de sequía. Adicionalmente, el sistema radicular de las plantas CAM exhibe pequeñas proporciones raíz/ vástago que limitan la pérdida de agua hacia el suelo, aun así reteniendo la habilidad para la toma rápida de agua cuando están hidratadas (Gibson y Nobel, 1986 citado por Geydan y Melgarejo, 2005).

Bajo condiciones severas de deficiencia de agua las plantas CAM son capaces de mantener una tasa de crecimiento pequeña sin comprometer la supervivencia. Por otro lado, bajo condiciones de no deficiencia en el aporte de agua las plantas CAM

¹¹ Disponible en <http://profesores.sanvalero.net/~w0548/FSVdocumentos/Fotosintesis%20C3,C4%20y%20CAM.pdf>

se encuentran entre las más productivas conocidas, como es el caso de la piña (*Ananas comosus*) y las cactáceas como *Opuntia* spp. (Benavides, s.a.). En el gráfico 1, se muestra la tendencia de la transpiración y la fijación de CO₂ diaria en una de estas especies, *Agave americana*.

Gráfico1. Tasas de fijación de CO₂ y de transpiración en la planta CAM *Agave americana* en periodos alternos de luz y oscuridad.



Fuente: Salisbury y Ross, 2000.

Típicamente una planta CAM pierde de 50 a 100 gramos de agua por cada gramo de CO₂ ganado, comparado con los 250 a 300 gramos de la C₄ y los 400 a 500 gramos de la C₃. Por lo tanto las CAM tienen una ventaja competitiva en ambientes con poca agua (Taiz, 1991), comúnmente se asocian a climas desérticos, pero incluso en ambientes tan húmedos como el bosque tropical es posible encontrarlas en forma de epifitas tales como las orquídeas (Hans-Walter, 1999), dado que la cantidad de agua sobre los troncos de sus huéspedes es menor a la registrada sobre el suelo.¹²

1.2.5 Aspectos agroecológicos del cultivo de fique. El fique presenta estructuras peculiares de defensa contra las condiciones de sequía, pero por el contrario la humedad afecta significativamente su desarrollo, por carecer de

¹² Disponible en www.es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo_%C3%A1cido_de_las_Crassulaceae

mecanismos de defensa contra los excesos de agua, dando como resultado un degeneramiento de los tejidos y la pudrición total de los mismos.

- Clima: el fique es por naturaleza una planta tropical y su cultivo solo es posible en regiones en donde prevalecen las condiciones de trópico durante la mayor parte del año. Dentro de los factores climáticos más importantes se pueden citar la temperatura, la humedad atmosférica y la precipitación.

La temperatura, donde crece generalmente el fique es según EMPAQUES DEL CAUCA (2005), de 18 a 24 °C, es decir la zona cafetera. Estas temperaturas corresponden a los límites entre los 1.000 y los 2.000 m.s.n.m., siendo óptimo su crecimiento con temperaturas entre 19 y 23°C, que corresponde a una altura entre 1.300 y 1.900 m.s.n.m. A menos de 17 °C, el desarrollo de la planta es muy lento, la fibra menos resistente y el número de hojas escaso. En las regiones con temperaturas por encima de 23 °C, el desarrollo es rápido, pero el contenido de la fibra y la longevidad de la planta es menor. Sin embargo en Colombia se cultiva el fique entre los 800 metros (Huila y Magdalena) y los 2.600 m.s.n.m. (Nariño), teniendo gran poder de adaptación, más no quiere decir que se cultive económicamente en tan diferentes medios ecológicos.

El fique en medios húmedos es muy susceptible al ataque de organismos patógenos, generalmente hongos. Una humedad relativa media de 50 y 70% es excelente para el cultivo del fique.

Las diferentes especies de *Furcraea* tienen un amplio rango de adaptación en cuanto a precipitación. La *F. cubensis* Vet. crece en suelos secos y calcareos de Cuba, Haití y República Dominicana, en regiones con precipitación anual de 500 a 700 mm.

Según Pérez (1974), la alta temperatura y las condiciones semi-húmedas son esenciales para el crecimiento de la *F. gigantea* Vent. El mismo autor dice que la *F. cabuya* Trel. crece en Costa Rica, Panamá y la costa norte de Colombia, en las llanuras costeras donde predominan las condiciones semi-áridas. La *Furcraea macrophylla* Baker nativa de Colombia, crece en sitios en donde la precipitación oscila entre 1000 y 2500 mm anuales. En términos generales, la precipitación óptima debe estar entre 1.000 a 1.600 mm. bien distribuidos a lo largo de todo el año. Además de las anteriores variables climáticas, el fique necesita de buena luminosidad con un promedio de 5 a 6 horas diarias.

- Suelos: el fique requiere para su buen desarrollo y producción de fibra, suelos de relativa fertilidad, sueltos, de topografía ligeramente inclinada. En suelos pesados, arcillosos, limo-arcillosos el desarrollo radicular de la planta es muy precario; en suelos arenosos y franco arenosos, se obtienen menores cosechas y las plantas pueden sufrir disturbios fisiológicos por deficiencia de ciertos minerales y de agua. Los mejores suelos para el fique son los sílico-arcillosos y afines, de textura mediana, de buena porosidad, que facilite su oxigenación, buen drenaje, tanto externo como interno, con un pH entre 5,5 a 7,0.¹³

La materia orgánica constituye una parte importante en la fertilidad del suelo, proporcionando una correcta granulación y capacidad de laboreo y suministrando una buena gama de nutrientes al fique. Acosta, (1961) citado por Pérez (1974), demostró que en tierras semidesérticas el fique es una planta rehabilitadora de suelos pobres y erosionados, ya que su sistema radicular es rico en nitrógeno, de tal manera que el suelo atravesado por las raíces, se enriquece de materia orgánica a medida que se acumula y descomponen las mismas. Un cerco experimental de fique ha llegado a formar suelo agrícola en 10 años, mientras que cualquier otra planta, en las mismas condiciones ambientales, hubiera necesitado no menos de dos siglos.

Las condiciones de suelos donde está plantado el fique en el Cauca se caracteriza por la textura franca de sus suelos, pH que oscilan entre 5 y 5.5, suelos con fuertes deficiencias en nutrientes como fósforo, calcio, magnesio y boro, altos contenidos de potasio y altos contenidos de materia orgánica de difícil mineralización por tanto inactiva en el suelo.¹⁴

1.2.6 Propagación. El fique (*Furcraea macrophylla* Baker) se produce de dos maneras diferentes, sexual y asexual, donde la propagación asexual es la más común en la región, por lo tanto se describe a continuación (EMPACA, 2005):

- Bulbillos: nacen en la inflorescencia de la planta y permanecen adheridos al maguey, estos son ricos en nutrientes de reserva; al madurar se desprenden naturalmente o caen por acción mecánica.
- Hijuelos: nacen en el tallo de la planta o en su base, Al igual que los bulbillos, tienen la ventaja de conservar las características de la madre, por lo que se deben

¹³ Ibid., p. 33

¹⁴ Guía ambiental subsector fiquero.

escoger de plantas que tengan entre 15 y 20 años de edad de buena producción, vigorosa y sana.

Según Pérez, (1974), después de seleccionar los mejores ejemplares, se siembran en almácigos a libre exposición solar donde permanecerán entre 6 u 8 meses antes de ser trasplantados definitivamente.

Según Balcazar et al. (2008), el sustrato para el vivero debe contener materia orgánica en proporción 3:1 (3 partes de tierra amarilla o negra: 1 parte de materia orgánica) permitiendo que los bulbillos de fique (*Furcraea macrophylla* Baker) tengan mayor desarrollo aéreo y peso radical. Los mismos autores reportan que el medio a utilizar para la propagación de esta planta debe ser en eras, debido a su bajo costo y similar desarrollo (a excepción en el número de hojas) con las plántulas sembradas en bolsas plásticas (17 x 23 cm), durante la etapa de almácigo. Cerca de 4 a 5 meses después de sembrados, los colinos deben tener una altura de 40 a 60 cm. y un peso aproximado de 300 g, época en la cual pueden ser trasplantados al sitio definitivo (Pérez, 1974).

1.2.7 Siembra. Según Pérez (1974) citado por Balcazar et al. (2008), es necesario al efectuar la siembra que las raíces queden en íntimo contacto con el suelo para evitar las cámaras de aire que impiden la absorción nutritiva del suelo; lo que se logra apretando bien la tierra contra las raíces de la planta.

Según Muñoz, (2008) citado por Balcazar et al. (2008), dice que en el departamento del Cauca los hoyos para la siembra del fique se hacen de 30 x 30 x 30 cms, con el fin de reducir costos. Algunos días antes de la siembra o al momento de esta, se llena el hoyo con la tierra necesaria, mezclada con materia orgánica.

Los agricultores del departamento del Cauca, utilizan tres sistemas de siembra para el cultivo del fique¹⁵:

- Siembra dispersa: es decir que las distancias entre planta y planta no son uniformes ocupando generalmente los linderos de las fincas o separa diferentes parcelas dentro de ellas.

¹⁵ Manual agroecológico del fiquero (2005)

- Siembra compacta: en este sistema se asigna una superficie de terreno para establecer el cultivo. La densidad es variable y se utilizan distancias de siembra que van de 2 a 3 metros entre surcos y de 1,20 a 1,50 metros entre plantas, la mayor parte de área sembrada en fique del Cauca es por este sistema.
- Siembra asociada: en este sistema el fique se siembra en surcos aislados, lo cual permite que entre estos se siembren cultivos de pancoger, como maíz, frijol, papa, tomate de mesa, entre otros.

1.2.8 Aspecto fitosanitario del fique (*Furcraea macrophylla* Baker). Según Muñoz (2008) citado por Balcazar et al. (2008), dice que en el departamento del Cauca, los problemas fitosanitarios limitantes en el cultivo de fique son el virus macana del fique (VMF), el mal rosado (*Corticium salmonicolor*), la antrácnosis (*Colletotrichum spp*) y la cochinilla de la raíz y hojas (*Diapsis bromelia*), las cuales se encuentran distribuidas desde los 1.400 m.s.n.m. hasta los 2.200 m.s.n.m. de acuerdo a la variedad, edad de la planta y la altura sobre el nivel del mar. Ver cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Principales plagas del cultivo de fique.

PLAGAS	SINTOMAS
Cochinilla de las hojas y raíces, <i>Diapsis bromelia</i>	Es un insecto chupador blanco recubierto de una capa algodonosa. En la base de las hojas de la planta afectada, aparece un grupo de insectos recubiertos por una capa blanca, que chupa la savia hasta debilitar la planta.
Gusano pasador de las hojas, <i>Batrachedra rixator odyes</i>	Larva que perfora la hoja y la deteriora, ocasionando túneles que tronchan y machacan la fibra.
Cucarrón de las hojas <i>Podismus ajenor</i>	Deteriora las hojas tiernas causando perforaciones en la base.

Fuente: Empaca, Manual agroecológico del fiquero 2005.

Cuadro 3. Principales enfermedades del cultivo de fique.

ENFERMEDADES	SINTOMAS
Macana, causada por el virus (VMF)	Rayas de color verde claro-amarillo a lo largo de la hoja, se tornan negras y provocan perdida total de la fibra
Mal rosado, causada por el hongo <i>Corticium salmonicolor</i>	En la base de las hojas infectadas aparece un crecimiento lanoso de color rosado que se extiende hasta abarcar el tronco y las hojas.
Antrácnosis, causada por el hongo <i>Colletotrichum spp.</i>	Aparición de manchas más oscuras que las de los tejidos normales, posteriormente estas manchas se tornan de color ceniza. Esto se presenta en hojas sobremaduras
Gotera del fique, causada por el hongo <i>Leptosphaeria spp.</i>	Forma una serie de manchas negras, secas y redondas que cubren y destruyen el área foliar.
Viruela, causada por un hongo no definido.	Presencia de erupciones o ampollas de color amarillento en la superficie de la hoja.

Fuente: Empaca, Manual agroecológico del fiquero 2005

1.2.9 Aspectos del cultivo de fique en el departamento del Cauca. El fique se cultiva en doce municipios del departamento del Cauca, pero solo en cuatro de ellos el volumen de producción se considera importante, siendo los mas productores en su orden: Caldon, Totoro, Timbio, Silvia, y en otros como el Tambo, Cajibío, Jambaló, Páez, Morales, Piendamó es menor su producción.¹⁶

Tradicionalmente para la propagación del fique se escogen plantas mayores de veinte años, sanas, de buena producción en la finca, que se encuentren florecidas para la extracción de los bulbillos.

Por recomendación del grupo de asistencia técnica de Empaques del Cauca desde el año 2004, se sugiere a los fiqueros, hacer semilleros en bolsa con mezcla de tres partes de tierra por una de materia orgánica. Este método de propagación ha mostrado buenos resultados y aceptación en el gremio fiquero del departamento.¹⁷ Al completar seis meses de haber sido sembrados los bulbillos directamente en eras se trasplantan al sitio definitivo, donde se ha observado por

¹⁶ Disponible en www.unicauca.edu.co/archivos/fique

¹⁷ Manual agroecológico del Fiquero, 2005.

los figueros y por los asistentes técnicos que este método genera problemas fisiológicos en la planta, más costo en mano de obra y pérdida de tiempo.

Durante las siembra, establecimiento y sostenimiento del cultivo, es inusual aplicar abonos o enmiendas y agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.

1.3 ANTECEDENTES.

López (1986), estudio el efecto de una caliza dolomítica y un escoria básica sobre la reacción del suelo y la respuesta de sorgo (*Sorghum vulgare* Pers). Ambos ensayos se hicieron con dos dosis crecientes de cada material en cantidades equivalentes a 0, 0,5, 1,0, 2,0 y 3,0 t/ha de CaCO₃, utilizando un diseño de parcelas divididas, en un suelo ácido de Venezuela. El análisis estadístico tanto de los cambios de pH como el peso de materia seca dio diferencias altamente significativas tanto entre materiales como entre dosis, indicando que el efecto de dichos materiales depende de las características físicoquímicas de los mismos así como de las dosis empleadas. Además encontró que la escoria básica produce resultados similares a los otros materiales, en su efecto sobre el pH del suelo y el peso de la materia seca del cultivo.

Franco y Valencia (1991), evaluaron el efecto de diferentes fuentes y dosis de Ca en dos suelos, un Typic Dystrandcept de la Unidad Chinchiná (Caldas) y un Typic Dystrocept de la Unidad Venecia (Antioquia), sometidos a incubación en el laboratorio por doce semanas. Ellos encontraron que la cal agrícola, la fosforita Huila y la Cal dolomítica, redujeron los niveles de acidez potencial en el suelo de la Unidad Venecia. Para el suelo de la Unidad Chinchiná no hubo cambios de acidez potencial por fuentes ni por dosis de Calcio, aunque se redujo el porcentaje de saturación de Al.

En un ensayo para determinar el efecto del encalado y el rendimiento de varios cultivos en un suelo Andosol del Ecuador, se utilizaron parcelas de 25 m², con tres repeticiones en bloques al azar. Encontraron que la capacidad tampón de este suelo es muy alta y es necesario aplicar hasta seis toneladas de cal/ha, para precipitar el aluminio y producir buenos rendimientos de cultivos susceptibles al aluminio; ellos concluyen que no existen recomendaciones concretas de dosis de cal, y se deben realizar experimentos simples de campo que determinan la cantidad de cal adecuada.

Fassbender (1986), realizó un ensayo en plantas de tomate determinando que las dosis de cal que sobrepasa el valor de pH de 5.5 - 6 produce un sobre encalado, esto indica que una dosis excesiva de cal provoca disminución de las cosechas debido al desbalance catiónico entre Ca, Mg y K. Estas conclusiones de laboratorio se corroboraron en condiciones de campo en la siembra de caña de azúcar en un Andosol, donde la dosis de 1.4 y 2.8 ton de CaO/ha aumento la producción y se observó disminución de la misma al aplicar 5.6 y 11.2 ton de CaO/ha.

Vélez et al. (2006), evaluó la variación en el pH de la rizosfera y en el porcentaje de materia seca de *Vicia sativa* L. alcanzado al aplicar fosforita Huila y calfos en un andisol del departamento de Nariño. Demostró que la materia seca parcial presentó mayor promedio cuando se adicionó fosforita Huila, este efecto se atribuyó a que los fertilizantes tienen grados de aprovechamiento diferentes de ácido fosfórico.

Salazar y Leiva (2007), evaluaron a los 13 y 16 meses el crecimiento y desarrollo de tres materiales de fique: *Furcraea macrophylla* (uña de águila), *Furcraea cabuya* (ceniza) y *Furcraea castilla* (borde de oro), en parcelas de la Universidad Nacional sede Medellín. Encontrando que en la zona de vida donde se encuentra establecido el cultivo, el material borde de oro (*Furcraea castilla*) es el que presenta mayor emisión foliar, mayor acumulación de biomasa y mayor área foliar; uña de águila (*Furcraea macrophylla*) es la que presenta mayor número de hojas pero con menor acumulación de biomasa tanto foliar como en el bulbo y en ceniza (*Furcraea cabuya*) los parámetros de crecimiento evaluados fueron intermedios entre los otros materiales.

Balcazar et al. (2008), evaluaron el efecto de diferentes sustratos sobre la propagación de bulbillos de fique (*Furcraea macrophylla*) en bolsas y eras en un andisol, del departamento del Cauca. Utilizaron un diseño de parcelas divididas, compuesto por dos tratamientos (medios de propagación), cuatro subtratamientos (sustratos) y cuatro bloques, empleándose como criterio de ablocamiento la pendiente del terreno. Encontraron que los bulbillos de fique pueden ser sembrados en tierra amarilla o negra, siempre y cuando se adicione materia orgánica, obteniendo así un desarrollo radicular y aéreo suficientemente vigoroso para ser trasplantados al sitio definitivo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 UBICACIÓN

El ensayo se situó en la Penitenciaría San Isidro, ubicada en la vereda Los Llanos a 8 Km. del centro de la ciudad de Popayán, en el departamento del Cauca. A nivel geográfico se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas; latitud de 2° 28´ 17.51" N y longitud de 76° 32´ 37.43" O, a una altura sobre el nivel del mar de 1890 m, clima medio húmedo y en el piso térmico templado, su temperatura anual promedio varía entre 12.9 y 24.3° C. La precipitación es de 1818. mm. anuales aproximadamente, repartidos en 171 días de lluvia, la humedad relativa es de 74.7% y el brillo solar de esta región es de 1902,5 horas, en el año, ver grafico.2.

Gráfico 2. Mapa del sitio del ensayo.



Fuente: www.images.google.com.co/images?hl=es&q=mapa++popayan&start=20&sa=N&ndsp=20.

2.2 MATERIALES.

El área utilizada para la siembra del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*) fue de 1244.6 m², donde a cada tratamiento se le asignó 38.89 m². Para la siembra se utilizaron 640 plantas, de las cuales 320 plantas provenían de material propagado

en bolsas y 320 plantas propagadas en eras. Se aplicó al inicio del ensayo 320 Kg. de compost comercial y 16 Kg de cada cal (cal dolomita, calfos y de fosforita Huila), con base en la recomendación técnica de Empaques del Cauca, que sugería la aplicación de 100 g/planta de cal dolomita o calfos con adición de un kg de material orgánico por planta. La composición de las cales y el compost se muestran en la tabla 2 y 3, respectivamente.

Tabla 2. Composición química de las cales.

FUENTE	MARCA	CaCO ₃ %	CaO %	P ₂ O ₅ %	MgCO ₃ %	MgO%
Cal Dolomita	D' Cales	57			24	
Calfos	Paz del Río		48	10		1
Fosforita Huila	Fosfatos del Huila		20	8		

Fuente: Casas comerciales.

Tabla 3. Composición química del compost.

pH	7.5
Matéria orgânica (%)	25
Relación carbono/ nitrógeno (C/N)	15
Nitrógeno total (%)	1.2
Fósforo total (%)	0.9
Potasio total (%)	0.8
Cenizas(%)	35

Fuente. Análisis suministrado por Multiagro.

Para la toma de datos provenientes de cada variable en campo, se utilizó una cinta métrica, un pie de rey, un planímetro, una navaja, 2 palas y un machete.

2.3 MÉTODO

Para la definición de los tratamientos se tubo en cuenta el ensayo experimental sobre el efecto de diferentes sustratos en bolsas y eras para la propagación de bulbillos de fique (*Furcraea macrophylla*) en el departamento del Cauca, realizado por Balcazar et al. (2008), además de la recomendación del grupo de asistencia técnica de Empaques del Cauca, anteriormente mencionada. De acuerdo a esto,

los tratamientos se escogieron teniendo en cuenta tres componentes: tierra, material orgánico (compost) y fuentes de calcio.

Para el desarrollo del ensayo se utilizó un diseño de bloques completamente al azar; compuesto por ocho tratamientos y dos bloques; considerando como bloque los medios de propagación utilizados durante el almacigó (bolsas y eras) y dos repeticiones por bloque. Este diseño se describe a continuación:

BLOQUE	TRATAMIENTOS	
	T0: Tierra sola	}
	T1: Tierra + compost	
	T2: Tierra + compost + cal dolomita	
BOLSAS	T3: Tierra + compost + calfos.	
	T4: Tierra + compost + fosforita huila	
	T5: Tierra + cal dolomita	
	T6: Tierra + calfos	
	T7: Tierra + fosforita huila	
		REPETICIÓN 1 Y 2
	T0: Tierra sola	}
	T1: Tierra + compost	
	T2: Tierra + compost + cal dolomita	
ERAS	T3: Tierra + compost + calfos.	
	T4: Tierra + compost + fosforita huila	
	T5: Tierra + cal dolomita	
	T6: Tierra + calfos	
	T7: Tierra + fosforita huila	
		REPETICIÓN 1 Y 2

La distribución de los tratamientos en el sitio del ensayo se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3. Distribución de los tratamientos en el sitio del ensayo

B1	R1	T0	T1	T2	T7	T5	T3	T6	T4
	R2	T5	T0	T4	T3	T1	T6	T2	T7
B2	R1	T4	T6	T3	T1	T0	T2	T7	T5
	R2	T7	T4	T5	T2	T1	T0	T3	T6

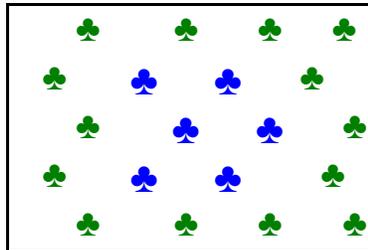
b

↓

B1: bolsas B2: eras R1: repetición uno R2: repetición dos b: pendiente

A cada tratamiento se le asignó 20 plantas, pero para conservar un ambiente experimental similar (efecto borde) se midieron solo seis plantas por tratamiento, gráfico 4.

Gráfico 4. Plantas evaluadas en cada tratamiento.



♣ Plantas borde ♣ plantas efectivas

Después de reconocer el terreno, se procedió a su preparación, retirando las especies vegetales arbustivas encontradas para facilitar el trazado en tres bolillo, a una distancia de 1.5m entre surcos y 1.5m entre plantas. Después de esta labor se ahoyo a una profundidad de 0.3m y un ancho de 0.3m x 0.3m. Luego se asignó a cada bloque el material vegetal correspondiente, distribuyéndose en forma aleatoria los diferentes tratamientos para la aplicación de las fuentes de calcio, en una dosis de 100 g por hoyo y un kg de compost de acuerdo al tratamiento.

Después de 20 días de aplicados los tratamientos se procedió a sembrar las plantas de fique teniendo en cuenta la época de lluvia. Al mismo tiempo se tomaron ocho muestras de suelo provenientes de las parcelas con cada tratamiento, igual procedimiento se llevo a cabo al finalizar la etapa de evaluación (séptimo mes), con el fin de corroborar la efectividad de las cales y el compost en la fertilidad del suelo. Las muestras fueron analizadas por el laboratorio de suelos de la Secretaria de Desarrollo Socioeconómico Rural del departamento del Cauca.

La evaluación se llevó a cabo durante un periodo de siete meses, comprendidos entre el mes de octubre de 2006 a abril de 2007 y durante este tiempo la única labor cultural fue el plateo en un radio de 0.5m de la planta. Por otra parte en el transcurso del ensayo se solicitaron las medidas diarias de las variables ambientales (temperatura, precipitación y evaporación) al aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán, para posteriormente obtener los promedios mensuales de cada variable ambiental y lograr compararlos con el desarrollo de la planta.

2.4 VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables de respuesta que se midieron durante el periodo de evaluación fueron: la altura de planta, el número de hojas, el área foliar, el grosor y el perímetro de las hojas. La recolección de los datos en campo para las anteriores variables se realizó cada 30 días.

2.5 PARÁMETROS DE MEDICIÓN EN LAS PLANTAS.

Las plantas y hojas a evaluar fueron marcadas desde el inicio del seguimiento, para facilitar la toma de datos, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento para cada variable evaluada:

2.5.1 Altura de la planta. Se determinó mediante una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja bandera, figura 1.

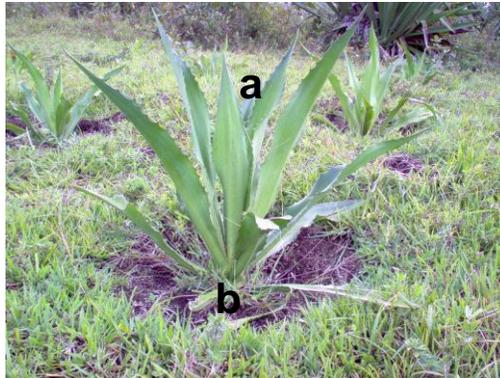
Figura 1. Parámetro para medir la altura de las plantas efectivas.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

2.5.2 Número de hojas. Se hizo el conteo de todas las hojas que conformaban la planta a excepción de la hoja más joven (a) y las que se encontraban en mal estado (b), figura 2.

Figura 2. Medición del número de hojas en campo.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

2.5.3 Área foliar. En las plantas efectivas de cada tratamiento se midió el largo y el ancho máximo de las hojas seleccionadas, mediante el uso de una cinta métrica, figura 3 y 4.

Figura 3. Medida del largo de las hojas en campo



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

Figura 4. Medida del ancho de las hojas en campo



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

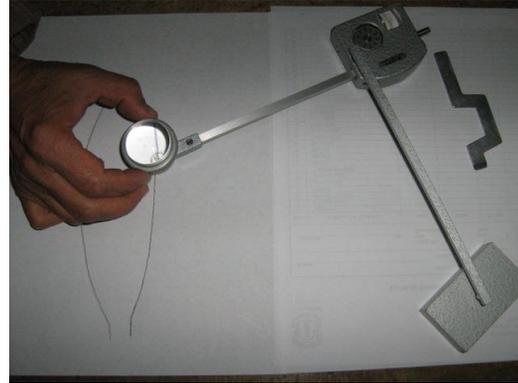
Con las anteriores medidas se obtuvo el área, pero de un rectángulo, por lo tanto se realizó una regresión lineal que permitió calcular el área foliar verdadera en cada tratamiento. Para realizar este cálculo, fue necesario que en el transcurso de la evaluación de las plantas efectivas, se tomaran cincuenta hojas del cultivo, pero de diferentes tamaños, las cuales se dibujaron en papel y mediante el uso de un planímetro polar (A.OTT KEMPTEN) se calculó el área, figura 5 y 6.

Figura 5. Planímetro polar.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

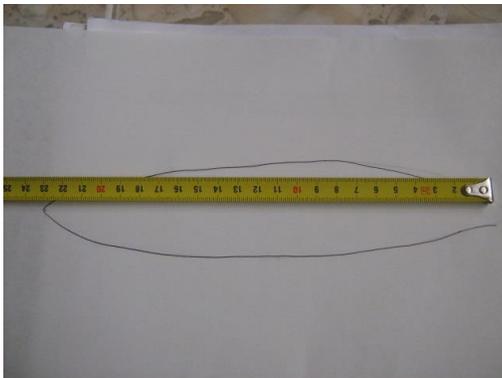
Figura 6. Medida del área foliar mediante el uso del planímetro polar.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

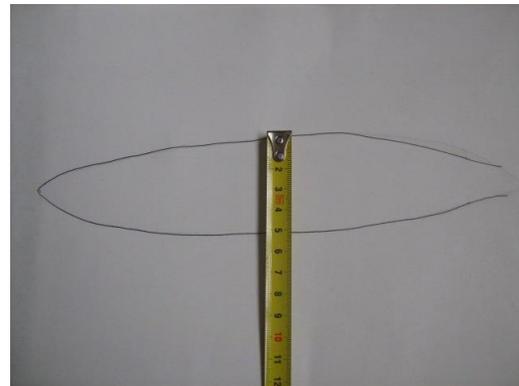
Adicionalmente se midió el largo y ancho de las hojas dibujadas en papel, figura 7 y 8.

Figura 7. Medición del largo de las hojas en el papel.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

Figura 8. Medición del ancho de las hojas en el papel.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

Con los resultados de las áreas provenientes de la anterior actividad se calculó entonces la regresión lineal. La utilidad de este método consistió en poder determinar el área foliar sin manipular o destruir las hojas.

2.5.4 Grosor de la hoja. Se determinó mediante el uso de un pie de rey, ubicándolo en el centro de la hoja, figura 9.

Figura 9. Medición del grosor de la hoja.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

2.5.5 Perímetro de la hoja. Mediante el uso de una pita que rodeaba el borde de la hoja se estableció esta variable, figura 10, posteriormente se midió con una cinta métrica la longitud que había alcanzado a recorrer este instrumento de medida, figura 11.

Figura 10. Pita sobre el borde de la hoja



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

Figura 11. Longitud de la pita.



Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

2.6 ANÁLISIS DE DATOS

En cada evaluación se tomaron 1152 datos que correspondían a las medidas de las variables de respuesta, en todos los tratamientos y medios de propagación (bolsas y eras) evaluados en el ensayo de *Furcraea macrophylla* Baker. Después del trabajo en campo los resultados fueron procesados estadísticamente mediante el empleo del análisis de varianza, para establecer diferencias estadísticas entre los tratamientos y medios de propagación. Además se realizó la prueba de promedios DMS para determinar el mejor tratamiento y el mejor medio de propagación durante la evaluación. También se calcularon los incrementos promedios mensuales para cada variable, teniendo en cuenta la diferencia que existía entre el dato de la última y primera evaluación, cuyo resultado fue dividido entre los siete meses del ensayo. Posteriormente se graficó la tendencia que presentaban las variables de respuesta con el transcurso del tiempo y se calculó mediante una regresión la ecuación que explica esta tendencia. Finalmente se efectuaron correlaciones (mediante el programa SAS 2000 versión 8) entre las variables evaluadas en el cultivo y las variables ambientales que se presentaron durante el ensayo.

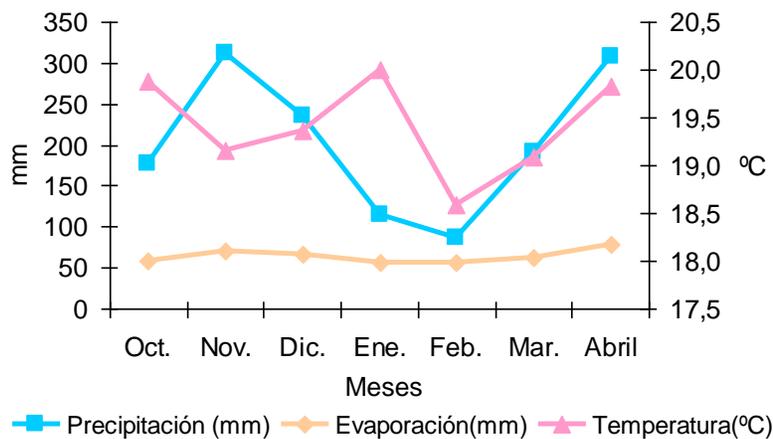
3. RESULTADOS

3.1 RELACIÓN ENTRE CLIMA Y TENDENCIAS DE DESARROLLO

Los resultados del seguimiento agronómico del cultivo de fique fueron relacionados con los factores climáticos, debido a su influencia en el desarrollo de las plantas. Los datos fueron tomados de la estación metereologica del Aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán y se presentan a continuación.

3.1.1 Condiciones metereologicas. Los datos climáticos suministrados por la estación metereológica fueron: precipitación, temperatura y evaporación, correspondientes al periodo de evaluación entre los meses de octubre de 2006 y abril de 2007, gráfico 5.

Gráfico 5. Variables Ambientales para Popayán, de acuerdo a la estación metereológica del aeropuerto Guillermo León Valencia.



En el gráfico 5, se observa que al iniciar la evaluación del ensayo experimental se tuvieron condiciones ambientales favorables, donde la precipitación promedio en el primer mes después de la siembra fue de 176.1 mm y una temperatura promedio por día de 19.89 ° C, que permitieron una adaptación aceptable de las plantas a su nuevo ambiente.¹⁸

¹⁸ Estación metereológica aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán.

La tabla 4, muestra la correlación existente entre las condiciones ambientales y las variables de respuesta. Donde se observa que el desarrollo las plantas no presentó una respuesta significativa frente al clima.

Tabla 4. Correlación (r) entre condiciones ambientales y el promedio de las variables evaluadas en el cultivo de *Furcraea macrophylla* Baker.

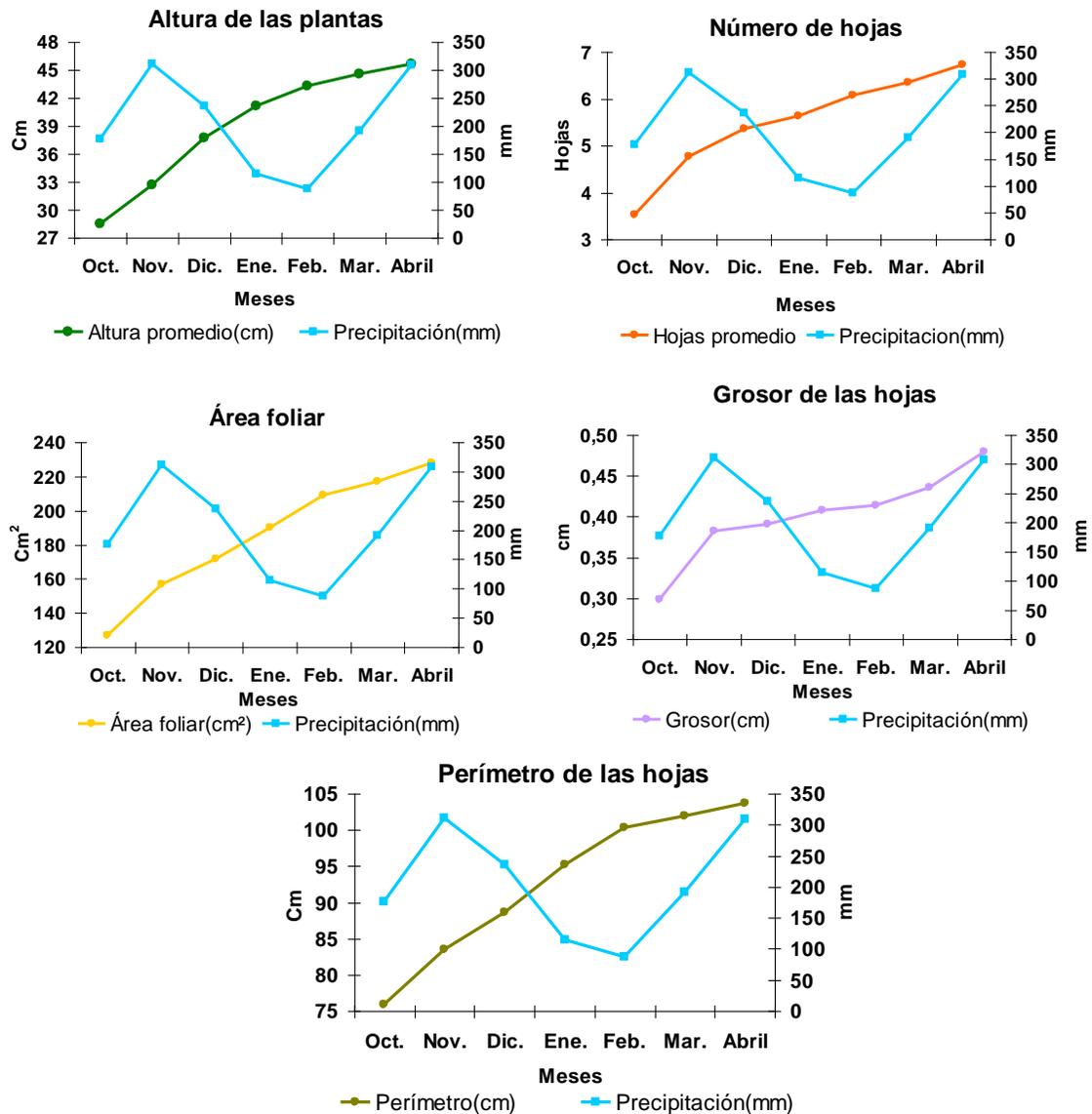
Variable	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Evaporación (mm)
Altura de la planta	-0.05	-0.24	0.27
Número de hojas	0.10	-0.18	0.40
Área foliar	0.0004	-0.21	0.30
Grosor de la hoja	0.36	-0.08	0.63
Perímetro de hojas	-0.06	-0.21	0.26

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

Al relacionar la precipitación con los promedios de todas las variables evaluadas, no se observó una correlación contundente, debido a que independientemente de la tendencia de precipitación, el crecimiento de las plantas fue ascendente. Al correlacionar la temperatura con las variables evaluadas se obtuvo una relación inversa, pero no significativa, en cambio la evaporación mostró una relación directa pero significativa, con la variable grosor de la hoja ($r= 0.63$). Esto posiblemente se deba a que al aumentar la evapotranspiración, las plantas de fique almacenaron más agua en los tejidos suculentos de las hojas y evitaron su pérdida mediante el cierre de los estomas durante el día, promoviendo así el aumento en el grosor de las hojas. (Salisbury y Ross, 2000)

En el gráfico 6, se observa que las diferentes variables evaluadas en las plantas de fique, aumentaban a pesar de la época seca que se presentó entre enero y febrero en el periodo de evaluación, esta respuesta al ambiente se puede atribuir a la fisiología CAM de la planta. Similares respuestas en especies del género *Furcraea* y *Agave* se han encontrado, teniendo un amplio rango de adaptación en cuanto a precipitación, especialmente en regiones semi-áridas, con altas temperaturas. (Nobel, 1998; Sudzuki et al, 1993 citado por Sáenz, 2006)

Gráfico 6. Relación de las variables evaluadas con la precipitación.



Otros autores como Salesbury y Ross (2000), dicen que las especies con un metabolismo CAM se adaptan a condiciones secas, debido a sus características intrínsecas como: hojas gruesas, con relación área/volumen relativamente baja, cutícula gruesa, velocidades de transpiración bajas, células fotosintéticas con vacuolas muy grandes en relación con la delgada capa de citoplasma, cierre estomático diurno lo que limita fuertemente la pérdida de agua, combinado con la apertura nocturna, (para no comprometer la ganancia de CO_2), presencia de sistemas radicales extensivos, entre otras, permitiéndole tolerar el estrés hídrico

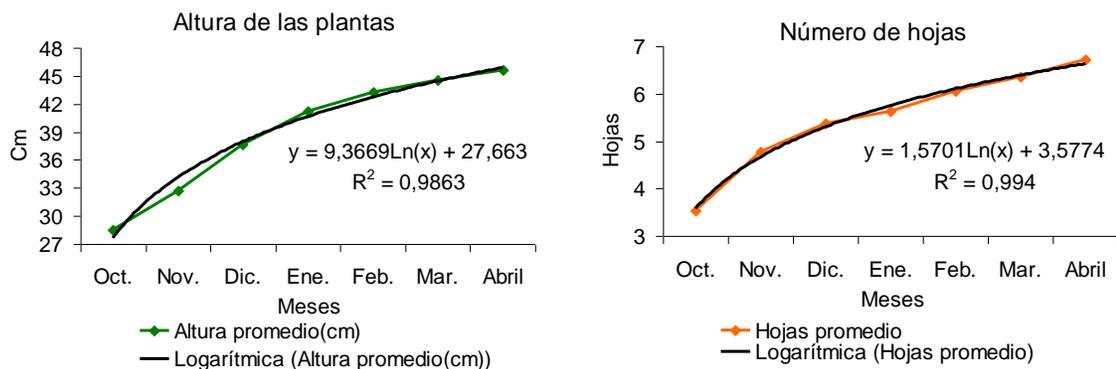
severo y mantener una tasa de crecimiento pequeña sin comprometer la supervivencia. Esto se pudo observar durante el periodo de evaluación del cultivo, debido a un bajo incremento en las variables evaluadas.

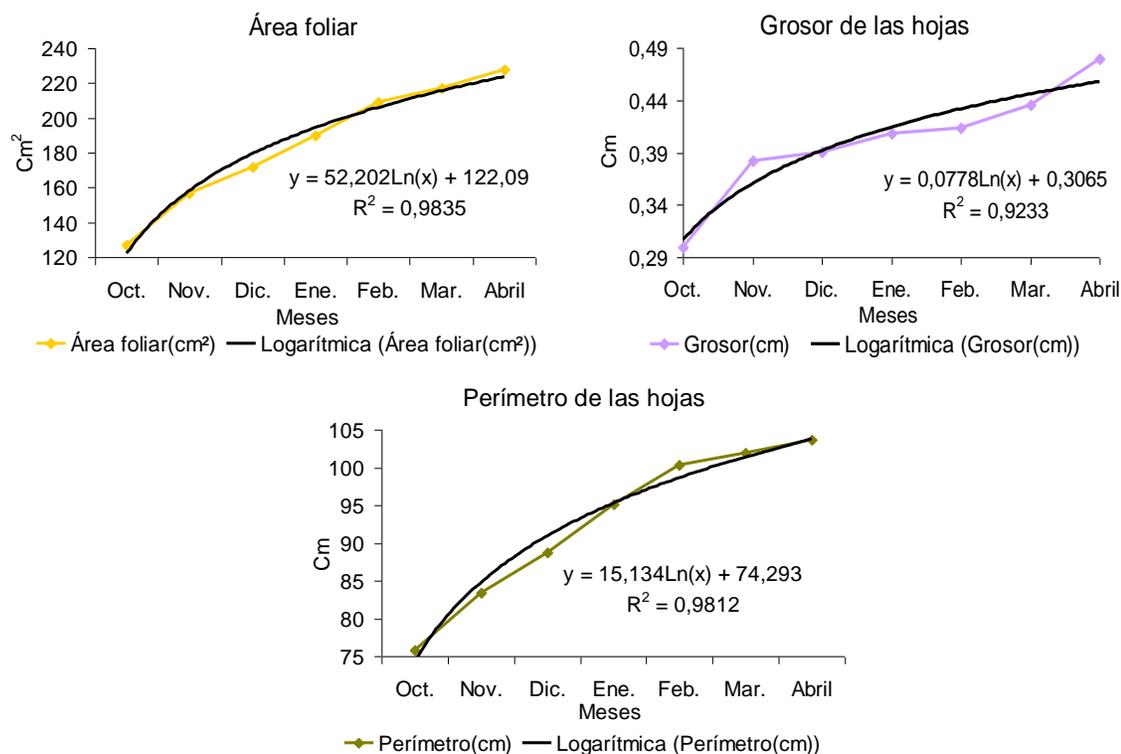
Según Cushman (2001) citado por Geydan y Melgarejo, (2005), las plantas CAM exhiben tasas en la eficiencia del uso del agua cinco a diez veces más altas que las plantas C₄, resultando en una considerable ventaja competitiva en ambientes en que el agua es el factor limitante. Razón por la cual en la época de menor intensidad de lluvias las variables evaluadas no se vieron afectadas en su desarrollo (ver grafico 6). Sin embargo en condiciones ambientes favorables (buena humedad relativa, disponibilidad de agua y luz constante) algunas plantas CAM pueden abrir los estomas desde el atardecer hasta las primeras horas tras el amanecer, permitiéndole mayor fijación de CO₂. (Medrano y Flexas, 2000).

3.1.2 Relación entre tiempo y promedio general para cada variable evaluada.

Las variables evaluadas muestran una tendencia logarítmica durante los siete meses de evaluación. La tendencia se explica mediante las ecuaciones de regresión mostradas en el gráfico 7, y los correspondientes R² (coeficiente de determinación) significativos obtenidos.

Gráfico 7. Regresión de los promedios de las variables evaluadas entre el mes de octubre de 2006 y abril de 2007.





El incremento promedio por mes de las variables evaluadas durante los siete meses del ensayo se presenta en el tabla 5.

Tabla 5. Incremento promedio por mes de las variables evaluadas.

VARIABLES EVALUADAS	INCREMENTO PROMEDIO/MES
Altura de la planta	2.46 cm
Número de hojas	0.46 hojas
Área foliar	14.38 cm^2
Grosor de las hojas	0.26 mm
Perímetro de las hojas	3.98 cm

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

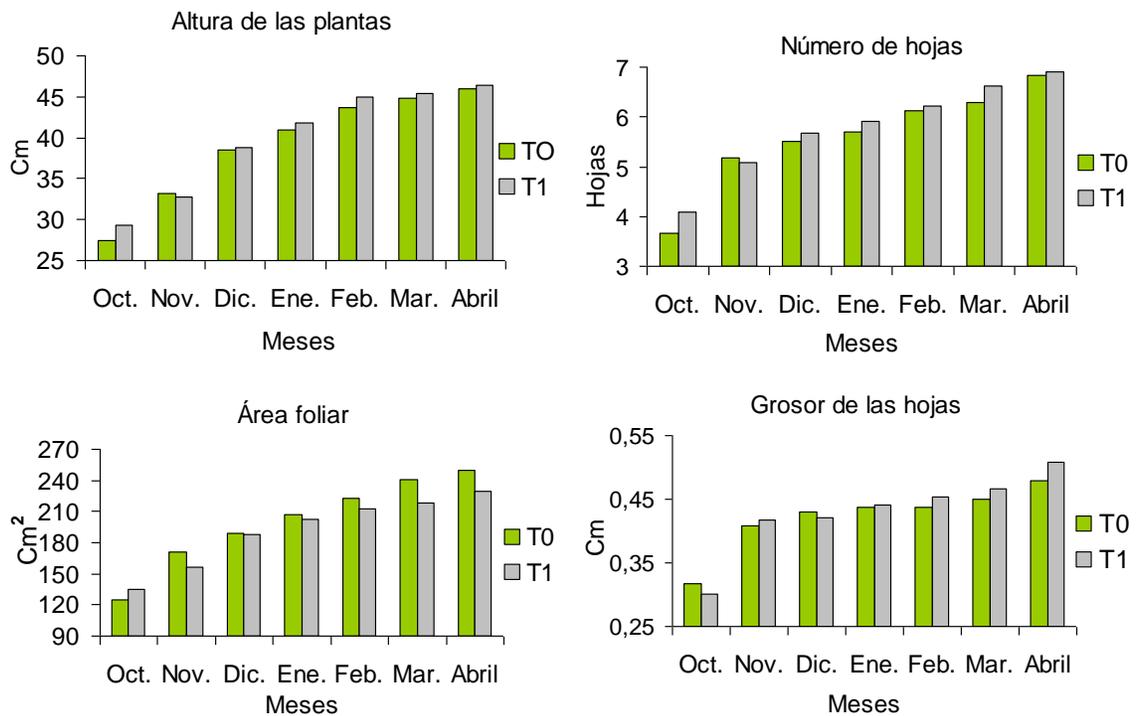
Debido a que en *Furcraea macrophylla* Baker no se ha encontrado información secundaria sobre la tasa de crecimiento, los anteriores datos son indicadores pioneros del desarrollo agronómico de esta especie, para la meseta de Popayán.

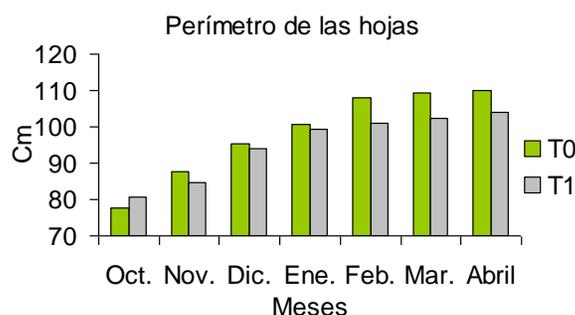
3.2 EFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES DE CALCIO Y COMPOST SOBRE LAS VARIABLES EVALUADAS.

Los resultados encontrados en esta investigación se presentan a continuación, de acuerdo con los efectos inducidos por el compost, la cal dolomita, calfos y la fosforita huila sobre las variables evaluadas.

3.2.1 Efecto del material orgánico (compost). En el gráfico 8, se observa que las variables evaluadas en el tratamiento testigo (T0) y en el tratamiento con compost (T1) mostraron un comportamiento ascendente, como lo pudo determinar el modelo de regresión obtenido (ver gráfico 7).

Gráfico 8. Efecto del compost sobre las variables evaluadas en el fique.





Según el análisis de varianza no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento testigo y el tratamiento con compost, con las diferentes variables evaluadas, anexo a.

Las plantas que recibieron un kg de compost tuvieron un comportamiento similar en algunas variables, a excepción en el área foliar frente a las plantas testigo (tabla 6). Sin embargo el efecto de esta enmienda en el suelo produjo una disminución del Al intercambiable y de la acidez del suelo, como también un aumento leve de Ca, Mg, P y algunos elementos menores (anexo b), pero aún así esta enmienda posiblemente no logró satisfacer las necesidades de las plantas de fique, especialmente de N que permitiera expresar un mayor crecimiento, en comparación con el testigo, ya que el compost presenta bajos niveles de este nutriente y posiblemente existe una lenta mineralización de este (Sikora y Azad, 1993 citado por Gómez, 2000). Por lo tanto cuando el abono orgánico se añadió al suelo, pudo requerir el aporte suplementario de N para que los procesos de mineralización se desarrollaran adecuadamente. (Cegarra et al. 1983 citado por Julca et al. 2006).

Tabla 6. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas con la aplicación de compost (T1), compost y cal dolomita (T2), compost y calfos (T3) y compost más fosforita Huila (T4) en la siembra de fique.

Tratamiento	Altura cm/mes	Hojas/mes	Área foliar cm ² /mes	Grosor (mm)	Perímetro (cm)
T0	2.65	0.45	17.74	0.23	4.65
T1	2.44	0.40	13.44	0.30	3.33
T2	2.38	0.40	13.61	0.26	3.39
T3	2.65	0.49	14.58	0.26	4.27
T4	2.13	0.46	12.59	0.24	3.92

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

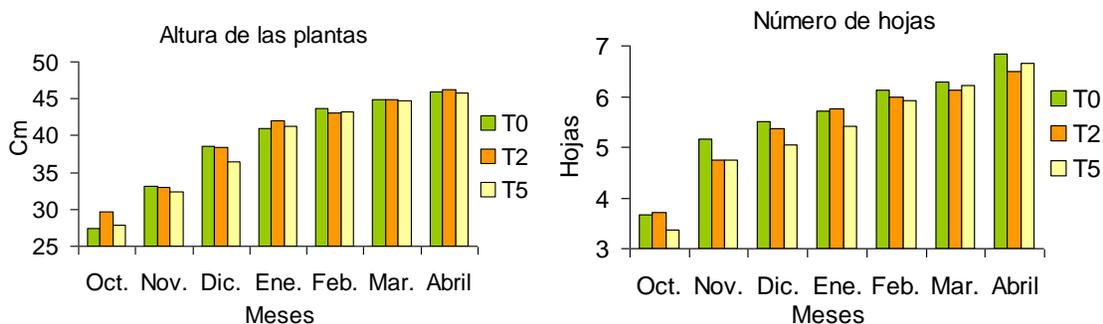
Similares resultados ha encontrado Burbano (1980), en los suelos derivados de ceniza volcánica, donde el N orgánico tiende a ser alto, sin embargo su suministro y disponibilidad son lentos, ya que la alófana a través del aluminio forma complejos estables con la materia orgánica, que limitan su suministro en esta caso para las plantas de *Furcraea macrophylla* evaluadas.

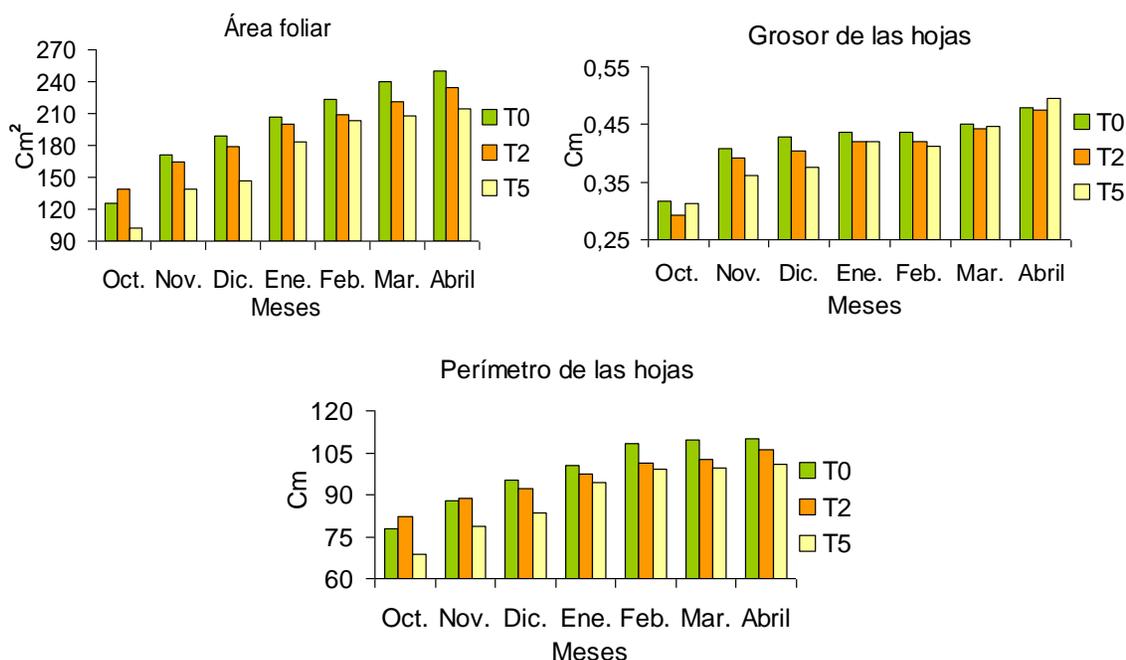
En otras evaluaciones desarrolladas también en suelos ácidos se ha encontrado que al adicionar compost al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El efecto de esta enmienda no influyó significativamente en el rendimiento de los cultivos, aunque mejoró las propiedades químicas del suelo, como la disminución de la acidez e incremento de algunos nutrientes (Begazo, 1992)

Según Escobar et al. (2004), la aplicación de diferentes dosis de compost en un suelo ácido del municipio de Florida blanca (Santander) no tuvieron efecto significativo sobre el crecimiento en altura total y sobrevivencia de los árboles de *Acacia mangium*, a 1, 3, 4 y 5 años de edad. Debido posiblemente a que los nutrientes aportados por el compost son ligados a los coloides del suelo, ya que presenta baja fertilidad y una fuerte acidez (pH 4.8). Lo anterior posiblemente sucedió en el suelo donde se llevo a cabo el ensayo con las plantas de fique.

3.2.2 Efecto de la cal dolomita y la mezcla cal dolomita más compost. En el gráfico 9, se observa el efecto de la aplicación de cal dolomita (T5), la mezcla de cal dolomita y compost (T2) y el testigo (T0) en cada una de las variables evaluadas.

Gráfico 9. Efecto de la aplicación de la cal dolomita y la mezcla de cal dolomita y compost sobre las plantas de fique (*Furcraea macrophylla*).





El análisis de varianza (ANOVA) mostró que no hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, para cada una de las variables evaluadas (anexo a), esto se debió posiblemente a que el efecto benéfico de la cal en los primeros días de su aplicación no se prolongó por un largo tiempo, lo cual se evidenció en el último análisis de suelos (ver anexo b), por lo tanto las plantas de *Furcraea macrophylla* evaluadas no tuvieron condiciones químicas del suelo estables, que les permitieran obtener un mayor desarrollo vegetativo. Esto posiblemente se produjo por que el suelo donde se desarrolló el ensayo es un andosol, el cual se caracteriza por presentar una alta capacidad tampón por la presencia de arcillas (alófana, imogolita y complejos humus-Al), resultantes de la meteorización de las cenizas volcánicas las cuales poseen una superficie muy reactiva, además de un alto contenido de materia orgánica, que mediante el H_2CO_3 producto de su descomposición se combina con las bases intercambiables del suelo, las cuales son lixiviadas del perfil llevando al suelo a condiciones de acidez (Fassbender, 1986 citado por Espinosa et al., 2006; Espinosa, 1994)

Similares resultados reporta Haro (1998), al evaluar el efecto de la cal dolomita sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sembrado en un suelo ácido, encontrando que la aplicación de esta enmienda no influyó sobre el rendimiento general del cultivo.

Igualmente Espinosa et al. (2006) evaluó el efecto del CaCO_3 a un andisol en el municipio de Popayán, donde encontró que la aplicación de esta enmienda no influyó significativamente en el cambio del pH y en el rendimiento de *Phaseolus vulgaris* var. Calima y *Zea mays* L. híbrido Synco, lo cual fue atribuido al tipo de arcillas que posee este suelo.

En otros resultados Kamprath, (1984) y Molina (1998) citados por Molina y Rojas, (2005), encontraron que al suministrar 3 ton/ha de cal, esta incrementaba el contenido de Ca en cerca de 2 cmol/kg de suelo un año después de aplicada, pero ese valor disminuía a 0,5 cmol/kg de suelo al transcurrir 2 años, indicando que el efecto residual de la cal no es permanente y que conforme el material va reaccionando y liberando Ca a la solución del suelo y la fracción intercambiable, parte de este es susceptible de perderse por lixiviación o ser absorbido por el cultivo.

En cuanto al efecto de la aplicación de cal dolomita y compost, estos no influyeron significativamente en las variables evaluadas, debido posiblemente a que el compost aumento la capacidad de intercambio catiónica, incrementándose la adsorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} provenientes de la cal, lo cual produjo un efecto mas lento de estas enmiendas en el suelo (Arcila y Farfan, 2007), además las fracciones húmicas y fúlvicas de la materia orgánica forman complejos con el Ca (Pimenta, sin año.) produciendo en las plantas de fique un menor incremento mensual de las variables evaluadas, en comparación con el testigo y la aplicación individual de cal dolomita.

Similares resultados se encontraron en Chiapas - México donde se evaluó el efecto de aplicación de la cal dolomita y gallinaza en el rendimiento de maíz nativo (*Zea mays* L. raza oloton) y en el mejoramiento de las propiedades químicas de un andisol. Encontrando que la aplicación de cal dolomita no influyó sobre el rendimiento de este cultivo, debido posiblemente a la alta capacidad tampón y al tipo de arcillas presentes. Estos resultados del efecto del rendimiento de maíz son similares a los encontrados por Sánchez y Pérez (1960); Bernal y Turrent (1985) y Aguilar y López (1992), en Andisoles de otras regiones de México (Pool et al. 2000).

Sin embargo el efecto de la aplicación de la cal dolomita y la mezcla cal dolomita y compost, frente al testigo produjeron diferentes incrementos mensuales en las variables evaluadas, los cuales se observan en la tabla 7. Donde se aprecia que el tratamiento testigo presento el mayor incremento promedio mensual en las variables altura de la planta, área foliar y perímetro de las hojas, pero el

tratamiento con cal dolomita y compost presentó el mayor incremento mensual en el número y grosor de las hojas.

Tabla 7. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas, en el testigo (To), al adicionar cal dolomita y compost (T2) y la aplicación de cal dolomita (T5).

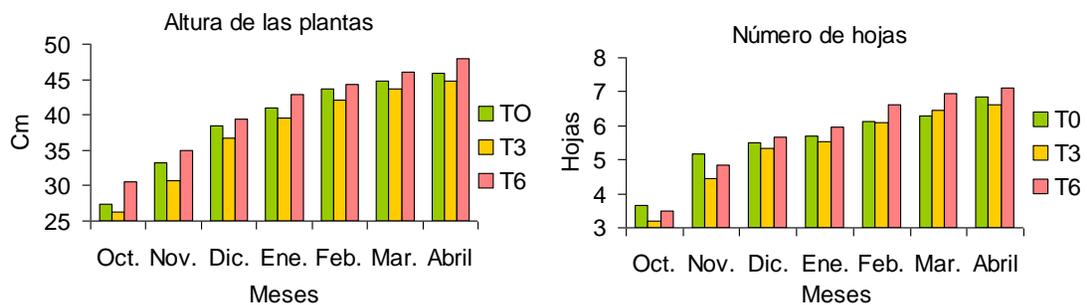
Tratamiento	Altura cm./mes	Hojas/mes	Área foliar cm ² /mes	Grosor (mm)	Perímetro (cms)
To	2.65	0.45	17.74	0.23	4.65
T5	2.38	0.40	13.61	0.26	3.39
T2	2.55	0.47	16.15	0.26	4.61

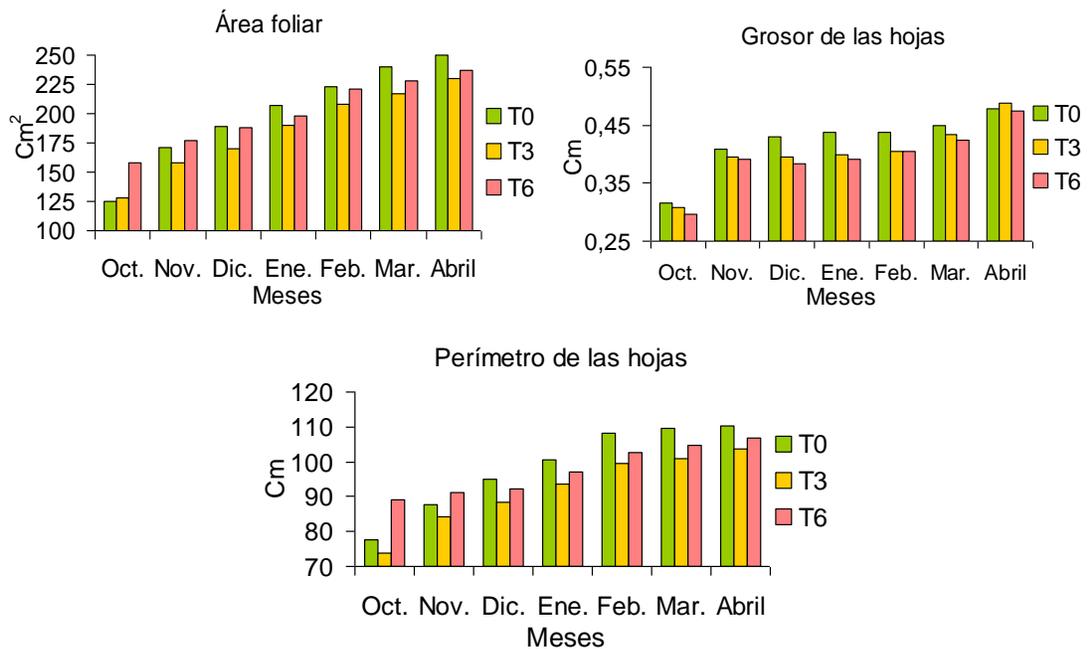
Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

3.2.3 Efecto del calfos (Escorias Thomas) y la mezcla calfos más compost.

El gráfico 10, muestra el efecto de la aplicación de calfos (T6) la mezcla del calfos más compost (T3) y el testigo (To), para cada variable evaluada. Observándose que en el transcurso del ensayo las variables de respuesta aumentaron, sin la dominancia significativa de algún tratamiento.

Gráfico 10. Efecto de la aplicación de calfos y la mezcla calfos más compost sobre las variables evaluadas en las plantas de fique (*Furcraea macrophylla*).





El ANOVA corroboró que no hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, para cada una de las variables evaluadas (anexo a), a pesar de que el calfos tuvo una reacción rápida con el suelo, en los primeros 20 días de aplicadas las enmiendas, mejorando sus propiedades químicas, especialmente el contenido de Ca y P (ver anexo b), sin embargo esta condición no se reflejó en un mayor crecimiento de las plantas. Esto se debe posiblemente a que esta enmienda aumentó considerablemente los niveles de P en el suelo, el cual al ser absorbido por la planta incrementó la actividad metabólica, pero al no haber un suministro apropiado de nitrógeno para formar nuevos tejidos, el efecto del calfos sobre el crecimiento de las plantas fue reducido. Un similar reporte hace Otero (1995) en plantas de *Agave fourcroydes*, Lem, en las cuales un suministro de P debe ir acompañado de la aplicación de N, para favorecer el crecimiento adecuado del cultivo.

Además se debe de tener en cuenta que el suelo donde se realizó el ensayo es un andosol, el cual se caracteriza por la fijación de P por complejos Al-humus y arcillas como las alófanas e imogolitas, traduciéndose posiblemente en una poca disponibilidad de este elemento para las plantas de fique (Ospina, 1974 citado por Espinosa et al. 2006; Meléndez y Molina, 2003; Wada, 1980 y Nanzyo, 1987 citados por Espinosa, 1991).

Sin embargo en la tabla 8, se observa que al aplicar calfos y la mezcla de calfos más compost se produjo un mayor incremento promedio mensual en las variables número y grosor de las hojas, en comparación con el testigo. Por el contrario en las otras variables evaluadas el testigo registro los mayores incrementos. Se debe tener en cuenta que estos resultados son simplemente un indicador del efecto de las enmiendas aplicadas.

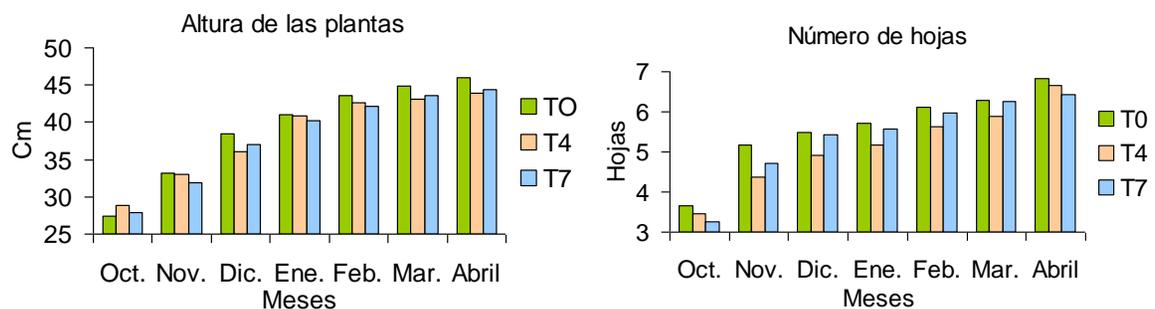
Tabla 8. Incrementos mensuales de las variables evaluadas, al aplicar calfos (T6), la mezcla calfos y compost (T3) frente al testigo (To).

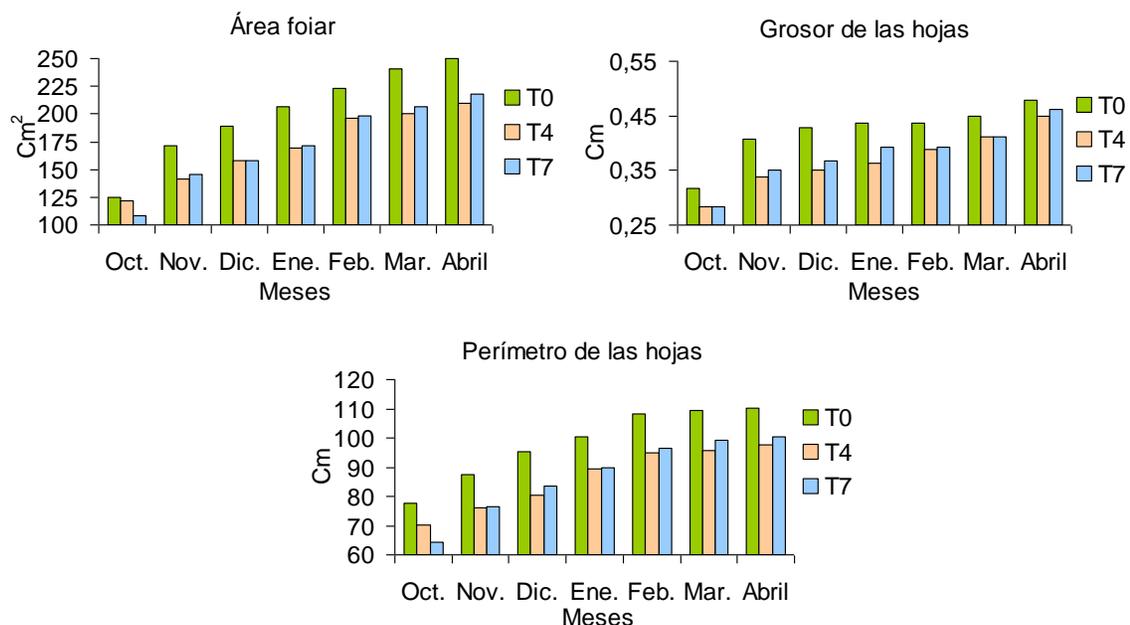
Tratamiento	Altura cm/mes	Hojas/mes	Área foliar cm ² /mes	Grosor (mm)	Perímetro (cm)
To	2.65	0.45	17.74	0.23	4.65
T6	2.65	0.49	14.58	0.26	4.27
T3	2.48	0.52	11.40	0.26	2.51

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

3.2.4 Efecto de la fosforita Huila (roca fosfórica) y la mezcla de fosforita Huila más compost. El gráfico 11, muestra el efecto de la aplicación de fosforita Huila (T7), la mezcla de fosforita Huila y compost (T4) y el testigo (To), observándose que en cada tratamiento las diferentes variables tienen un comportamiento ascendente, pero la aplicación de las enmiendas no logra superar el testigo en ninguna de las variables evaluadas.

Gráfico 11. Efecto sobre las variables evaluadas en el testigo, al aplicar fosforita Huila y el compost en el cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*).





El ANOVA corroboró que no hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, con cada una de las variables evaluadas (anexo a), esto posiblemente se debió a que la fosforita Huila presentó una mediana reactividad, lo cual produjo una menor disponibilidad nutrientes para la plantas de fique, ya que el efecto de esta enmienda es superior en suelos fuertemente ácidos y con bajos niveles de Ca y P (Hammond y Leon, 1982 citados por Fernandez y Meza 2004). Este comportamiento se debe a las altas concentraciones de iones hidrogeno en los suelos ácidos que permiten una reacción entre estos iones y la roca fosfórica, liberándose el fósforo y haciéndolo más disponible para las plantas (Allen et al. 1995 citado por Morillo et al. 2007).

Además el andosol donde se desarrolló la evaluación presentó posiblemente alta capacidad tampón y una mayor fijación de P por arcillas como las alófanas, imogolitas y complejos Al-humus, presentes en estos suelos, Ospina, (1974) citado por Espinosa et al. (2006), disminuyendo de esta forma la disponibilidad de nutrientes para las plantas evaluadas.

Similares resultados reporta Rodríguez y Lotero (1967), citado por León (1980), en experimentos realizados en invernaderos, indicando que para los suelos de Antioquia la roca fosfórica de Turmaque, produjo los más bajos rendimientos en lechuga romana, en contraposición con el fosfato bicálcico y las escorias Thomas.

En otro ensayo realizado por Howeler (1976), citado por León (1980), en un andosol en Popayán, se encontró que no hay respuesta en el suelo, a las dosis y a las fuentes de fósforo, provenientes de las rocas fosfóricas suministradas, debido posiblemente a las características que presentan estos suelos y la poca reactividad de las rocas aplicadas.

En cuanto al efecto de la aplicación de la mezcla de fosforita Huila más compost sobre las plantas de fique evaluadas no se observaron respuestas a su suministro, debido posiblemente a que la mezcla de fosforita huila y el compost elaborado produce reacciones antagónicas, ya que la enmienda orgánica contiene generalmente compuestos alcalinos que pueden impedir la disolución de la fosforita Huila (Mahimairaja et al. 1995 citado por FAO, 2007), de acuerdo a esto las plantas de fique no tuvieron posiblemente una completa disponibilidad de nutrientes, que produjera un mayor crecimiento en comparación con las plantas testigo.

Lo anterior se puede corroborar en la tabla 9, donde se observa que ninguno de los tratamientos aplicados tuvo un completo dominio sobre los incrementos promedios en las diferentes variables evaluadas, cuando se adicionó fosforita Huila y compost en el cultivo de fique.

Tabla 9. Incrementos promedios mensuales de las variables evaluadas, en el testigo (To), al aplicar fosforita Huila (T7) y la mezcla de fosforita Huila y compost (T4).

Tratamientos	Altura cm/mes	Hojas/mes	Área foliar cm ² /mes	Grosor (mm)	Perímetro (cms)
To	2.65	0.45	17.74	0.23	4.65
T7	2.13	0.46	12.59	0.24	3.92
T4	2.36	0.45	15.56	0.26	5.17

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

3.3 ANALISIS GENERAL DE LA APLICACIÓN DE LAS CALES Y LA MEZCLA CON EL COMPOST SOBRE LAS PLANTAS DE *Furcraea macrophylla* Baker.

De acuerdo a los anteriores resultados las enmiendas aplicadas no influyeron en la respuesta de las plantas, ya que ningún tratamiento supero completamente al testigo, también se debe tener en cuenta que existieron deficiencias en algunos

nutrientes esenciales para el cultivo de fique, como es el caso del Nitrógeno, el cual es indispensable para la formación de nuevos tejidos y a su vez para activar la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos presentes en el suelo.

Además de las condiciones edáficas se debe tener en cuenta la fisiología CAM que posee esta especie (cuadro 1), siendo muy eficiente en el uso del agua, pero presenta una tasa máxima de crecimiento y transpiración mucho menor en comparación con las especies con metabolismo C_3 o C_4 (Leegood, 1993). Ya que durante el día los estomas se cierran para evitar la pérdida de agua por transpiración, pero se disminuye el gradiente en el potencial hídrico de la planta, el cual permite el movimiento del agua y los minerales disueltos desde el suelo hacia el tallo y las hojas, presentándose así un déficit parcial de nutrientes minerales (Medrano y Flexas, 2000). Este efecto se pudo acrecentar más por la textura franco arenosa del suelo evaluado (ver anexo 2), ya que existe generalmente mayor pérdida de nutrientes por lixiviación en época de lluvias y un déficit de agua causada por mayor evaporación en época de sequía, que estimularía el cierre estomático.

Para que este proceso se realice es necesario la presencia de Ca^{2+} en los espacios intercelulares, donde este ion sirve como segundo mensajero en el funcionamiento de algunas hormonas y en respuestas medio ambientales (Medrano y Flexas, 2000).

Una de las respuestas en las plantas superiores frente a el estrés fisiológico es el aumento en el contenido de la hormona llamada ácido abscísico, el cual se acumula en los compartimentos intercelulares alcalinos, causando aumentos de Ca^{2+} citosólico, que estimulan la despolarización de la membrana, promoviendo así la salida de K^+ y aniones de la células guarda, reduciendo la turgencia y con esto el cierre de los estomas, además de la inhibición de la abertura estomatal, si continua el estrés (Lafuente y Zacarias, 2000).

Por lo tanto al suministrar Ca^{2+} al suelo las plantas de fique tuvieron una mayor disponibilidad de este nutriente, el cual posiblemente fue absorbido y acumulado en los espacios intercelulares en las hojas, donde junto al ácido abscísico se produjo un sinergismo que conllevó al cierre de los estomas (Assmann y Shimazaki, 1999)¹⁹. También se propone que el cierre estomatal, se puede dar a corto plazo el cual ocurre en respuesta a niveles elevados de Ca^{2+} citoplasmáticos

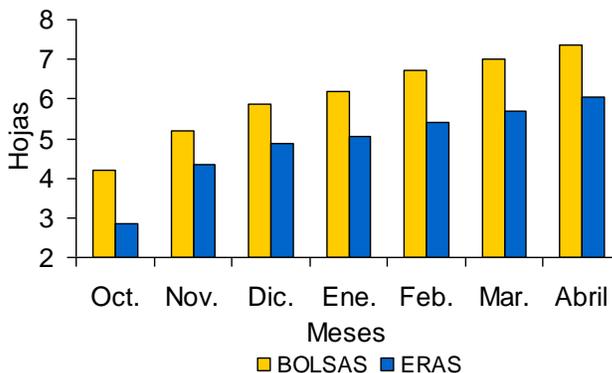
¹⁹ Disponible en http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lbi/herrera_c_m/capitulo3.pdf

y el cierre estomatal a largo plazo, que esta controlado por oscilaciones de Ca^{2+} citoplasmático, es decir la entrada repetitiva de este ion a través de la membrana plasmática (Schroeder et al. 2001)²⁰. Otra vía que pudo tomar el calcio fue ligarse con proteínas como la calmodulina presente en las células oclusivas promoviendo de esta forma el cierre estomático (Sanchez y Aguirreolea, 2000). De acuerdo a esto se puede inferir que el enclamiento en el cultivo de *Furcraea macrophylla* produjo posiblemente una mayor eficiencia en el metabolismo CAM, especialmente en el cierre de los estomas, promoviéndose una menor asimilación de nutrientes en este cultivo, lo cual se reflejó generalmente en mayores incrementos mensuales de las variables evaluadas en el tratamiento testigo.

3.4 EFECTO DE LOS MEDIOS DE PROPAGACIÓN (BOLSAS Y ERAS) EN EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FIQUE (*Furcraea macrophylla* Baker)

El gráfico 12, muestra el efecto que tuvieron las plantas provenientes de los medios de propagación bolsas y eras, sobre la variable número de hojas, durante el establecimiento del cultivo de fique. Observándose en general un aumento en el número de hojas a través del tiempo, pero con mayores diferencias entre plantas propagadas en los medios, a favor de bolsas.

Gráfico 12. Efecto de los medios de propagación del fique, sobre el número de hojas en la etapa de establecimiento.



El cuadro 4, muestra el resultado del ANOVA donde se observa que durante todo el periodo de evaluación, la variable número de hojas presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las plantas provenientes de los diferentes medios,

²⁰ Ibid., p 17

obteniéndose en la última evaluación un promedio de 7.38 y 6.21 hojas en las plantas propagadas por bolsas y eras respectivamente.

Cuadro 4. ANOVA para los promedios del material vegetal propagado por bolsas y eras, sobre la variable número de hojas en los primeros siete meses de establecimiento del cultivo de fique.

Variable	Época de evaluación (meses)	Medio	Promedio	fc.	ft 5%
Número de hojas	Octubre	Bolsas	4.21	36.22	5.59
		Eras	2.90		
	Noviembre	Bolsas	5.20	8.55	5.59
		Eras	4.38		
	Diciembre	Bolsas	5.85	8.34	5.59
		Eras	4.93		
	Enero	Bolsas	6.20	10.10	5.59
		Eras	5.16		
	Febrero	Bolsas	6.74	27.51	5.59
		Eras	5.49		
	Marzo	Bolsas	7.02	27.27	5.59
		Eras	5.77		
	Abril	Bolsas	7.38	34.73	5.59
		Eras	6.21		

Fuente: Ituyán, Muñoz, Paz y Rivera.

El número de hojas fue mayor en las plantas que provenían de la propagación mediante bolsas debido posiblemente a que en este medio se redujo la crisis postrasplante, ya que el sistema radical inicial se conservó íntegramente y no hubo interrupción en la alimentación de la planta, se mantuvo la humedad durante el transporte del vivero al campo, protegiendo a la planta contra el estrés hídrico y además estuvieron menos expuestas a los daños mecánicos, lo cual permitió una adaptación favorable a campo, reflejandose en un aumento superior en el número de hojas en comparación con las plantas propagadas en eras. Siendo esta variable de gran importancia en el cultivo de *Furcraea macrophylla* Baker, debido a que las hojas son la materia prima para la extracción de la fibra, generando posiblemente un mayor ingreso al productor fiquero

Similares resultados encontró Cyrus y Mora (1983), citado por Arroyo y Mora (2002) al propagar plantas de pejibaye (*Bactris gasipaes*) mediante bolsas, ellos observaron que estas se comportaban mejor en campo después del trasplante, en

contraste con aquellas plántulas procedentes de eras y transplantadas a raíz desnuda o con diferentes formas de poda.

También en otros ensayos utilizando materiales diferentes a bolsas se han tenido buenos resultados, como los encontrados por Bruzón (2004) citado por Sandó (2006), los cuales produjeron plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) mediante la utilización de vasos plásticos desechables de 320 cm³ logrando con esta técnica optimizar la producción de las plántulas, su adaptación a campo después del trasplante y un aumento en el rendimiento del cultivo. Similares resultados reporta Saravia (1987); Ferro et al., (1998) citado por González et al. (2002), en la misma especie al propagar plantas en igual medio, encontrando que estas presentan un mayor desarrollo total de raíces y parte aérea, promoviendo así mayor precocidad en campo.

Además de las ventajas que el medio de propagación en bolsa manifestó sobre el número de hojas, este efecto puede estar relacionado con los resultados obtenidos por Balcázar et al. (2008), quienes propagaron las plántulas utilizadas para este ensayo y que evaluaron durante la etapa de vivero. Ellos, encontraron que las plantas propagadas en bolsas (17 x 23 cm) y con un sustrato enriquecido con materia orgánica (gallinaza), tienden a presentar mayor número de hojas y mayor longitud de raíces, frente a plantas propagadas en eras.

Similares resultados se han encontrado en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) donde se ha establecido una relación entre el desarrollo adecuado de la raíz y la parte aérea durante la etapa de almácigo y un normal desarrollo vegetativo y reproductivo después del establecimiento en campo, promoviendo así mejores producciones en comparación con plantas que no cumplen las condiciones mencionadas anteriormente. (Arcila, 1992)

Las plantas de fique que provenían de eras fueron transplantadas a raíz desnuda, lo cual produjo un daño mecánico en su sistema radical debido a que son arrancadas de las eras. Este daño presumiblemente ocurrió en su gran mayoría en las raíces secundarias de la planta, que son las de mayor número y por ende exploran la mayor cantidad de suelo para la absorción de nutrientes y agua, lo cual dificultó posiblemente la provisión de estas sustancias en los primeros días de establecidas las plantas provenientes de este medio, produciendo el marchitamiento y la muerte de parte de los extremos de las hojas más jóvenes, disminuyendo de esta manera el área foliar potencial para el desarrollo de la fotosíntesis. De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que la salud y vigor del sistema radical, se reflejó en la morfología y crecimiento de la parte aérea de las

plantas, obteniéndose menor número de hojas, en las plantas provenientes de eras (Landis, 1990 citado por Balcazar et al. 2008; en café, Raven et al. 1999).

Otros autores como Gaytan et al. (2006), han encontrado que plántulas procedentes de semilleros para trasplante a raíz desnuda necesitan un tiempo de recuperación de esta labor, antes de reanudar su crecimiento, debido a que su sistema radical ha estado sujeto al daño durante el arranque del semillero.

3.5 COSTOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO DE FIQUE.

En los cuadros 8 y 9, se puede observar el costo de establecimiento de plantas de fique (*Furcraea macrophylla*) provenientes de bolsas y de eras, con la aplicación de compost y diferentes fuentes de calcio, donde resulta más costoso establecer un cultivo propagado mediante bolsas (\$482), frente a la propagación en eras y aún más costoso (\$ 494 a \$ 732) si se aplica materia orgánica y las diferentes fuentes de calcio a los hoyos antes de la siembra. La información complementaria sobre costos se presenta en el anexo c y d.

Cuadro 5. Costos de establecimiento de plantas de fique propagadas mediante bolsas y con la aplicación de compost y cal.

ITEM	TO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Semilla (20 plantas)	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260	\$ 3,260
Compost (20 kgs)		\$ 5,000	\$ 5,000	\$ 5,000	\$ 5,000			
Cal dolomítica (2 kgs)			\$ 240			\$ 240		
Calfos (2 kgs)				\$ 480			\$ 480	
Fosforita Huila (2 kgs)					\$ 400			\$ 400
Mano de obra*	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375	\$ 6,375
Valor por planta	\$ 482	\$ 732	\$ 744	\$ 756	\$ 752	\$ 494	\$ 506	\$ 502
Valor del tratamiento	\$ 9,635	\$ 14,635	\$ 14,875	\$ 15,115	\$ 15,035	\$ 9,875	\$ 10,115	\$ 10,035

*Valor jornal: \$12.000

Fuente: autores de la evaluación.

Cuadro 6. Costos de establecimiento de plantas de fique propagadas mediante eras y con la aplicación de compost y cal.

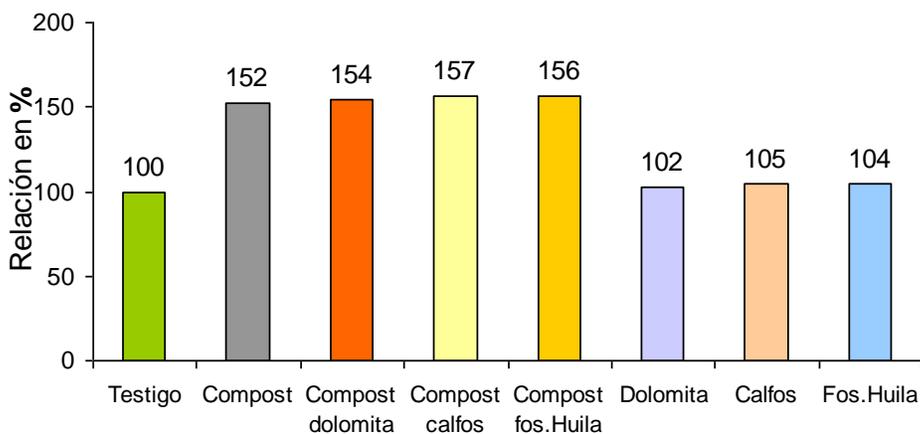
ITEM	TO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Semilla (20 plantas)	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660	\$ 2,660
Compost (20 kgs)		\$ 5,000	\$ 5,000	\$ 5,000	\$ 5,000			
Cal dolomítica (2 kgs)			\$ 240			\$ 240		
Calfos (2 kgs)				\$ 480			\$ 480	
Fosforita Huila (2 kgs)					\$ 400			\$ 400
Mano de obra*	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175	\$ 5,175
Valor por planta	\$ 392	\$ 642	\$ 654	\$ 666	\$ 662	\$ 404	\$ 416	\$ 412
Valor del tratamiento	\$ 7,835	\$ 12,835	\$ 13,075	\$ 13,315	\$ 13,235	\$ 8,075	\$ 8,315	\$ 8,235

* Valor jornal: \$ 12.000

Fuente: autores de la evaluación.

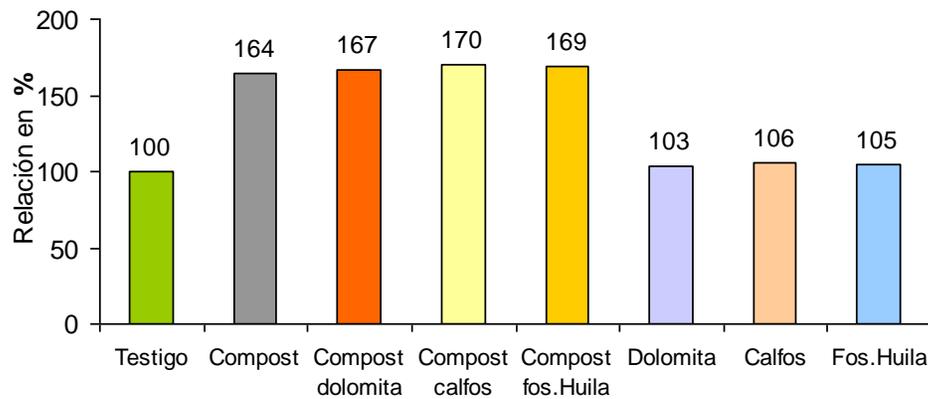
El establecimiento del cultivo de fique, utilizando material proveniente de bolsas para el tratamiento testigo tiene un costo de \$ 482 por planta. Los tratamientos que recibieron un kilogramo de compost y 100 g de las diferentes fuentes de Calcio, presentaron un costo comprendido entre un 52 % (\$732) hasta un 57 % (\$ 756), más que el testigo, siendo el tratamiento más costoso en esta interacción, la aplicación de compost (T1) y calfos (T6). En cambio al aplicar solamente las fuentes de calcio, estos tratamientos presentaron un costo mayor, entre un 2% (Cal dolomítica) a un 5% (calfos) con respecto al tratamiento testigo (gráfico 13).

Gráfico 13. Costo de establecimiento de plantas de fique provenientes de bolsas, aplicando compost y diferentes fuentes de calcio.



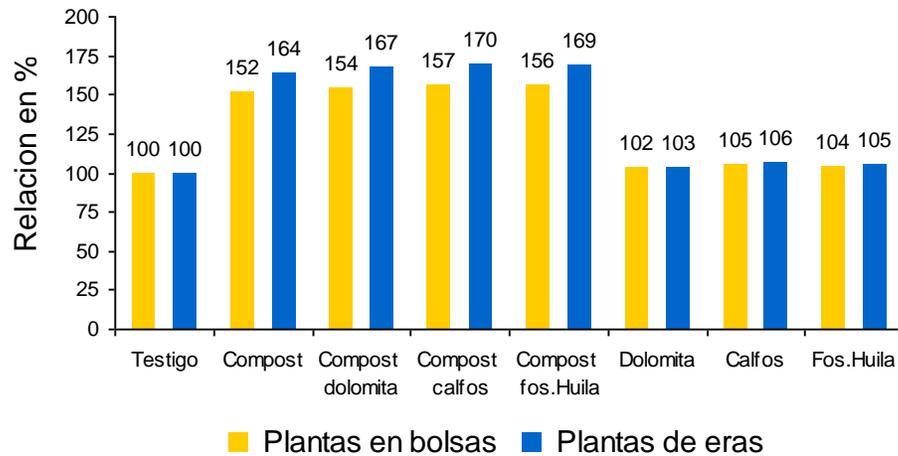
Al establecer el cultivo de fique utilizando plantas propagadas en eras, se presentó que el tratamiento testigo tiene el menor costo (\$ 392) por planta al compararlo con los demás tratamientos, pero los tratamientos más costosos (entre 64% a 70%) son aquellos que recibieron compost y las diferentes fuentes de calcio, siendo el tratamiento más costoso en esta mezcla, la aplicación de compost y calfos (\$ 666). En cambio al aplicar solamente las fuentes de calcio, estos tratamientos presentaron un costo entre un 3% (Cal dolomítica) a un 6% (calfos) con respecto al tratamiento testigo (gráfico 14).

Gráfico 14. Costo de establecimiento de plantas de fique provenientes de eras, aplicando compost y diferentes fuentes de calcio.



Al comparar el costo de establecimiento de plantas propagadas mediante bolsas y eras y con aplicación previa a la siembra de las diferentes enmiendas, se encontró, que el establecimiento de un cultivo de fique presenta un mayor costo cuando el material vegetal proviene de bolsas, esto se debe según Balcazar et al., (2008) a que estas plantas tienen un mayor costo (\$482 para el testigo) en comparación con las provenientes de eras (\$392 para el testigo), gráfico15.

Gráfico 15. Costo de establecimiento en el sitio definitivo de plantas de fique propagadas en bolsas y en eras.



También se observó, que al momento de la siembra se gastaron más jornales en las plantas provenientes de bolsas (0.2 jornales) en comparación a las procedentes de eras (0.1 jornales), debido a que poseían un sustrato que dificultaba su transporte al sitio definitivo en igual cantidad a las provenientes de eras, además al momento de la siembra se demoraba más retirando las bolsas de las plantas y posteriormente recojiéndolas, que realizar la poda radical, debido a que no todas las plantas provenientes de eras necesitaban esta operación.

Para definir el costo del mejor tratamiento es necesario corroborar los datos con la producción de las plantas de fique, pero debido a que este ensayo se realizó durante los primeros siete meses después de su siembra, los anteriores datos servirían como una guía de costos para el establecimiento del cultivo de *Furcraea macrophylla*. Por lo tanto es necesario realizar una evaluación a largo plazo, ya que la producción en este cultivo inicia después de tres años de su siembra y de esta manera establecer el costo del mejor tratamiento.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales registradas en el municipio de Popayán, durante el periodo de evaluación, no tuvieron un efecto contundente sobre las variables de respuesta en el cultivo de *Furcraea macrophylla* Baker, a excepción de la evaporación, la cual al aumentar produjo posiblemente un incremento en el grosor de las hojas de esta especie.

La aplicación de compost y las diferentes fuentes de calcio mejoraron las condiciones químicas del suelo, según el resultado del análisis inicial y final de las muestras, pero este efecto no se reflejó de forma significativa en el crecimiento de las plantas de *Furcraea macrophylla* Baker evaluadas. Sin embargo el efecto de la aplicación de calfos (T6) presentó el mayor incremento en las variables altura, área foliar y perímetro de las hojas.

Las plantas de fique presentaron en el periodo de evaluación un incremento promedio por mes en altura (2.46 cm), número de hojas (0.46 hojas), área foliar (14.38 cm²), grosor (0.26 mm) y perímetro de las hojas (3.98 cm), siendo estos datos pioneros en el desarrollo del fique para el municipio de Popayán.

Durante el periodo de evaluación, las plantas de fique que provenían de la propagación mediante bolsas presentaron el mayor número de hojas, encontrándose diferencias significativas con las plantas que fueron propagadas en eras y posteriormente transplantadas a raíz desnuda al sitio definitivo. Este resultado es muy importante, debido que un mayor número de hojas por planta representaría mayores rendimientos en este cultivo.

Cuando se establece un cultivo de fique utilizando plantas propagadas mediante bolsas, su costo es mayor en comparación con las plantas provenientes de eras, sin embargo el mayor costo del primer medio se podría compensar con un mayor número de hojas durante la etapa de producción de esta especie.

5. RECOMENDACIONES

Realizar un ensayo a largo plazo (3 o 4 años) que permita confirmar el efecto que tendría el propagar plantas de fique mediante bolsas en la variable número de hojas y su compensación con el costo de establecimiento de estas plantas.

De acuerdo a los resultados obtenidos y la literatura consultada, es inconveniente aplicar simultáneamente materia orgánica y cualquier fuente de calcio al momento de la siembra del cultivo de fique en suelos con similares características al sitio donde se realizó la evaluación.

Debido al poco conocimiento sobre la fisiología de esta especie, en nuestra región, se hace necesario realizar investigaciones enfocadas en este campo, que permitan obtener mejores rendimientos y darle mayor valor agregado a esta especie.

BIBLIOGRAFIA

ARCILA, Jaime y FARFAN, Fernando. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en los sistemas de producción de café. En: OSPINA, Héctor y MARÍN, Sandra. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná: CENICAFE, 2007. p. 28, 214 y 215.

AREVALO Juan. Efecto de la dolomita en el comportamiento de 7 variedades de frijol caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) bajo condiciones de extrema acidez del suelo. [En línea]. 1986. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en <http://www.fao.org/Ag/agl/agll/rla128/UNAS/unas10/unas10-22.htm>

ARROYO Carlos. y MORA Jorge. Efecto de la poda en el trasplante del almácigo de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) [En línea]. 2002. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en [http://www.faosict.un.hn/revistas/Vol%2013\(2\)%202002 /Articulos%20Vol.%2013\(2\)/%236-%20Arroyo%20-%20Poda%20pejibaye.pdf](http://www.faosict.un.hn/revistas/Vol%2013(2)%202002 /Articulos%20Vol.%2013(2)/%236-%20Arroyo%20-%20Poda%20pejibaye.pdf)

BALCAZAR, Jimena et al. Efecto de diferentes sustratos en bolsas y eras para la propagación de bulbillos de fique (*Furcraea macrophylla* Baker) en la vereda San Joaquín, municipio del Tambo, departamento del Cauca. Popayán, 2008, 59 p. Trabajo de grado (Ingeniero agropecuario). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias.

BEGAZO Juan. // Efecto de la materia orgánica (compost) en cultivos: maíz (*Zea mays* L.) y frijol huallaguino (*Phaseolus vulgaris* L.). [En línea] 1992. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en <http://www.fao.org/Ag/agl/agll/rla128/UNAS/unas10/unas10-22.htm>

BLANCO, José. // Acidez y encalamiento de suelos. Bogotá. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 1994. p. 58 - 61.

BURBANO, Hernán. // El Suelo una Visión sobre sus componentes Biorgánicos. Colombia, Universidad de Nariño. 1989. p. 11.

BURBANO, Ernesto. // Efecto de la adición de cal y sílice sobre formas y fijación de fósforo en suelos de Nariño y Putumayo. Pasto, 1973 70p. Trabajo de grado. (Ingeniero agrónomo) Universidad de Nariño.

BURBANO, Hernan. // El uso de rocas fosfóricas en suelos ácidos del trópico americano. En. SILVA, Francisco. Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. 1980. p. 365 a 367.

CADEFIQUE, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Guía Ambiental del Subsector Fiquero. 2ed. Santa Fe de Bogotá D.C. Enero de 2006. p. 31

CAMPOS, Adolfo et al. Estimación de alófono y su relación con otros parámetros químicos en andisoles de montaña del volcán cofre de Perote [En línea] 2000. Citado, junio 2008]. Disponible en www.chapingo.mx/terra/contenido/19/2/art105-116.pdf

EMPAQUES DEL CAUCA S.A.: Manual Agroecológico del Fiquero. EMPACA S.A. USAID. Popayán. 2005. p. 13, 22 - 25.

ESCOBAR Diego. Efecto de la aplicación de dosis de compost de la pta de río frío sobre el comportamiento de *Acacia mangium* y la fertilidad el suelo. [En línea]. 2004. [Citado, noviembre 2008]. Disponible en http://www.cdmb.gov.co/ciaga/archivos/Articulo_Abonamiento%20%20A.%20mangium.pdf

ESPINOSA, José. Acidez y Encalado de los Suelos. Ecuador: Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1999. p. 10-25.

_____. Acidez y encalado de los suelos. SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO., Fertilidad del suelo, diagnóstico y control. Editorial Guadalupe LTDA Santa fe de Bogotá, 1994. p. 117.

_____ Efecto residual de fósforo en andisoles [En línea] 1991. Citado, junio 2008]. Disponible en http://www.redpav.avepagro.org.ve/fagro/v17_14/v171_a050.html

ESPINOSA, Wilson; ORDOÑEZ, Claudia y PAZ, Iván. Efecto de la aplicación de calcio en un suelo del corregimiento de Calibío, municipio de Popayán – Cauca. Popayán, 2006, 66 p. Trabajo de grado (agrozootecnista). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agropecuarias.

FAO Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Boletín, fertilizantes y nutrición vegetal N° 13, [En línea]. 2007. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/y5053s/y5053s00.pdf>

FASSBENDER, Hans. // Química de Suelos. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1986. p. 94-355.

FRANCO A. Y VALENCIA A. Efecto de la incubación de suelos con fuentes de Calcio sobre la acidez potencial. [En línea] 1991. Citado, junio 2008]. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017259>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Caracterización edáfica del ecotopo 218A del departamento del Cauca, Bogota. 1999. p.259 - 262.

FERNANDEZ, Shirley Y MEZA, Carlos. Efecto residual de la roca fosfórica de Riecito modificado por calcinación o acidulación sobre plantas de maíz, en suelos con niveles variables de calcio. [En línea] 2004. Citado, enero 2008]. Disponible en [http://pegasus.ucla.edu.ve/bioagro/Rev16\(2\)/3.%20Efecto%20residual.pdf](http://pegasus.ucla.edu.ve/bioagro/Rev16(2)/3.%20Efecto%20residual.pdf)

FUENTES, José Luís. // El suelo y los fertilizantes. Madrid: Mundiprensa. 1994. p. 91 – 98.

GARMAN, Willard. // Manual de fertilizantes. México: limusa. 1999. p. 27 – 29.

GAYTAN Carlos et al. Sistema de maquinas para el proceso tecnológico de la producción de plántulas en invernadero. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias vol. 15. Universidad Agraria de la Habana-Cuba [En línea]. 2006. [Citado, octubre 2008]. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/932/93215201.pdf>

GEYDAN Thomas y MELGAREJO Luz Marina., Metabolismo ácido de las crasuláceas, Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, Acta Biológica Colombiana, Vol. 10 No. 2, 2005. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v10n2/v10n2a01.pdf>

GOMEZ, Jairo. Abonos orgánicos. Cali: Feriva. Cali. 2000. p 57 y 58

GUERRERO, Andres. 1996. El Suelo, Los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. España: Ediciones Mundi - Prensa. 87p.

HARO, Marco Antonio. Efecto del enclamiento y fertilización con nitrógeno y fósforo en el rendimiento y rentabilidad del fríjol común. [En línea]. 1998. [Citado, abril 2008]. Disponible en [http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16\(2\)/3.%20Efecto%20residual.pdf](http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16(2)/3.%20Efecto%20residual.pdf)

INPOFOS: MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDAD DE SUELOS. Publicado por Potash & Phosphate Institute. USA, 1997. Cap 2 pág. 5 -10 y cap 6, pag 2

JARAMILLO, Daniel. Los suelos derivados de los piroclastos de la secuencia “el cedral” en el altiplano de san Félix, departamento de Caldas: aspectos taxonómicos. [En línea]. 2000. [Citado, noviembre 2008]. Disponible en http://www.unalmed.edu.co/~geosuelo/Taxon_andisoles.pdf

JORDAN, Antonio. Manual de edafología [En línea] 2005. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/nov/manual%20de%20edafologia%20%20jordan.pdf>

JULCA, Alberto et al. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura [En línea]. Abril 2006. [Citado, noviembre 2008]. Disponible en www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf

KAMPRATH J.. Role of Soil. Australia: Commun Wealth Scientific And Industrial Research Organization. 1978 126 p.

LAFUENTE, Maria Teresa Y ZACARIAS, Lorenzo. Etileno, ácido abscísico y otros reguladores del desarrollo. En. ASCON, Joaquín y TALÓN, Manuel. Fundamentos de fisiología Vegetal. Barcelona: McGraw Hill, 2000. p.365 – 372.

LOPEZ, Marceliano; FERNANDEZ, Fernando y SCHOONHOVEN Aart. Frijol Investigación y Producción. CIAT. 1985. p. 348 - 355.

LOPEZ, Isaura. Efecto de diferentes fuentes de enmienda sobre la reacción del suelo y respuesta del cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare pers.*) [En línea] Enero 1986. Citado, julio 2008]. Disponible en http://www.redpav.avepagro.org.ve/agrotrop/v36_1-3/v363a011.html

LOPEZ Isaura. y NIEVES Luis. Efecto de los niveles de fósforo y calcio disponibles, capacidad de absorción de fósforo y pH del suelo sobre la reactividad de la roca fosfórica en cinco suelos ácidos de Venezuela Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. Venezuela. [En línea]. Diciembre 1991. [Citado, noviembre 2008]. Disponible en http://www.redpav.avepagro.org.ve/agrotrop/v43_1-2/v431a040.html

LOZA, Sofia. et al. Características morfo-anatómicas y metabolismo fotosintético en plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (cactáceae): su significado adaptativo, Universidad de Guadalajara. Disponible en. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33907704.pdf>

LUDWICK, Albert et al. Manual de fertilizantes para horticultura. México: limusa. 1995. p. 143.

MARIN G. Fertilidad de los suelos, diagnostico y control. : La fertilidad de los suelos de Colombia y las recomendaciones de fertilizantes. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo, s.1. 1979. p. 272.

MEDRANO, Hipólito y FLEXAS, Jaume. Fotorrespiración y mecanismo de concentración del dióxido de carbono. En. AZCÓN, Joaquín y TALÓN, Manuel. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona: McGraw Hill, 2000. p. 25, 26, 35, 37, 89, 109 195 y 371.

MELENDEZ Gloria Y MOLINA Eloy. Fertilizantes: Características y manejo. [En línea] 2003. Citado, junio 2008. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/docs/CIA-Fertilizantes.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Guía ambiental subsector figuero, disponible en http://200.75.42.3/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Guia_Ambiental_Figuera_2006_.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL – OBSERVATORIO DE AGROCADENAS. La cadena del fiqué en Colombia. [En línea] 2006. Citado, enero 2008. Disponible en: http://www.agrocadenas.gov.co/fique/documentos/caracterización_fique.pdf

MOLINA, Eloy y ROJAS, Alexander. Efecto del encalado en el cultivo de naranja valencia en la zona norte de Costa Rica. [En línea] 2005. Citado, marzo 2008]. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n03_081.pdf

MORILLO, Armando et al. Roca fosfórica acidulada y como fuente de fósforo en u suelo ácido con o sin encalado. [En línea] 2007. Citado, octubre 2008]. Disponible en [http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev19\(3\)/6.%20Roca%20fosf%C3%B3rica%20acidulada.pdf](http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev19(3)/6.%20Roca%20fosf%C3%B3rica%20acidulada.pdf)

MURCIA, Armando y PICHLER, Hans. Geoquímica y dataciones radiométricas de las ignimbritas cenozoicas del SW de Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas Mineras (Ingeominas). Bogota, 1986.

OSPINA, Oscar. El Fósforo en Zonas Tropicales: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.s.1. 1974. V. 6. p. 98 - 115.

OTERO, Roberto. El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem) como planta textil y su aprovechamiento integral [En línea] 1995. Citado, agosto 2008]. Disponible en <http://www.utm.mx/~temas/temas-docs/e0923.pdf>

PEREZ, Jorge. // El fique: su taxonomía, cultivo y tecnología. 2. ed. Bogotá. 1974. p. 17, 27, 28, 29, 32, 33.

PIMENTA, Aluisio. // Suelo y subsuelo. [En línea]. s.a. [Citado, octubre 2008]. Disponible en <http://esse21.usra.edu/ESSE21/PUPRModule/Spanish%20pdf/Capitulo%204%20Suelos.pdf>

PLASTER, Edward., La ciencia de suelo y su manejo. Madrid: Paraninfo. 2000. p 139, 140, 157, 173 – 175.

POOL, Luciano et al. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México [En línea]. junio 2000. [Citado, octubre 2008]. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30234301.pdf>
RESPUESTAS FISIOLÓGICAS controladas por aumentos en el nivel de calcio citoplasmático. En línea s.a. [Citado, octubre 2008]. Disponible en http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lbi/herrera_c_m/capitulo3.pdf

SÁENZ Carmen et al, Utilización agroindustrial del nopal, BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO, roma 2006, pag 22

SALAZAR, Clara Y LEIVA, Edna. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, resúmenes de trabajos de pregrado, [En línea] 2007. [Citado, septiembre 2008]. Disponible en <http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/Trabajos%20de%20Grado.pdf>

SALISBURY, Frank y ROSS, Clean. Fisiología de las plantas, bioquímica vegetal. Madrid: paraninfo. 2000. p. 380 – 383.

SANCHEZ, Manuel y AGUIRREOLEA, Jone. Movimientos estomáticos y transpiración. En. AZCÓN, Joaquín y TALÓN, Manuel. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona: McGraw Hill, 2000. p 36.

SANDÓ D. Contribución a la Tecnología de Cepellones para el Cultivo Protegido en Plántulas de Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la Provincia de Cienfuegos la habana Cuba. [En línea]. 2006. [Citado, agosto 2008]. Disponible en <http://rutas.ucf.edu.cu/Tesis%20Maestria/Tesis%20Nirsa%20Sando.pdf>

SARAVIA R. Efecto de cuatro métodos de trasplante en el rendimiento y calidad externa del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Tingo María. [En línea]. 1987. [Citado, agosto 2008]. Disponible en <http://www.fao.org/AG/agL/agll/rla128/UNAS/unas10/unas10-55.htm>

SIMPSON, Ken. Abonos y estiércoles. Zaragoza (España): acribia. 1986. p. 79 - 82, 87 – 90.

VÉLEZ Jorge et al. Variaciones en el pH de la rizosfera y en el porcentaje de materia seca de *Vicia sativa* al aplicar dos fuentes fosfatadas de baja solubilidad en un andisol del Departamento de Nariño, Colombia. [En línea] 2006. [Citado, abril de 2008]. Disponible en http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/213/519

ZAMOSC, León. El fique, la cabuya y la elaboración de empaques. En. GAVIRIA, Juan. El fique y los empaques en Colombia. Bogota: Dintel. 1981. p. 20.

ANEXOS

ANEXO A.

Análisis de varianza para los tratamientos y bloques en cada variable de respuesta, evaluada cada mes.

ALTURA DE LA PLANTAS				
Efecto	Mes	f.c	f.t	Diferencia Significativa
Tratamientos	Oct.	0.51	3.79	No
	Nov.	0.80	3.79	No
	Dic.	0.30	3.79	No
	Ene.	0.26	3.79	No
	Feb.	0.19	3.79	No
	Mar.	0.18	3.79	No
	Abril	0.27	3.79	No
Bloques	Oct.	0.38	5.59	No
	Nov.	0.60	5.59	No
	Dic.	0.13	5.59	No
	Ene.	1.04	5.59	No
	Feb.	0.20	5.59	No
	Mar.	0.04	5.59	No
	Abril	0.10	5.59	No

NÚMERO DE HOJAS				
Efecto	Mes	f.c	f.t	Diferencia Significativa
Tratamientos	Oct.	0.81	3.79	No
	Nov.	0.48	3.79	No
	Dic.	0.29	3.79	No
	Ene.	0.19	3.79	No
	Feb.	0.52	3.79	No
	Mar.	0.75	3.79	No
	Abril	0.80	3.79	No
Bloques	Oct.	36.22	5.59	Si
	Nov.	8.55	5.59	Si
	Dic.	8.34	5.59	Si
	Ene.	10.10	5.59	Si
	Feb.	27.51	5.59	Si
	Mar.	27.27	5.59	Si
	Abril	34.73	5.59	Si

AREA FOLIAR				
Efecto	Mes	f.c	f.t	Diferencia Significativa
Tratamientos	Oct.	1.28	3.79	No
	Nov.	1.14	3.79	No
	Dic.	1.35	3.79	No
	Ene.	0.87	3.79	No
	Feb.	0.32	3.79	No
	Mar.	0.51	3.79	No
	Abril	0.44	3.79	No
Bloques	Oct.	3.48	5.59	No
	Nov.	2.07	5.59	No
	Dic.	0.55	5.59	No
	Ene.	0.08	5.59	No
	Feb.	0.01	5.59	No
	Mar.	0.02	5.59	No
	Abril	0.04	5.59	No

GROSOR DE LAS HOJAS				
Efecto	Mes	f.c	f.t	Diferencia Significativa
Tratamientos	Oct.	1.07	3.79	No
	Nov.	3.40	3.79	No
	Dic.	2.15	3.79	No
	Ene.	1.57	3.79	No
	Feb.	0.63	3.79	No
	Mar.	0.85	3.79	No
	Abril	0.97	3.79	No
Bloques	Oct.	4.52	5.59	No
	Nov.	0.62	5.59	No
	Dic.	0.54	5.59	No
	Ene.	0.02	5.59	No
	Feb.	0.14	5.59	No
	Mar.	0.48	5.59	No
	Abril	0.38	5.59	No

PERÍMETRO DE LAS HOJAS				
Efecto	Mes	f.c	f.t	Diferencia Significativa
Tratamientos	Oct.	1.16	3.79	No
	Nov.	0.91	3.79	No
	Dic.	1.01	3.79	No
	Ene.	0.58	3.79	No
	Feb.	0.44	3.79	No
	Mar.	0.39	3.79	No
	Abril	0.34	3.79	No
Bloques	Oct.	1.96	5.59	No
	Nov.	0.05	5.59	No
	Dic.	0.71	5.59	No
	Ene.	2.08	5.59	No
	Feb.	4.10	5.59	No
	Mar.	3.04	5.59	No
	Abril	3.65	5.59	No

ANEXO B

Resultados de los análisis de suelos, 20 días después de la aplicación de las enmiendas y al finalizar el periodo de evaluación (210 días). Las muestras fueron analizadas por el laboratorio de suelos de la Secretaria de Desarrollo Socioeconómico Rural del departamento del Cauca.

Profundidad: 30 cm

Textura: franco arenoso

Elementos analizados	Testigo		Tierra + compost		Tierra +compost+ cal dolomita		Tierra + cal dolomita	
	20 días	210 días	20 días	210 días	20 días	210 días	20 días	210 días
pH	5.40	5.30	5.30	5.90	5.60	6.00	6.20	5.10
Materia Orgánica en %	10.80	14.60	10.10	9.80	10.40	9.60	9.60	10.00
N en %	0.52	0.67	0.48	0.45	0.50	0.44	0.45	0.48
C/N	12.00	12.60	12.20	12.60	12.10	12.60	12.30	12.10
Fósforo en p.p.m.	13.60	7.00	18.70	10.60	27.30	14.90	94.10	11.10
Ca de cambio en meq./100 grs.	2.45	2.50	2.63	4.60	2.90	4.90	11.24	2.60
Mg de cambio en meq./100 grs.	0.57	0.50	0.61	0.74	0.58	0.95	0.92	0.90
K de cambio en meq./100 grs.	0.55	0.50	0.65	0.30	0.63	0.41	0.54	0.40
Na de cambio en meq./100 grs.	0.50	0.49	0.63	0.69	0.56	0.73	0.84	0.63
Al en meq./100 grs.	0.60	0.80	1.50		0.30	0.30		1.10
Zn. en p.p.m.	2.40	3.00	4.20	4.40	3.60	3.50	4.80	4.40
Fe. en p.p.m.	8.40	8.00	9.50	10.30	9.10	8.70	9.90	10.20
Cu. en p.p.m.	1.50	1.30	1.30	1.50	1.00	0.90	1.30	1.50
Mn. en p.p.m.	17.80	13.40	28.20	33.10	24.00	30.30	39.40	32.40
B. en p.p.m.	0.17	0.27	0.22	0.28	0.22	0.34	0.28	0.32
Co. en p.p.m.	T.	T.	T.	0.20	T.	0.40	0.20	0.50
Mo. en p.p.m.	T.	T.	T.	0.50	T.	0.90	0.50	T.
% SATURACION DE Al	14.00	18.00	28.00		7.00	4.1		22.00
Otros elementos CEN. VOLC.	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Profundidad:

30 cm

Textura: franco arenoso

Elementos analizados	Tierra+compost+ calfos		Tierra + calfos		Tierra +compost+ Fosforita huila		Tierra + Fosforita huila	
	20 días	210 días	20 días	210 días	20 días	210 días	20 días	210 días
pH	6.90	6.30	6.90	6.20	5.70	5.80	5.70	5.70
Materia Orgánica en %	9.90	10.50	9.40	10.60	8.30	10.90	10.50	9.00
N en %	0.47	0.50	0.44	0.51	0.40	0.52	0.51	0.42
C/N	12.20	12.20	12.40	12.00	12.00	12.20	11.90	12.40
Fósforo en p.p.m.	211.20	32.80	218.20	44.60	91.80	97.40	239.90	88.50
Ca de cambio en meq./100 grs.	19.40	9.62	18.52	8.70	4.06	5.50	3.93	4.50
Mg de cambio en meq./100 grs.	1.04	1.12	0.73	0.84	0.95	1.20	0.79	0.80
K de cambio en meq./100 grs.	1.17	0.36	0.54	0.32	0.56	0.30	0.43	0.25
Na de cambio en meq./100 grs.	0.94	0.82	0.92	0.76	0.77	0.69	0.76	0.73
Al en meq./100 grs.					0.40	0.10	0.50	0.30
Zn. en p.p.m.	4.80	4.00	3.50	3.80	3.50	2.60	4.00	3.00
Fe. en p.p.m.	10.00	9.50	8.70	9.50	11.10	8.70	9.00	10.30
Cu. en p.p.m.	1.30	0.90	0.80	1.30	1.50	1.30	1.00	1.50
Mn. en p.p.m.	39.20	20.00	36.80	13.20	23.20	12.00	15.80	11.20
B. en p.p.m.	0.34	0.27	0.28	0.28	0.28	0.20	0.28	0.28
Co. en p.p.m.	0.60	T.	0.40	0.20	T.	T.	0.10	T.
Mo. en p.p.m.	1.00	0.50	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20	T.
% SATURACION DE Al					7.00	1.00	9.00	5.00
Otros elementos CEN. VOLC.	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

ANEXO C

Costos de establecimiento del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*) propagado mediante bolsas y con aplicación previa a la siembra de enmiendas

Trat. Testigo					Trat. con compost				Trat. Compost y cal dolomítica					
Item	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total		
Semilla	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260		
Compost					kg.	20	\$ 250	\$ 5,000	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000		
Cal dolomítica									kg.	2	\$ 120	\$ 240		
Mano de obra	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375		
TOTAL				\$ 9,635	TOTAL				\$ 14,635	TOTAL				\$ 14,875

Trat. Compost y calfos					Trat. Compost y fosforita Huila				Trat. con cal dolomítica					
Item	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total		
Semilla	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260		
Compost	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000						
Cal dolomítica									kg.	2	\$ 120	\$ 240		
Calfos	kg.	240	\$ 2	\$ 480										
Fosforita Huila					kg.	2	\$ 200	\$ 400						
Mano de obra	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375		
TOTAL				\$ 15,115	TOTAL				\$ 15,035	TOTAL				\$ 9,875

Trat. con calfos					Trat. con fosforita Huila				
Item	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vir. Uni.	Total	
Semilla	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	Unidad	20	\$ 163	\$ 3,260	
Calfos	kg.	2	\$ 240	\$ 480					
Fosforita Huila					kg.	2	\$ 200	\$ 400	
Mano de obra	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	jornal	0.531	\$ 12,000	\$ 6,375	
TOTAL				\$ 10,115	TOTAL				\$ 10,035

ANEXO D

Costos de establecimiento del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*) propagado mediante eras y con la aplicación previa a la siembra de enmiendas.

Trat. Testigo					Trat. con compost				Trat. Compost y cal dolomítica					
Item	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total		
Semilla	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660		
Compost					kg.	20	\$ 250	\$ 5,000	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000		
Cal dolomítica									kg.	120	2	240		
Mano de obra	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175		
TOTAL				\$ 7,835	TOTAL				\$ 12,835	TOTAL				\$ 13,075

Trat. Compost y calfos					Trat. Compost y fosforita Huila				Trat. con cal dolomítica					
Item	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total		
Semilla	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660		
Compost	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000	kg.	20	\$ 250	\$ 5,000						
Cal dolomítica									kg.	2	\$ 120	\$ 240		
Calfos	kg.	2	\$ 240	\$ 480										
Fosforita Huila					kg.	2	\$ 200	\$ 400						
Mano de obra	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175		
TOTAL				\$ 13,315	TOTAL				\$ 13,235	TOTAL				\$ 8,075

Trat. con calfos					Trat. con fosforita Huila				
Item	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	Unidad	Cantidad	Vlr. Uni.	Total	
Semilla	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	unidad	20	\$ 133	\$ 2,660	
Calfos	jornal	2	\$ 240	\$ 480					
Fosforita Huila					kg.	2	\$ 200	\$ 400	
Mano de obra	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	jornal	0.431	\$ 12,000	\$ 5,175	
TOTAL				\$ 8,315	TOTAL				\$ 8,235

